

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
CURSO DE DOUTORADO EM ECONOMIA**

MARCELO DUARTE SILVA

**PORTE DA FIRMA E INOVAÇÃO: UMA ANÁLISE SOBRE SISTEMAS
NACIONAIS DE INOVAÇÃO E DETERMINANTES DO RESULTADO
INOVATIVO PARA BRASIL E PAÍSES EUROPEUS**

**UBERLÂNDIA - MG
2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
CURSO DE DOUTORADO EM ECONOMIA**

MARCELO DUARTE SILVA

**PORTE DA FIRMA E INOVAÇÃO: UMA ANÁLISE SOBRE SISTEMAS
NACIONAIS DE INOVAÇÃO E DETERMINANTES DO RESULTADO
INOVATIVO PARA BRASIL E PAÍSES EUROPEUS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia (PPGE) do Instituto de Economia e Relações Internacionais (IERI) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como requisito para obtenção do título de Doutor em Economia

Área de concentração: Desenvolvimento Econômico.

Linha de Pesquisa: Economia Aplicada

Orientadora: Profa. Dra. Marisa dos Reis Azevedo Botelho.

**UBERLÂNDIA - MG
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586p
2023 Silva, Marcelo Duarte, 1991-
Porte da firma e inovação [recurso eletrônico] : uma análise sobre sistemas nacionais de inovação e determinantes do resultado inovativo para Brasil e países europeus / Marcelo Duarte Silva. - 2023.

Orientadora: Marisa dos Reis Azevedo Botelho.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Economia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.7065>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Economia. I. Botelho, Marisa dos Reis Azevedo, 1961-, (Orient.).
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

CDU: 330

Glória Aparecida
Bibliotecária Documentalista - CRB-6/2047


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Economia

Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Bloco 1J, Sala 218 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4315 - www.ppge.ie.ufu.br - ppge@ufu.br


ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Economia				
Defesa de:	Tese de Doutorado, Nº 88, PPGE				
Data:	28 de agosto de 2023	Hora de início:	09:00	Hora de encerramento:	12:10 hs
Matrícula do Discente:	11913ECO008				
Nome do Discente:	Marcelo Duarte Silva				
Título do Trabalho:	Porte da Firma e Inovação: uma análise sobre sistemas nacionais de inovação e determinantes do resultado inovativo para Brasil e países europeus				
Área de concentração:	Desenvolvimento Econômico				
Linha de pesquisa:	Políticas Públicas e Desenvolvimento Econômico				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Caracterização da inovação em pequenas empresas: como inovam (ou não) as empresas industriais brasileiras e de países selecionados				

Reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Economia, assim composta: Professores Doutores: Ana Paula Macedo de Avellar - UFU; Carlos César Santejo Saiani - UFU; Marcelo Silva Pinho - UFSCAR; Ariana Cericatto da Silva - UNIMEO - CTESOP; Marisa dos Reis Azevedo Botelho - UFU orientadora do candidato. Ressalta-se que em conformidade com deliberação do Colegiado do PPGE e manifestação da orientadora, a participação do aluno e dos membros da banca ocorreu de forma remota via webconferência. O professor Marcelo Silva Pinho participou desde a cidade de São Carlos (SP). A professora Ariana Cericatto da Silva participou desde a cidade de Assis Chateaubriand (PR). Os demais membros da banca e o aluno participaram desde a cidade de Uberlândia (MG).

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Marisa dos Reis Azevedo Botelho, apresentou a Banca Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marisa dos Reis Azevedo Botelho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/08/2023, às 12:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Cesar Santejo Saiani, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/08/2023, às 13:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Silva Pinho, Usuário Externo**, em 28/08/2023, às 13:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Macedo de Avellar, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/08/2023, às 16:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ariana Cericatto da Silva, Usuário Externo**, em 28/08/2023, às 20:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4748325** e o código CRC **F9CD7F0A**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que me apoiaram e incentivaram ao longo destes anos de estudo em economia.

Aos meus pais, Myron e Margarete, por sua confiança na minha capacidade.

A minha querida irmã e agora Doutora Taís, com quem compartilho o interesse pela pesquisa e pela docência, e cuja ajuda e apoio foram muito importantes para realização desse trabalho.

Agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Marisa Botelho, pela dedicação e inspiração.

Agradeço aos amigos feitos ao longo dos últimos anos, à Universidade Federal de Uberlândia e aos professores e técnicos do PPGE.

Muito obrigado.

RESUMO

A mudança técnica e o desenvolvimento de inovações são forças fundamentais para explicar a dinâmica de economias capitalistas e esse processo deve ser entendido de maneira sistêmica e estudado em suas particularidades. Um ponto a ser destacado é como o porte das empresas pode influenciar os esforços inovativos, em termos de estratégias e atividades e, conseqüentemente, seus resultados. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é investigar as relações entre porte das firmas e inovação, considerando aspectos dos sistemas de inovação onde estão inseridas. Para tanto, parte-se da hipótese de que devido às características das pequenas, médias e grandes empresas, há importantes diferenças em termos das estratégias, esforços e resultados inovativos em nível nacional. Com a finalidade de analisar as diferenças entre os portes das firmas e sistemas nacionais de inovação foram utilizados dados de inovação de países Europeus e Brasil dos *surveys* de inovação *Community Innovation Survey* e Pesquisa de Inovação Tecnológica em nível nacional, o que permitiu uma comparação e tentativa de classificação entre os diferentes países usando uma análise de *cluster*, considerando também a eficiência dos esforços empreendidos. Além disso, também foi realizado um exercício para identificar quais fatores ligados às estratégias das firmas e aos sistemas nacionais de inovação podem ser importantes para o resultado inovativo, comparando empresas pequenas, médias e grandes com uso de método de dados em painel. Os resultados sugerem que há importante diferença em termos de esforço e resultado inovativo por porte, sendo que as pequenas e médias empresas apresentam menor resultado inovativo que as grandes, mas por outro lado, essas podem apresentar maior eficiência do esforço. Também foi observado que nem sempre os sistemas de inovação com melhores resultados são aqueles com maior eficiência inovativa. Outros achados indicam que há diferenças nas estratégias ligadas ao resultado inovativo por porte. Enquanto para pequenas empresas a cooperação com universidades parece ser mais importante, para grandes é mais determinante a cooperação com empresas do mesmo grupo. Também há diferenças nas variáveis dos sistemas nacionais de inovação, dado que em grandes empresas o recebimento de direitos de propriedade intelectual é mais importante para os resultados inovativos, enquanto para pequenas e médias é o acesso a crédito doméstico. De forma geral, o trabalho soma-se aos esforços da literatura de inovação e porte da firma, apontando para a necessidade de considerar indicadores diversos para mensurar as trajetórias, esforços, resultados inovativos e eficiência deste esforço, o que pode ser útil para capturar as diferenças do processo inovativo entre distintos portes de firmas e em países com diferentes sistemas de inovação. Também é sugerido que políticas públicas facilitem a ampliação de acesso a crédito para obter efeito positivo no resultado inovativo para pequenas e médias empresas, o que pode reduzir seu hiato inovativo com as grandes empresas, além de buscar atrair investimento direto estrangeiro, que afeta positivamente empresas pequenas e grandes.

Palavras-chave: Pequenas e médias empresas, União Europeia, Brasil, Sistemas Nacionais de Inovação.

ABSTRACT

Technical change and the innovation's development are fundamental forces to explain the dynamics of capitalist economies and this process must be understood in a systematic approach and studied in its particularities. It must be highlighted how the firms' characteristics, like size, can influence their innovative efforts in terms of strategies, activities and, consequently, their results. In this sense, this work's aim to investigate the relationship between company size and innovation, considering the aspects of the innovation systems where they are placed. Therefore, the work has the hypothesis that there is an important difference in terms of strategies, efforts and innovative output due to the characteristics of small, medium and large companies at national level. In order to explore the relationship between the business size and the innovative process, data from European Countries and Brazil were gathered, at national level, from the innovation surveys of Community Innovation Survey and *Pesquisa de Inovação Tecnológica*, which allowed the comparison between different countries first using *cluster* analysis, in an attempt to classify them, also accordingly with their innovative efficiency. In addition, an exercise was also carried out to identify which factors linked to business strategies and national innovation systems may be more important for the innovative output, comparing small, medium and large companies using panel data methods. The results suggest that there is an important difference in terms of effort and innovative output between each size, with small and medium-sized companies having a lower innovative output than large ones, but on the other hand, being more efficient in terms of the effort undertaken. Also, was found out that innovation systems that produce the best innovative output are not always the most efficient. Other findings indicate that there are differences in strategies linked to innovative output by size. While cooperation with universities seems to be more important for small companies, for the large ones, cooperation with enterprises of the same group is more influential. There are also differences in the relationship between the variables of the national innovation systems and the innovative output, as for large companies receiving intellectual property rights is more important, while for small and medium-sized firms access to domestic credit is more important. In general, the work suggests the need to consider different indicators to measure innovative trajectories, efforts and results, in addition to the efficiency of this effort, which can be useful to capture the differences in the innovative process between different firms' sizes and in countries with different innovation systems. It is also suggested that public policies facilitate the expansion of access to credit to obtain a positive effect on innovation for small and medium-sized companies, which can reduce their innovative gap with large companies. Seeking to attract foreign direct investment, which positively affects small and large companies can also be an important strategy to be considered by policy makers.

Key words: Small and medium sized firms, European Union, Brazil, Innovation systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Características das firmas de acordo com o porte	30
Quadro 2 - Resumo dos principais resultados da literatura	59
Quadro 3 - Variáveis usadas para agrupamento dos países segundo porte das firmas	63
Quadro 4 - Países em cada agrupamento segundo indicador de resultado inovativo por porte da firma	67
Quadro 5 - Países em cada agrupamento para indicador de esforço inovativo por porte da firma	70
Quadro 6 - Países em cada agrupamento para indicador de eficiência do esforço inovativo por porte da firma	73
Quadro 7 - Resumo dos principais resultados da literatura	94
Quadro 8 - Período e anos de referências de PINTEC e CIS	99
Quadro 9 - Variáveis STI e DUI analisadas no modelo.....	100
Quadro 10 - Variáveis dos SNIs analisadas nos modelos.....	101
Tabela 1 - Análise descritiva das variáveis STI e DUI.....	104
Tabela 2 - Análise descritiva das variáveis dos SNIs	105
Tabela 3 - Resultados dos modelos das variáveis STI e DUI por porte	107
Tabela 4 – Resultados dos modelos das variáveis dos SNIs	110
Gráfico 1 - Médias dos agrupamentos pelo indicador de resultado inovativo em cada porte de firma	69
Gráfico 2 - Médias dos agrupamentos pelo indicador de esforço inovativo em cada porte de firma	71
Gráfico 3 – Médias dos agrupamentos pelo indicador de eficiência do esforço inovativo em cada porte de firma	74
Figura 1 - Organização de um Sistema de Inovação	35

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1. PROCESSO INOVATIVO, PORTE DA FIRMA E OS SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
1.2.1 INTERPRETAÇÕES SOBRE O PROCESSO INOVATIVO	14
1.2.2 INOVAÇÃO E PORTE DA FIRMA	24
1.2.3 A ABOARDAGEM DOS SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO	32
2 SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO E PORTE DA FIRMA: UMA ANÁLISE POR CLUSTER	43
2.1 INTRODUÇÃO	43
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO	43
2.2.1 RESULTADOS INOVATIVOS, HIATO TECNOLÓGICO E COMPARAÇÕES ENTRE DIFERENTES SNIs	43
2.2.2 INDICADORES DE INOVAÇÃO	53
2.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS E DADOS	60
2.3.1 DADOS	60
2.3.2 METODOLOGIA	63
2.4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	66
3 DESEMPENHO INOVATIVO, PORTE DA FIRMA E SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO: UMA ANÁLISE DE DADOS EM PAINEL	77
3.1 INTRODUÇÃO	77
3.2 REFERENCIAL TEÓRICO: DETERMINANTES PARA INOVAÇÃO EM UM RECORTE POR PORTE DA FIRMA	77
3.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS E DADOS	97
3.3.1 METODOLOGIA	97
3.3.2 DADOS E VARIÁVEIS	99
3.4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	103
CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas têm sido observada crescente intensificação da simbiose entre ciência e tecnologia (C&T) e o processo produtivo. Esse fenômeno encontra ressonância no conceito schumpeteriano de “destruição criativa”, que destaca o papel central do processo inovativo na reprodução das economias capitalistas. Nessa interpretação, é a busca por novas formas de organização da produção e/ou novos produtos e mercados que explica, fundamentalmente, o crescimento e desenvolvimento econômico.

Essa interpretação sobre o papel central do processo inovativo passa a ser observada em estudos de macroeconomia, como em teorias do crescimento, e de microeconomia, em tentativas de encontrar determinantes e formas de estimular o desenvolvimento de atividades inovativas pelas empresas. De forma complementar, se observa um debate entre correntes teóricas distintas, como entre autores schumpeterianos e autores que seguem uma abordagem *mainstream* e/ou neoclássica. Por exemplo, a abordagem dos primeiros destaca o conceito de aprendizagem, entendido como um processo interativo, dinâmico e com natureza *path dependent*, que contrasta com o segundo grupo, que enfatiza o papel da escolha racional, alocação de recursos escassos e da noção de equilíbrio (LUNDVALL, 2016).

Desse debate derivam teorias da inovação que buscam explicar tanto o comportamento inovativo das firmas e, em certa medida, a trajetória de desenvolvimento de diferentes países. Podemos apontar como contribuições desse debate a teoria linear e a abordagem sistêmica do processo inovativo. Enquanto a primeira foca na relação direta entre investimentos em P&D e resultados inovativos, a segunda destaca as estratégias não P&D que podem ser utilizadas pelas empresas para viabilizar trajetórias tecnológicas, como cooperação, aprendizado, capacitações. Dessa última interpretação deriva a abordagem dos sistemas nacionais de inovação (SNIs), que propõe que fatores ambientais têm impacto relevante no comportamento e resultado inovativo das empresas de um determinado território. Nesse contexto sistêmico, características externas à firma podem ter impacto no seu desempenho inovativo, bem como características internas à firma podem impactar na dinâmica inovativa de toda uma territorialidade.

O entendimento de que o processo inovativo é um sistema dinâmico e aberto também converge com a interpretação de que as firmas diferem umas das outras, em termos das estratégias e capacitações, o que influencia seus resultados inovativos, tal como observado nos trabalhos de Schumpeter, e exposto por Fagerberg (2005).

Schumpeter defende essa distinção em relação ao desenvolvimento do processo inovativo: características ligadas a capacidades empreendedoras e busca por mudanças radicais são principalmente conectadas ao empresário e às pequenas empresas, enquanto grandes empresas têm como características desempenhar processos complexos e rotineiros que resultem em fluxos de inovações. Fagerberg (2005) classificou o primeiro como regime Schumpeter Marco I e, a segunda interpretação, ligada a uma fase madura do autor, de regime Schumpeter Marco II, onde o processo inovativo seria explicado mais pela capacidade de planejamento e rotina das grandes empresas.

Essas diferenças foram exploradas com mais detalhe por diversos autores que buscaram investigar como empresas de portes diferentes podem ter resultados ou mesmo estratégias de esforços inovativos distintos (ROTHWELL, 1989; ACS, AUDRETSCH, 1990; AUDRETSCH, 2004; NOOTEBOOM, 1994; FREEL, 2000). Rothwell (1989) destaca que pequenas empresas podem ter vantagens comportamentais, como maior flexibilidade, enquanto grandes empresas têm vantagens físicas em decorrência de maior abundância de recursos.

Audretsch e Keilbach (2004) apontam que pequenas e médias empresas (PMEs) têm desempenhado um papel cada vez mais importante ao longo do tempo, impulsionadas pela intensificação da mudança tecnológica, globalização, mudanças nos mercados de trabalho e de consumo. Frente a mudanças constantes que exigem maior flexibilidade, as PMEs podem ter maior vantagem, principalmente quando têm melhor capacidade de absorver *spillovers* de fontes externas de conhecimento (COHEN; LEVINTHAL, 1989).

Dessa forma, a importância das PMEs não se restringe ao seu peso na produção e emprego, mas também se aplica ao processo inovativo. Como apontado por Hansen (1992), pequenas empresas são capazes de produzir inovações, e ainda que estas sejam correlacionadas com a proporção de recursos destinados a P&D, esse não deve ser o único indicador a ser analisado. Segundo o autor, pequenas empresas são capazes de produzir inovações de produto em proporção maior que grandes. Entretanto, políticas de apoio à inovação nessas empresas devem se atentar a características internas à firma e ao papel complementar e empreendedor que estas apresentam no processo inovativo.

Conforme apontado por Vaona e Pianta (2007), firmas de diferentes tamanhos podem adotar estratégias de inovação diversas, que também podem se modificar entre diferentes países. Nesse contexto, a abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs) propõe que o processo inovativo não ocorre de forma autônoma ou apenas dentro de uma empresa, nos moldes de uma “caixa preta”. As atividades inovativas fazem parte

de um sistema complexo, com a presença de diversas instituições e organizações que se formam em contextos nacionais, caracterizados por constante busca de construção de conhecimento, bem como interação e absorção de *spillovers* que permitam o desenvolvimento de novos produtos, processos e outros tipos de inovação (FREEMAN, 2004; NELSON, 1993; LUNDVALL, 1992).

Muitos trabalhos que buscam investigar as diferenças entre SNIs, ou no desempenho inovativo dos países, focam em análises setoriais, nos componentes ou relações dentro desses sistemas, deixando a questão do porte da firma em segundo plano. Nesse sentido, esse trabalho soma-se aos esforços dos estudos sobre inovação e porte das firmas e busca investigar se diferentes SNIs podem ser agrupados de acordo com suas trajetórias, assim como buscar entender quais fatores são mais significativos para os resultados inovativos dos países em um recorte por porte da firma. Assim, o trabalho identifica que o problema de que resultados e esforços inovativos das empresas se diferenciam de acordo com o porte com variáveis dos sistemas de inovação em que estão inseridas, mas como diferentes sistemas se comportam e quais fatores podem ser mais importantes para o resultado inovativo em um recorte por porte?

Portanto, o objetivo desse trabalho é investigar as relações entre porte da firma e inovação, considerando que estão imersas em diferentes sistemas de inovação. Destaca-se como objetivos específicos: *i*) agrupar os países seguindo uma classificação que considere o esforço e resultado inovativo, *ii*) classificar os países em termos eficiência dos esforços empreendidos; *iii*) investigar quais variáveis, ligadas a estratégias das firmas e aos sistemas nacionais de inovação, podem ser mais significativas para o resultado inovativo em um recorte por porte.

Para cumprir com esses objetivos este trabalho faz uma revisão da literatura de referência assim como vale-se do uso de técnicas econométricas para explorar variáveis ligadas à inovação nas firmas e aos sistemas de inovação. Para tanto, são utilizados dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) e *Community Innovation Survey* (CIS), além de *World Bank Data* e *IMF Database*. O período de análise é entre 2000 e 2018, considerando os dados disponibilizados pelas pesquisas de referência.

Ainda que haja discussão sobre formas de classificar as firmas de acordo com seu tamanho, há uma predominância nos estudos analisados que focam em faturamento ou, o mais frequente, número de funcionários. Dessa forma, esse trabalho adota a última dimensão como *proxy* para tamanho da firma, considerando como pequenas empresas aquelas entre 10 e 49 funcionários, médias empresas aquelas com 50 a 249 funcionários

e grandes empresas aquelas com 250 funcionários ou mais¹. Essa tipologia também é encontrada em diversos estudos sobre pequenas, médias e grandes empresas, e busca se ajustar à divisão adotada pelas pesquisas PINTEC e CIS.

Parte-se da hipótese de que devido às características das empresas relacionadas ao seu porte, há importante diferença em termos das estratégias, esforços e resultados inovativos entre os portes e entre os países. Dessa forma, a Tese se divide em três capítulos, sendo o primeiro uma revisão de textos clássicos da literatura que fundamentam as análises dos demais capítulos, com foco em inovação, porte da firma e sistemas nacionais de inovação. De forma adicional os dois capítulos posteriores também fazem revisão da literatura empírica ligadas aos seus objetivos.

O segundo capítulo propõe um esforço para classificação dos sistemas de inovação por meio de agrupamentos segundo seus resultados, esforços e eficiência. Busca-se investigar questões relacionadas ao hiato inovativo e testar a hipótese de que há relevantes diferenças entre os países de acordo com o porte da firma. Adicionalmente, também é investigado a hipótese de que os países com melhor resultado inovativo são os mais eficientes em termos da geração de resultado. Para isso serão utilizados dados das pesquisas de inovação CIS e PINTEC, que são baseadas no Manual de Oslo, para 29 países europeus e Brasil com uso de metodologia baseada no conceito de distância euclidiana para construção de índices de esforço e eficiência inovativa e posterior análise de *cluster* para fazer os agrupamentos, identificando em qual grupo cada país se encaixa.

No terceiro capítulo é realizada uma investigação sobre quais fatores têm maior importância com relação ao resultado inovativo das firmas pequenas, médias e grandes. O objetivo é testar a hipótese de que há diferenças nos fatores importantes para o resultado inovativo entre os portes da firma, sejam aqueles relacionados às estratégias das firmas em termos de seu esforço, sejam os relacionados aos sistemas de inovação. Para tanto são considerados dados da CIS, PINTEC, *World Bank Data* e *IMF Database* para 29 países europeus e Brasil. As variáveis foram trabalhadas com uso de método de dados em painel com efeitos fixos.

¹ Há diversas formas de classificar o porte das empresas e, segundo o Estatuto Nacional da microempresa e da empresa de pequeno porte (Lei Complementar nº 13/2006), a classificação ocorre por faturamento, em uma interpretação ligada a questões tributárias. Pesquisas de inovação e boa parte da literatura de referência utilizam o número de funcionários. No Brasil o SEBRAE (2020) indica que são micro e pequenas empresas na indústria aquelas com até 99 funcionários, médias empresas aquelas com 100 a 499 funcionários e grandes as que possuem 500 funcionários ou mais. Já o IBGE (2019) classifica como micro empresas aquelas com até 9 funcionários, pequenas com 10 a 49 funcionários, médias aquelas com 50 a 249 funcionários e grandes as que têm 500 funcionários ou mais.

Além dos capítulos acima citados essa Tese ainda conta com essa introdução e as considerações finais, que busca destacar os principais achados do trabalho e reflexões sobre possíveis investigações futuras. Entende-se que as principais contribuições deste trabalho focam na relação entre inovação e porte da firma. Isso se faz ao buscar estabelecer comparações em indicadores de resultado, esforço e eficiência inovativa entre empresas de diferentes portes no Brasil e países europeus. Há também contribuição para a literatura de determinantes da inovação, segundo o porte da firma, ao investigar quais variáveis dos sistemas nacionais de inovação e das estratégias das firmas são significativamente relacionadas aos resultados inovativos.

1. PROCESSO INOVATIVO, PORTE DA FIRMA E OS SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

O processo inovativo e seu produto mais evidente, as inovações, fazem parte do cotidiano dos mais diversos setores econômicos. A inovação é discutida na literatura de ciências sociais, economia e humanidades em geral, sob diferente óticas de análise. Por ser fato que altera estruturas produtivas, o processo inovativo pode produzir relevantes impactos sociais e econômicos, e em economia está ligado a investigações sobre mudança estrutural, modelos de crescimento e, conseqüentemente, como uma variável importante para explicar diferenças nos níveis de renda e desenvolvimento social entre as nações.

À primeira vista, não parece difícil supor que as atividades inovativas gestam as mudanças tecnológicas produzidas com base em processos de acumulação de conhecimento e interações entre diferentes atores. Assim, é possível concluir de maneira intuitiva que os avanços do conhecimento científico estão na raiz do avanço técnico, influenciando diretamente a produção. Entretanto, o conhecimento científico não é a única atividade envolvida no processo inovativo, tão pouco é o único responsável pelo sucesso inovativo de uma empresa ou nação.

O debate sobre inovação pode ser observado em trabalhos clássicos de Adam Smith e Karl Marx. Em ambos há destaque do papel do progresso técnico e de suas relações com o desenvolvimento das economias capitalistas. Todavia, são as contribuições de Schumpeter (1939; 1942) que dão ênfase devida ao papel do processo inovativo como central à trajetória das economias capitalistas.

O autor ressalta que as inovações são motores de desenvolvimento econômico, bem como condição para criação de vantagens competitivas de firmas e Estados Nacionais, o que pode gerar resultados em termos de conquistas de mercados internacionais, ampliação da produção e crescimento do nível de renda. De suas contribuições, surge uma extensa literatura neoschumpeteriana (DOSI, 1982; ROSENBERG, 2010; FREEMAN, 1994; NELSON; WINTER, 2005) que realça o caráter *path dependent* na construção de trajetórias tecnológicas, assim como uma diversidade de variáveis que podem ter relevante impacto na construção dos processos inovativos. Essa literatura aponta não apenas para aquelas variáveis tradicionais, ligadas a pesquisa e desenvolvimento, mas também para os processos de aprendizagem, interação e apropriabilidade na construção do processo inovativo.

De forma complementar, surge a concepção que as empresas diferem umas das outras e, que para explicar como e porque as firmas adotam atividades inovativas, é necessário entendê-las como mais que combinadoras de fatores de produção. A diversidade das firmas é motor fundamental para explicar a concorrência além dos preços, e assim, fatores como o setor ou o porte da firma, podem ser determinantes para entender por que empresas e países obtêm resultados diversos em termos de inovação.

Esses conceitos serão explorados neste capítulo, cujo objetivo é apresentar uma revisão bibliográfica de autores clássicos sobre o tema da inovação e desenvolvimento tecnológico em economias capitalistas. A base desenvolvida aqui será utilizada nos próximos capítulos com a finalidade de cumprir a análise sobre duas dimensões essenciais ao desenvolvimento deste trabalho: o porte das firmas e a abordagem dos sistemas nacionais de inovação.

Para tanto, a próxima seção apresenta uma discussão sobre o processo inovativo em si, seguido de duas seções que buscam destacar como a literatura de referência trata a diferença por porte das firmas, considerando a temática da inovação e, por fim, a abordagem dos sistemas nacionais de inovação (SNI) como fundo para explicar o comportamento e resultados inovativos das firmas.

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

1.2.1 INTERPRETAÇÕES SOBRE O PROCESSO INOVATIVO

De certa forma a investigação sobre inovação esteve presente já nos trabalhos de autores clássicos do pensamento econômico. A noção de que o progresso técnico, ligado a capacidade inovativa e de mudança tecnológica de uma economia, apresentam relações importantes com o crescimento e desenvolvimento econômico é alvo de frequente estudo no campo da economia, não apenas recentemente, mas desde suas origens enquanto área do conhecimento.

Os esforços de Adam Smith em conceituar uma teoria do valor é exemplo disso. Em seu trabalho o autor buscava explicar a relação entre o valor das mercadorias e o trabalho, ou seja, como o trabalho é condição essencial para explicar a produção. Smith destaca que a ampliação da produção pode ser estimulada com o aumento da produtividade do trabalho, relacionada diretamente com a divisão do trabalho. Essa divisão poderia ser aliada ao uso de máquinas e equipamentos que se adequassem a especialização dos trabalhadores. O autor conclui que essa especialização e produtividade do trabalho seriam fatores importantes para explicar a riqueza das nações.

Sob essa ótica, o progresso técnico era visto de forma positiva, capaz de ampliar a produtividade do trabalho e a geração de riqueza. Ainda assim, Smith não apontou como alvo de investigação direta, no desenvolvimento de sua teoria, as questões relacionadas a como ocorre e qual a natureza do progresso técnico, sendo este tratado de forma exógena ao sistema econômico.

Por outro lado, Marx tinha uma visão diversa sobre o tema, destacando o papel da criação do setor de bens de capital como fundamental ao processo de acumulação de capital, além do consequente aumento da produtividade do trabalho proporcionada por este setor. Complementarmente, o autor entende que há um caráter poupador de trabalho nas novas tecnologias, bem como a capacidade que as máquinas poderiam ter em guiar o tempo e condições do processo produtivo. O progresso técnico poderia gerar aumento da produção e barateamento dos bens, mas por outro lado, pode representar limites ou contradições de sua capacidade de ampliar o nível de bem estar de sociedades capitalistas, em função da conflituosa relação entre capital e trabalho. Para o autor, mudanças tecnológicas poderiam ser incentivadas com mudanças societárias das instituições.

O papel que novas tecnologias podem ter e se atuam de forma a poupar capital e/ou trabalho foi discutido por outros autores (HICKS, 1932; ROBINSON, 2016), contudo, uma contribuição mais significativa sobre o tema é dada por Alfred Marshall ao avançar na direção de colocar o processo inovativo como fundamental ao desenvolvimento das economias. Ainda que o autor seja conhecido por suas contribuições às escolas marginalista e neoclássica de economia, é possível identificar no pensamento de Marshall ideias caras ao que posteriormente seria conhecido como Teoria Evolucionária em economia. Já em "*Principles of Economics*", Marshall (1961) escreve sua famosa passagem "*the Mecca of the economist lies in economic biology rather than in economic dynamics*", o que destaca, ainda que implicitamente, a adoção de conceitos das ciências biológicas como capazes de melhor explicar o comportamento de uma economia do que aqueles ligados à física mecânica.

Groenewegen (2002) aponta que as contribuições do autor à teoria da firma se fizeram, por exemplo, com uso de analogias entre árvores e florestas, apontando para a diversidade de firmas de diferentes tamanhos e idades que compõem uma economia e seu sucesso ou fracasso em suas trajetórias de crescimento. Da mesma forma, sugere que não só as empresas diferem no mercado do qual fazem parte, como a combinação de seus fatores de produção feita pelo empresário marshalliano pode explicar seu desempenho.

Mais do que isso, os fatores que compõem a produção podem não ser facilmente substituíveis ou trocados, dadas as limitações técnicas para tanto.

“Capital and labour, when they have once been devoted to any particular industry, may indeed become depreciated in value, if there is a falling off in the demand for the ware which they produce: but they cannot quickly be converted to other occupations; and their competition will for a time prevent a diminished demand from causing an increased price of the wares” (MARSHALL, 1961, p. 89).

As contribuições de Marshall ainda são identificadas nas noções de economias de escala, que de certa forma, apontam em direção a diferenças entre grandes e pequenas empresas. Esse ponto será explorado na próxima seção. Por ora, é válido lembrar que esses conceitos apresentados não foram, em grande medida, absorvidos no desenvolvimento das teorias neoclássicas em relação ao comportamento da firma, bem como em modelos de crescimento econômico desenvolvidos posteriormente.

A função de produção da firma na teoria neoclássica foi fortemente difundida pelo trabalho de Coob e Douglas, cujo esforço apresenta uma função que junta fatores de produção, capital e trabalho, capazes de gerar um produto. Dentre seus pressupostos há a previsão de fácil substituição entre capital e trabalho, o que pode ser interpretado como uma mudança tecnológica em si ou mesmo mudanças na produtividade de um dos fatores, ainda que essa argumentação conflite com aquela expressa por Marshall (1961).

Das discussões em torno desta função de produção da firma, e da busca por um modelo que pudesse explicar o comportamento de uma economia como um todo, devem ser destacadas as contribuições de Solow (1957). Para desenvolver uma teoria que buscou elucidar como se dá a expansão de uma economia, e do nível de renda, considerou que o crescimento econômico deriva do estoque de capital e de taxas de crescimento da população. Posteriormente o autor buscou agregar outros fatores, como a tecnologia, em sua função de produção. Com esse acréscimo, seria possível ampliar a produtividade, promovendo crescimento econômico estável. Ainda assim, não houve aprofundamento quanto a capacidade do próprio ambiente econômico de gerar a tecnologia empregada em seu modelo. Essa variável ainda era considerada exógena ao ambiente econômico.

Foi Schumpeter o autor que, em seu tempo, melhor expressou o papel que o processo inovativo tem em uma economia, não apenas como variável profundamente ligada ao crescimento econômico de longo prazo, mas também como fator gerador de instabilidades, oportunidades e desafios aos empresários capitalistas e trabalhadores. São as mudanças técnicas e tecnológicas, que ocorrem de maneira descontínua, originadas

dentro do próprio sistema econômico e com capacidade disruptiva, o motor do desenvolvimento econômico (SCHUMPETER, 1961).

Schumpeter defende que o capitalismo é uma forma ou método de produção baseado na transformação econômica, o que se reflete em alterações nos ambientes naturais e sociais. Com isso o autor dá ênfase a mudanças disruptivas, capazes de surgir dentro das estruturas do próprio ambiente econômico, processo esse ilustrado no termo “destruição criativa”, amplamente difundido na literatura influenciada por seu trabalho. Entende-se que o desenvolvimento econômico é um conceito mais amplo que o de crescimento, uma vez que o primeiro é responsável por promover a reprodução e dinâmica de uma economia capitalista. O desenvolvimento é visto como parte da história universal, não apenas pelas variáveis e condições da economia.

A definição do conceito de inovação foi apresentada em Schumpeter (1961) como a razão da dinâmica de uma economia capitalista. O autor a define como *i*) introdução de um novo bem ou bem com nova qualidade; *ii*) introdução de novo método de produção o qual foi descoberto de forma cientificamente nova e/ou nova maneira de comercializar uma mercadoria; *iii*) abertura de um novo mercado; *iv*) conseguir uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou produtos semimanufaturados; *v*) construir uma nova organização de um setor ou criar algum tipo de posição monopolística.

Conforme explorado em trabalhos posteriores, como em *Business Cycles* (1939) e *Capitalismo, Socialismo e Democracia* (1942), umas das contribuições fundamentais de Schumpeter é o entendimento de que o desenvolvimento econômico é um processo inerentemente instável, seu manejo não deve ter o objetivo de administrar as estruturas existentes, uma vez que estas estão em constantes transformações. É nesses termos que se diferencia o desenvolvimento do crescimento econômico. Enquanto o primeiro está ligado a transformação constante do tecido produtivo e social, promovida pela “destruição criativa”, o segundo se baseia na expansão do sistema econômico pela via do aumento da população ou da produção.

As ideias de Schumpeter levaram a esforços por parte de outros autores para solucionar o problema de considerar a mudança tecnológica como fator exógeno. A crítica de Arrow (1962) aponta para a necessidade de criação de uma teoria endógena do conhecimento para ser agregada a funções de produção, capaz de inserir a capacidade inventiva como parte da função de produção e não externa a ela. Destacam-se os trabalhos de Romer (1986; 1990), que também visam apresentar uma teoria de crescimento endógeno. O autor desenvolve uma modelagem que propõe a abertura da “caixa preta”

das funções de produção até então apresentadas por Solow. Para isso foram utilizadas novas variáveis, como os gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a capacidade de criar monopólio por patentes, que seriam capazes de ampliar a produtividade gerando impacto positivo sobre o nível de renda.

Os avanços observados fizeram referência aos trabalhos de Schumpeter (1939; 1942), ainda que o diálogo tenha deixado de lado algumas contribuições fundamentais deste autor. Romer considera os processos desenvolvidos por grandes empresas e por laboratórios de P&D como insumo fundamental para o progresso técnico, entretanto, não houve espaço para considerar a figura do empresário schumpeteriano de maneira apropriada. Este, ligado principalmente a pequenas e jovens empresas e sua capacidade empreendedora, é capaz de induzir a criação de inovações radicais e de promover desenvolvimento econômico e mudanças no ambiente produtivo, não sendo considerado um *input* da mesma forma que os gastos em P&D são.

Evidencia-se, assim, o peso que inovações disruptivas tem no pensamento schumpeteriano, além de uma clara divisão entre os agentes capazes de coordenar e promover o processo inovativo, o que será explorado mais a frente. De forma geral, a corrente teórica fundada por Schumpeter alcançou importante influência na literatura de economia onde deve ser destacados os esforços das correntes neoschumpeterinas, bem como pelas teorias “evolucionárias”, que obtiveram êxito em capturar e expandir alguns dos conceitos por ele desenvolvidos, ora na forma de desdobramentos, ora na forma de crítica. Dentre estes autores, destacam-se as contribuições de Nathan Rosenberg, Christopher Freeman, Giovanni Dosi, Richard Nelson e Sidney Winter.

Rosenberg e Frischtak (1984) argumentam que embora possam existir ciclos ou ondas de inovação, estas são diferentes do conceito clássico de longas ondas de crescimento econômico desenvolvido por Kondratiev. Para Rosenberg e Frischtak (1984) ondas de inovação são observadas ao longo do tempo até a viabilidade das inovações e das expectativas em torno das possibilidades futuras da trajetória que esta onda representa. A adoção de uma inovação também depende da infraestrutura disponível, capaz de complementá-la, o que torna possível a existência de “famílias” de inovações, que atuam de forma complementar, por meio de interação.

A teoria dos ciclos longos defende que as mudanças tecnológicas produzem efeitos na macroeconomia, ocasionados pela força das ligações para trás e para frente na cadeia produtiva, sendo importantes para explicar o crescimento econômico. Por conta dessas ligações, uma inovação pode produzir sucessivas outras para trás do processo

produtivo, frequentemente de processo, em setores de construção, equipamentos e matérias-primas que abastecem aquela inovação inicial. Já para frente da cadeia os efeitos podem se dar na forma de redução de preços ou mesmo promover a disseminação de novos produtos ou processos (como no caso dos semicondutores), com maior ou menor impacto a depender da sua capacidade de se aproximar do núcleo de uma trajetória maior.

As ligações para trás e para frente podem achar similaridade na forma de análise que levou ao desenvolvimento do modelo linear do processo inovativo. Tal modelo, conforme contribuições de Schmookler (1966), visa estabelecer uma taxonomia capaz de explicar e sistematizar o processo inovativo. Para tanto, sustenta que há duas forças capazes de direcionar inovações, de um lado aquelas ligadas a forças de mercado, como mudanças em níveis de renda, preços relativos, demografia e oportunidades comerciais, ou seja, forças *demand pull* e, por outro lado, fatores ligados ao progresso tecnológico e ao avanço da fronteira científica, a pesquisa básica capaz de gerar produtos para a pesquisa aplicada e posterior desenvolvimento, o que pode resultar em novos produtos ou alterar a forma de se produzir produtos já conhecidos, ou seja, o *technology push*.

A abordagem *technology push* é uma interpretação inerentemente linear, indica que há uma etapa seguida de outra. A inovação começa na pesquisa, que segue para o desenvolvimento e posterior produção e, por fim, ao *marketing* e vendas. Neste caso, o empurrão tecnológico (*technology push*) seria o motor que direciona o processo inovativo. De outra forma, na abordagem *demand pull* os desejos do mercado e a busca por resolver problemas ou lacunas não exploradas na comercialização, funcionariam como um puxão da demanda capaz de mover o processo inovativo em direção a atender esses interesses ou demandas.

A abordagem linear do processo inovativo foi criticada por Rosenberg e Frischtak (1984) e Kline e Rosenberg (2010) que defendem que o processo inovativo não é um processo linear e bem-comportado, tampouco suave ou regular. A abordagem *demand pull* apresenta limitações, pois as necessidades humanas de forma genérica são insuficientes em transformar a demanda potencial em demanda efetiva por inovações específicas, ou mesmo em criar trajetórias. Já a abordagem *technology push* deixa de lado variáveis ligadas a difusão de inovações, bem como o direcionamento que o sistema econômico pode dar ao conhecimento científico e, conseqüentemente à geração de inovações e criação de trajetórias.

Assim, de maneira crítica, Kline e Rosenberg (2010) indicam que o modelo linear não prevê retroalimentação ou *feedbacks*, o que contradiz a realidade onde há necessidade

de testes sobre novas tecnologias, complementares ou disruptivas, até que prosperem. Esse processo de retroalimentação e responsividade entre diferentes atores está no cerne do sucesso de uma inovação, sendo profundamente ligado ao seu desenho, que nem sempre envolve ciência pura, mas sim o que já se sabe, em termos de conhecimento, tecnologia e infraestruturas já existentes.

Dessa forma, a exigência do mercado será atendida apenas se problemas técnicos puderem ser resolvidos, assim como o avanço técnico apenas será implementado se houver uso em mercado. Isso acaba enfraquecendo as noções duais de “*demand pull*” e “*technology push*”, pois são insuficientes em explicar essa relação de constante retroalimentação. Sobre essa complexidade e não linearidade os autores concluem:

“Innovation is also difficult to measure and demands close coordination of adequate technical knowledge and excellent market judgment in order to satisfy economic, technologic, and other types of constraints – all simultaneously. The process of innovation must be viewed as a series of changes in a complete system not only of hardware, but also of market environment, production facilities and knowledge, and the social contexts of the innovation organization” (KLINE; ROSENBERG, 2010, p.173).

Existem forças relevantes no processo inovativo que impactam diretamente seu desempenho, destacando-se: *i*) custos de desenvolvimento, principalmente para projetos que envolvam elevados riscos financeiros; *ii*) resistência a inovações radicais, causadas em grande parte pela própria produção em massa que reduz os efeitos de *feedback* e aumentam a rigidez a mudanças; *iii*) riscos financeiros, relacionados a capacidade dos mercados de absorver as inovações ou a custos elevados de testes e regulação; *iv*) acoplamento entre economia e a técnica, a inovação tecnológica é um processo constante de acoplamento entre os avanços técnicos e conhecimento com os desejos e necessidades dos consumidores.

Os processos de *feedbacks*, que são diretamente ligados à P&D e à produção e *marketing*, dependem de interações e de variáveis ligadas a trajetórias desenvolvidas ao longo do processo inovativo. Também deve ser considerado que a depender do estágio no ciclo de vida do produto, o processo inovativo pode se concentrar em uma ou outra etapa do processo produtivo. Em estágios iniciais do ciclo de vida do produto a inovação se dá no produto em si, enquanto nos estágios mais avançados ocorre frequentemente em processo ou comercialização. Os altos custos de desenvolvimento de novos produtos e o encurtamento do ciclo de vida do produto, tendem a pressionar a independência dos empreendedores (KLINE; ROSENBERG, 2010).

Freeman (1994) também explora a hipótese de ciclos econômicos e sua ligação com a difusão de inovações, fazendo referência ao ciclo de negócios de Schumpeter (1939), ainda que de forma crítica. O autor destaca o papel que interação e fontes externas de conhecimento podem ter no processo inovativo, tais como universidades, laboratórios e consultores, licenciadores e outros, e o tipo de fonte pode ter relação com o tipo de inovação gerada, de produto, processo ou outras. O processo de aprendizagem, necessário na geração de inovações, está ligado não apenas a processos internos à firma, como o desenvolvimento de atividades de P&D, mas também com fontes externas de conhecimento, interação, engenharia reversa e até mesmo espionagem.

O caráter *path dependent* do processo inovativo é melhor explorado por Dosi (1982) ao propor que o progresso técnico, enquanto elemento indutor da criação e transformação de estruturas de mercado, se dá com a criação de trajetórias tecnológicas e paradigmas tecnológicos influenciados por paradigmas científicos. Este último conceito, já apresentado por Kuhn (1963), serve como base para o estabelecimento do que será o paradigma tecnológico a ser desenvolvido, enquanto modelo ou padrão de soluções de problemas tecnológicos e científicos.

Se a ciência é uma efetivação de uma promessa contida em um paradigma científico, o progresso técnico seria definido pelo paradigma tecnológico. A abordagem do paradigma tecnológico indica que alguns caminhos podem ser desenvolvidos e prosperar, enquanto outros devem ser evitados. Assim, cria-se uma focalização em um trajeto capaz de solucionar problemas tecnológicos, o que por outro lado torna esse trajeto negligente a outros (DOSI, 1982; POSSAS, 1989).

Esses caminhos são expressos pela trajetória tecnológica, que apresenta uma natureza cumulativa no tempo e, portanto, dependente do passado. Dosi (1982) sugere que as trajetórias tecnológicas podem ser imaginadas como estruturas cilíndricas em um espaço multidimensional, onde se encontram variáveis econômicas e tecnológicas, e que cresce à medida que a fronteira tecnológica se expande. Por definição, uma estrutura exclui a outra, indicando que uma trajetória tecnológica se desenvolve de forma independente de outra, exceto em momentos onde há um cruzamento entre duas ou mais trajetórias. O desenvolvimento das trajetórias tecnológicas também se dá por via da concorrência entre outras diferentes.

Nelson e Winter (2005) exploram conceitos das ciências biológicas para explicar o processo inovativo. Para tanto, usam da teoria evolucionista de Darwin, pegando emprestado o conceito de seleção natural das espécies e o adaptando à economia, assim

como a abordagem da genética organizacional como parte fundamental do processo inovativo. Para os autores a mudança econômica de longo prazo é fruto de forças constantes, mas nem sempre previsíveis, que moldam a dinâmica de economias capitalistas.

De suas contribuições destacam-se os processos de busca, rotina e seleção, considerados fatores fundamentais para explicar a abordagem evolucionária. O conceito de busca está relacionado ao empenho da firma em desenvolver soluções a problemas capturados no ambiente de mercado, ou mesmo a problemas técnicos. A seleção refere-se ao crivo enfrentado pelas inovações e pelas alterações promovidas por parte das firmas no ambiente de mercado, aos moldes da seleção natural. É importante notar que ambos os conceitos envolvem a necessidade de constante *feedback* entre a produção e mercado, o que não exclui os mecanismos de preços, que são capazes de indicar trajetórias pelas quais as empresas devem buscar desenvolver inovações, assim como quais destas podem ser selecionadas, considerando o seu preço final (NELSON; WINTER, 2005).

Já o conceito de rotina envolve o desenvolvimento, no tempo, de codificação e acumulação de conhecimento, seja este formal ou conhecimento tácito e *know-how*, o que expressa parte das capacitações de uma empresa ou país. Assim, rotinas são padrões comportamentais regulares e previsíveis na produção e no processo inovativo, que podem ser representadas por produtos, processos, interações entre outras variáveis. É possível dividir as rotinas entre técnicas, em um baixo nível de decisão (como efetuar um pedido para produção) ou de nível superior (como qual matriz energética será empregada na produção). Da mesma forma há também rotinas de curto prazo, relacionadas a decisões operacionais; de médio prazo, como decisão sobre nível de lucratividade; e de longo prazo, mais ligadas ao processo de busca por serem desenvolvidas em nível estratégico, como qual tecnologia basear a produção. Embora todas sejam dependentes de variáveis econômicas, como a busca pelo lucro, os diferentes níveis e temporalidades exigem diferentes estratégias por parte das empresas. Conclui-se que as empresas adotam estratégias diversas no desenvolvimento de suas atividades inovativas e decisões de produção, refletindo no conceito de código genético organizacional.

Há de se destacar, para além da padronização das atividades organizacionais da firma, o caráter cumulativo no desenvolvimento das rotinas cuja natureza *path dependent*, é ponto fundamental à teoria evolucionária. Rotinas representam a memória das empresas, que nem sempre são codificadas, podendo ser relacionadas ao conhecimento tácito impresso em seus processos e por seus trabalhadores, ou ainda em processos de

learning by doing, *learning by using* ou *learning by interacting*. A padronização das atividades e as rotinas desenvolvidas estão ligadas ao que seria o código genético da firma. Representam assim, acúmulo de conhecimento e capacidade de solução de problemas e conflitos e, portanto, diferem de empresa para empresa.

Possas (1989) argumenta que o modelo desenvolvido por Dosi e por outros autores neo-schumpeterianos tem como características a abordagem evolucionista, com mudanças feitas por meio de processos de seleção envolvendo fatores imprevisíveis ou indeterminados, inclusive erros. Também são considerados a irreversibilidade, uma vez que circunstâncias passadas produzem estruturas que impactam os mecanismos de seleção; e a auto organização ou ordem na evolução do sistema, resultado da interação entre o progresso técnico e a lógica do processo inovativo em termos do aprendizado, capacitação, difusão, e do meio econômico da empresa, dada por variáveis como investimento, preços, financiamento e concorrência.

O desenvolvimento da abordagem neoschumpeteriana indica que o modelo linear tradicional e o foco em gastos formais de P&D são insuficientes para explicar a totalidade do progresso técnico e do processo inovativo. Variáveis internas à firma, como as rotinas por ela desenvolvidas, assim como a interação com outros atores, como clientes, e a base científica em que a empresa realiza a produção, são aspectos importantes para explicar o sucesso ou fracasso das inovações (FREEMAN; SOETE, 1997).

Como indicado por Edquist (1997), a inovação tecnológica consiste em produzir novo conhecimento ou combinar conhecimento já existente em diferentes formas, transformando o resultado disso em inovação de produto ou processo, que tenham significância econômica. Assim, o processo inovativo não deve ser observado apenas nos esforços de P&D ou em patentes, mas também nos processos de interação e aprendizagem e seu contato com variáveis econômicas.

A partir desse ponto, é possível concluir que o processo inovativo tem uma dinâmica sistêmica, e é profundamente ligado a variáveis do ambiente, capazes de impulsionar a busca por inovações e nesse mesmo ambiente ocorre a seleção daquelas mudanças mais aptas, o que pode se traduzir no sucesso econômico da firma. A interação entre diferentes agentes econômicos pode explicar parte importante do sucesso de uma inovação, bem como está ligada à criação e expansão de trajetórias tecnológicas. O entendimento de que as empresas são diferentes ao adotar estratégias, acumular capacitações e construir rotinas distintas, assim como a perspectiva evolucionária do código genético organizacional que torna cada firma única, apontam para a necessidade

de investigar como o processo inovativo difere de empresa para empresa. Nesse sentido, a próxima seção busca explorar as diferenças entre empresas a partir do porte, entendido como dimensão essencial para explicar as diferenças no desenvolvimento de atividades inovativas e na performance inovativa das empresas.

1.2.2 INOVAÇÃO E PORTE DA FIRMA

Se o processo inovativo é complexo e seus resultados dependem não apenas de *inputs*, mas também da interação entre os agentes do ambiente econômico e científico, pode-se concluir que as empresas também não são meras combinadoras de fatores de produção, uma vez que cada uma buscará estabelecer suas próprias estratégias e meios de acumulação de conhecimento e interação. Em economia, a teoria da firma busca explicar como as empresas fazem escolhas e alocam recursos para efetuar a produção. A abordagem tradicional destaca premissas como a capacidade de substituição dos insumos, predominantemente capital e trabalho, bem como a concorrência via preços e quantidades. As sucessivas tentativas de incluir o progresso técnico nos modelos de crescimento apontam para a insuficiência desta abordagem.

Schumpeter foi um dos primeiros autores a destacar o papel do processo inovativo como determinante para o desempenho de economias capitalistas, e no tocante ao desenvolvimento de atividades inovativas, fica evidente a separação de fases díspares do pensamento de Schumpeter. Dentre outros, Fagerberg (2005) aponta para dois períodos da produção intelectual de Schumpeter, o primeiro que denominou de Marco I, refere-se aos trabalhos de sua fase mais jovem como em Teoria do Desenvolvimento Econômico (1961), onde houve maior peso dado à figura do empreendedor, ou empresário schumpeteriano, capaz de enxergar oportunidades e se colocar em posição de líder e agente de mudança, promotor de inovações; já o segundo, o qual denomina de Marco II, cujo trabalho de destaque é Capitalismo, Socialismo e Democracia (1942), consiste em focar na força das grandes empresas, das rotinas e da burocracia capazes de organizar os esforços de P&D, que terão papel fundamental no desenvolvimento de inovações.

Se para alguns essa primeira fase indica uma visão por vezes romântica do processo inovativo, a segunda traz um peso maior para grandes empresas como as principais responsáveis pelo desenvolvimento das atividades inovativas. Essa mudança de análise em relação ao papel do empreendedorismo e dos laboratórios de P&D busca considerar as mudanças nas estruturas produtivas dos países capitalistas, com a crescente oligopolização e hipertrofia de grandes empresas industriais. Ainda que essa discussão já

apontasse para a diferença em relação ao porte das firmas no desenvolvimento de atividades inovativas, foi em trabalhos de autores neo-schumpeterianos que houve maior ênfase no papel que cada porte de firma tem no processo inovativo (DOSI, 1984; FREEMAN, 1994).

Freeman e Soete (2008) sugerem que a concentração econômica, relacionada ao tamanho das firmas ou ao *market share* que estas ocupam no mercado, é ainda maior quando se analisam os esforços totais em P&D, sejam eles em número de programas ou gastos. Todavia, em setores específicos, é possível observar que PMEs têm programas de P&D muito grandes em relação ao tamanho da própria firma, indicando a existência de empresas menores focadas em desenvolver atividades inovativas relacionadas a P&D.

Esse entendimento também foi explorado anteriormente por Audretsch e Acs (1994), baseados em dados de empresas norte-americanas na década de 1980, defendem que há relevante diferença entre pequenas e grandes empresas. Os autores apontam que mercados com grande concentração acabam resultando em efeito negativo no engajamento em atividades inovativas, ou seja, o predomínio de grandes empresas com elevado *market share* em determinados setores pode levar a uma dinâmica de maior conservadorismo em relação a produção de inovações, principalmente daquelas radicais que tenham poder de alterar as estruturas desse mercado. Para além disso, conclui-se que quanto maior a concentração de mercado, maiores tendem a ser as barreiras à entrada para pequenas empresas.

Sobre a discussão de entrada de empresas de menor porte em novos mercados é válido destacar que entrantes tem maior probabilidade de fazer algo novo, promovendo maior dinamismo inovativo para aquele setor. Além disso, a entrada de novos concorrentes tende a possibilitar queda nos lucros extraordinários, elevar os custos de formação de conluios e promover mudança na organização industrial do setor. Conclui-se que enquanto os dois primeiros itens são considerados geradores de equilíbrio, aos moldes da teoria tradicional, o último está mais relacionado à geração de instabilidades ou desequilíbrios, fruto da própria atividade inovativa dos entrantes, relacionando-se diretamente com as teorias neoschumpeterianas, com destaque para os conceitos de busca e seleção (AUDRETSCH, 1998).

Em determinados setores, pequenas empresas podem ter maior probabilidade de produzir inovações do que as grandes. Indústrias que exigem maior flexibilidade ou novas tecnologias na produção, tendem a gerar mais oportunidades para inovações por empresas de menor porte. Nesse sentido, a exigência de sistemas de produção flexíveis em setores

mais dinâmicos, em termos inovativos, pode compensar os efeitos de alto custo de implantação de novas tecnologias, sendo uma vantagem para pequenas empresas (ACS; AUDRETSCH, 1990).

É possível destacar que a relação entre engajamento ou resultado inovativo está também ligado a características de cada setor. Por exemplo, maior intensidade de capital, maior poder de negociação dos trabalhadores por sindicalização e maior concentração de mercado tendem a estar relacionados a melhor performance de grandes empresas. Já setores mais dinâmicos do ponto de vista de desenvolvimento de atividades inovativas, podem significar oportunidades de melhor performance para pequenas empresas (ACS; AUDRETSCH, 1990). Esse achado pode reforçar a interpretação da fase mais jovem de Schumpeter, a respeito do papel das pequenas e jovens empresas e da figura do empresário schumpeteriano.

Embora pequenas empresas enfrentem desvantagens em relação às economias de escala, isso pode ser compensado pelas estratégias de promoção de inovação. Outras contribuições do trabalho dos autores incluem a observação de que, além da intensidade de capital ou margem de lucro, o crescimento do setor está positivamente relacionado à maior oportunidade de entrada de pequenas empresas. Da mesma forma a presença de trabalho especializado também está relacionado a maior sucesso inovativo de pequenas empresas. As conclusões dos autores são de que há necessidade de ampliar a promoção de atividades inovativas em pequenas empresas, visto seu papel importante relacionado a novas tecnologias, setores em ascensão e mais dinamismo inovativo, mesmo em setores mais “maduros”, o que pode ser feito por incentivos governamentais.

Freeman e Soete (2008) indicam que os resultados inovativos de pequenas e médias empresas podem estar positivamente relacionados à ampliação do P&D em setores industriais bem como do fluxo de informações derivados dessa atividade. Os autores argumentam que PMEs podem ter outras fontes de apropriabilidade da produção inovativa, ou formas de proteção da propriedade intelectual distintas daquelas observadas em grandes empresas. Isso pode acontecer em mecanismos menos formais que gastos em patentes ou registros de propriedade intelectual, o que torna difícil sua mensuração.

Não apenas existe dificuldade de mensuração da atividade inovativa em pequenas e médias empresas, como também particularidades no desenvolvimento destas atividades por essas firmas estão relacionados a suas características. Enquanto empresas de menor porte apresentam vantagens comparativas em estágios iniciais do trabalho inventivo, particularmente em relação a inovações radicais, grandes empresas têm mais vantagem

nos estágios finais do processo, viabilizados pelas economias de escala, maior eficiência em termos de *marketing*, distribuição da produção e acordos comerciais (FREEMAN; SOETE, 2008).

Por outro lado, são tradicionais obstáculos à inovação em pequenas e médias empresas a menor disponibilidade de informação, ou menor capacidade de absorção das informações, maior dificuldade de obter financiamento, dadas as limitações em relação à oferta de garantias, à falta de capacidade administrativa e de condições de lidar com regulações governamentais, bem como as limitações para tentar estabelecer vínculos ou interações com organizações externas à firma, frente aos reduzidos instrumentos para buscar e manter essas relações (AUDRETSCH, 2004; FREEMAN; SOETE, 2008).

Esses argumentos reforçam a ideia de que o processo inovativo ocorre de forma diferente entre PMEs e GEs, não apenas em relação a características internas à firma, como nas relações que estas estabelecem com o seu entorno e com o ambiente em que estão inseridas. Os esforços em entender essas diferenças foram impulsionados com o reconhecimento de que pequenas empresas importam em termos de criação de empregos, inovação e na internacionalização da produção (AUDRESTSCH, 2004).

Com o avanço da globalização, principalmente no modelo estabelecido a partir dos anos 1980, houve considerável rearranjo e integração dos mercados nacionais, levando a necessidade de níveis de produção cada vez maiores que se beneficiam de economias de escala. Ao mesmo tempo que ampliou a flexibilização da produção, seja pela via do comércio e uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação, seja por novos arranjos organizacionais e técnicas mais eficientes de produção. É importante enfatizar que as economias de escala angariadas pelas grandes empresas não se reduzem a vantagens em termos da produção, mas também na gestão, no *marketing* (relacionado a distribuição e comunicação) e nos custos de transação, ligados a custos de pesquisa, contratos, controle e etc. (NOOTEBOOM, 1994).

A consolidação de oligopólios globais em diversos setores industriais, e a integração econômica entre as nações, acabou resultando em ampliação de concentração de mercado em vários setores. Ao mesmo tempo, houve intensificação da volatilidade e da concorrência, não apenas em preço, mas também pela crescente adoção de regras internacionais de proteção de propriedade intelectual em vista a viabilizar a apropriabilidade de resultados inovativos em nível global.

Todavia, ainda que esse processo represente um trunfo das grandes empresas, as pequenas empresas também encontram espaços, seja em setores mais dinâmicos

tecnologicamente, seja em nichos de mercado. Essas empresas são mais capazes de atender a demandas não padronizadas, produtos diferenciados, e atender nichos, sejam eles em setores de alta tecnologia ou não. Da mesma forma, pela maior flexibilidade e agilidade em responder a mudanças, PMEs são beneficiadas por algumas alterações promovidas pelo modelo de globalização das últimas décadas, como a desregulamentação, o que facilitou a entrada de novas empresas em mercados até então mais fechados (AUDRETSCH, 2003).

Rothwell (1985; 1989) reforça que o sucesso das PMEs está relacionado à sua maior flexibilidade e à capacidade de resposta a demandas de clientes devido a maior proximidade com o mercado, menor quantidade de níveis hierárquicos e de graus para tomada de decisão, o que acaba resultando em menos burocracia, além do maior peso de comunicação informal interna. Pequenas empresas têm vantagens como a descentralização da operação, o que possibilita respostas a mudanças bruscas no mercado. Empresas de menor porte apresentam maior diversidade, que se assenta em sua capacidade empreendedora, característica que frequentemente perde força à medida que a empresa cresce e passa a ser gerida por administradores corporativos, cujo objetivo está mais ligado a atender acionistas em detrimento de outros *stakeholders* (NOOTEBOOM, 1994).

Freel (2000) aponta que empresas de menor porte sofrem de dificuldades como as elevadas barreiras à entrada em determinados setores, principalmente em relação à realização de atividades inovativas. As PMEs podem ser fonte de diversidade, flexibilidade e atratividade para pessoal já que tem maior liberdade e menor formalidade, mas por outro lado podem ter dificuldades ao promover crescimento profissional, pelo enxuto quadro de funcionários.

Nooteboom (1994) sugere que firmas de menor porte podem ter vantagens como o maior engajamento e identificação de seus proprietários ou empreendedores, bem como de seus trabalhadores, que têm oportunidade de conhecer melhor todo o processo produtivo, a possibilidade de customização, a apropriabilidade por meio de conhecimento tácito e outras variáveis intangíveis. Por outro lado, as desvantagens de empresas pequenas estariam concentradas na limitada capacidade de absorção de conhecimento externo, maior chance de defasagens técnicas e tecnológicas, falta de expertise, concentração de risco e pouca sinergia levando a deseconomias pela pequena escala, limitadas oportunidades de carreira e dificuldade em manter pessoal qualificado.

Ainda que as diferenças entre PMEs e grandes empresas (GEs) sejam alvo da discussão até aqui, é importante ressaltar que não há uma dualidade ou aversão entre portes distintos de firma no processo inovativo. Pelo contrário, frequentemente é observado complementariedade entre firmas de diferentes tamanhos em diversas fases do processo produtivo, com ainda maior intensidade quando se trata de questões relacionadas ao processo inovativo.

Schumpeter (1949) apontava que o processo inovativo partia da invenção, relacionada mais a questões científicas, seguindo para o desenvolvimento, gerando protótipos dos resultados inovativos que então seriam direcionados à produção. Após isso ocorreria a introdução no mercado e, em caso de sucesso, a difusão dessa inovação. De forma adicional é possível resgatar os conceitos de busca, rotina e seleção para destacar que ao longo desse decurso é factível pensar que empresas de porte distintos podem atuar de forma complementar, desempenhando papel mais ou menos ativo em cada etapa do processo inovativo. Enquanto pequenas empresas podem ter vantagens ligadas aos estágios iniciais, devido a suas características como empreendedorismo e flexibilidade, as grandes podem ter vantagem na produção e distribuição, dadas as economias de escala e maior *market share*.

Assim, pensar que pequenas empresas são sempre melhores ou piores que grandes empresas, analisando apenas sobre uma ótica, é um viés baseado na noção que a causalidade tem apenas uma direção. Na realidade, enquanto pequenas empresas ampliam a concorrência, reduzindo barreiras à entrada, ofertando produtos especializados em nichos de mercado, grandes empresas podem usar as informações geradas pelas pequenas como *benchmarks* ou como critério para definir salários e preços. Frequentemente, na busca por se tornar mais inovadora, empresas de grande porte optam por sistemas de gestão que busquem as aproximar das características de pequenas empresas. Isso acaba gerando um paradoxo, se por um lado as grandes empresas buscam manter as economias de escala e capacidade de absorção, e engajamento em P&D interno, ligadas a maior controle da produção, por outro tentam flexibilizar comunicação e delegar decisões, o que exige menor nível de controle (NOOTEBOOM, 1994).

Adicionalmente o papel do conhecimento tácito, aquele conhecimento adquirido em rotinas de *learning by doing, using, teaching, interating*, difere entre as empresas de portes distintos. Para as de menor porte tende a ser mais relevante, fruto de suas vantagens comportamentais, menores níveis de especialização e hierarquia, menor formalidade na comunicação e processos e maior descentralização. A desvantagem de se apoiar em

conhecimento tácito é que, por se tratar de conhecimento que está intimamente ligado aos trabalhadores qualificados, existe a possibilidade de concorrentes ou entrantes “capturarem” esses trabalhadores (NOOTEBOOM, 1994; AUDRETSCH, 2003).

Quadro 1 - Características das firmas de acordo com o porte

	PME	GE
<i>Marketing</i>	Maior responsividade frente a mudanças (ainda que possa ser muito custoso). <i>Marketing</i> mais restrito e de reduzido alcance.	Maior estrutura de distribuição, elevado impacto devido ao alto grau de poder de mercado. Economias de escala em <i>marketing</i> .
Gestão	Reduzida burocracia. Empreendedores dinâmicos, resposta rápida em oportunidades, aceitam risco maior, ainda que este seja concentrado em poucos projetos ou atividades. Sofre com gestão de baixo nível, equívocos na distribuição de tarefas e descontinuidade das equipes.	Gestores profissionais capazes de controlar organizações complexas (sofre pela maior burocracia, e administradores podem ser mais avessos ao risco). Maior possibilidade de desbalanceamento no peso dos <i>stakeholders</i> .
Fatores internos	Rede de comunicação interna eficiente e informal. Respostas rápidas para problemas internos.	Rede de comunicação interna mais complexa, levando a reação mais lenta às oportunidades e problemas externos.
Pessoal qualificado	Frequentemente há falta de trabalhadores qualificados, com dificuldades para apoiar P&D interno formal. Dificuldades de ofertar carreiras e salários competitivos.	Maior facilidade em atrair trabalhadores muito especializados, desenvolvimento de carreira, grandes laboratórios de P&D. Frequentemente menor liberdade.
Comunicação externa	Menor capacidade de absorção de conhecimento devido a frequente falta de tempo ou recursos para identificar e usar fontes externas de conhecimento. Uma alternativa é o estabelecimento de redes e cooperação.	Têm maior capacidade de se conectar com fontes externas, pode subcontratar outros especialistas de outros centros e comprar tecnologia e informação técnica.
Finanças	Dificuldade em atrair investimento, especialmente capital de risco. Enfrentam custos de empréstimos mais elevados, incompatível com o elevado risco de atividades inovativas. Incapacidade de diluir risco em um portfólio de projetos.	Maior acesso ao mercado de capitais e capital de risco, possibilidade de diluir o risco em vários projetos. Maior capacidade de gerar garantias para contratos financeiros pela apropriabilidade ser mais fácil de ser mensurada.
Economias de escala	Em alguns setores economias de escala representam barreira à entrada de PMEs. Apenas gera vantagens na flexibilidade e diversidade.	Capacidade de auferir ganhos em P&D, produção, custos de transação e <i>marketing</i> . Menores custos de diversos projetos e produtos complementares.
Crescimento	Dificuldade do financiamento pode limitar o crescimento, e administradores podem ter dificuldades com estruturas mais complexas. Possibilidade de forte crescimento com inovações radicais.	Disponibilidade de recursos financeiros facilita rápido crescimento, pode crescer também por aquisição e diversificação. Maior conservadorismo em termos da produção ou difusão de inovações radicais.
Apropriabilidade	Têm dificuldades com o sistema de registro de patentes, e frequentemente não podem pagar <i>royalties</i> . Apropriabilidade por meios não tangíveis, como conhecimento tácito.	Capacidade de registrar e defender suas patentes. Apropriabilidade mais ligada a meios tangíveis como contratos, regulações e legislações.
Regulações governamentais	Frequentemente não consegue lidar com regulações mais complexas. Custos unitários para conformidade muito elevados.	Capacidade de financiar serviços para se adequar as regulações. Pode difundir custos de regulação e pode financiar P&D para adequar.

Fonte: Silva (2017) a partir de Rothwell (1989), Nooteboom (1994), Freel (2000), Acs e Audretsch (1990), com alterações.

O Quadro 1 aponta de maneira sintética as características, vantagens e desvantagens que PMEs e GEs apresentam, conforme defendido na literatura de referência. Destaca-se fatores que vão desde questões internas à firma, como *marketing* e gestão, até relações com agentes externos, como em questões financeiras, absorção e comunicação externa e força de trabalho.

Resumidamente, boa parte das vantagens das grandes empresas são materiais, como maior disponibilidade de recursos humanos, financeiros e tecnológicos, maior capacidade de absorção de conhecimento externo e diluição de risco em diferentes produtos e projetos. Já as vantagens de pequenas empresas se concentram em fatores comportamentais ou intangíveis, como motivação, flexibilidade, adaptabilidade, maior informalidade dos sistemas de comunicação (ROTHWEEL, 1989; NOOTEBOOM, 1994; FREEL, 2000).

De forma adicional, alguns trabalhos buscam criar taxonomias, ou classificações, entre pequenas empresas inovadoras, em uma tentativa de estabelecer padrões em diferentes taxas, fontes e natureza da inovação. Nesses termos Jong e Marsili (2006) investigam como diferenças em termos das atividades inovativas, das práticas de estratégias de negócios, bem como do planejamento e orientação externa podem atingir a inovação em pequenas empresas da Holanda.

Com inspiração na taxonomia de Pavitt, Jong e Marisli (2006) elaboram uma classificação sobre as pequenas empresas inovadoras em quatro grupos: *i*) baseadas em ciência, as mais inovadoras tanto nas relações externas como sendo pioneiras na introdução de inovações, prevalente em setores de química, maquinário e equipamentos elétricos, serviços econômicos, de engenharia e arquitetura; *ii*) dominadas por fornecedores, as menos inovadoras e com fracas relações externas, frequentes em setores de varejo; *iii*) fornecedores especializados, relacionadas com inovação de produto e forte orientação externa com clientes, frequentes em setores e transporte, construção civil e indústria metaleira; *iv*) intensivas em recursos, com resultados pouco abaixo da média em inovação e prevalente em indústria hoteleira, restaurantes e serviços pessoais.

A discussão da inovação em pequenas empresas é extensa e a tentativa de criação de taxonomias ou de vantagens e desvantagens do desenvolvimento de atividades inovativas por essas firmas busca realçar suas diferenças com as grandes empresas, frequente alvo de estudos mais tradicionais. Deve ser destacado que, como pequenas empresas são mais responsivas ou sensíveis a mudanças ambientais, os sistemas de inovação podem ter um papel ainda mais importante nos resultados e esforços inovativos

de empresas de menor porte. O debate sobre sistemas de inovação é explorado na próxima seção.

1.2.3 A ABORDAGEM DOS SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO

Em relativamente pouco tempo a abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs) conseguiu considerável destaque na literatura de economia da inovação, assim como na elaboração de políticas públicas de apoio a inovação. Esse sucesso se deve à capacidade de organizar elementos essenciais e determinantes para explicar o processo inovativo, não apenas do ponto de vista da firma individual, mas de todo o conjunto de relações que esta estabelece no ambiente em que está inserida. Aos moldes da literatura neoschumpeteriana, se as atividades inovativas são realizadas com base em uma grande variedade de recursos e interações, com seu resultado posto à prova em ambiente de mercado para então haver a seleção daquelas empresas consideradas mais aptas, é necessário entender como é o ambiente em que a firma está inserida e se organiza.

Para Freeman (1987), um sistema de inovação consiste em uma rede de instituições, públicas e privadas, cujas atividades e interações são capazes de criar, modificar e difundir novas tecnologias. O autor promoveu uma investigação sobre o sucesso econômico japonês pós-segunda guerra mundial, identificando o papel central que políticas públicas em educação e treinamento, promoção de P&D nas empresas, absorção de tecnologia importada e de instituições como o Ministério do Comércio Internacional e Indústria tiveram na construção de um sistema capaz de impulsionar a performance inovativa daquele país. Além disso, também destaca como características internas às firmas japonesas, bem como inovações organizacionais, tiveram papel central no sucesso do “milagre japonês”.

A abordagem dos SNIs se assenta em duas questões fundamentais, primeiro o reconhecimento de que as dimensões culturais, políticas, territoriais e o espaço nacional têm importância em explicar o comportamento e resultados inovativos das empresas. E segundo, que as capacitações e trajetórias tecnológicas não são apenas uma decisão das empresas, mas também fortemente influenciadas pelas instituições e políticas públicas que objetivam aprimorar o ambiente que cerca essas empresas, tentando superar ou compensar dificuldades, obstáculos e impedimentos ao desenvolvimento das atividades inovativas, em grande medida buscando atingir melhor performance inovativa (LUNDEVALL, 1992).

A concepção de Lundvall tem sua raiz na obra “*The National System of Political Economy*” de Friedrich List que estudou formas de possibilitar que a Alemanha do século XIX pudesse criar uma trajetória capaz de se equiparar economicamente com a Inglaterra, então considerado o país na fronteira tecnológica. Para tanto, defendia medidas de proteção a indústria, políticas para acelerar o crescimento econômico e industrialização, contrapondo a visão mais cosmopolita sobre livre comércio internacional, enfatizando que a sociedade alemã seria mais beneficiada se adotasse nacionalismo na produção e desenvolvimento tecnológico guiado pelo Estado. Para isso seria necessário investimentos em educação e treinamento, criação de organizações de promoção de ciência, laboratórios de pesquisa, interação que promovesse aprendizagem entre usuários e produtores, adaptações de importações e absorção de tecnologias, etc. (FREEMAN, 1995).

Freeman (1995) destaca o papel que P&D tem como fonte de inovação, ainda que não seja a única atividade envolvida na busca pela mudança tecnológica, que também envolve educação, treinamento, engenharia de produção, *design*, controle de qualidade e outras atividades que também resultem em inovações de produto e processo.

Kline e Rosenberg (2010) indicam que o modelo linear de inovação foca em *inputs*, como gastos em P&D, no desenvolvimento de atividades inovativas, deixando de lado fatores relacionados à interação e ao caráter sistêmico do processo inovativo. Abordagem consolidada por Lundvall (1992) ao fazer uso dos conceitos de aprendizagem e interação com maior intensidade que outros autores até então. Para o autor, um SNI é composto de agentes capazes de promover interações que promovam aprendizagem. Esse processo é cumulativo, resultando em trajetórias tecnológicas capazes de fortalecer não só os atores e sua performance inovativa, mas a interação em si.

Arundel *et al.* (2016) destacam que as teorias tradicionais em economia são insuficientes para explicar o processo inovativo, uma vez que o conhecimento não se encaixa no conceito de escassez. Pressupostos como o da racionalidade ou de expectativas racionais, definição dos mercados e concorrência via preços, desconsideração do papel da cooperação e aprendizado, e neutralidade ou apatia do Estado no direcionamento de trajetórias tecnológicas e desenvolvimento econômico fazem parte da perspectiva dos modelos lineares, mas vão na contramão de fatores fundamentais para explicar a dinâmica inovativa e o papel dos SNIs.

Nelson (1993) dá maior destaque à função que atividades e gastos em P&D podem ter na performance inovativa, sendo que os atores envolvidos no SNIs devem trabalhar

para que esse indicador, assim como patentes, tenha melhor resultado. Essa perspectiva se mostra mais formal ou tradicional, quando comparada com a de Lundvall (1992), uma vez que destaca o papel do progresso científico e da noção sobre esforços mais fáceis de mensurar.

Para Edquist (1997) o processo inovativo é influenciado por diversos fatores, como a interação entre organizações, que buscam desenvolver e trocar conhecimento, informação e recursos. Essas organizações podem ser outras empresas, fornecedores, consumidores ou concorrentes, universidades e institutos de pesquisa, bancos de investimentos, escolas, governos, etc. Também devem ser consideradas instituições que podem restringir ou incentivar inovações, como legislações, regulações em saúde, normas culturais e sociais, além de padrões técnicos.

Ainda assim, a abordagem dos SNIs não é considerada uma teoria formal ou já estabelecida, seu desenvolvimento é influenciado pelas teorias da inovação, com destaque para as teorias de aprendizagem e interação e a teoria evolucionária. Trata-se de uma abordagem que une as fundações microeconômicas das teorias de inovação neoschumpeterianas com variáveis macroeconômicas, sociais e políticas em nível nacional. Fatores como a interatividade do processo inovativo direcionam a uma abordagem sistêmica, uma vez que há uma enorme quantidade de atores e elementos agregados. Também se destaca o fator aleatoriedade em relação ao processo inovativo e ao desenvolvimento de novas tecnologias, o que revela uma ligação com a teoria evolucionária. A abordagem sistêmica também abre espaço para investigar uma maior quantidade de fatores que podem ter impacto ou significância em explicar determinantes do processo inovativo, ainda que esses motivos não sejam completamente definidos (EDQUIST, 1997).

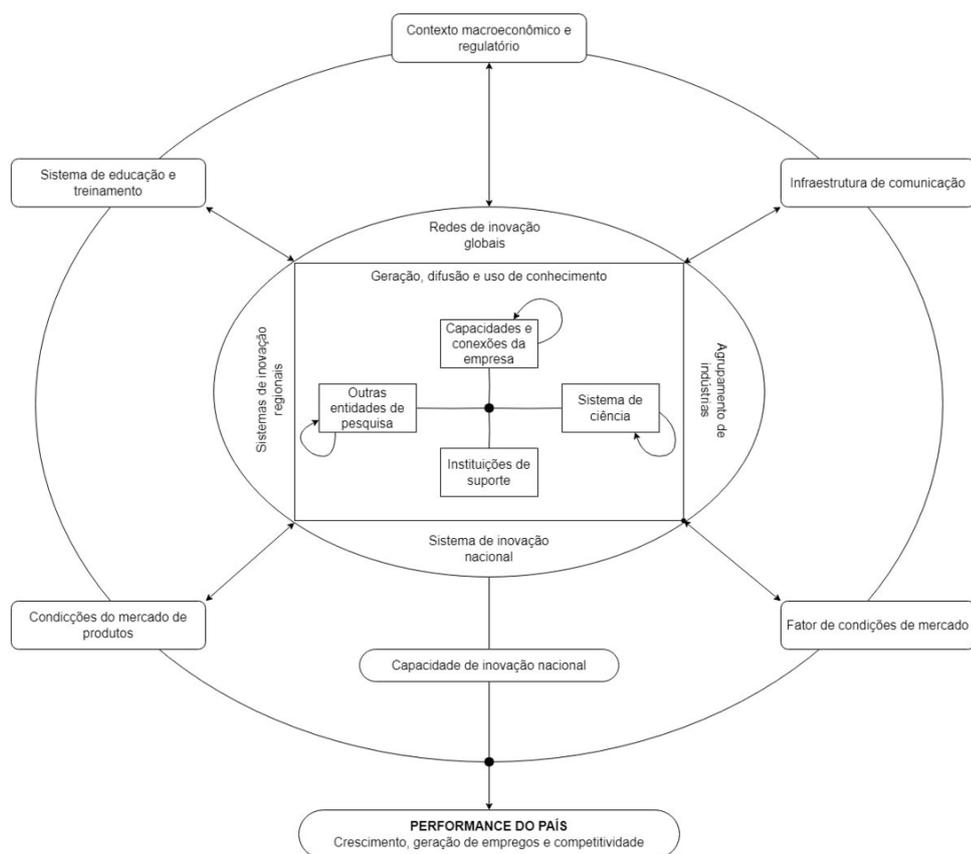
Portanto, o SNI consiste em uma abordagem que não considera apenas fatores econômicos, mas também institucionais, organizacionais, sociais, políticos, culturais. No desenvolvimento de atividades inovativas as empresas registram constante interação com outros atores como concorrentes, consumidores, fornecedores, ou ainda atores fora do círculo direto de sua produção, como universidades, governos, laboratórios públicos e privados de pesquisa, instituições certificadoras e de testes. Empresas de setores baseados em ciência têm uma forte ligação entre sua capacidade de inovação e a interação com universidades ou centros de pesquisa. Essas relações envolvem constantes *feedbacks* e reciprocidade, caracterizadas por uma relação multilateral e não linear (LUNDVALL, 2016; EDQUIST, 1997).

Nesse sentido, é importante destacar o papel que instituições podem ter no processo inovativo. As instituições podem ser entendidas como a infraestrutura acadêmica, P&D industrial, políticas públicas, legislações e regulamentações, mas também pode ser definida como as “regras do jogo”, indicando limites e normatizações as quais as empresas podem atuar para buscar melhor performance inovativa, fornecendo também os aspectos necessários para proteção de propriedade intelectual, promovendo apropriabilidade sobre os resultados inovativos.

“Institutions provide agents and collectives with guideposts for actions. In a world characterized by innovative activities, uncertainty will be an important aspect of economic life. Institutions make it possible for economic systems to survive and act in an uncertain world. Institutions may be routines guiding everyday actions in production, distribution, and consumption, but they may also be guideposts for change.” (LUNDVALL, 2016, p. 95)

A figura 1 indica de forma genérica como um sistema de inovação se organiza, considerando os diferentes atores que o compõem e as relações que estabelecem entre si.

Figura 1 - Organização de um Sistema de Inovação



Fonte: OECD (1999), tradução do autor.

Para Acs *et al.* (2017), a literatura de SNIs não indica que sistemas são criados, mas sim que são herdados, envolve o contexto e como instituições coordenam e criam produção de conhecimento. Para os autores, um SNI consiste em um grupo de empresas interconectadas e geograficamente próximas, que se associam a outras instituições, atores, regras e normas, e a um estabelecimento político. A forma como empresas inovam e aprendem é afetada por um conjunto de instituições, desde o mercado de trabalho, até os padrões de especialização industrial de um país, seus sistemas educacionais e financeiros.

É possível notar que um sistema de inovação se constitui a partir da relação entre o sistema de ciência, instituições de pesquisa e apoio, redes de inovação e criação de capacitações. A interação e cooperação entre diferentes atores é parte fundamental de um sistema de inovação, e está ligado a condições de mercado, regulação e capacidade de inovação do território. Esse último item pode estar relacionado à adoção de políticas de apoio à inovação por parte de governos que tenham objetivo de melhorar o desempenho inovativo das empresas. Uma forma de guiar quais políticas devem ser adotadas é mensurar a performance inovadora de cada território, seja por meio de indicadores de faturamento com venda de novos produtos, ou com uso de dados sobre patentes, taxa de inovação, diferentes tipos de inovação, crescimento econômico, investimento e comércio internacional.

Adicionalmente, Samara *et al.* (2012) argumentam que um SNI pode ser subdividido em subsistemas que agrupam conhecimento e recursos humanos; atividades de pesquisa, focando no papel de universidades e centros de pesquisa assim como atividades de P&D; condições de mercado, como seu tamanho e densidade da população e o clima para negócios; condições institucionais, como política tributária, regulações; sistema financeiro, destacando as possibilidades de financiamento para atividades inovativas como P&D; performance tecnológica, descrito por indicadores de inovação como patentes e registros de propriedade intelectual; por fim, o processo inovativo.

Além da existência de subdivisões em um sistema de inovação, em termos de processos ou atores que o compõe, é possível identificar a existência de sistemas regionais de inovação ou mesmo sistemas baseados em determinados setores e da interação entre diferentes setores. Acs (2015) destaca a abordagem do Sistema Nacional de Empreendedorismo (SNE), que busca investigar como características em nível nacional ajudam a explicar o empreendedorismo, considerando que este é um processo ligado a direcionadores individuais, nos moldes do destacado por Schumpeter em seus trabalhos

iniciais. O SNE deriva de uma institucionalidade envolvida na interação de indivíduos com atitude empreendedora, aspirações e habilidades que direcionam a alocação de recursos e criação de inovações, sempre relacionados a fatores contextuais (ACS, 2015).

Todavia, há desafios em mensurar indicadores sobre empreendedorismo que capturem o caráter sistêmico e interativo entre o contexto e as aspirações e atitudes empreendedoras dos indivíduos em nível nacional. Acs *et al.* (2014) propõem um esforço nesse sentido, utilizando como metodologia a construção de um indicador global de desenvolvimento e empreendedorismo (GEDI), baseado em indicadores já realizados para mensurar sistemas de inovação. O GEDI busca indicar parâmetros ou *benchmarks* de condições regulatórias e institucionais que possam ser utilizados para identificar fraquezas e oportunidades de estímulo ao empreendedorismo e inovação. Ao analisar variáveis ligadas à educação, mercado doméstico, transferência e absorção de tecnologia, nível de endividamento, igualdade entre gêneros, corrupção e outros, os autores identificam gargalos e concluem que países com melhor sistema de empreendedorismo são aqueles com variáveis mais equilibradas e com menor diferença no desempenho das variáveis analisadas.

Vaona e Pianta (2008) defendem que o desempenho inovativo das firmas também é relacionado ao ambiente em que estas operam. Com isso corroboram a ideia de que a institucionalidade e a presença de organizações que possam servir de incentivo à atividade inovativa, sejam universidades, governos, centros de pesquisa pública ou privada, que possam servir de fontes de conhecimento, cooperação ou outro tipo de interação, são fundamentais para explicar os resultados inovativos.

Dessa forma, o conceito de SNI pode ser interpretado como uma ferramenta prática útil para desenho de política de inovação, além de servir como síntese de esforços e resultados inovativos (LUNDVALL, 2016). Portanto, é importante destacar o papel central que o governo e as políticas públicas podem ter em melhorar o ambiente do SNI, tornando possível construir um sistema mais maduro e eficiente.

Fagerberg (2017) aponta que políticas públicas são fundamentais para o desenvolvimento de SNIs e sugere cinco processos que dirigem um SNI e que são passíveis de apoio do governo: *i*) conhecimento, ofertado por P&D público (universidades, centros de pesquisa, etc.) e as interações entre órgãos do governo e empresas privadas; *ii*) habilidades, essenciais para dinâmica tecnológica das firmas, pode ser ampliada com políticas de educação; *iii*) demanda, para soluções inovativas, o que pode ser apoiado na criação de novos mercados com suporte do governo em termos de

regulação e compras públicas; iv) Finanças, com apoio principalmente para pequenas e médias empresas e redução de incertezas do mercado financeiro; v) Instituições, em termos das “regras do jogo”, cumprimento de legislações e regulações e combate a corrupção.

A respeito da dimensão nacional dos SNIs, entende-se que a capacidade inovativa não é uniformemente ou aleatoriamente distribuída no espaço geográfico. A capacidade inovativa difere em nível nacional, dado que as “regras do jogo” já estão fixadas nas relações estabelecidas entre os países. Daí a importância de se analisar como diferentes países podem ter SNIs menos ou mais desenvolvidos, e como isso pode impactar na performance inovativa das empresas.

Para Filippetti e Archibugi (2011) o conceito de SNIs assume que os países apresentam diferenças em termos de performance econômica, que essa performance está ligada a capacidade tecnológica e capacitações inovativas, assim como de instituições, e que as políticas de inovação e tecnologia são efetivas em moldar a performance inovativa dos países, bem como sua performance econômica. Essa interpretação reforça o papel da interação e cumulatividade na performance inovativa de diferentes empresas ou territórios, o que indica que diferentes sistemas demandam estratégias distintas de gestão, políticas de apoio e investimentos. Esse ponto também é explorado por Audretsch e Lehmann (2016) que destacam como políticas de incentivo à inovação em setores de alta tecnologia podem ter significados diferentes em diferentes SNIs, podendo ser mais efetivas naqueles onde já há grandes firmas estabelecidas com consequente divisão do trabalho entre geração e comercialização de inovações e menos em SNIs dependentes de pequenas e médias empresas.

Para Albuquerque (2007), a abordagem de SNI é derivada da teoria evolucionária, sendo que sua proposta inicial é analisar sistemas já maduros dos países ricos, como Japão, Estados Unidos e Dinamarca, e a posterior expansão dessa interpretação para países da periferia do capitalismo deve considerar dificuldades próprias a essas economias. Schumpeter (1942) já destacava que as inovações poderiam impactar o desenvolvimento econômico de maneira dual, de um lado positivamente ao gerar novos produtos e processos, e de outro, ao incorrer em deterioração dos termos de troca entre produtos primários no longo prazo. Esse é justamente o foco de análise do estruturalismo latino-americano.

Existe uma ligação teórica entre a literatura de SNI e o estruturalismo latino-americano, uma vez que ambos fazem uso das dimensões nacionais e da mudança

tecnológica, ou mudança estrutural, como dimensões fundamentais para explicar as diferenças nos níveis de desenvolvimento dos países. O estruturalismo latino-americano é um modelo formado por contribuições de diversos economistas, dentro os quais Raúl Prebisch e Celso Furtado, que visa explicar o subdesenvolvimento dos países atrasados, predominantemente na América Latina.

Para isso, são consideradas as estruturas das sociedades e do processo histórico de sua formação, bem como seu modo de inserção na economia mundial. Daí deriva o conceito de que o mundo se divide entre um centro capitalista e sua periferia, onde o primeiro é especializado na produção industrial e de produtos tecnologicamente avançados, enquanto o segundo se especializa na produção de bens primários, agrícolas e minerais, destinados à exportação.

Lopes (2017) explora as divergências e semelhanças no pensamento estruturalista e neoschumpeteriano com base em Celso Furtado e Carlota Perez. Enquanto o primeiro argumenta que o avanço do progresso técnico pode causar problemas econômicos e sociais para nações de industrialização atrasada, a segunda aponta que há possibilidades de desenvolvimento nestes países em novas ondas de inovações e quando há mudanças nos paradigmas técnico-produtivos.

Segundo Lopes (2017), Furtado destaca que as condições de demanda são grandes responsáveis pela trajetória de desenvolvimento e progresso técnico, o que está ligado a interpretação keynesiana. Assim, em países da periferia os excedentes gerados são capturados por uma pequena parcela da população, em resposta a concentração fundiária e de capital, promovendo progresso técnico em poucas áreas capazes de atender o consumo desse grupo e as demandas dos países do centro, em grande parte em setores primário-exportadores. Esse modelo é agravado pela forte presença de empresas transnacionais que limitam a disseminação tecnológica resultando em baixos ganhos de produtividade na economia. O progresso técnico acontece, em grande medida, com adoção de tecnologias do centro que foram desenvolvidas em países com abundância de capital e economizadoras de mão de obra, gerando impactos sociais importantes na periferia que tem escassez do primeiro e abundância do segundo.

O autor também apresenta a interpretação de Carlota Perez que é ligada ao paradigma neoschumpeteriano, e que sugere uma visão menos pessimista ao mostrar que o progresso técnico acontece por meio de revoluções técnico-científicas e criação de trajetórias tecnológicas, o que gera janelas de oportunidades que podem ser aproveitadas por países em desenvolvimento. A ligação entre o capital financeiro e produtivo é

essencial para sucesso no ingresso de uma trajetória tecnológica, uma vez que o capital financeiro deve financiar as atividades de alto risco na busca por novas trajetórias. Essa busca pode gerar desequilíbrios passíveis de correção por regulações estatais, e posterior adoção da trajetória mais viável no ambiente produtivo. Em países em desenvolvimento o papel do Estado deve ser ainda mais importante para ampliar capacitações locais dos sistemas de inovação e perseguir trajetórias tecnológicas viáveis.

As duas interpretações convergem na ideia de que o desenvolvimento tecnológico está fortemente relacionado ao desenvolvimento econômico, porém divergem na identificação dos motores do processo e possibilidades de *catching up*. Furtado aponta que esse processo de modernização reproduz o subdesenvolvimento, seja pelas características da demanda, seja pelas tecnologias adotadas incompatíveis com a estrutura produtiva dos países periféricos. Já Perez aponta que as inovações acontecem dentro das empresas e, em conjunto com as instituições dos sistemas de inovação, podem alterar a demanda o que possibilita o *catching up*. Ainda assim, a autora assume que esse é um processo difícil e que as fronteiras tecnológicas são móveis, o que dificulta seu alcance.

Para Furtado reformas que viabilizassem maior distribuição de renda, como reforma agrária, e a industrialização poderiam possibilitar a quebra do ciclo vicioso de subdesenvolvimento. Porém, como apontado por Cassiolato e Lastres (2018), o advento do processo de globalização nos anos 1980 representou importantes restrições para a realização do *catching up*. Os autores estudam o caso brasileiro e sugerem que houve crescente importância das empresas transnacionais e presença de capital estrangeiro na base industrial do país, esse processo de internacionalização não resultou em desenvolvimento das capacidades de aprendizado e, em certa medida, agravam a vulnerabilidade externa do país, e promovem crescentes remessas de lucro das filiais às matrizes. Nas últimas décadas a redução da independência das filiais, o estabelecimento de estratégias globais nas grandes corporações em termos do processo inovativo e, no caso brasileiro, o forte direcionamento da produção industrial ao mercado interno e baixa competitividade em exportações, resultaram em menor dinamismo tecnológico.

Os autores ainda destacam que as estratégias das empresas transnacionais passam pela aquisição de empresas domésticas em busca de absorver capacitações desenvolvidas por essas empresas e ainda de obter vantagens que aquele sistema nacional de inovação pode ofertar, mas sem resultar em desdobramentos ou *spillovers* para outras empresas. Além disso, também se observou no Brasil o fechamento de laboratórios de P&D e reposicionamento da estrutura produtiva em atividades menos inovadoras nas filiais,

como montagem e embalagem. Ainda assim, é possível verificar que essas empresas transnacionais podem ser importantes em termos de geração de inovações não-radicais, que visem adaptar produtos e processos ao mercado doméstico, ainda que em termos estruturais acabe gestando a manutenção ou ampliação do hiato tecnológico entre países periféricos e do centro capitalista.

Percebe-se assim o papel central que a capacidade inovativa ocupa na trajetória de desenvolvimento dos países, seja com relação à diferença nos níveis de renda, seja sobre aspectos sociais. A forma de superar a condição de subdesenvolvimento pode se dar por meio da internalização da capacidade de desenvolvimento, ou dito de outra forma, com um rearranjo da especialização produtiva em vista a atingir uma menor heterogeneidade estrutural (FURTADO; 1958). Para os estruturalistas a análise histórico-estrutural é fundamental, uma vez que defendem que o desenvolvimento não é um processo linear, tampouco sendo possível aos países periféricos replicar a trajetória de acumulação de capital das economias centrais. Já para a abordagem neoschumpeteriana janelas de oportunidades podem ser abertas no surgimento de novas trajetórias tecnológicas, os países podem aproveitar essas oportunidades para realizar *catching up*, cabendo para isso um papel mais ativo do Estado.

Outro ponto de convergência entre essas interpretações seria a compreensão do processo inovativo e do avanço tecnológico com uma perspectiva sistêmica, com necessidade de uma visão global dos sistemas de inovação. Interpretações multidimensionais consideram a importância do capital social, das redes de conhecimento e dos processos de aprendizagem (LUNDVALL, 2016). A natureza *path dependent*, acumuladora do avanço tecnológico e da aprendizagem e de constante interação entre os agentes apontam para a necessidade de uma visão sistêmica, não mecanicista, do processo inovativo e da construção de um SNI. Nesse sentido, o desafio para *policy makers* está em mobilizar, apoiar e estimular os esforços inovativos, difundir casos de sucesso, evitar desistências prematuras de trajetórias tecnológicas, além de orientar os atores que compõem o sistema, ainda que em formação, sobre o potencial de novas tecnologias e formação de novas trajetórias tecnológicas.

De forma geral, entende-se que o processo inovativo ocorre de forma sistêmica, e que características das firmas podem representar vantagens ou desvantagens no desenvolvimento de atividades inovativas e nos resultados expressos em inovação. O porte da firma é uma dimensão importante de análise, normalmente, empresas de portes distintos adotam estratégias diversas que estão relacionadas aos seus recursos e objetivos.

A abordagem dos sistemas nacionais de inovação fornece outra dimensão, a do ambiente em que a firma se encontra, sendo que os atores e instituições que fazem parte do sistema têm relevante impacto no sentido de incentivar superação de dificuldades ou obstáculos a inovação. Nesse sentido, o próximo capítulo buscará focar na abordagem dos SNIs e no porte da firma como dimensões importantes para explicar diferenças nos resultados, esforços e eficiência inovativa.

2 SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO E PORTE DA FIRMA: UMA ANÁLISE POR CLUSTER

2.1 INTRODUÇÃO

Uma vez que os SNIs têm papel importante no desenvolvimento de atividades inovativas e na performance inovativa das empresas, e que o porte da firma é uma dimensão importante para explicar o seu comportamento inovativo, esse capítulo tem o objetivo de investigar se é possível agrupar os países de acordo com a trajetória de indicadores de inovação e se há diferenças no agrupamento dos países analisados de acordo com o porte das firmas. Também busca-se explorar a hipótese de que nem sempre os países com melhor resultado inovativo são os mais eficientes.

O capítulo se organiza em uma revisão de trabalhos que buscam investigar a trajetória, persistência e hiato tecnológico entre países, assim quais indicadores podem ser mais efetivos em apresentar o comportamento inovativo das empresas e países. Em seguida são apresentados a metodologia e dados utilizados para análise e, por fim, os resultados.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.2.1 RESULTADOS INOVATIVOS, HIATO TECNOLÓGICO E COMPARAÇÕES ENTRE DIFERENTES SNIs

O desenvolvimento e maturidade dos sistemas de inovação podem ter importante impacto na trajetória de crescimento econômico e desenvolvimento das economias. Por um lado, os resultados e performance inovativa das empresas são reflexo dos sistemas em que estão imersas, por outro o comportamento inovativo das empresas é capaz de moldar os resultados alcançados pelos SNIs.

Ainda que a abordagem dos SNIs tenha surgido sob a ótica das economias desenvolvidas da Europa, em especial na Dinamarca, a disseminação da literatura trouxe a necessidade de estudar a diversidade dos SNIs. Assim, com a realização de análises comparativas, classificar os sistemas de acordo com seu nível de maturidade ou desenvolvimento têm sido objeto de frequente investigação. Os esforços em construir tipologias ou classificações dos SNIs também se justifica pela necessidade de gerar informações que possam ser usadas nas estratégias de políticas públicas que tenham objetivo de ampliar e melhorar a qualidade das atividades inovativas de um território. Da mesma forma, podem ser utilizados para explicar as diferenças, em termos da inovação, de empresas de diferentes países.

Albuquerque (2022) sugere uma tipologia para os SNIs com base em dados sobre patentes, gastos em P&D, educação, publicações científicas. O autor argumenta que há SNIs maduros, SNI em processo de construção ou *catching up* e SNIs não maduros. No primeiro grupo estão os países desenvolvidos de alta renda, no segundo os em processo de *catching up*, como Coreia do Sul, Taiwan e Singapura, e no terceiro um grupo de países com relativa estagnação, como países latino-americanos (Brasil, Argentina, México, Chile), Espanha, Portugal, Grécia, Índia, África do Sul e países do antigo bloco socialista no leste europeu. O autor considera a existência de um quarto grupo, onde estaria China e Turquia, este com características mistas.

Outros esforços para uma classificação dos sistemas são feitos pelo Eurostat, que gera informações utilizadas para desenvolver anualmente o *Innovation Union Scorecard* (IUS)² que consiste em um indicador sintético que considera uma grande diversidade de variáveis e que permite a comparação entre os países europeus. Assim, o documento separa os países em grupos a depender de sua performance inovativa, sendo os *innovation leaders* com melhor performance inovativa, seguidos de *strong innovators* com performance pouco melhor que a média, *moderate innovators* que tem resultado um pouco abaixo da média e, por fim, *emerging innovators* bastante abaixo da média.

A construção do indicador sintético do IUS (2022) considera variáveis como recursos humanos (doutores em ciências, tecnologia, engenharia e matemática, população com educação superior e secundária), publicações científicas e citações, estudantes internacionais de doutorado, apoio público a P&D e *venture capital*, gastos em P&D, inovação em PMEs, patentes, aplicações de *trademarks* e *designs*, emprego em firmas em setores inovadores e intensivos em conhecimento, vendas de produtos de média e alta tecnologia, vendas de produtos inovadores e receitas com licenças e patentes.

Os resultados para 2022 apontam que Bélgica, Países Baixos, Dinamarca, Finlândia e Suécia estão no grupo *innovators leaders*, sendo a última a nação com melhor performance inovativa naquele ano. França, Chipre, Alemanha, Áustria, Luxemburgo, Estônia e Irlanda são os países do grupo *strong innovators*, seguidos de Tchêquia, Grécia, Itália, Lituânia, Malta, Portugal, Eslovênia e Espanha em *moderate innovators*. O quarto grupo de performance mais fraca, *emerging innovators* é composto de Bulgária, Croácia,

² A versão de 2022 do *Innovation Union Scoreboard* está disponível em https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/european-innovation-scoreboard-2022_en, acesso em 14/05/2023.

Hungria, Letônia, Polônia, Romênia e Eslováquia. Esses resultados consideram que há diferença no desenvolvimento dos SNIs, refletindo na performance inovativa dos países.

Matei e Aldea (2012) também exploram o *Innovation Union Scoreboard* (IUS) para medir e comparar a performance de SNIs. São analisados dados de 27 países europeus e 25 indicadores, considerando a classificação proposta pelo indicador: *innovation leaders*, *innovation followers*, *moderate innovators* e *modest innovators*. No estudo a performance é uma medida da eficiência dos SNIs em transformar esforços inovativos em resultados. Além disso, as variáveis estudadas também buscam capturar as interações no processo inovativo, analisadas por meio de método não paramétrico, a Análise Envoltória de Dados. Com esse método é possível identificar se houve falha em produzir o máximo possível com os esforços disponíveis, ou ainda, se os esforços foram poucos para alcançar o resultado desejado. Também se fez uso de técnica *bootstrap* que permite estimar inferência estatística para a distribuição não conhecida da amostra.

Os achados do trabalho indicam que o grupo *innovation leaders* não tem sempre o sistema inovativo mais eficiente, assim como *modest innovators* nem sempre são ineficientes em transformar esforço em resultado inovativo, podendo concluir que nem todos os países com melhores resultados inovativos são os mais eficientes. As políticas de inovação devem ser diferentes em cada país considerando suas aptidões e capacitações onde estão suas vantagens, e que podem ser significativos em termos de maior eficiência.

Edquist *et al.* (2018) questionam se as variáveis que compõem o *Innovation Union Scorecard* (IUS) são, de fato, as melhores para montar o indicador que reflete o comportamento e resultados inovativos dos países e que frequentemente é utilizado para fins de políticas públicas. Os autores argumentam que há necessidade de formulação de um índice de produtividade da inovação, necessário para capturar a eficiência e a performance inovativa, não apenas os resultados dos sistemas de inovação. É utilizada a técnica de análise de envelopamento de dados para tratar das variáveis divididas entre as de resultado inovativo e de esforço inovativo. Fazem parte do primeiro grupo variáveis como inovação interna em PMEs, *trademarks*, *designs*, inovação de produto ou processo em PMEs, exportações de produtos de alta tecnologia, exportação de serviços intensivos em conhecimento e vendas de novos produtos ou em novos mercados. Já para o segundo grupo são gastos em P&D público, *venture capital*, gastos privados em P&D e gastos inovativos não P&D.

Assim, o índice de produtividade da inovação busca apontar a eficiência dos SNIs em converter esforço em resultado inovativo. Os resultados encontrados pelos autores

corroboram aqueles de Matei e Aldea (2012) ao apontar que o agrupamento dos países por produtividade é diferente daquele apresentado pelo IUS no ano de 2015: Eslovênia, Polônia, Reino Unido, Malta, Áustria, França, Dinamarca, Itália, Portugal e Espanha são os 10 países mais eficientes ou com maior produtividade inovativa. Suécia é um exemplo de país que é considerado líder pelo IUS, mas que tem baixa produtividade. Uma das justificativas para essas diferenças é que países com forte presença de setores de alta tecnologia buscam por inovações radicais, exigindo mais recursos humanos, financeiros e enfrentando maior risco. Já países onde há maior prevalência de setores tradicionais, menos intensivos em conhecimento, há predominância de adoção de adaptações em produtos e processos já existentes no mercado internacional. Esse tipo de inovação pode ser considerado complementar e menos disruptiva, exigindo uma menor quantidade de recursos e, portanto, esforço para gerar resultados. Isso pode explicar a melhor eficiência desses sistemas considerados inovadores modestos ou emergentes pelo IUS.

O agrupamento dos países segundo sua performance inovativa também é alvo do trabalho de Filippetti e Archibugi (2011) que investigam o impacto da crise econômica de 2008 na inovação em países europeus considerando as características dos SNIs e a persistência do investimento em inovação. Os autores assumem que as características dos SNIs são fruto de um processo *path dependent*, o que afeta o desempenho das firmas e também indica que há diferença entre os países. Foi utilizado dados do *Innobarometer 2009* e do *European Innovation Scoreboard 2008* de 27 países europeus para construção de dois indicadores que refletem a capacidade de investimento das firmas no período pré e pós crise econômica de 2008. Também são analisadas variáveis como gastos privados e públicos em P&D, patentes, qualificação da força de trabalho, *venture capital* e crédito privado e desemprego.

Os resultados indicam que, no geral, houve queda no número de empresas que aumentaram os gastos inovativos no período pós crise. Os autores agrupam os países quatro *clusters* de acordo com os investimentos em P&D: *Catching up*, com aumento investimentos; *Frontrunners*, líderes que permaneceram na posição; *Declining*, com SNI desenvolvido, mas redução de investimentos; *Lagging-behind*, que apresentam menor performance inovativa e reduziram investimentos. Suíça, Finlândia, Suécia, Alemanha e Áustria estão no primeiro influenciados pelos efeitos de cumulatividade, enquanto Polônia, Eslováquia, Lituânia, Romênia e Bulgária em *Catching up*, que reagiram à crise com aumento dos investimentos em P&D. *Lagging-behind* é formado

por Espanha, Portugal, Itália, Irlanda, Estônia, Hungria e Letônia, fortemente impactados pela crise financeira o que gerou aumento do hiato inovativo com os demais países.

Houve maior probabilidade de redução dos investimentos em P&D em resposta a crise em empresas com maior intensidade inovativa (maiores gastos inovativos por faturamento) e maior porte. A persistência dos investimentos está relacionada com variáveis que compõem os SNIs, aqueles mais desenvolvidos são menos afetados pela crise devido a fatores como a abundância de recursos humanos qualificados, presentes no grupo *Frontrunners* e nos países em *catching up* que eram socialistas. Os investimentos em inovação também são sensíveis a mudanças na demanda doméstica, maior ou menor prevalência de setores de alta tecnologia, e robusto sistema financeiro.

Hu *et al.* (2011) buscaram comparar a eficiência de P&D em 24 países no período entre 1998 e 2005, também realizando classificação entre países. Para tanto utilizam função de distância em uma análise de fronteira estocástica que permite avaliar a eficiência de P&D considerando múltiplas variáveis de resultado. São analisadas variáveis de esforço inovativo, como gastos em P&D e força de trabalho em P&D, e variáveis de resultado inovativo como patentes, artigos científicos e *royalties* e taxas de licenciamento.

Os resultados apontam que direitos de propriedade intelectual, cooperação tecnológica, transferência de conhecimento entre negócios e universidades, aglomeração de instalações de P&D e envolvimento das empresas com o governo em atividades de P&D são significativas e têm sinal positivo em melhorar a eficiência nacional de P&D. Isso pode indicar que os SNIs são efetivos em promover interação e absorção de conhecimento assim como a presença de multinacionais podem ampliar a infraestrutura de P&D, sendo importante para a eficiência de P&D. O apoio do governo também pode ser importante ao financiar pesquisa básica, servindo de base para desenvolvimento de atividades de P&D privadas (HU *et al.*, 2011).

Os autores também agrupam os países sendo que asiáticos (Japão e Tigres asiáticos) têm maior eficiência de P&D a partir de 2001. Os SNIs de países da OCDE têm maior eficiência em P&D que dos países não pertencentes a OCDE, uma vez que esses países apresentam SNIs menos desenvolvidos e com maiores deficiências. As variáveis dos SNIs têm importante impacto na eficiência de P&D, especialmente na Ásia. Alemanha, Países Baixos, Estados Unidos e Canadá têm maior eficiência, seguidos de França, Hungria, Reino Unido, Japão e Singapura. A eficiência dos SNIs é baixa para Romênia, Eslovênia, Rússia e Irlanda. No estudo a eficiência considera, basicamente,

atividades de P&D, que são meios mais formais de atividades inovativas, o que também pode explicar a performance superior dos países mais desenvolvidos sobre os menos desenvolvidos.

A evolução dos SNIs é discutida por Castellacci e Natera (2012) que destacam o papel das capacitações inovativas e capacidade e absorção, agrupando diferentes sistemas nacionais. Os autores usam dados de 87 países no período entre 1980 e 2007 com análise de cointegração de variáveis não estacionárias em dados em painel, para investigar as relações de longo prazo entre as variáveis. São consideradas variáveis de capacitações inovativas o esforço inovativo, resultado científico (publicações), resultado tecnológico (patentes, novos produtos, etc.) e, variáveis de capacidade de absorção o comércio internacional, capital humano, infraestrutura, qualidade das instituições e sistema de governança, coesão social e igualdade econômica.

Resultados apontam que a dinâmica dos SNIs é direcionada pela coevolução de três variáveis de capacitação inovativa (esforço inovativo, resultado científico e resultado tecnológico) e de três fatores de capacidade de absorção (infraestrutura, comércio internacional e capital humano). Os autores agrupam os países de acordo com os resultados classificando os avançados (OCDE), renda média (Leste Asiático, América Latina e Eurásia) e menos desenvolvidos (África e Sul da Ásia). No grupo “avançados” a evolução dos SNIs se deu com a coevolução de todas as variáveis analisadas, para o grupo “renda média” o esforço inovativo não é ligado as outras variáveis, indicando um papel secundário de gastos em P&D na evolução do sistema, enquanto que capital humano parece não ser importante, com exceção para países da ex-União Soviética. Para o grupo “menos desenvolvidos” não há relação entre as variáveis, o que indica que os SNIs são menos densos e têm integração fraca, apontando para menor dinâmica cumulativa e capacidade de crescimento ou *catching up*.

Proksch *et al.* (2016) argumentam que a capacidade inovativa nacional é fundamental para o crescimento econômico de longo prazo e assim tentam investigar determinantes e a interconexão entre essas variáveis. São usados dados de 17 países europeus por meio de análise qualitativa comparativa em conjunto difuso, com o objetivo de identificar trajetórias e estratégias para ampliar a capacidade inovativa. São consideradas variáveis como PIB *per capita*, patentes, gastos em P&D, abertura a comércio internacional e *venture capital*, proteção à propriedade intelectual, especialização em alta tecnologia e gastos do governo com educação.

Os resultados indicam que gastos em P&D, especialização em setores de alta tecnologia e gastos com educação são importantes para explicar o resultado inovativo. Reino Unido e Alemanha apresentam significância em todas as variáveis de capacidade inovativa, exceto especialização em setores de alta tecnologia para o primeiro e *venture capital* para o segundo. Espanha e Itália apresentam falta de P&D privado, sendo necessário estratégias de incentivo a atividades de P&D. Hungria, Tchêquia e Romênia tem menor quantidade de fatores que podem ampliar sua capacidade inovativa, com indicação de que uma estratégia possível seria a especialização em alguns setores. Portugal e Polônia não tem precondições para melhorar sua capacidade inovativa, o que pode ser construído com parcerias com países que tem fatores significativos (PROKSCH *et al.*, 2016).

O conceito de eficiência também é explorado por Toshevsk-Trpchevska *et al.* (2020) que usam dados do *Community Innovation Survey* (CIS) de 2014 para buscar determinantes da produtividade baseados na perspectiva dos SNI, assim como agrupar os países de acordo com sua performance. Os autores diferenciam dois conceitos dos SNIs, uma abordagem mais estreita ligada aos sistemas científicos, e variáveis como instituições que se engajam em P&D, e outra mais ampla, definida como as variáveis políticas, econômicas e sociais que compõem os SNIs. Também se difere capacidades produtivas, ligadas a recursos disponíveis que permitam adaptação à mudança técnica, de capacidades tecnológicas, aqueles recursos que promovem a mudança técnica. O modelo desenvolvido busca ligar o engajamento em P&D com a intensidade de resultados inovativos medidos por inovação em produto ou em processo

Os resultados apontam que países do Leste Europeu têm menor capacidade de P&D, sendo que a produtividade está ligada a emprego em P&D. Patentes não são significativas em explicar a produtividade das empresas, o que indica que os países do Leste Europeu concentram suas atividades em capacitações produtivas, mas não em capacitações tecnológicas, uma vez que as primeiras parecem não levar a inovações. Há relação positiva entre o número de pesquisadores em P&D e patentes. As capacitações produtivas e de P&D são significativas em explicar a diferença na produtividade entre países da Europa ocidental e oriental. A ligação entre esforços e resultados inovativos com a produtividade das empresas é fraca e, embora grandes empresas tenham maior participação em inovação, são as pequenas que têm melhores resultados nos países do grupo do norte da Europa. Os autores também descartam a hipótese de que há convergência entre os sistemas de inovação da Europa, uma vez que há crescente

diferenças entre os resultados dos países do leste e sul com os do norte do continente. As estratégias de *catching up* devem focar em geração e difusão de conhecimento e criação de capacidade de absorção (TOSHEVSKA-TRPCHEVSKA *et al.*, 2020).

Outros trabalhos que estabelecem comparações internacionais o fazem com foco no Brasil. Carvalho *et al.* (2021) investigaram quais estratégias para desenvolvimento de atividades inovativas são predominantemente adotadas por empresas manufatureiras do Brasil e de países europeus. Os autores não investigam porte, mas divisões setoriais, e buscam entender como as empresas desenvolvem inovações de produto, processo, organizacional ou *marketing*. Assim, são identificados dois modos principais de resultado inovativo: intensivo em imitação e intensivo em inovação, e esses dois grupos são divididos em cinco, quais sejam *i*) inovação em processo, *ii*) inovação de produto, *iii*) imitação de processo, *iv*) imitação de produto, *v*) inovação organizacional e marketing. As estratégias são mensuradas a partir do cálculo de indicadores que consideram dados sobre esforços em P&D, redução de custos de processos e qualidade do produto, o que permite calcular se a estratégia é mais dependente, ofensiva, defensiva ou tradicional em termos de esforços e resultados inovativos.

Os resultados sugerem que o Brasil tem maior capacidade de inserção em inovações de processo, especialmente em setores menos intensivos em tecnologia, havendo predomínio de estratégias dependentes e geradoras de imitação. Em setores de média-baixa tecnologia há adoção de estratégias tradicionais, com foco em inovações de processo com esforços em aquisição de máquinas e equipamentos. Nos setores de média-alta tecnologia, onde há forte presença de multinacionais, a estratégia dependente também é predominante, com baixo nível de esforços em P&D. Já em setores de alta tecnologia há predomínio de estratégias defensivas, ou seja, geradoras de inovação de processo, mas com baixa geração de inovação de produto (CARVALHO *et al.*, 2021).

Os autores concluem que é possível que algumas empresas adotem estratégias distintas daquelas predominantes nos setores em que estão inseridas. Diferentemente dos países europeus mais avançados, no Brasil há predomínio de estratégias focadas em ajustes e esforços de vendas, mais defensivas ou tradicionais, o que indica viés de baixo nível tecnológico com foco em aspectos comerciais. Esse resultado ocorre tanto em setores de baixa tecnologia como nos de média alta tecnologia, onde há forte presença de capital estrangeiro. No Brasil, alguns desses setores, como de computadores e aparelhos eletrônicos, apresentam comportamento parecido com o de *maquilas*, com baixa performance inovativa e imitativa (CARVALHO *et al.*, 2021).

As estratégias adotadas pelas empresas de um país podem estar ligadas às características dos sistemas de inovação além de apontar para a existência de hiato tecnológico entre os países. Melo *et al.* (2017) investigam o comportamento inovativo e existência de hiato tecnológico entre Brasil e países europeus. São utilizados dados de inovação das pesquisas PINTEC e CIS para os anos de 2010 e 2011. A metodologia utilizada consiste em análise de correspondência, que busca relações entre o desempenho tecnológico e competitividade industrial, ligadas a competitividade produtiva e capacidades das empresas. São consideradas variáveis como esforços em P&D, pesquisadores em P&D, gastos com atividades inovativas e um recorte setorial, entre baixa, média baixa, média alta e alta intensidade tecnológica.

Os resultados indicam que o Brasil possui semelhanças com países europeus menos dinâmicos do ponto de vista inovativo, como Hungria, Croácia e Sérvia, havendo destaque apenas em gastos com atividades inovativas. Os países de médio alto e alto desempenho como Alemanha, Holanda e Bélgica são classificados como fronteira tecnológica e apresentam indicadores de esforços e resultados em nível superior aos demais. No Brasil e países mais atrasados, mesmo aqueles setores tecnologicamente mais dinâmicos apresentam relevante hiato com seus equivalentes nos países da fronteira, o que se reflete na baixa competitividade exposta no *market share* do país nas exportações destes setores em relação ao restante do mundo. Conclui-se que ainda que haja importante hiato tecnológico entre países mais atrasados e os de fronteira, há a possibilidade de redução deste diferencial por meio de desenvolvimento de competências produtivas e tecnológicas. As estratégias para tanto devem focar em desenvolvimento dessas capacitações em setores que tenham melhor inserção em termos de comércio internacional.

Com metodologia semelhante, Silva e Botelho (2023) investigaram a presença de hiato tecnológico para pequenas empresas de Brasil e países europeus, com base em dados da PINTEC e CIS para 2014. Para isso, constroem indicadores de esforço e resultado inovativo que se somam em um indicador sintético de inovação, além de considerar um indicador de eficiência do esforço inovativo. A metodologia se apoia no conceito de distância euclidiana que é adequada à abordagem de hiato tecnológico, entendido como a distância relativa entre diferentes países.

Os resultados também apontam que pequenas empresas do Brasil têm importante hiato tecnológico com os pares europeus, fundamentalmente com os países de fronteira, como Bélgica e Finlândia. O hiato é ainda maior para o indicador de eficiência do esforço

inovativo, relacionado ao elevado nível de esforço empreendido pelas pequenas empresas brasileiras, principalmente em gastos inovativos e o relativo baixo resultado inovativo produzido. Para o índice de inovação o hiato é menor, mas mesmo assim, elevado colocando o Brasil ao lado de países com menor dinamismo tecnológico como Portugal, Espanha, Hungria e Polônia. Os elevados níveis de hiato tecnológico apontam para a necessidade de adoção de políticas públicas que visem estimular os esforços inovativos das pequenas empresas, como também aumentar os níveis de eficiência para geração de inovações de produto e processo (SILVA; BOTELHO, 2023).

Outras tentativas de investigar a existência de hiato tecnológico apontam para hipóteses de convergência ou divergência entre países, em termos de resultados inovativos ou de progresso técnico. Fagerberg (1987) desenvolve um modelo *cross-section* com análise temporal para dados de 25 países entre 1960 e 1983. São considerados dados de renda *per capita* e sobre patentes e gastos em P&D como *proxies* para o desenvolvimento tecnológico. Os resultados sugerem que existe correlação entre a renda *per capita* e o desenvolvimento tecnológico, que esforços de redução do hiato tecnológico são importantes para explicar o aumento do nível de renda e que essa relação tende a ser mais fraca em países menores.

Cimoli *et al.* (2019) exploram dados para Brasil, Argentina e Coreia do Sul para investigar como os choques econômicos e políticos do final dos anos 1970 se relacionaram com o hiato tecnológico. Os autores argumentam que a crise gerou alteração na diversificação produtiva, taxa de aprendizado, taxa de câmbio e mercado de trabalho de maneira negativa, mas diferente entre os países. Na Argentina e Brasil houve o fim das políticas de encorajamento de diversificação das exportações e construção de trajetórias tecnológicas e capacitações inovativas, enquanto que na Coreia do Sul houve continuidade dessas políticas o que está ligado a convergência do país asiático com os países da fronteira em termos de nível de renda e capacitações. Os sul-americanos tiveram crescimento de renda e capacitações parcialmente estagnados nos anos 1990 e 2000.

Melo *et al.* (2015) constroem indicadores de hiato tecnológico para o Brasil e países europeus a partir dos *surveys* de inovação CIS e PINTEC. Para tanto utilizam variáveis como atividades internas de P&D, atividades externas de P&D, inovações de produto e processo, aquisição de máquinas e equipamentos, aquisição de conhecimento externo e treinamento. Essas variáveis foram agrupadas entre indicadores de esforço inovativo e densidade tecnológica. Os autores concluem que há um elevado hiato tecnológico entre o Brasil e países europeus desenvolvidos, sobretudo em setores de alta

e média-alta intensidade tecnológica. O foco nas políticas de formação de recursos humanos qualificados não tem gerado avanço de capacitações tecnológicas no setor privado no Brasil, o que limita a capacidade de redução do hiato.

De forma geral, a difusão de inovações está positivamente relacionada ao crescimento da renda *per capita* e, no longo prazo, podem incentivar a redução do hiato tecnológico. Ainda assim, a convergência entre países da fronteira tecnológica e países atrasados em relação a resultados inovativos como patentes, por exemplo, podem depender tanto de condições macroeconômicas, como taxa de câmbio e juros, como do nível de diversificação produtiva, e capacidade de aprendizagem (FAGERBERG; VERSPAGEN, 2002; CIMOLI *et al.*, 2019).

2.2.2 INDICADORES DE INOVAÇÃO

De forma geral, a classificação dos países e as hipóteses de persistência de inovação ao longo do tempo são testadas com variáveis que sejam capazes de ilustrar o comportamento e performance inovativa. As análises sobre possibilidade de convergência ou divergência entre as nações consideram uma grande quantidade de variáveis ligadas a inovação e a produção. Todavia, existe grande diversidade de indicadores de inovação, havendo dificuldade de produzir um único indicador sintético capaz de apresentar o comportamento inovativo.

Por mais que iniciativas como o IUS tentem cumprir essa tarefa, há intenso debate sobre quais fatores são capazes de melhor representar o processo inovativo. Essa questão não envolve apenas discussões teóricas, como a dificuldade de entender o que pode ser considerado novo ou não. Tradicionalmente, medir o quanto da receita advém da comercialização de produtos novos é uma forma eficaz de calcular a inovação, porém essa medida tem limitações que levou a novas formas de se mensurar inovação (SHAPIRO, 2006).

Coletar e organizar dados estatísticos sobre a capacidade tecnológica nacional tem sua importância justificada por três pontos principais: *i*) análise teórica, o que permite testar teorias de inovação e seus impactos econômicos e sociais em termos de produtividade, nível de renda, crescimento, competitividade e emprego; *ii*) fonte de informação para políticas públicas, saber a posição do país em uma comparação internacional e identificar as forças, fraquezas e oportunidades para adoção de políticas assertivas; *iii*) informações para estratégias das firmas, os estudos e dados de inovação

podem servir de apoio para estratégias das empresas e preparação para enfrentar concorrência (ARCHIBUGI *et al.*, 2009).

Autores neo-schumpeterianos destacam que o processo inovativo não se restringe à novos produtos, também devem ser consideradas as novidades e alterações no processo produtivo, na comercialização e organização das empresas. Dessa forma, indicadores tradicionais de inovação, como patentes, publicações científicas ou gastos em P&D, são medidas interessantes de resultado ou esforço inovativo, mas insuficientes em capturar o caráter sistêmico do processo inovativo.

Patentes são eficientes em capturar resultado inovativo, sendo aceitas como *proxy* para inovação e progresso técnico, mas podem não ser efetivas em proteger todos os resultados inovativo de imitação, além da exigência de requerimentos e processos complexos para seu registro (ENCAOUA *et al.*, 2006). Além disso, nem todo resultado inovativo é passível de patenteamento. Por exemplo, aqueles ligados a novas formas de organização do processo produtivo ou de comercialização dos produtos, ou ainda o conhecimento tácito acumulado pelos trabalhadores e pela organização traz a necessidade de se observar outros indicadores que busquem representar a inovação, mas são insuficientes para explicar esse fenômeno como um todo (JALLES; 2009).

Mensurar resultados inovativos com precisão pode auxiliar a elaboração de políticas de apoio, bem como promover desenvolvimento econômico e tecnológico de forma mais eficiente. Coombs *et al.* (1995) sugerem que dados sobre patentes, utilizadas frequentemente para mensurar performance tecnológica de empresas, podem variar muito de acordo com o setor, desfavorecendo aqueles onde nem todas as inovações são patenteáveis, ou onde o conhecimento tácito e processos de aprendizagem tem papel mais importante para o processo inovativo.

Os esforços para criar indicadores de inovação estão ligados a sucessivas tentativas de elaborar *surveys* de inovação capazes de cumprir o objetivo de apresentar de maneira fidedigna o processo inovativo. Entre essas tentativas, destaca-se o pioneiro *Fraunhofer Institute of Economic Research* (IFO) na Alemanha que inspirou a criação do Manual de Oslo que estabeleceu parâmetros para *surveys* de inovação como a primeira edição da *Community Innovation Survey* (CIS) pelo Eurostat (COOMBS *et al.*, 1995). O Manual de Oslo, visa construir um conjunto de propostas para tentar levantar e interpretar dados sobre inovação tecnológica. O entendimento era de que métodos de identificar inovações apenas pela quantidade ou receitas de novos produtos podem ser limitados, pois devem considerar o mercado em que a firma está inserida e ao ciclo de vida do

produto. Há a necessidade de se abranger outras dimensões como o grau de novidade, origem da inovação e recortes setoriais ou pelo porte de firma.

Os indicadores tradicionais apresentam limitações que os impede de expressar o processo inovativo como um todo, em grande medida por estarem restritos a análise linear do processo inovativo. Todavia, o entendimento de que esse processo tem natureza não-linear exige uma quantidade maior de informação para capturar seu comportamento e atividades desenvolvidas. Por exemplo, gastos em P&D podem não ser suficientes em explicar os resultados inovativos de um país, uma vez que esses gastos podem ser mais ou menos eficientes, além do peso diferente que esse indicador pode ter no processo inovativo a depender do setor que se analisa, sendo mais representativo naqueles setores baseados em ciência ou intensivos em conhecimento (KIJEK; KIJEK, 2010).

Kijek e Kijek (2010) separaram indicadores de inovação entre esforços, considerados os direcionadores de inovação, e resultados, que refletem as atividades inovativas, para países europeus no período entre 2004 e 2005. O objetivo dos autores é foi realizar uma comparação e classificar os países entre os líderes e mais atrasados. Os achados indicam que os escandinavos (Suécia, Finlândia e Dinamarca) são os líderes, seguidos do grupo ocidentais (Alemanha, Áustria, Países Baixos, e França) e, em seguida, de países com menor performance inovativa (Espanha, Portugal, Grécia, Eslováquia, Polônia e outros). Enquanto o primeiro grupo tem melhor performance inovativa, o segundo tem mais alta efetividade inovativa. O terceiro grupo tem resultados fracos em performance e efetividade, o que pode estar ligada a maior dificuldade em financiar atividades inovativas.

Jalles (2010) investiga a melhor *proxy* para mensurar inovação e difusão tecnológica. Para isso são testadas variáveis de 73 países entre 1980 e 2005 com análise de dados em painel, usando o método de mínimos quadrados em dois estágios e método generalizado dos momentos, que permite estudar grande quantidade de informação com maior eficiência na estimação. São consideradas variáveis como patentes, índice de propriedade intelectual, crescimento da renda *per capita*, além de outras variáveis de controle como PIB, formação bruta de capital fixo, escolaridade, abertura comercial, taxa de fertilidade, mortalidade, variáveis sobre a população.

Os resultados apontam que inovações e difusão tecnológica afetam positivamente o crescimento da renda *per capita*, mesmo após o controle da endogeneidade. Países com alto índice de proteção à propriedade intelectual estão ligados mais fortemente a crescimento da renda *per capita* e patentes também tem essa relação positiva. Jalles

(2010) ainda argumenta que melhorias no estado de bem-estar social também estão relacionados positivamente com a capacidade inovativa.

Ponta *et al.* (2021) discutem a necessidade de haver indicadores de inovação capazes de quantificar o comportamento inovativo das firmas. Nesse sentido, sugerem a criação de um Índice de Inovação em Patentes (IIP) uma vez que patentes podem ser uma *proxy* eficiente para indicar a qualidade e quantidade de mudança tecnológica, além de ser uma variável com dados disponíveis. Para construir o índice são utilizados dados sobre patentes no período de 2005 a 2018 para 28 países europeus capazes de mensurar seu desempenho em campos como eficiência, tempo, diversificação, qualidade e internacionalização. Com o auxílio de ferramentas de inteligência artificial, que gerenciam relações não-lineares, as autoras concluem que as variáveis estudadas para a construção do IIP são número de patentes, meses entre publicação das patentes mais nova e mais velha da família, classes tecnológicas, citações e número de extensões a outros territórios.

Adicionalmente, Ponta *et al.* (2021) sugerem que o índice é uma medida simples capaz de apontar resultados inovativos com qualidade. Em uma aplicação do índice a regiões da Itália, chegou-se à conclusão de que crises econômicas tem impacto importante em reduzir a quantidade de patentes, ainda que sua qualidade seja igual ou superior ao período anterior. Ao analisar o índice em um recorte por porte da firma concluem que empresas de grande porte têm melhor qualidade do indicador, enquanto PMEs apresentam menor eficiência, o que pode indicar que grandes empresas têm maior interesse em gerar poucas patentes de alta qualidade. A capacidade de apresentar resultados sintéticos em diferentes campos permite o uso do IIP por *policy makers* também em outros recortes, como área geográfica, setores e *etc.* Entretanto, existem limitações ao IIP, relacionados a restrição de alguns setores em aplicar patentes ou em capturar citações.

Altuzarra (2017) discute sobre a persistência da inovação com dados do *Survey on Firms' Strategies* da Espanha no período entre 1990 e 2013. As variáveis analisadas também estão ligadas a representações de esforço inovativo, com o engajamento em atividades P&D, e de resultado inovativo, como inovação em produto e processo, além de setor, porte da firma, mercados para onde vende produtos, apoio do governo e origem do capital controlador. A autora argumenta que a persistência da inovação pode estar ligada a diversas fases do processo inovativo como a necessidade financeira, custos irre recuperáveis, conhecimento científico e tecnológico, processos de aprendizagem por interação entre os empregados e relações externas da firma.

Com o auxílio de um modelo *Probit* para análise dos dados, e estimação com controle de heterogeneidade, os resultados apontam que há persistência de inovação em todas as variáveis analisadas, ou seja, ao desenvolver alguma atividade inovativa em um período há maior probabilidade de fazer o mesmo nos períodos posteriores. Há probabilidade positiva de persistência quando há engajamento em atividades de P&D e probabilidade ainda maiores quando há inovação tecnológica, sendo maior em inovações de processo que de produto. Esse resultado se relaciona a maior concentração de firmas em setores de baixa e média baixa tecnologia onde inovações de processo são mais frequentes que de produto. Há maior probabilidade de engajamento em atividades de P&D em empresas de maior porte, que exportam, que realizaram patentes e que estão em setores de mais alta tecnologia. Apoio público tem a maior relação positiva com engajamento de atividades de P&D e inovações de produto e processo (ALTUZARRA, 2017).

Estatísticas de P&D, patentes, publicações científicas, comércio de alta tecnologia são úteis em vários aspectos, mas tem limitações por não capturar inovações que resultem em melhorias incrementais ou difusão de tecnologias estabelecidas. Para mensurar as capacitações tecnológicas e inovativas é necessário considerar a criação do conhecimento e sua aplicação econômica e social, considerando os processos de *learning by doing* e *learning by using* que se desenvolvem na produção, bem como os elementos codificados (disponíveis em literatura e registrados em patentes, manuais e etc.) e os elementos tácitos (incrustado na força de trabalho qualificado). Ao analisar a performance inovativa de um país deve-se entender o processo inovativo como um caminho que parte das ideias, para então o desenho, desenvolvimento, produção, comercialização e então difusão, com diferentes formas de capturar as atividades e resultados em cada etapa desse processo (ARCHIBUGI *et al.*, 2009)

Archibugi *et al.* (2009) investigaram se índices de inovação são eficientes em apresentar a performance inovativa dos países. Para isso, são analisados aqueles que visam estabelecer *rankings* ou comparação entre países e que são construídos por diferentes organizações como Comissão Europeia (*Summary Innovation Index, Global Summary Innovation Index*), Fórum Econômico Mundial (*Technology Index, Technological Readiness Index*), Banco Mundial (*Knowledge Index*), UNIDO (*Technological Advance Index*) e UNCTAD (*Technological Activity Index*). Variáveis frequentemente observadas na construção desses índices são intensidade de P&D, patentes, publicações científicas, escolaridade, especialização produtiva dentre outros. A

conclusão é que a intensidade de P&D, ou gastos em P&D no faturamento, tem algum tipo de correlação com todos os índices. Essa variável se encaixa como esforço inovativo ao mesmo tempo que serve como impulso a criação de capacidade de absorção. Variáveis macroeconômicas como PIB, investimento, consumo ou desemprego parecem ter pouca relação com as capacitações tecnológicas de um país, uma vez que as primeiras são um fluxo enquanto a última é um estoque acumulado e destruído ao longo de vários períodos.

Os autores apontam que não existe perfeita substituição entre variáveis que compõem um sistema de inovação, por exemplo, deficiências na produção e distribuição de eletricidade não são sanadas com investimentos em produção acadêmica. Ainda que os índices tenham suas limitações, o esforço em considerar diversos fatores para identificar a performance inovativa de um país é válido. Variáveis como cooperação, criação e troca de conhecimento devem ser analisadas em conjunto com P&D e patentes para mensurar a performance inovativa de um país (ARCHIBUGI *et al.*, 2009).

Viotti *et al.* (2022) apresentam o indicador DINNOV como alternativa ao *EU 2020 innovation output indicator* que busca considerar variáveis relacionadas a empresas com forte crescimento e inovações radicais. Para isso, fazem uso de dados da PINTEC e CIS entre 2008 e 2012 sobre patentes, emprego em atividades intensivas em conhecimento, bens e serviços intensivos em conhecimento nas exportações, empresas de rápido crescimento e empresas inovadoras.

Com isso o indicador considera empresas dinâmicas e inovativas, emprego, valor adicionado nas empresas dinâmicas e a relação das empresas dinâmicas no total de empresas inovadoras. Os resultados apontam que o Brasil tem DINNOV superior aos países europeus analisados e isso pode estar ligado à conjuntura econômica do período analisado, marcado por um crescimento econômico mais forte do Brasil e crise na Europa. Os autores reforçam a necessidade de haver outros indicadores não focados em P&D que sejam capazes de jogar luz sobre atividades inovativas que também devem ser beneficiadas por políticas públicas de apoio à inovação. Nesses termos, o DINNOV se propõe a indicar a intensidade da inovação e de empresas com rápido crescimento (VIOTTI *et al.*, 2022).

O Quadro 2 contém um resumo sobre os principais resultados apresentados pelos trabalhos explorado até aqui. O Quadro indica que boa parte dos trabalhos fazem uso de classificação dos países, seja em técnicas de agrupamento, seja em construção de indicadores ou técnicas de envelopamento de dados.

Quadro 2 - Resumo dos principais resultados da literatura

Referência Bibliográficas	Modelo e variáveis	Resultados
Matei e Aldea (2012)	Abordagem não paramétrica e modelo de envelopamento de dados. Base de dados do IUS. 32 países europeus.	Ranking de eficiência é diferente do apresentado no IUS. <i>Innovation Leaders</i> não tem sempre o sistema mais eficiente, e <i>modest innovators</i> nem sempre são os mais eficientes.
Edquist <i>et al.</i> (2018)	Análise de envelopamento de dados. Variáveis de inovação em PMEs (<i>trademarks</i> , design, inovação de produto, processo), venture capital, gastos inovativos e em P&D. 20 países europeus.	Há diferenças no posicionamento dos países em comparação ao IUS. Países com prevalência de setores tradicionais há predomínio de inovações de processo e adaptação de produtos, mas que pode indicar maior eficiência em termos de esforço/resultado inovativo.
Filippetti e Archibugi (2011)	Análise de cluster. Innobarometer 2009 e IUS 2008. 27 países europeus.	Classificação dos países em quatro grupos: <i>frontrunners</i> , <i>catching up</i> , <i>declining</i> , <i>lagging-behind</i> de acordo com a evolução dos investimentos em inovação antes e pós crise de 2008. Países do sul e leste europeu se concentram em <i>lagging-behind</i> .
Hu <i>et al.</i> (2011)	Análise de fronteira estocástica e função de distância. Variáveis de esforço e resultado inovativo e de ciência. 24 países entre 1998 e 2005.	Cooperação com universidades, aglomeração de instalações de P&D, direitos de propriedade intelectual são positivamente relacionados a melhor eficiência em P&D. Países da OCDE tem maior eficiência em seus SNIs.
Castellacci e Natera (2012)	Dados em painel estacionário. Resultado científico, tecnológico, capacidade de absorção, comércio internacional, infraestrutura, capital humano. 87 países entre 1980 e 2007.	Dinâmica dos SNIs e direcionada pela coevolução de esforço inovativo, resultado científico e tecnológico, infraestrutura, comércio internacional e capital humano. Países de alta renda apresentam essa coevolução melhor estruturada.
Toshevsk-Trpchevska <i>et al.</i> (2020)	Modelo CDM. Dados de CIS 2014.	O agrupamento dos países indica que Leste Europeu tem menor capacidade de P&D, concentração em atividades produtivas e não em tecnológicas. Há divergência entre os SNIs da Europa.
Melo <i>et al.</i> (2017)	Análise de correspondência. CIS e PINTEC 2010 a 2011. Esforço em P&D, gastos em atividades inovativas, setores.	Classifica os países de acordo com o comportamento inovativo. Brasil está próximo aos países do Leste Europeu. Alemanha, Holanda e Bélgica são a fronteira tecnológica. Há importante hiato.
Melo <i>et al.</i> (2015)	Construção de indicadores de hiato. Brasil e países europeus. Atividades inovativas e de P&D, inovação de produto, processo, aquisição de máquinas, conhecimento externo.	Há importante hiato entre Brasil e países da Europa Ocidental, sobretudo em setores de alta tecnologia. Formação de recursos humanos qualificados não têm gerado ampliação das capacitações tecnológicas no setor privado brasileiro.
Kijek e Kijek (2010)	Construção de indicadores. Dados de inovação para países europeus. Período de 2004 a 2005.	Países avançados do norte da Europa são líderes, seguidos de outros da Europa Ocidental. Países do Sul tem menor performance, com dificuldade em financiamento.
Ponta <i>et al.</i> (2021)	Construção de indicadores. Dados de 2005 a 2018 de 28 países europeus.	O Índice de Inovação em Patentes foi construído, e sua aplicação na Itália dica que crises econômicas podem ter impacto em reduzir número de patentes.

Fonte: Elaboração própria.

Nesses termos, é possível concluir que se, por um lado, há frequente esforço na literatura para investigar como agrupar países de acordo com sua performance inovativa,

por outro há uma importante discussão sobre quais variáveis em nível macroeconômico são capazes de expressar a complexidade do processo inovativo. A natureza não-linear dos SNIs aponta que variáveis de esforço e resultado, como intensidade de P&D e patentes, são boas métricas, mas insuficientes em capturar as interações e geração de conhecimento não codificável. Há necessidade de considerar indicadores sobre cooperação, aquisição de conhecimento externo e outras formas de interação.

Ainda que alguns índices considerem o papel das PMEs, há espaço para complementar esses esforços, com especial atenção para as diferenças nos portes das firmas em nível macroeconômico. Assim, com base nessa literatura de referência as seções seguintes buscam apresentar a metodologia e dados que serão considerados para tentar agrupar os países seguindo um recorte por porte da firma.

2.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS E DADOS

2.3.1 DADOS

Tradicionalmente a forma de se mensurar a atividade e performance inovativa das empresas e de países está ligada a variáveis relacionadas a ciência e tecnologia, como patentes e gastos em P&D. Entretanto, com o desenvolvimento dos estudos de inovação houve o entendimento de que fatores como interação, cooperação e aquisição de conhecimento externo são também importantes. Essas variáveis podem ser utilizadas para identificar a performance inovativa em nível microeconômico, nas empresas, como em nível macroeconômico, em regiões ou países. Esse último grau de análise é muito utilizado para testar hipóteses sobre o comportamento dos SNIs, seja em termos de determinantes da performance inovativa, produtividade ou em análises comparativas.

Normalmente a comparação entre SNIs tem objetivo de estabelecer classificações entre os distintos sistemas, permitindo identificar quais produzem melhores resultados, se empenham mais em estabelecer um sistema bem desenvolvido ou quais podem ser mais eficientes em converter esses esforços em resultados, ou seja, ter maior eficiência inovativa. Contudo, assumindo que o processo inovativo é dinâmico, capturar todos os elementos e relações em nível macroeconômico tem sido um desafio.

Com a finalidade de desenvolver uma análise comparativa e agrupamento de SNIs de países europeus e Brasil, optou-se por utilizar dados de duas pesquisas de inovação, ambas baseadas no Manual de Oslo³ que visa orientar, padronizar e estabelecer conceitos

³ Manual de Oslo é elaborado em conjunto pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e Eurostat. Sua edição inicial deriva do *Frascati Manual* da OCDE. A quarta edição

e metodologias para formulação de estatísticas e indicadores de inovação e assim, ampliar a comparabilidade internacional.

O referido Manual buscou em suas quatro edições ampliar o conceito de inovação, expandindo seu alcance para além de índices ou resultados tradicionalmente usados para medir processo inovativo. Assim, considera-se quatro tipos de inovação, quais sejam: *i*) inovação de produto, relacionado a introdução de novo bem ou serviço significativamente melhorado no que concerne a suas características e usos incluindo *softwares* e especificidades técnicas; *ii*) inovação de processo, relacionado a implementação de novo método de produção ou distribuição incluindo via técnicas, equipamentos e/ou *software*; *iii*) inovação de *marketing* com implementação de novos métodos de *marketing* ou mudanças significativas na concepção de produtos, embalagens, posicionamento comercial ou fixação de preços e *iv*) inovação organizacional com implementação de novo método organizacional no negócio, local de trabalho ou relações externas.

Além dos resultados, também serão estudadas informações sobre esforço inovativo, considerado como atividades ou gastos realizados para buscar inovação. São métricas frequentemente observadas os gastos e engajamento em P&D, envolvimento com atividades de cooperação para inovação, aquisição de conhecimento externo e apoio do governo à inovação, dentre outras. Essas variáveis serão reunidas em um indicador sintético. Adicionalmente também foi construído um indicador de eficiência do esforço, em uma tentativa de observar o comportamento dos países e portes das empresas nos diferentes agrupamentos.

Dessa forma, foi possível ampliar o escopo dos resultados inovativos e que podem gerar relevantes resultados econômicos, uma vez que esse conceito permite também capturar a difusão de inovações e mudanças organizacionais e na comercialização da produção. O Manual de Oslo é o referencial metodológico para as duas pesquisas que serão utilizadas: *Community Innovation Survey* (CIS)⁴, elaborada pelo Eurostat, e Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC)⁵, elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

publicada em 2018 está disponível em <<https://www.oecd.org/science/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm>>.

⁴ A CIS é realizada pelo Eurostat, agência ligada à Comissão Europeia, por meio de questionários aplicados a empresas com 10 ou mais funcionários, seguindo legislação própria da União Europeia.

⁵ A PINTEC é realizada pelo IBGE por meio de questionários para empresas registradas no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) do Ministério da Fazenda, e segue a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) em vista a organizar as empresas em agregados, ou setores. É considerado para a pesquisa empresas com 10 ou mais funcionários. A PINTEC é baseada em entrevistas *in loco* ou não,

A PINTEC tem o objetivo de levantar indicadores de inovação para o Brasil em nível nacional e regional, bem como com recortes setoriais ou por porte da firma. A população alvo da pesquisa são empresas dos setores de indústria e serviços. Da mesma forma, a CIS visa obter dados sobre inovação para os países membros da União Europeia, de forma a gerar informações que fomentem estudos e estratégias de políticas públicas e das empresas. Na CIS também são feitos recortes por setor e porte da firma.

Para capturar as diferenças em relação ao porte, foi adotada a classificação das pesquisas que utilizam número de funcionários como *proxy* para porte da firma. Essa *proxy* é frequentemente observada na literatura de referência como forma mais comum de agregar pequenas, médias e grandes empresas. Todavia, a PINTEC apresenta um maior número de subdivisões em relação ao número de funcionários quando comparada à CIS que tem apenas três divisões principais⁶. Dessa forma, a divisão escolhida segue a adotada pela CIS, na qual é pequena empresa aquela com 10 a 49 funcionários, média empresa aquela com 50 a 249 funcionários e grande empresa aquela com 250 funcionários ou mais.

As variáveis analisadas abrangem o Brasil, Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Islândia, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Polônia, Portugal, Romênia, Suécia, Tchêquia e Turquia. Os dados são referentes ao período de 2000 a 2018. Não foram considerados todos os países da União Europeia, uma vez que não há disponibilidade de dados para todos no período analisado. Ainda que haja importante diferença em termos do tamanho de suas economias, é frequente na literatura a comparação entre esses países.

As variáveis que serão utilizadas consideram aquelas indicadas na literatura como esforço e resultado inovativo (KIJEK; KIJEK, 2010; CASTELLACCI; NATERA, 2012; FILIPPETTI; ARCHIBUGI, 2011). O objetivo dessa análise foi considerar não apenas os resultados alcançados, mas também os esforços empreendidos e a eficiência destes esforços, buscando classificar os países de acordo com essas informações. Com isso, buscou-se destacar a argumentação de Audretsch (2003) de que pequenas e médias

na qual os dados são coletados por meio de um questionário que está disponível no site oficial da PINTEC <<http://www.pintec.ibge.gov.br/>>.

⁶ No Brasil, o Sebrae (2020) classifica o porte das empresas da seguinte forma: de 1 a 19 funcionários como microempresa, de 20 a 99 funcionários como pequena empresa, de 100 a 499 funcionários como médias empresas e com mais de 500 funcionários como grandes empresas. Algumas pesquisas utilizam essa métrica, mas para fins de comparação utilizaremos aquela disponível também na CIS. A PINTEC classifica as empresas por número de funcionários nas seguintes faixas: de 10 a 29, de 30 a 49, de 50 a 99, de 100 a 249, de 250 a 499, 500 ou mais.

empresas podem ser mais intensivas em esforços inovativos que grandes empresas, mas também identificar se os países se classificam nos mesmos agrupamentos em termos de seu resultado e esforço inovativo. Isso pode indicar que alguns países são mais eficientes que outros em termos de geração de resultados inovativos ou não. No Quadro 2 apresenta-se as variáveis utilizadas.

Quadro 3 - Variáveis usadas para agrupamento dos países segundo porte das firmas

Variáveis de esforço inovativo	
Gastos em P&D	Percentagem do faturamento dispendido em atividades de P&D
Taxa de cooperação	Percentagem de empresas inovadora que realizaram cooperação
P&D externo	Percentagem de empresas inovadoras engajadas em atividades de P&D com instituições de pesquisa pública ou privadas, outras empresas, ou P&D externo adquirido.
Apoio do governo	Percentagem de empresas inovadoras que receberam apoio do governo na forma de financiamento ou incentivo fiscal para atividades inovativas
Conhecimento externo	Percentagem de empresas inovadoras engajadas em aquisição de conhecimento externo com qualquer parceiro
Variável de resultado inovativo	
Taxa de inovação	Percentagem de empresas que realizaram qualquer tipo de inovação

Fonte: Elaboração própria.

2.3.2 METODOLOGIA

A análise dos dados será feita de forma a agrupar os países de acordo com seu comportamento inovativo e comparar os esforços e resultados seguindo um recorte por porte. O objetivo é testar se *i*) é possível agrupar os países de acordo com sua performance e atividades inovativas, *ii*) se há diferença nos agrupamentos de acordo com o porte, *iii*) se há diferença nos agrupamentos de resultado e esforço inovativo, *iv*) se os países com melhores resultados são os mais eficientes.

Assim, será utilizada a análise de agrupamento ou conglomerados, ou ainda, análise de *cluster*, baseando-se no conceito de distância euclidiana. Para tanto, também serão mensurados indicadores de esforço e de eficiência do esforço inovativo seguindo o mesmo conceito de distância euclidiana, conforme proposto por Cormak (1971) e utilizado em Caria Junior (2015) e Silva e Botelho (2023).

A distância euclidiana considera que a similaridade entre os objetos é uma medida empírica para serem agrupados, assim quanto maior for essa medida, maior será a semelhança entre os objetos (HAIR *et al.*, 2009). Essa semelhança pode ser mensurada por meio de medidas de distância entre dois objetos, quando apresentadas em formato gráfico. O conceito de distância euclidiana sugere que a distância entre dois objetos (*i, j*)

é dada pela raiz quadrada da somatória dos quadrados das diferenças entre os valores de i e j para todos os objetos k (para $k = 1, 2, 3, \dots, n$):

$$DE_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (1)$$

Onde X_{ik} é o valor da variável k para a observação i e X_{jk} é a variável k para a observação j .

Assim, para o desenvolvimento do indicador de esforço de inovação foram consideradas todas as variáveis de esforço, quais sejam gastos em P&D (gastoP&D), taxa de cooperação (Txcoop), engajamento em P&D externo (P&Dext), apoio do governo (gov) e aquisição de conhecimento externo (conhext). O indicador de distância euclidiana é calculado da seguinte forma:

$$DE \text{ Esforço} = \frac{\sqrt{(0-gastoP\&Dj)^2 + (0-Txcoopj)^2 + (0-P\&Dextj)^2 + (0-govj)^2 + (0-conhextj)^2}}{\sqrt{5}} \quad (2)$$

De maneira complementar, foi mensurado o índice de eficiência do esforço inovativo, que busca indicar a produtividade do esforço com referência aos resultados alcançados em cada porte de firma. Dessa forma, torna-se possível identificar se há diferença entre diferentes portes das firmas e então promover o agrupamento dos países segundo o porte.

$$\text{Eficiência do Esforço Inovativo} = \frac{\text{Taxa de inovação}}{DE \text{ Esforço}} \quad (3)$$

Com esses indicadores apresentados, foi desenvolvida a análise de *cluster*. Assim, em uma primeira etapa foram utilizados o procedimento hierárquico e o método de Ward para aferir quantos *clusters* deveriam ser formados. Em seguida, com base na quantidade de *clusters* indicados realizou-se a análise de *cluster* não-hierárquico com método *K-means*, a fim de verificar quais países formam cada *cluster*.

A análise de *cluster* é frequentemente utilizada em literatura de economia e inovação, especificamente, na abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação (FILIPPETTI; ARCHIBUGI, 2011; HU *et al.*, 2011), uma vez que permite o agrupamento de países de acordo com as variáveis que o pesquisador escolher.

Sendo assim, o agrupamento é feito com base na definição da medida de distância ou semelhança entre os objetos, que irá servir de base para a alocação de cada observação em cada um dos grupos ou *clusters*. A análise de *cluster* é uma técnica multivariada que tem a finalidade de agregar objetos mais próximos ou similares, segundo suas características. Com isso, entende-se que há certa homogeneidade interna no grupo, e presença de heterogeneidade externa, entre os diferentes grupos (HAIR *et al.*, 2009).

Como já apontado, para aferir a quantidade de grupos ou conglomerados a serem formados foi realizado, em primeira instância, o método hierárquico que consiste em utilizar um algoritmo que possa gerar diversos agrupamentos de forma repetitiva. Esse processo gera um diagrama em forma de árvore, ou dendrograma, que apresenta combinações diferentes de agrupamentos. Uma vez identificada a sugestão da quantidade de *clusters* a ser gerado foi realizado o método não-hierárquico. Esse método envolve a especificação da quantidade de grupos a ser criado, e assim os objetos serão agregados em torno do centro desses grupos ou *clusters*. Nele não há hierarquia entre os sujeitos e grupos e o processo de agrupamento é feito de maneira dinâmica e interativa.

Também foi utilizado o Método de Ward que usa da soma dos quadrados dentro dos agrupamentos sobre todas as variáveis. Nele a seleção dos objetivos ao agrupamento é feita com a minimização da soma interna dos quadrados no conjunto completo de agrupamentos (HAIR *et al.*, 2009). Esse procedimento tende a produzir agregados com número de observações parecidas, sendo a técnica mais utilizada para atingir esse fim.

Ainda, se fez uso do método *k-means*, um algoritmo iterativo com função de minimizar a soma das distâncias de cada padrão ao centroide de cada *cluster* sobre todos os *clusters*. Dessa forma, cada *cluster* é representado pelo seu centro o que permite definição prévia de *K clusters*, sendo que o cálculo dos centroides para cada *K clusters* baseia a distância euclidiana entre os centroides e cada sujeito, gerando o agrupamento de sujeitos em torno dos centroides mais próximos (FAVERO, 2015).

Uma vez indicado os dados e metodologia a seguir serão apresentados os resultados que buscam responder os questionamentos: É possível agrupar países pela performance inovativa a partir de um recorte por porte? Há diferença nos agrupamentos formados em empresas de portes diferentes? Há diferenças nos agrupamentos de resultado, esforço e eficiência inovativa? Países com melhor resultado são os mais eficientes?

2.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Sobre a discussão de indicadores para medir o processo inovativo, o Manual de Oslo propõe uma abordagem ampla do conceito de inovação. Essa perspectiva é expressa na Taxa de Inovação, indicador que abrange inovações de produto, processo, *marketing* e organizacional. A taxa de inovação é frequentemente utilizada em estudos que comparam resultado inovativo entre países, seja na forma geral, seja por meio de separação dos tipos de inovação: produto, processo, organizacional e *marketing* (WONGLIMPIYARAT, 2010; PARRILLI; RADICIC, 2020). Ainda que haja limitações como vieses ao responder questionários frente a grande quantidade de opções para resultado inovativo, essa abordagem apresenta vantagens como o esforço em apresentar um índice sintético capaz de mensurar resultados inovativos diversos das empresas.

Assim, em um primeiro passo, utiliza-se a taxa de inovação como *proxy* de resultado inovativo para que seja feito a análise de *cluster*. Com o objetivo de identificar a quantidade de agrupamentos que podem ser formados pelos países conforme as semelhanças na taxa de inovação, utilizou-se de uma análise de *cluster* hierárquica com método *Ward*. Os resultados indicaram para a formação de quatro agrupamentos. Na sequência, a análise *K-means*, permitiu identificar quais países formam cada *cluster*, bem como a média do índice de inovação em cada ano para cada *cluster*.

É importante notar que a formação de quatro *clusters* pelo método hierárquico é condizente com o observado na literatura (FILLIPETTI; ARCHIBUGI, 2011; TOSHEVSKA-TRPCHEVSKA *et al.*, 2020; SAMARA *et al.*, 2012), bem como com a classificação feita pelo *Innovation Union Scoreboard* (IUS) indicador elaborado pela Comissão Europeia, com a finalidade de estabelecer uma análise comparativa entre os países que compõem a União Europeia utilizando indicadores de inovação, pesquisa e ciência em geral.

Nesses termos a análise que se segue irá apresentar de forma separada os *clusters* formados para o total das empresas e, em seguida, para pequenas, médias e grandes empresas de todos os países selecionados. O agrupamento representa os países que se juntam em um mesmo *cluster* no período analisado, sendo estes classificados de acordo com trabalhos apresentados como de Fillipetti e Archibugi (2011): *i) Fronteira*, para países que se mantiveram durante o período analisado entre aqueles com melhor resultado, *ii) Ascensão*, para aqueles que fizeram parte do segundo agrupamento com melhor desempenho, *iii) Estagnados*, para aqueles que mantiveram os resultados das médias e não conseguiram ampliar seus níveis de esforço e resultado inovativo e, por fim,

iv) *Atrasados*, para aqueles que tiveram os piores índices de esforço e resultado no período.

Embora se utilize do método de Ward, há relevante desbalanceamento na quantidade de países em cada *cluster*, em alguns grupos há muitos países e em outros poucos. A classificação adotada encontra similaridade com os achados da literatura (FILLIPETTI; ARCHIBUGI, 2011; TOSHEVSKA-TRPCHEVSKA *et al.*, 2020), ainda que a composição dos agrupamentos se modifique a depender do porte analisado. O Quadro 4 apresenta a distribuição dos países em cada agrupamento e o Gráfico 1 apresenta as médias dos agrupamentos, ambos segundo o recorte por porte da firma.

Quadro 4 - Países em cada agrupamento segundo indicador de resultado inovativo por porte da firma

Total				
Fronteira	Ascensão	Estagnados		Atrasados
Alemanha	Chipre	Brasil	Malta	Bulgária
Áustria	Dinamarca	Croácia	Portugal	Eslováquia
Bélgica	Estônia	Eslovênia	Tchêquia	Hungria
Islândia	Finlândia	Espanha	Países Baixos	Letônia
Luxemburgo	Grécia	França	Turquia	Polônia
	Itália	Lituânia		Romênia
	Noruega			
	Suécia			

Pequenas				
Fronteira	Ascensão		Estagnados	Atrasados
Alemanha	Áustria	Grécia	Brasil	Bulgária
Bélgica	Chipre	Itália	Croácia	Eslováquia
Islândia	Dinamarca	Noruega	Eslovênia	Portugal
Luxemburgo	Estônia	Suécia	Espanha	Tchêquia
	Finlândia		França	Hungria
			Lituânia	Polônia
				Romênia

Médias				
Fronteira	Ascensão		Estagnados	Atrasados
Alemanha	Chipre	Itália	Brasil	Bulgária
Áustria	Dinamarca	Noruega	Croácia	Eslováquia
Bélgica	Estônia	Países Baixos	Eslovênia	Hungria
Islândia	Finlândia	Suécia	Espanha	Letônia
Luxemburgo			Grécia	Polônia
Portugal	França		Lituânia	Romênia
			Malta	
			Turquia	
			Tchêquia	

Grandes					
Fronteira		Ascensão		Estagnados	Atrasados
Alemanha	França	Croácia	Itália	Brasil	Romênia
Áustria	Luxemburgo	Dinamarca	Lituânia	Bulgária	
Bélgica	Portugal	Eslovênia	Malta	Eslováquia	
Chipre	Suécia	Espanha	Noruega	Hungria	
Estônia		Grécia	Países Baixos	Letônia	
Finlândia		Islândia	Tchêquia	Polônia	
				Turquia	

Fonte: Elaboração própria.

Como já indicando, não há uma distribuição igualitária dos países nos grupos, sendo que para o total das empresas e para as grandes e pequenas o grupo *Estagnados* é o mais numeroso, enquanto para as empresas de médio porte é o grupo *Ascensão*. Alemanha, Bélgica, Irlanda e Luxemburgo aparecem no grupo *Fronteira* em todos os portes de firma, o que significa que esses países têm maior capacidade de geração de resultados inovativos independentemente do porte. Esses resultados convergem, parcialmente, com os do IUS para 2022, onde Bélgica também é classificada como *Innovation leader*, com resultado bem acima da média. Os outros países do grupo *Fronteira* não estão entre os líderes do IUS, mas estão encaixados em *Strong inovator*, considerando o segundo com melhor performance no indicador de inovação do IUS.

O Brasil aparece no grupo *Estagnados* em todos os portes analisados, o que indica pouco avanço em termos relativos aos demais países e manutenção de hiato inovativo, em convergência com Melo *et al.* (2017). A análise das médias do indicador no Gráfico 1

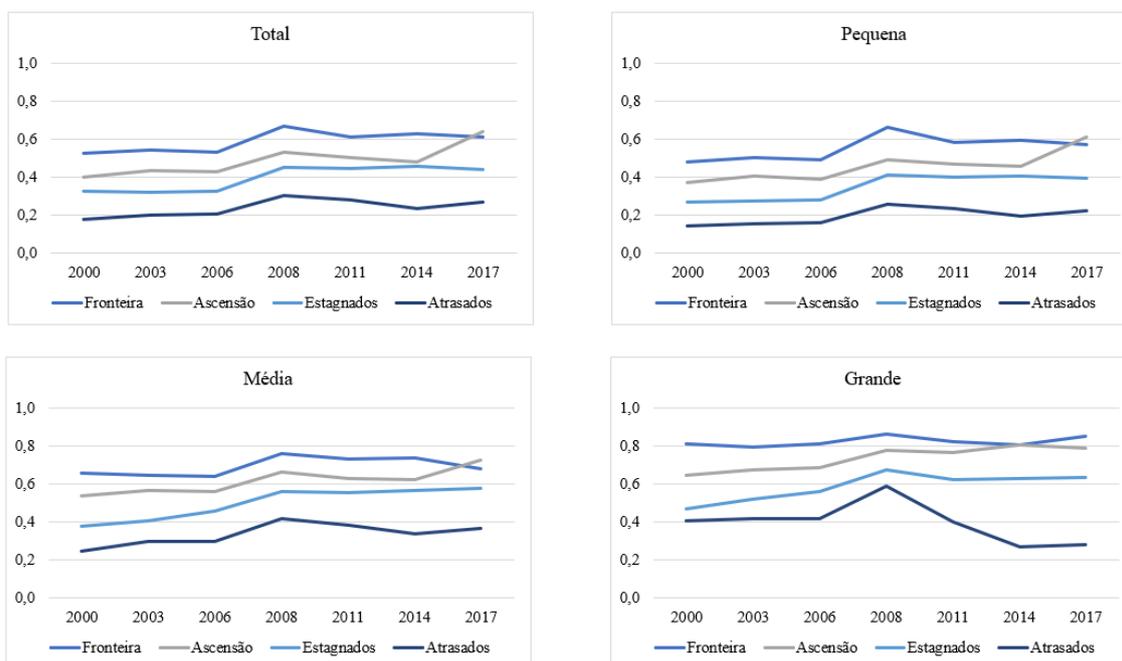
aponta que houve considerável melhora no período pré-crise de 2008, seguido de queda para as grandes empresas e estagnação para as PMEs. Isso indica que empresas de todos os portes foram afetadas pelas restrições financeiras impostas pela crise, assim como podem ter sido afetadas pela redução da demanda, que foi particularmente mais forte em países do Sul da Europa, como Espanha, que está no grupo *Estagnados* para todos os portes.

Chama a atenção a diferença no grupo *Fronteira* onde há maior quantidade de países nos agrupamentos de grandes empresas que no de PMEs. Há alguns países que são classificados no grupo *Ascensão* (Chipre, Áustria, Estônia, Finlândia e Suécia), ou mesmo em *Estagnados*, como França e Portugal para PMEs, mas que estão em *Fronteira* em grandes empresas. Pode-se concluir que nestes países há relevante diferença nos resultados inovativos entre PMEs e grandes empresas no período analisado. No grupo *Atrasados* estão presentes países da Europa Oriental, o que por um lado confirma a tipologia feita por TOSHEVSKA-TRPCHEVSKA *et al.* (2020), se afastando da hipótese de convergência em termos de resultados inovativos como proposto em Castellacci e Natera (2012).

O melhor resultado para as grandes empresas também está exposto na formação do grupo *Atrasados*, que conta com apenas um país, a Romênia, e maior quantidade de países em *Ascensão* e *Fronteira*. Isso indica que esse país teve uma importante decadência nos resultados inovativos que não foi observada em outros países. O Brasil tem resultado mais homogêneo entre os portes, e está majoritariamente ao lado de outros países com SNIs menos maduros, como apontado em Albuquerque (2022).

O Gráfico 1 complementa essa interpretação, uma vez que aponta as médias dos grupos ao longo do tempo. Houve melhora em todos os grupos o que indica manutenção da divergência inicial. De certa forma ainda que os agrupamentos com pior resultado tenham obtido alguma melhora ela não foi suficiente para reduzir a diferença com o grupo *Fronteira*, o que reforça os achados de Toshevska-Trpchevska *et al.* (2020). Essa divergência pode ser ainda mais importante caso se analise cada país de forma individualizada, como apontado por Archibugi *et al.* (2009).

Gráfico 1 - Médias dos agrupamentos pelo indicador de resultado inovativo em cada porte de firma



Fonte: Elaboração do autor.

Observa-se importante diferença entre as grandes empresas e as PMEs, sendo que as primeiras têm médias maiores, indicando maior taxa de inovação no período analisado. O Gráfico 1 aponta que todos os portes foram afetados pela crise de 2008, uma vez que até então havia trajetória ascendente que se reverte em estagnação ou piora do indicador. A estagnação só não foi verificada para o grupo *Ascensão* principalmente em PMEs, que apresentou relevante melhoria no indicador de inovação após 2014.

Ainda que haja diferenças nos níveis de resultado inovativo, o comportamento das pequenas e médias empresas é parecido, o que leva ao entendimento que aqueles países que têm PMEs em agrupamentos distintos das grandes empresas têm importante hiato entre os portes. São exemplo Portugal e Países Baixos no grupo *Estagnados* para pequeno porte e em *Fronteira* para grande porte.

Em uma comparação com o IUS, é possível dizer que o agrupamento dos países para PMEs é bem parecido, porém para grandes empresas há diferenças importantes. Países do Norte da Europa, que são em maioria líderes em inovação no IUS, estão nos grupos *Fronteira* ou *Ascensão*, enquanto os da Europa Oriental e Sul classificados como inovadores moderados ou emergentes no IUS estão em *Estagnados* ou *Atrasados*. A exceção a essa regra aparece no agrupamento para grandes empresas, onde Portugal e Estônia aparecem em *Fronteira*, ainda que sejam inovadores moderados para o IUS.

O Quadro 5 apresenta o agrupamento dos países de acordo com o índice de distância euclidiana para esforço inovativo. Os indicadores de esforço destacam o nível de engajamento com atividades de P&D, cooperação, apoio do governo, aquisição de máquinas e de conhecimento externo. Espera-se que quanto maior o nível de esforço, maior seja o engajamento em atividades inovativas diversas e melhor o resultado inovativo alcançado. Assim, caso não haja diferenciais em termos de eficiência, aqueles países que estão classificados no grupo *Frenteira* para o esforço estejam no mesmo grupo para o indicador de resultado.

Quadro 5 - Países em cada agrupamento para indicador de esforço inovativo por porte da firma

Total					Pequena				
Fronteira	Ascensão		Estagnados	Atrasados	Fronteira	Ascensão	Estagnados		Atrasados
Chipre	Alemanha	Islandia	Belgica	Bulgaria	Chipre	Belgica	Alemanha	Hungria	Bulgaria
Finlandia	Austria	Italia	Croacia	Espanha	Finlandia	Brasil	Austria	Italia	Espanha
	Brasil	Lituania	Eslovenia	Letonia		Estonia	Croacia	Lituania	Letonia
	Dinamarca	Luxemburgo	Estonia	Malta		Islandia	Dinamarca	Luxemburgo	Malta
	Eslovaquia	Noruega	Países baixos	Romenia		Noruega	Eslovaquia	Polonia	Romenia
	Franca	Polonia	Suecia	Turquia		Países baixos	Eslovenia	Portugal	Turquia
	Grecia	Portugal				Suecia	Franca		
	Hungria	Tchequia				Tchequia	Grecia		

Média					Grande				
Fronteira	Ascensão	Estagnados		Atrasados	Fronteira	Ascensão	Estagnados	Atrasados	
Eslovenia	Belgica	Alemanha	Islandia	Bulgaria	Chipre	Alemanha	Islandia	Brasil	Bulgaria
Finlandia	Chipre	Austria	Italia	Eslovaquia	Eslovenia	Austria	Noruega	Dinamarca	Letonia
	Estonia	Brasil	Lituania	Espanha	Estonia	Belgica	Países baixos	Eslovaquia	Malta
	Suecia	Croacia	Noruega	Letonia	Finlandia	Croacia	Portugal	Espanha	Romenia
		Dinamarca	Países Baixos	Luxemburgo		Franca	Suecia	Hungria	Turquia
		Franca	Polonia	Malta		Grecia	Tchequia	Italia	
		Grecia	Portugal	Romenia				Lituania	
		Hungria	Tchequia	Turquia				Luxemburgo	
								Polonia	

Fonte: Elaboração própria.

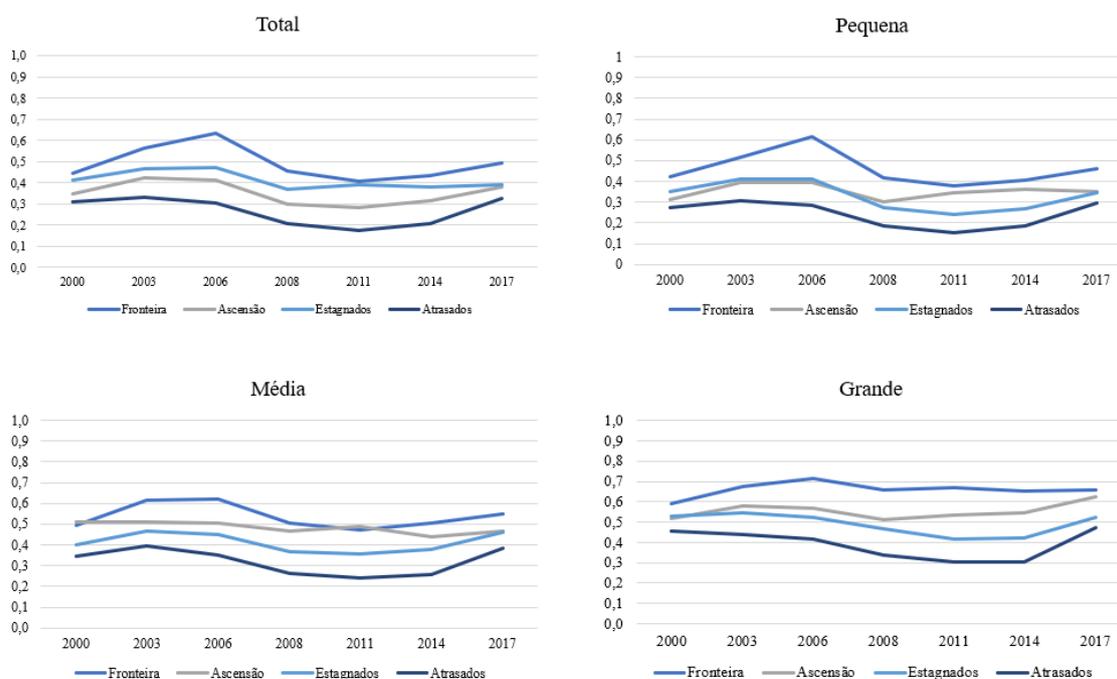
Em relação ao *cluster* do indicador de resultado, neste há ainda maior desbalanceamento. Para o total, médias e pequenas empresas o grupo *Frenteira* conta com apenas dois países cada, sendo que Finlândia está em *Frenteira* em todos os portes, indicando elevada capacidade do seu sistema de inovação de promover engajamento das empresas em atividades inovativas, o fazendo de forma homogênea entre os portes. É notável que há maior quantidade de países no grupo *Ascensão* em grandes empresas que em pequenas e médias, sendo que países como Alemanha, Áustria, França que estão em *Ascensão* para grandes empresas figuram entre *Estagnados* para pequenas e médias.

A maior participação de países no grupo *Estagnados*, aponta para relativa paralisia no nível de engajamento nas atividades inovativas nos países desse grupo. Isso não só sugere importante diferença entre as variáveis de esforço com as de resultado, como também reforça estudos que identificaram redução no engajamento em investimentos

para atividades inovativas pós-crise de 2008 (FILIPPETTI; ARCHIBUGI, 2011). Isso também é observado no Gráfico 2, que aponta que a crise de 2008 teve um impacto importante do índice de esforço inovativo e, conseqüentemente, no engajamento nas atividades inovativas, o que em certa medida pode estar ligado a estagnação nos resultados inovativos para quase todos os portes de firma. Com menor engajamento em atividades inovativas, menor tende a ser os resultados inovativos.

Ainda assim, foi registrado melhora nos indicadores de esforço inovativo em todos os portes no período mais recente, principalmente após 2014. Isso coincide com o fim do período mais severo da crise europeia do começo da década de 2010. As médias do indicador de esforço também sugerem que grandes empresas têm maior nível de esforço inovativo que as pequenas e médias, assim como há maior oscilação para PMEs do que para grandes empresas. Esse resultado diverge de Fillipetti e Archibugi (2011), que apontam que há maior probabilidade de redução em programas de P&D nas grandes empresas que nas pequenas. Vale ressaltar que os autores não consideram todos tipos de atividades inovativas, como cooperação, que podem ser mais importantes em termos relativos para empresas de menor porte (AUDRETSCH, 2004).

Gráfico 2 - Médias dos agrupamentos pelo indicador de esforço inovativo em cada porte de firma



Fonte: elaboração própria.

Ainda assim, foi registrado melhora nos indicadores de esforço inovativo em todos os portes no período mais recente, principalmente após 2014. Isso coincide com o fim do período mais severo da crise europeia do começo da década de 2010. As médias do indicador de esforço também sugerem que grandes empresas têm maior nível de esforço inovativo que as pequenas e médias, assim como há maior oscilação para PMEs do que para grandes empresas. Esse resultado diverge de Fillipetti e Archibugi (2011), que apontam que há maior probabilidade de redução em programas de P&D nas grandes empresas que nas pequenas. Vale ressaltar que os autores não consideram todos os tipos de atividades inovativas, como cooperação, que podem ser mais importantes em termos relativos para empresas de menor porte (AUDRETSCH, 2004).

Tanto para PMEs como para grandes empresas, países do Leste Europeu como Bulgária, Letônia, Romênia, além de Turquia, estão no grupo *Atrasados*, o que indica que os sistemas de inovação desses países continuam a ter dificuldade em ampliar o engajamento das empresas em atividades de inovação. Em grandes empresas a Espanha se junta ao Brasil no grupo *Estagnados*, mas está no grupo *Atrasados* para pequenas e médias, se posicionando ao lado de Turquia. Albuquerque (2022) aponta que esses dois países sustentaram uma trajetória de construção de seus sistemas de inovação nas últimas décadas, porém nota-se uma dificuldade em manter ou alcançar os demais países em termos de esforços empreendidos. Isso pode se relacionar aos problemas de financiamento enfrentados na esteira da crise de 2008 seguida da crise europeia que afetou fortemente o Sul da Europa, mais uma vez, convergindo com os achados de Filippetti e Archibugi (2011).

Ainda assim, para PMEs, Espanha e Turquia estão em *Estagnados* para resultados inovativos, achado que sugere melhor eficiência das empresas desses países de converter os esforços em resultado inovativo. Isso converge com a hipótese de que pequenas e médias empresas podem ter mais eficiência na gestão dos gastos inovativos. No caso do indicador de resultado considerado esse resultado é também esperado, uma vez que PMEs são capazes de produzir resultados inovativos em meios não tradicionais, capturados pela taxa de inovação na CIS e PINTEC. O indicador utilizado usa uma abordagem mais ampla do resultado inovativo favorecendo capturar resultados inovativos de empresas de menor porte, ao destacar outros tipos de inovação que não apenas as de produto (AUDRETSCH, 2003).

Também se observa no Gráfico 1 que Alemanha, Bélgica, Islândia e Luxemburgo estão em *Frenteira* para resultado, já no agrupamento de esforço, no Gráfico 2, elas se

concentram em *Estagnados*. Isso aponta para uma maior efetividade em converter os esforços empreendidos em inovação em resultados, ou ainda, que apesar de manter os esforços, com pouco ou reduzido avanço, os resultados continuaram entre os melhores. Esses achados reforçam a necessidade de uma análise sobre eficiência inovativa.

O Quadro 6 apresenta os *clusters* de países para o índice de eficiência do esforço inovativo, enquanto o Gráfico 3 mostra as médias para os grupos de acordo com o porte da firma. Esse agrupamento foi realizado com dados do índice de eficiência do esforço inovativo calculado com base nos indicadores de resultado e esforço inovativo.

Quadro 6 - Países em cada agrupamento para indicador de eficiência do esforço inovativo por porte da firma

Total					Pequenas				
Fronteira	Ascensão	Estagnados		Atrasados	Fronteira	Ascensão	Estagnados	Atrasados	
Islândia	Bulgária	Alemanha	Itália	Belgica	Islândia	Alemanha	Grecia	Belgica	Bulgária
	Eslovaquia	Austria	Luxemburgo	Brasil		Austria	Itália	Brasil	Croacia
	Eslovenia	Dinamarca	Malta	Chipre		Dinamarca	Luxemburgo	Chipre	Eslovaquia
	Hungria	Espanha	Portugal	Croacia		Espanha	Malta	Estonia	Eslovenia
	Letonia	França	Turquia	Estonia		França	Portugal	Finlândia	Hungria
	Lituania	Grecia		Finlândia			Turquia	Noruega	Letonia
	Polónia			Noruega				Países baixos	Lituania
	Romenia			Países Baixos				Suecia	Polónia
				Suecia				Tcheca	Romenia
				Tcheca					

Médias					Grandes				
Fronteira	Ascensão	Estagnados		Atrasados	Fronteira	Ascensão	Estagnados	Atrasados	
Islândia	Alemanha	Belgica	Grecia	Bulgária	Bulgária	Austria	Austria	Grecia	Eslovaquia
	Austria	Brasil	Lituania	Eslovaquia		Dinamarca	Belgica	Islândia	Hungria
	Dinamarca	Chipre	Noruega	Eslovenia		Espanha	Brasil	Noruega	Romenia
	Espanha	Croacia	Países baixos	Hungria		Itália	Chipre	Países baixos	Turquia
	França	Estonia	Suecia	Letonia		Letonia	Croacia	Polónia	
	Itália	Finlândia	Tcheca	Polónia		Lituania	Eslovenia	Portugal	
	Luxemburgo			Romenia		Luxemburgo	Estonia	Suecia	
	Malta					Malta	Finlândia	Tcheca	
	Portugal						França		
	Turquia								

Fonte: Elaboração própria.

Assim como nos resultados de Edquist *et al.* (2018), observa-se a geração de um agrupamento diferente do observado para o indicador de resultado inovativo, o que reforça as diferenças em termos da eficiência dos esforços empreendidos e o indicador de resultado inovativo. Para os indicadores de resultado e esforço, há uma maior tendência de países do Norte da Europa, como Suécia, Finlândia, Dinamarca, Noruega e Alemanha estarem nos grupos *Fronteira* ou *Ascensão*. Todavia, para o indicador de eficiência apenas um país aparece em *Fronteira* em cada porte analisado, Bulgária em grandes empresas e Islândia em PMEs.

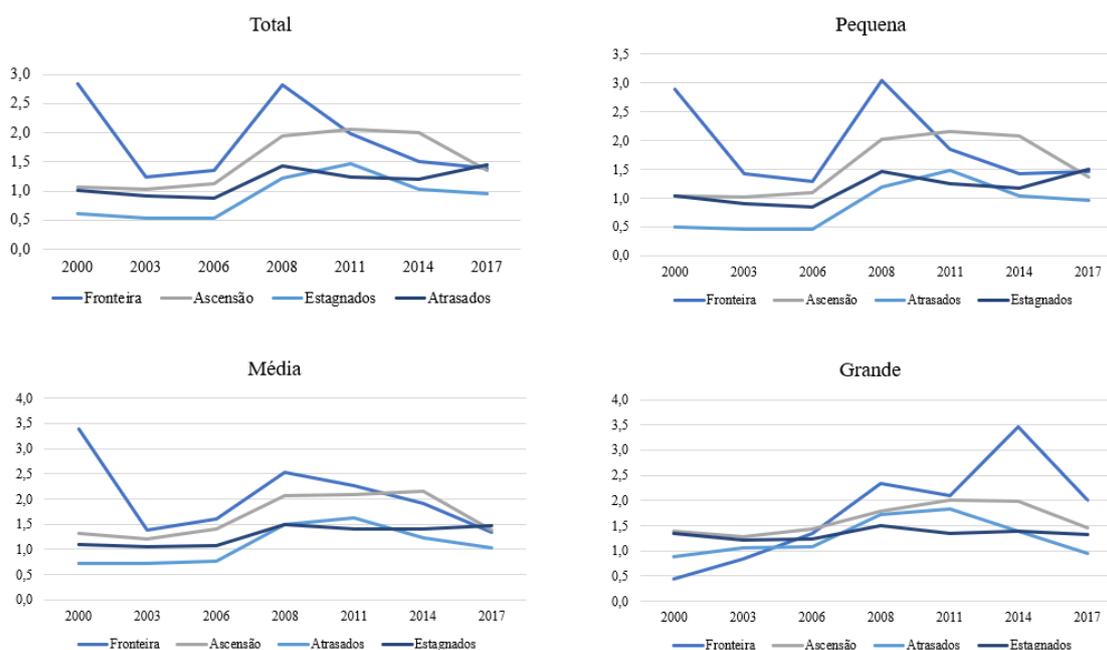
Para PMEs, Espanha e Turquia se encontram no agrupamento *Ascensão*, ao lado de países com sistemas de inovação mais maduros como Alemanha, Dinamarca e França. Esse resultado sugere que esses países têm maior capacidade de reverter os esforços em

resultados inovativos que outros países que também têm sistemas de inovação em construção, como o Brasil. Alguns países da Europa Oriental continuam concentrados no grupo *Atrasados*, o que aponta não só baixa capacidade de geração de resultados inovativos, como baixo nível de engajamento e, ainda assim, baixa eficiência. Isso reforça os achados de Toshevska-Trpchevska *et al.* (2020) que descartam a existência de convergência entre os sistemas de inovação dos países do Leste com os do Norte da Europa.

Ainda que o esforço das pequenas empresas brasileiras seja suficiente para colocar o país no grupo *Ascensão*, não é essa a posição do país no *cluster* de resultado, o que coloca o país no grupo *Estagnados* no indicador de eficiência. Ainda assim, o Brasil não está no grupo *Atrasados*, indicando que outros países têm ainda menor eficiência inovativa. Observa-se a presença de países com sistemas de inovação maduros como Finlândia, Bélgica, Noruega, Suécia e Países Baixos ao lado do Brasil no grupo *Estagnados*.

Esses achados descartam a hipótese que sistemas de inovação com melhores resultados inovativos são também os mais eficientes. Na realidade, é observado que alguns países com menor nível de esforço e menor resultado apresentam maior eficiência o que converge com achados de outros trabalhos (MATEI; ALDEA, 2012; EDQUIST *et al.*, 2018).

Gráfico 3 – Médias dos agrupamentos pelo indicador de eficiência do esforço inovativo em cada porte de firma



Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 3 apresenta as médias para o índice de eficiência do esforço inovativo, e é possível notar que há grandes variações ao longo do tempo. Há um expressivo aumento das médias do indicador no período da crise de 2008, o que pode estar ligado ao uso mais racional dos recursos financeiros em projetos que fossem mais capazes de gerar resultado inovativo. Isso converge com os achados de Fillipetti e Archibugi (2011), assim como em Audretsch (2003), que aponta que grandes empresas podem reduzir gastos financeiros em período de crise focando em menor quantidade de projetos, enquanto PMEs intensivas em conhecimento podem buscar gerar inovações não-radicais, mas que justifiquem os esforços empreendidos.

Em termos do índice de eficiência não há grande diferença entre as grandes e pequenas empresas no período mais recente, havendo certa convergência do indicador, o que não é observado nos agrupamentos de resultado e esforço. Os achados dos agrupamentos para o índice de eficiência convergem com os argumentos de Edquist *et al.* (2018) sobre a necessidade de investigar a produtividade e eficiência dos esforços em inovação, além de indicar uma classificação próxima a que os autores fizeram com base no IUS.

SNIs capazes de criar maior esforço em atividades inovativas e que têm também melhores resultados, nem sempre são os mais eficientes. Já países com resultados mais modestos podem ter elevada eficiência em converter esforços. Esses achados também vão ao encontro da hipótese de que há diferenças no produto do processo inovativo: SNIs de países com forte presença de setores intensivos em conhecimento exigem maiores esforços e têm maior probabilidade de produzir inovações disruptivas que SNIs menos maduros. Esses podem produzir bons resultados mesmo que haja menor nível de esforço, o que sinaliza maior eficiência, embora esses resultados possam estar ligados a inovações complementares ou adaptações de produtos e processos ao mercado doméstico.

De forma geral, há diferenças relevantes entre os portes, sendo que para resultado inovativo há maior concentração de países em grupos *Ascensão* e *Fronteira* em grandes empresas. Percebe-se também que PMEs podem ser mais eficientes, dado que há mais países em *Ascensão* que em *Estagnados*, o que não se verifica para grandes empresas. O Brasil tem resultados, esforços e eficiência agrupadas em *Estagnados*, com exceção do indicador de esforço para pequenas empresas onde o país está em *Ascensão*. Isso aponta para o maior nível de esforço das pequenas empresas brasileiras, talvez beneficiadas por programas de apoio à inovação presentes no período analisado que estimulam aquisição

de máquinas e equipamentos (BOTELHO *et al.*, 2012), ou ainda, a maior prevalência de atividades de cooperação dada a natureza das pequenas empresas de focar em atividades inovativas de interação (FREEMAN, 2000).

Adicionalmente, salvo para o índice de esforço em pequenas empresas, o Brasil encontra-se ao lado de países com menor dinamismo inovativo do Leste e Sul da Europa, em classificações que convergem com aquelas apresentadas por Kijek e Kijek (2010) e Toshevska-Trpchevska *et al.* (2020).

O país apresenta elevado hiato inovativo com os países da *Fronteira*, além de não conseguir ter melhor desempenho no indicador de eficiência do esforço inovativo. Outros países como Espanha e Turquia, que estavam no mesmo grupo que Brasil para os indicadores de esforço e resultado tiveram melhor desempenho em eficiência, o que indica que esses países têm apresentado melhoria em termos de converter seus esforços em resultados inovativos. Ainda que o país não esteja situado no grupo dos *Atrasados*, esse resultado pode apontar para uma tendência de alinhamento ao *falling behind*, onde os esforços não são suficientes para manter a posição do país relativamente aos seus pares. Vale apontar para o período mais recente, após 2014, onde houve interrupção de programas governamentais de apoio a inovação assim como restrições na demanda, fruto da crise de 2014-2016 (SILVA, 2022).

De toda forma, a hipótese de que há diferenças nos agrupamentos entre os portes foi confirmada, assim como há também diferenças nos agrupamentos em termos de resultado, esforço e eficiência inovativa. Esses achados confirmam a necessidade de explorar indicadores de eficiência inovativa, seja para servir de base para elaboração de políticas de apoio à inovação, seja para comparar diferentes experiências entre os diferentes SNIs. Também se descarta a hipótese de que países com melhores resultados inovativos são também os mais eficientes.

Na realidade, observou-se que países com resultados e esforços inovativos próximos aos do Brasil, como Espanha, apresentam maior eficiência em converter esforços em resultados. Esses resultados são indicados em alguns trabalhos como de Edquist *et al.* (2018), indicando que a eficiência do esforço pode ser maior em países com sistemas de inovação menos desenvolvidos, ainda que essa eficiência pode ser impactada pelos menores níveis de esforços inovativos como gastos com atividades inovativas e em atividades de P&D. Para buscar investigar como outras variáveis podem se relacionar com os resultados inovativos o próximo capítulo irá investigar como componentes dos sistemas de inovação e das estratégias das firmas podem estar ligados à taxa de inovação.

3 DESEMPENHO INOVATIVO, PORTE DA FIRMA E SISTEMAS NACIONAIS DE INOVAÇÃO: UMA ANÁLISE DE DADOS EM PAINEL

3.1 INTRODUÇÃO

O propósito deste capítulo é explorar a hipótese de que há diferenças entre as variáveis mais importantes relacionadas ao resultado inovativo dos países de acordo com o porte das empresas. Para tanto serão consideradas variáveis em termos de esforço e atividades inovativas das firmas, bem como dos Sistemas Nacionais de Inovação onde elas estão inseridas.

O capítulo se organiza em uma breve revisão de trabalhos que buscam investigar determinantes para inovação, considerando um recorte por porte da firma e, como pano de fundo, a abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação. Na sequência será apresentada a metodologia e dados utilizados na análise, seguidos de uma terceira seção com análise dos resultados feita com a luz da literatura de referência.

3.2 REFERENCIAL TEÓRICO: DETERMINANTES PARA INOVAÇÃO EM UM RECORTE POR PORTE DA FIRMA

A percepção de que há diferenças entre empresas de acordo com seu porte já pode ser observada nos trabalhos de Marshall (1961) no conceito de economias internas e externas. Essa discussão foi aplicada à inovação por Schumpeter (1939; 1942), ao propor, em momentos distintos, duas interpretações sobre o processo inovativo: de um lado direcionado pelo empreendedorismo e ousadia das pequenas empresas e da figura do “empresário schumpeteriano”, de outro nas rotinas e laboratórios de P&D das grandes empresas.

Sobre o processo inovativo, Mina *et al.* (2021) destacaram que indicadores de inovação em PMEs pode não apresentar bons resultados, pois essas firmas enfrentam barreiras para desenvolver atividades inovativas, seja por sua diversidade, que se traduz em uma grande variedade de firmas, seja pelos custos envolvidos não apenas em financiar as atividades inovativas como P&D, mas também em comercializar o seu produto.

A interação e aprendizagem também são variáveis fundamentais para explicar o comportamento inovativo das empresas, o que é explorado na abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs) e suas derivações, como sistemas regionais de inovação. Essa abordagem pode ser uma ferramenta fundamental nos esforços para entendimento e explicação da diferença na performance inovativa entre firmas de diferentes portes. O ambiente em que as firmas estão imersas pode ser determinante para explicar o sucesso ou fracasso das estratégias por elas escolhidas no desenvolvimento de atividades

inovativas. Vaona e Pianta (2007) argumentam que há diferenças nas estratégias para inovação adotadas por pequenas e médias empresas (PMEs) e grandes empresas (GEs), o que reflete não apenas nos resultados inovativos, mas também na forma ou momento em que elas se inserem e se engajam no processo inovativo.

Adicionalmente, outras interpretações que complementam a abordagem dos SNIs são encontradas na literatura de inovação. Ao perceber que não são apenas variáveis clássicas, como gastos em P&D, aquelas consideradas na elaboração das estratégias empresariais, abre-se espaço para duas abordagens sobre o processo inovativo e sobre instrumentos para promoção de inovações. A primeira, *Science Technology and Innovation* (STI), é baseada em investimentos em ciência e tecnologia, como gastos em P&D, capital humano especializado em ciência, e infraestrutura científica e tecnológica. A segunda é baseada em processos de aprendizagem e interação, ou *Doing Using Interacting* (DUI).

De forma geral, a abordagem STI indica variáveis mais diretamente relacionadas com a performance ou resultado inovativo, tais como gastos em P&D, recursos humanos especializados, financiamento de alto risco (como *Venture Capital*). Já a abordagem DUI está ligada a mais alto nível de construção e difusão de conhecimento no ambiente, com as interações entre pessoal altamente qualificado em setores e laboratórios de P&D, ou ainda com a cooperação e colaboração com parceiros diversos como universidades, centros de pesquisa e atores da cadeia produtiva para frente e para trás (fornecedores, clientes, etc.) (PARRILLI; HERAS, 2016).

Hervás-Oliver *et al.* (2021) argumentam que o modelo linear de inovação tem um entendimento limitado a respeito de atividades alternativas capazes de promover inovação e que podem ser benéficas principalmente para PMEs. A formação de conhecimento tácito e processos de aprendizagem (*learning by doing*, *learning by using* e *learning by interacting*) são cruciais para o estabelecimento de atividades inovativas. Assim, com o objetivo de investigar como a inovação pode ser afetada por variáveis ligadas a P&D, variáveis não-P&D, assim como o ambiente em que as firmas estão inseridas. Os autores usam dados de PMEs do *Regional Innovation Scoreboard* (RIS) em 220 regiões de 22 países europeus entre 2014 e 2017. São analisadas variáveis como inovação de produto e processo, gastos privados e públicos em P&D, gastos não P&D, cooperação, publicações científicas e *dummies* para os países analisados.

Os resultados apontam que PMEs de regiões mais inovativas são afetadas positivamente por variáveis STI e DUI, sendo beneficiadas pela combinação de P&D interno, cooperação e gastos não P&D. Já as PMEs de regiões menos inovativas são

afetadas predominantemente por variáveis DUI, como cooperação e compartilhamento de informação público/privada. Investimento público em P&D não gera necessariamente melhorias em resultado inovativo de PMEs, isso depende do contexto em que a firma está inserida sendo mais efetivo em regiões mais inovativas. Em regiões menos inovativas PMEs enfrentam ainda mais dificuldade em desenvolver atividades de P&D interno, sendo que melhores resultados podem ser alcançados ao estimular aprendizagem e cooperação. De forma geral, cooperação é central para o desenvolvimento de atividades inovativas pois complementam os esforços de P&D, sendo ainda mais importantes para inovação em PMEs, devendo ser consideradas na elaboração de políticas públicas de apoio a inovação.

Parrilli e Radicic (2020) buscaram testar hipóteses de que *i*) empresas de menor porte têm melhor resultado inovativo quando se envolvem em atividades DUI, enquanto têm pior performance quando se engajam em atividades STI; *ii*) em empresas de médio porte tanto atividades internas ou externas em STI ou DUI geram efeitos positivos em termos de inovação, comportamento que também é esperado em empresas de grande porte. Os autores consideram como internas aquelas atividades que envolvem gestão e trabalhadores da firma, e externas aquelas relacionadas a interação com clientes, fornecedores ou outras organizações. Para análise usaram dados sobre inovação e características da firma do *Survey Eurobarometer 394*, com dados de 28 países membros da União Europeia, Suíça e Estados Unidos no período entre 2011 e 2014 com uso de método *Propensity Score*.

Os resultados encontrados por Parrilli e Radicic (2020) apontam que ainda que as variáveis DUI sejam mais importantes para explicar o desempenho inovativo das pequenas empresas, estas firmas apresentam significativa capacidade de extrair valor das variáveis internas de STI, resultado não esperado e que, em parte, contradiz os achados de Hervás-Oliver *et al.* (2021). Empresas de médio porte exploram atividades STI internas e externas, ainda que apresentem alta efetividade em atividades DUI, internas e externas, tal como pequenas empresas. Empresas de grande porte são mais ineficientes em se beneficiar de atividades STI externas, o que indica que há maior importância das atividades STI internas (como P&D interno) o que resulta em menor necessidade de engajamento em P&D externo. Há maior efetividade em atividades DUI externas e internas devido ao envolvimento em cadeias de cooperação com fornecedores. O uso de treinamento por PMEs está relacionado a melhores resultados inovativos, uma vez que aumenta sua capacidade de absorção.

Parrilli *et al.* (2016) utilizam dados da *Community Innovation Survey* de 2014 para regiões de países europeus abrangidas pelo projeto *Regional Innovation Scoreboard* com o objetivo de comparar diferentes modos de inovação em regiões distintas para identificar se o engajamento em algum tipo de inovação se relaciona com as capacitações e ativos regionais. As regiões são classificadas de acordo com a força de suas capacitações tecnológicas, tais como capital humano, capacidade de absorção, presença de setores intensivos em ciência. Nas regiões com capacitações mais fortes espera-se melhor resultado em termos de inovações de produto e efetividade em combinar fatores STI e DUI nas atividades inovativas. Para análise dos dados foi utilizada técnica *Propensity Score* com múltiplos tratamentos, com vistas a resolver problemas de endogeneidade causadas pelas variáveis escolhidas para representar STI e DUI.

Os resultados indicam que características regionais têm importância em explicar os resultados inovativos. Regiões líderes têm maior capacidade de usar diferentes *drivers* STI ou DUI, ainda mais de maneira complementar, resultando em maior impacto nos resultados inovativos, enquanto regiões intermediárias apresentam relevante trajetória de *catching up* com os líderes e uso de ambos *drivers* com efetividade, ainda que haja maior impacto em termos de performance econômica para as líderes. Regiões consideradas modestas em suas capacitações apresentam uma trajetória positiva, porém mais baseada em *drivers* DUI. De forma geral, em todas as regiões há impacto positivo de capacitações e *drivers* no resultado inovativo, ainda que naquelas mais modestas há fraca efetividade em adoção de *drivers* STI. DUI está mais fortemente ligada a melhores resultados em inovação de processo, comercial e organizacional, enquanto STI se traduz em maior probabilidade de inovações de produto.

Com foco na questão do porte da firma, Brown e Guzmán (2014) investigam a probabilidade de se desenvolver inovação e os seus fatores determinantes para empresas manufatureiras do México no período de 2004 a 2006. É utilizado modelo CDM⁷, em quatro equações usando estimação pelo modelo de seleção de Heckman. Os autores destacam que as empresas mexicanas que têm maior propensão a inovar são as de maior porte, que têm maior *market share* e que fazem parte de setores de alta tecnologia. Resultados apontam que exportação e cooperação não foram consideradas significativas

⁷ O modelo CDM (CRÉPON, DUGUET, MAIRESSE; 1998) é utilizado em literatura de inovação por ser uma abordagem que faz análise da alocação de recursos e dos resultados do processo inovativo em termos da produtividade, também resolvendo problemas relativos a endogeneidade de variáveis independentes. Para tanto são utilizadas duas equações na metodologia de Heckman para estimar a produtividade em firmas inovadoras e não inovadoras.

como determinantes para inovação, enquanto comercialização, apropriabilidade de conhecimento, investimento direto externo e acesso ao crédito tiveram efeito positivo como esforços inovativos. O investimento estrangeiro pode estar ligado a inovações para adaptação de produtos ao mercado local. Registros de marcas e patentes também estão relacionados positivamente com gastos em P&D.

Alguns trabalhos usam o conceito de Inovação Aberta para descrever como relações estabelecidas pela firma, bem como *spillovers* e capacidade de absorção, podem impactar sua capacidade e performance inovativa. Essa abordagem compartilha premissas com a teoria evolucionária, ao indicar que os fluxos de conhecimento podem acelerar a inovação na firma, ou seja, a interação com outros atores, mais do que o que propunha o modelo linear de inovação, é importante em explicar a performance inovativa das empresas (D'ANGELO; BARONCELLI, 2019).

D'Angelo e Baroncelli (2019) exploram o conceito de Inovação Aberta, que defende que ideias, conhecimento e tecnologia podem vir de dentro ou de fora da empresa, e investigam o impacto de colaborações horizontais em P&D em inovação de produto e na performance inovativa em geral. Para isso usam dados de PMEs italianas sobre inovação de produto, performance inovativa, cooperação, resultados inovativos, idade, *dummies* para localização e setor.

Com análise feita com Modelo *Probit/Tobit* os autores concluem que inovação em PMEs está ligada à cooperação em P&D, sendo que há maior probabilidade de gerar inovação de produto principalmente em colaboração com centros de pesquisa, outras empresas e com universidades. A cooperação com universidades pode permitir acesso a conhecimento externo, científico e tecnológico, viabilizando inovações de produto, mas não se traduz em sucesso em faturamento. Já cooperação com outras empresas apresentam importante relação com aumento do faturamento, o que sugere que esse tipo de cooperação tem um foco mais comercial, traduzindo-se em resultados no curto prazo. Nesse sentido, ao elaborar a estratégia de cooperação a firma deve considerar qual é o seu objetivo no curto e longo prazo, se é realizar inovação de produto ou aumentar seu faturamento com inovações.

Hossain e Kauranen (2016) também usam o conceito de inovação aberta para estudar PMEs, enfatizando que os estudos empíricos focados em analisar determinantes de inovação em PMEs frequentemente o fazem com auxílio de modelos de dados em painel, ainda que haja poucos trabalhos sobre o tema que envolvam países da América do Sul. Os autores argumentam que trabalhos com esse objetivo frequentemente apontam

que PMEs se engajam em atividades menos formais de P&D, indicando maior dificuldade de interação com atores externos. Entretanto, há resultados mistos entre desenvolver inovação aberta e a performance inovativa, o que pode depender da capacidade de absorção relacionada à atividades de P&D. Há grande custo para estabelecimento de cooperação pelas PMEs e, frequentemente, esta colaboração está focada em estágios de comercialização e menos no desenvolvimento de atividades inovativas, além do frequente *trade-off* entre proteção de propriedade intelectual e compartilhamento de informações sob risco de comportamento oportunista do parceiro.

Ainda sobre o tema colaboração, Boucken e Kraus (2013) investigaram o papel que a cooperação pode ter em PMEs de setores intensivos em conhecimento, e para isso usam dados de PMEs alemãs. Os autores diferenciam as inovações pelo seu grau de novidade as classificando como inovações revolucionárias, aquelas que geram produtos extremamente novos produzindo descontinuidades tecnológicas e de mercado, e inovações radicais, que causam mudanças tecnológicas e de *marketing*.

Os resultados sugerem que há uma “faca de dois gumes” sobre o papel da cooperação: se por um lado há efeito positivo sobre inovações radicais, por outro há um efeito negativo em inovações revolucionárias. O efeito negativo em inovações revolucionárias está ligado a grande compartilhamento de conhecimento, abrindo margem para risco de comportamento oportunista do parceiro. O nível de incerteza também pode gerar efeitos negativos sobre inovações revolucionárias, que só é revertido em caso de alto compartilhamento de conhecimento e alta aprendizagem, o que se relaciona à maior capacidade da empresa em absorver o conhecimento do que em compartilhar seu conhecimento com os parceiros. Nesses termos, o engajamento em cooperação representa riscos que de um lado podem ser mais bem manejados por grandes empresas, e por outro representa obstáculos para PMEs.

Nieto e Santamaría (2007) analisam o papel que diferentes tipos de redes de colaboração na geração de inovações de produto e no seu nível de novidade, bem como se há diferenças entre os tipos ou diversidade de parceiros. Para isso usam dados de firmas da Espanha do *Spanish Business Strategies Survey* (SBSS) para os anos de 1998 a 2002, analisados com modelos *probit* e *probit* bivariado, o que possibilita testar se a correlação é estatisticamente significante.

Os resultados indicam que a continuidade e a diversidade de parceiros têm impacto positivo sobre inovação de produto, mostrando ser um bom método para ampliar as capacitações para inovação das firmas. O impacto é ainda maior em inovações com

maior grau de novidade, uma vez que recursos e capacitações são necessários para esse tipo de inovação. Quando esses recursos não estão disponíveis internamente ou para aquisição no mercado, as firmas podem buscar obter por meio de cooperação. A continuidade e diversidade da cooperação também têm relação positiva com inovação de produto, sendo que fornecedores afetam o grau de novidade das inovações, enquanto interações com concorrentes são as menos frutíferas em termos de resultado em inovação. Há indícios que a falta de confiança e a necessidade de manter a competição sobre a cooperação, principalmente em inovação de produto, estão entre os motivos que levam a menor probabilidade de sucesso na cooperação com concorrentes. De forma geral, cooperação tem forte probabilidade de levar a resultados inovativos.

Zeng *et al.* (2010) investigam a relação entre redes de cooperação e performance inovativa de PMEs chinesas em setores manufatureiros. Para tanto foi utilizado uma modelagem de equação estrutural, para promover uma série de regressões com trocas nas variáveis dependentes. Os resultados encontrados apontam que há significância positiva nas relações entre a performance inovativa, como variável dependente, e cooperação inter-firma, instituições intermediárias, cooperação com organizações de pesquisa. A cooperação com governo parece não ter significativo impacto na performance inovativa, o que contraria boa parte da literatura que trata de dados para países desenvolvidos. Cooperação vertical, com consumidores, fornecedores e outras empresas têm um papel mais importante para a performance inovativa que formas de cooperação horizontal, com institutos de pesquisa, universidades e agências do governo

Mina *et al.* (2021) usam dados no período entre 2014 a 2017 da base de dados do programa governamental de apoio a inovação da União Europeia H2020 *SME Instrument* para investigar como o apoio público à inovação em PMEs europeias pode ter impacto em termos da performance e resultado inovativo. Os resultados sugerem que firmas que estão no quartil superior de crescimento, por emprego e faturamento, mas que ainda têm baixo nível de lucro são as mais beneficiadas pelo programa. Firms que fazem parte de setores de alta tecnologia, que tendem a ser mais intensivas em capital e com maior necessidade de financiamento, têm maior probabilidade de participar do programa. De maneira complementar, empresas que participaram do programa tiveram mais acesso a *Venture Capital*, indicando existência de efeito complementariedade, e maior probabilidade de gerar patentes.

Ao investigar como o porte da firma pode afetar a efetividade e determinantes da inovação, Lee *et al.* (2010) destacam o papel de colaboração com atores intermediários

na formação de redes para inovação. São analisados dados de PMEs sul-coreanas do *Technology Innovation Survey* para os anos de 2002 a 2004. Os autores argumentam que há diferenças no papel dos intermediários, sejam eles consumidores, alianças estratégicas em P&D ou redes de firmas visando estabelecer *network*. Com isso, concluem que em relação a atividades inovativas, as grandes empresas inovadoras têm melhor resultado em treinamento, P&D interno e aquisição de novos bens de capital; já para as PMEs inovadoras são P&D interno, aquisição de máquinas e equipamentos e inovações organizacionais. Esses intermediários na colaboração têm impacto positivo para inovação em PMEs, com destaque para parceiros como concorrentes e universidades ou centros de pesquisa. Resultados similares também são encontrados por Podmetina *et al.* (2011) ao apontar que empresas de diferentes portes adotam diferentes estratégias de abertura, com as grandes empresas focando em comercialização de tecnologia e as de menor porte em aquisição de tecnologia para redução de custos do processo produtivo.

Alguns trabalhos buscam realçar o papel das PMEs, já que a literatura identifica que essas empresas enfrentam restrições específicas ao porte para o desenvolvimento de atividades inovativas, mas ao mesmo tempo, representam a maior parte da população de empresas, além de sua importância para geração de emprego. Edeh e Acedo (2021) usam dados da Nigéria para investigar como restrições financeiras podem afetar PMEs em termos de sua produtividade e engajamento em atividades inovativas. Para isso os autores usam uma versão do Modelo CDM, que consiste em um modelo estrutural de quatro equações com vantagens, como controle de problemas de endogeneidade e viés de seleção. Adicionalmente foram utilizados dados do período entre 2005 e 2010 de inovação de produto, processo e *marketing*, cooperação, esforços inovativos, como gastos em P&D e capital humano, fontes de conhecimento, financiamento do governo, patentes, e obstáculos à inovação. Os dados sobre inovação são do *Survey National Centre for Technology Management* e do *National Bureau of Statistics* que também apresenta características das firmas como idade, localização, porte e etc.

Os resultados apontam que a intensidade de P&D é significativa e tem efeito positivo sobre a probabilidade de inovação de produto e *marketing*, essa última se relaciona a *spillovers* de P&D e investimentos em várias estratégias de inovação. As variáveis sobre apoio financeiro também são positivamente relacionadas ao resultado inovativo, com destaque para apoio do governo em inovação de produto e processo, e apoio financeiro de governos estrangeiros em inovações de processo, embora este apresente impacto negativo sobre inovação de produto. Adicionalmente, os efeitos em

resultados inovativos são significativos em cooperação, capital humano e exportação. Os dois primeiros são ainda mais importantes para explicar o desenvolvimento de inovações de produto em PMEs, pois estão relacionados a maior chance dessas empresas terem departamentos internos de P&D e maior probabilidade de inovar em estágios iniciais do processo inovativo, onde mão de obra qualificada é mais importante. Exportações são importantes para inovações de *marketing* e processo, mas não para as de produto, o que pode se relacionar a maior nível de exposição a concorrência e menor incentivo a esse tipo de inovação. A idade também é relevante para explicar a capacidade inovativa e a produtividade.

Questões relacionadas a financiamento também são alvo de discussão em Pradhan *et al.* (2017) que estudam as relações entre atividades inovativas, crescimento e acesso a *venture capital*. Considera-se que há três estágios de investimento em atividades inovativas, um inicial, um estágio tardio e o total de investimento que independe do estágio do processo inovativo. Os dados são do WDI/Banco Mundial e *European Venture Capital Association Database* no período entre 1989 e 2014 para países europeus. O modelo vetor de correlação de erros (VECM) aponta uma relação causal bidirecional de curto prazo entre *venture capital*, atividades inovativas e crescimento, assim como uma relação causal unidirecional de longo prazo entre *venture capital* e crescimento. Ainda que o acesso a capital de alto risco não cause impacto de longo prazo em atividades inovativas, os autores apontam que mudanças no ambiente regulatório do sistema financeiro, melhorias em governança corporativa e *marketing* são relacionados positivamente com difusão tecnológica.

Hall *et al.* (2009) investigam especificidades de atividades inovativas desenvolvidas por PMEs italianas usando dados do “*Survey on Manufacturing Firms*” no período de 1995 a 2003. O tratamento dos dados é feito com um modelo estrutural em uma análise *cross section*, considerando variáveis como intensidade de P&D, inovação de produto e processo, apoio do governo, concorrência e produtividade do trabalho.

Os resultados indicam que o tamanho da firma é inversamente relacionado à intensidade de P&D, mas positivamente relacionado com a probabilidade de inovar em produto ou processo, achados que reforçam aqueles de Audretsch (2003). Firms em setores de alta tecnologia e que recebem apoio aumentaram os esforços de P&D. Investimento em aquisição de máquinas e equipamentos tem maior importância na geração de inovação de processo que de produto, enquanto competição internacional promove intensidade de P&D, especialmente naquelas firmas envolvidas em produção de

alta tecnologia. Tamanho da firma e intensidade de P&D, juntamente com gastos com máquinas e equipamentos aumentam a probabilidade de produzir inovações de produto e processo, e ambos os tipos de inovação apresentam impacto positivo na produtividade da firma, com maior destaque para inovações de processo. Dentre as PMEs, aquelas com mais idade e maior porte apresentam menor produtividade.

Também investigando a ligação entre produtividade e inovação, Alvarez *et al.* (2015) estudam sobre empresas do setor de serviços do Chile, considerando empresas de manufatura como um *benchmark*. Os dados são da pesquisa de inovação chilena, que é baseada no Manual de Oslo, com análise feita em um modelo *Tobit* de multiequações com variáveis como tamanho da firma, origem do capital proprietário, proteção de patentes, exportação, cooperação, financiamento público e fontes de inovação.

Os resultados encontrados indicam que o tamanho da firma é mais importante como determinante de inovação em empresas do setor manufatureiro. Ser uma firma exportadora e usar proteção de patentes também estão relacionadas a maior probabilidade de engajamento em atividades inovativas, para ambos os setores, já ter propriedade estrangeira não apresenta significância. Exportação e financiamento público também estão relacionadas positivamente com maior gasto inovativo, ainda mais no setor manufatureiro, resultado que converge com Hall *et al.* (2009). Cooperação para P&D também tem efeito positivo nos gastos inovativos, principalmente em serviços, enquanto fontes de conhecimento externas não são significativas para inovação. Os autores argumentam que as variáveis analisadas são mais ligadas a inovação tecnológica, que são mais presentes em setores de manufatura, indicando que há necessidade de análise de outras variáveis mais adequadas a setores de serviços e que não foram incluídas no modelo.

Diante da quantidade de fatores que podem ser significativos em influenciar o comportamento das empresas e, que podem afetar de forma diferente empresas de portes distintos, é necessário investigar o ambiente em que a firma está imersa. Como já apresentado anteriormente, variáveis ambientais são alvo de discussão na abordagem dos SNIs, bem como de investigação em uma grande quantidade de trabalhos que avaliam os fatores que possam ter impacto no desenvolvimento de atividades inovativas e nos resultados inovativos.

O entendimento de que o processo inovativo se desenvolve de forma sistêmica, com a atuação de diversos atores e constante interação entre diversas organizações foi tema da pesquisa de Samara *et al.* (2012). Os autores estudam o impacto que políticas de inovação podem ter na performance de SNIs por meio de modelos dinâmicos, baseados

em diagramas fluxo-estoque capazes de representar um sistema de inovação, ilustrando o papel de atores ou organizações isoladas, bem como da interação e coletividade de organizações e instituições, tal como defendido por Lundvall (1992; 2016). A abordagem holística do SNI avalia desde questões de política macroeconômica até a capacidade interna de realização de P&D pelas empresas.

Assim, o trabalho analisa dados da Grécia entre 1998 e 2008 avaliando variáveis como tipos de inovação, *market share*, faturamento, capacidade de P&D, gastos em P&D entre outras e um recorte do porte das firmas. O modelo escolhido permite identificar *feedbacks* e ciclos, e como resultado indica que o esforço contínuo e sustentado são fundamentais para o sucesso de políticas de apoio para inovação em termos de gerar melhor performance inovativa. Políticas de longo prazo são caracterizadas por simetria em seus objetivos e devem buscar melhorias sustentadas em todos os indicadores ligados à promoção de inovação, ao invés de buscar avanços rápidos e abruptos isoladamente. Além disso, essas políticas podem ser uma boa solução para reduzir o *gap* entre países com SNIs menos desenvolvidos (SAMARA *et al.*, 2012).

Cirillo *et al.* (2019) também exploram o tema de políticas públicas e sua ligação com resultados inovativos. Os autores analisam características estruturais dos SNIs europeus para investigar como diferentes arranjos de políticas e capacitações podem resultar em níveis similares de performance inovativa. Os autores destacam como agentes importantes no desempenho inovativo as empresas, universidades e institutos de pesquisa. Com a premissa de que o processo inovativo é sistêmico são utilizados dados de 29 indicadores de 33 países europeus, latino-americanos e Japão sobre atores como governo (exportações de alta tecnologia, qualidade de educação, produtividade, etc.), empresas (resultado inovativo, origem do capital, salários, etc.), usuários (acesso à internet, crédito doméstico, etc.) e sistema científico (número de pesquisadores, publicações, etc.). Para tratamento dos dados é utilizado análise fatorial.

Os resultados indicam que embora SNI consista em uma abordagem complexa e com elevado nível de complementariedade entre os seus componentes, não é possível notar grande diversidade de estratégias e trajetórias de sucesso em termos de performance inovativa. As políticas de apoio devem focar em uma abordagem sistêmica, o que não permite uma grande quantidade de diferentes desenhos de política ou estratégias para alcançar melhores resultados. Os achados corroboram os de Samara *et al.* (2012), e os autores concluem com uma analogia à abordagem evolucionária: as políticas para desenvolver SNIs exitosos se assemelham mais ao Polo Norte que a Galápagos, no

sentido de que o primeiro é um ambiente mais seletivo o que resultou em poucas espécies, que aqui podem ser lidas como os próprios sistemas de inovação.

Por estar imerso em um ambiente econômico complexo, o processo inovativo também responde a mudanças conjunturais e nas políticas de incentivo a atividades inovativas. Gunther *et al.* (2019) analisam como setores intensivos em P&D se comportam diante de um choque na economia, como na crise financeira de 2008. Os autores utilizam análise de *input/output* (matriz insumo-produto) para calcular um indicador de Rasmussen, com dados para países europeus do Eurostat e *World I/O Database* para os anos 2000. Os resultados apontam que a estratégia de aumentar subsídios à P&D em resposta a crise econômica aumentou a interconectividade dos setores de P&D na maior parte dos países. Essa ligação foi ainda mais forte em países que já apresentavam maior interconectividade entre os setores intensivos em P&D, o que pode ter impacto estabilizador na atividade econômica, principalmente em países com maior intensidade de desenvolvimento de P&D doméstico.

Fagerberg e Srholec (2008) buscaram entender qual é o papel das capacitações de um sistema de inovação no desenvolvimento econômico. Os autores exploram dados de 115 países e 25 indicadores como publicações científicas, patentes, engajamento em P&D, investimento direto estrangeiro, abertura comercial, acesso a tecnologias de comunicação e informação, níveis de educação primária, secundária e superior, indicadores de corrupção, direitos de propriedade e regulações, acesso a crédito bancário, mercado financeiro e *venture capital*, entre outros.

Os autores concluem que um sistema de inovação bem desenvolvido é essencial para países que tenham como objetivo de alcançar maior nível de renda *per capita*, já que há uma forte correlação entre nível e mudança na renda *per capita* e mudanças no sistema de inovação. Não há uma forte relação entre os sistemas políticos e a performance em crescimento de renda, já que houve relevante trajetória de *catching up* em países com sistemas políticos diferentes daqueles observados nos países ricos ocidentais. Abertura comercial e IDE tem significância para crescimento, mas não para resultado inovativo. O desenvolvimento de capacitações direcionadas para o sistema de inovação é fundamental para o sucesso econômico, medido em termos de renda *per capita* (FAGERBERG; SRHOLEC, 2008).

Alguns trabalhos tentam destacar o papel de variáveis dos SNIs na performance inovativa, crescimento e produtividade. Suarez *et al.* (2020) investigam o impacto de P&D e recursos humanos qualificados no crescimento econômico e nos SNIs. Para tanto

fazem análise de dados das bases RICYT, Eurostat e Banco Mundial para 75 países entre 2000 e 2016 utilizando um modelo de painel dinâmico, com auxílio de imputação múltipla multivariada, que tem objetivo de minimizar o viés de menor peso dos recursos humanos qualificados em países em desenvolvimento. Os achados do trabalho são que investimentos em P&D e na formação de recursos humanos qualificados têm impacto positivo e cumulativo nos SNIs. Entretanto, há diferenças, pois países ricos têm maior retorno no crescimento econômico ao investir em infraestrutura avançada, países de renda média também têm retorno positivo em crescimento, mas em menor nível, com investimentos em infraestrutura básica, avançada e melhorias na equidade social. Já em países pobres não há relação significativa entre crescimento e investimentos em P&D ou em recursos humanos qualificados; o retorno significativo e positivo só ocorre com investimentos em infraestrutura básica (SUAREZ *et al.*, 2020).

Argumentando que a diversidade do conhecimento e das habilidades dos trabalhadores são elementos fundamentais para um SNI, Filippetti e Guy (2020) investigam como regulações do mercado de trabalho afetam a inovação. Para isso, usam variáveis que representam a proteção de emprego (ligadas a segurança para emprego) e proteção de desemprego (como seguro desemprego), além de dados sobre inovação como patentes, diversidade ocupacional, gastos em P&D, emprego na agricultura, indústria e serviços. Os dados são de 28 países da OCDE para o período entre 1990 e 2013 e foram analisados com equações em estimações MQO.

Filippetti e Guy (2020) concluíram que proteção ao desemprego pode estimular a diversidade, e tem substancial efeito positivo em patentes, diversidade ocupacional, conhecimento e diversidade de habilidades. Todavia, proteção ao emprego apresenta relação negativa com inovação e não há impacto em diversidade. Diversidade está ligada à inovação, o que ajuda a explicar o efeito positivo de proteção ao desemprego sobre inovação. Os autores assumem que as escolhas dos estudantes e trabalhadores por qualificação envolvem riscos que podem ser melhor administrados com a proteção do desemprego que viabiliza segurança no ambiente de trabalho e estimula diversidade e qualificação dos trabalhadores. Nesses termos, a educação tem um papel fundamental nos SNIs, e pode alimentar a diversidade de conhecimento e habilidades.

Além da educação, a abertura econômica também é frequentemente observada como fator que gera impacto na capacidade inovativa de um país. Nesse sentido, Wu *et al.* (2016) investigam o papel que exportações e investimento direto estrangeiro (IDE) podem ter em reduzir o hiato tecnológico entre países desenvolvidos e em

desenvolvimento. São analisados dados do Banco Mundial para 80 países entre 1981 e 2010. Os autores concluem que exportações e IDE são significativos em promover a capacidade inovativa de um país. As variáveis IDE e exportação de produtos de alta tecnologia também estão relacionados à melhoria na capacidade inovativa de países atrasados como Brasil, China e Coreia do Sul. Por outro lado, regras de proteção de propriedade intelectual têm efeito negativo na inovação em países inovadores emergentes ou atrasados. Formas mais fracas de proteção de propriedade intelectual podem permitir que países mais atrasados ou emergentes possam aprender com importação de tecnologias, já que P&D é caro para ser realizado.

Alguns trabalhos buscam dar destaque ao caso brasileiro como em Botelho *et al.* (2012), que analisaram a relação entre porte das empresas e inovação. Para tanto fazem uso de dados para 23 países europeus da *Community Innovation Survey* (CIS) de 2008 e da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) de 2005 e 2008 para o Brasil sobre esforço inovativo, como engajamento em P&D, aquisição de P&D externo, conhecimentos externos e máquinas e equipamentos. Na maior parte dos países analisados há maior esforço inovativo nas pequenas empresas que nas grandes. As pequenas empresas se engajam mais em aquisição de máquinas e equipamentos e P&D externo quando comparadas com as de grande porte. Grandes empresas apresentam maior uniformidade nas estratégias de inovação, com engajamento em P&D interno e contínuo, assim como máquinas e equipamentos. Tanto pequenas como grandes empresas brasileiras têm menor nível de gastos inovativos que os pares europeus, sendo que as primeiras também apresentam concentração de esforços inovativos em aquisição de máquinas e equipamentos.

Bastos e Britto (2017) investigam relações entre cooperação para inovação com universidades e centros de pesquisa, com recorte que considera o porte e origem do capital das empresas usando dados da PINTEC entre 2003 e 2011. Os autores argumentam que atividades de cooperação podem ser substitutas de atividades internas de P&D em países com SNIs menos desenvolvidos. Para análise do porte são consideradas grandes empresas aquelas com 500 funcionários ou mais e PMEs aquelas com menos de 500 funcionários. Foram considerados dados sobre esforço inovativo, origem do capital, intensidade de gastos inovativos, cooperação para inovação, e cooperação com universidades e centros tecnológicos de pesquisa.

Os dados indicam que houve contínua melhora nos indicadores de inovação até 2008 com posterior queda a partir de 2011, sendo que a queda foi ainda maior para

empresas com capital de origem estrangeiro e em multinacionais de grande porte. Houve ampliação mais forte de engajamento com cooperação entre empresas de menor porte, mas as de grande porte ainda apresentaram maiores taxas de cooperação. Financiamento para projetos de pesquisa com universidades foi pouco utilizado no período, sendo mais frequente em grandes empresas de capital nacional. O apoio do governo foi mais frequente em empresas de grande porte de capital estrangeiro, não resultando em redução de desigualdades em termos de porte e origem de capital (BASTOS; BRITTO, 2017).

A conclusão dos autores é que houve melhoria significativa para todos os portes e origens de capital, mas que as inovações geradas têm caráter predominantemente incremental, e que os efeitos positivos das atividades inovativas podem ser influenciados pelos efeitos pró-cíclicos do período, em termos de produtividade e atividade econômica. Ainda destacam que as melhorias no ambiente inovativo não se converteram em melhoria sistemática do desempenho da indústria brasileira, que foi fortemente afetada pelas taxas de juros e de câmbio do período.

Vasconcelos e Oliveira (2018) investigam determinantes para inovação em micro e pequenas empresas pernambucanas a partir de uma abordagem gerencial. Os autores focam em características como liderança, gerenciamento de pessoas, aquisição de conhecimento, tamanho e idade das empresas, além de considerar inovação de produto, processo organizacional e marketing como variável dependente. Esses dados foram coletados por meio de questionários aplicados a empresas que participaram de programa de inovação do Estado no período de 2015 e 2016.

Os resultados indicam que as variáveis de resultado inovativo têm relação positiva com capacidade inovativa expressa pelos fatores gerenciais. Clientes são fonte de informação positiva, assim como conhecimento de aspectos regulatórios. Funcionários também são fontes de conhecimento com impacto significativo e positivo, assim como idade e tamanho, apontando que quanto maior e mais velha for a empresa maior tendem a ser os resultados inovativos. Isso reforça o papel das trajetórias tecnológicas desenvolvidas por essas empresas. Além dos fatores ligados ao empreendedorismo das micro e pequenas empresas, fatores como acesso a recursos financeiros e habilidades dos funcionários têm relações importantes com o resultado inovativo.

Botelho e Avellar (2015) investigaram como políticas de apoio à inovação do governo podem afetar o esforço e desempenho inovativo de pequenas empresas brasileiras. Para isso usaram dados da PINTEC para os anos de 2003, 2005 e 2008. As autoras argumentam que programas de apoio à inovação tendem a focar em empresas de

base tecnológica, uma vez que buscam cumprir objetivos frequentemente relacionados a esforços em P&D, mas essas atividades nem sempre são as mais realizadas por empresas de menor porte. São analisadas variáveis como receita, origem do capital, gastos em atividades inovativas, pessoal com nível superior, P&D contínuo, cooperação, patentes, produtividade, proteção estratégica e inovação em produto, processo e organizacional.

Os achados por Botelho e Avellar (2015) indicam que houve aumento do engajamento em programas de apoio do governo e que empresas beneficiadas apresentam indicadores de esforço e desempenho inovativo superiores às que não foram beneficiadas. Para pequenas empresas o efeito do apoio é mais positivo em patentes e proteção estratégica, também apresentam maior nível de gastos em P&D e em atividades inovativas, funcionários com nível superior e maior diversidade de parceiros para cooperação. O instrumento de apoio mais frequentemente utilizado é financiamento para aquisição de máquinas e equipamentos. Há necessidade de diversificação nos instrumentos de apoio, uma vez que pequenas empresas têm maior engajamento em atividades inovativas não P&D.

Avellar *et al.* (2021) investigaram determinantes da cooperação para inovação em empresas inovadoras usando dados da PINTEC de 2011. Para isso, analisam variáveis como cooperação e diferentes parceiros como concorrentes, empresas do mesmo grupo, instituições de pesquisa, clientes e fornecedores no Brasil e no exterior. A análise de dados é feita com método de modelos probabilísticos (*Probit*) que buscam investigar a ligação entre as variáveis analisadas e a cooperação.

Os achados de Avellar *et al.* (2021) sugerem que a cooperação com clientes ou fornecedores é mais frequente, enquanto com empresas do mesmo grupo é menos frequente. O nível de engajamento com parceiros no exterior é menor que com parceiros locais, e as empresas com maiores taxas de cooperação tendem a ter maior número de funcionários. Esforços internos de P&D possuem associação positiva e significativa com cooperação para inovação. Também aumentam a probabilidade de cooperar fatores como ser ter maior porte e receber apoio do governo. Gastos em P&D, porte da firma, apoio do governo aumentam a probabilidade de cooperar com instituições de pesquisa. Pessoal com nível superior tem relação positiva e significativa com cooperação com parceiros no exterior.

Ainda sobre obstáculos à inovação, Chiarini *et al.* (2020) buscaram investigar como afetam o desenvolvimento de processos inovativos em firmas inovadoras e não inovadoras. Para isso usam dados da PINTEC entre 2003 e 2017, destacando o porte das

firmas de acordo com o número de funcionários. São considerados obstáculos econômicos e institucionais, organizacionais, informacionais e tecnológicos.

A análise de estatística descritiva aponta que os principais obstáculos para empresas não inovadoras são relacionados a fatores econômicos, como condições de mercado e deficiência de demanda agregada ou setorial para todos os portes. Outros fatores também importantes são elevados custos dos processos inovativos, riscos econômicos excessivos e escassez de fontes de financiamento, esse último é ainda mais importante para pequenas empresas.

Falta de pessoal qualificado afeta mais as pequenas empresas que as grandes. Para empresas inovadoras os obstáculos não impediram a realização de atividades inovativas, mas o tornou mais difícil de executar, com maior importância para os riscos econômicos excessivos e elevados custos para inovação. Pequenas empresas inovadoras também sofrem com dificuldades de financiamento. Políticas públicas de apoio à inovação, principalmente para pequenas empresas, podem ser mais efetivas se focalizarem em formação e fixação de recursos humanos qualificados, acesso a financiamento e instrumentos que auxiliem P&D.

Silva (2022) investiga diferenças nos obstáculos à inovação em micro e pequenas empresas, também comparando firmas de médio e grande porte. Para isso a autora faz uso da PINTEC de 2017 por meio da análise fatorial, uma técnica multivariada que permite estabelecer um arranjo inerente entre as variáveis de análise. São considerados obstáculos à inovação componentes financeiros, de gestão e *marketing*, de mão de obra, e de informação.

Os achados apontam que todas as empresas consideram questões financeiras o obstáculo mais importante, principalmente os elevados custos para inovação, exceto micro e pequenas empresas inovadoras que consideram mais importante os riscos econômicos excessivos. Isso está relacionado a alta prevalência de estratégia de aquisição de máquinas e equipamentos para inovação nas empresas brasileiras, o que exige elevado investimento. Grandes empresas inovadoras tendem a atribuir menor importância a escassez de financiamento, em parte devido as vantagens do porte como maior receita e o êxito em obter resultados inovativos. Micro, pequenas e grandes empresas atribuem maior importância a escassas possibilidades de cooperação que as empresas de médio porte.

Teixeira *et al.* (2020) analisaram determinantes e a relação entre inovação tecnológica e inovação organizacional em setores de serviços intensivos em

conhecimento no Brasil. Os autores argumentam que setores de serviços são caracterizados por desenvolver atividades de inovação mais baseadas em interação e conhecimento tácito. São usados dados da PINTEC em dois períodos para 2009 a 2011 e 2012 a 2014 com análise de dados por meio de modelo *logit* binário. As variáveis consideradas são inovação de produto, processo, organizacional, gastos em P&D, gastos com aquisição de P&D externo, gastos com treinamento, gastos com aquisição de máquinas e equipamentos, gastos para introdução de inovações e *dummies* para divisões setoriais e regionais.

Os resultados indicam que há influência cruzada entre os tipos de inovação, ou seja, inovação organizacional no primeiro período afeta positivamente a inovação de produto e de processo no segundo, o que indica que inovações organizacionais podem criar capacitações que aumentam a probabilidade de inovação posterior. Aquisição de máquinas e equipamentos afeta positivamente inovação organizacional em fatores internos, pois pode promover absorção de conhecimento externo, mas tem efeito negativo em inovação organizacional em fatores externos, uma vez que pode causar dependência de fornecedores ou clientes, forçando a manutenção de aquisição externa de tecnologia. Esforços em P&D afetam inovação de produto, sendo que P&D externo afeta negativamente a probabilidade de inovação de produto posteriormente e P&D interno não afeta inovação de produto.

De forma geral, a literatura aqui apresentada busca investigar determinantes para os resultados inovativos. Por vezes a análise é feita em nível da firma, e em outras em nível regional ou nacional. Essa opção tem impacto nos dados e metodologia utilizada, bem como nos resultados alcançados. O Quadro 7 apresenta um resumo dos principais resultados e variáveis exploradas na literatura de referência.

Quadro 7 - Resumo dos principais resultados da literatura

Referência Bibliográficas	Modelo e variáveis	Resultados
Mina <i>et al.</i> (2021)	Modelo <i>Probit</i> . Base do programa <i>SME Instrument</i> de 2014 a 2017.	Firmas com mais alto crescimento foram mais beneficiadas pelo programa. Empresas que receberam apoio do programa tiveram maior probabilidade de acesso a <i>Venture Capital</i> .
Hervás-Oliver <i>et al.</i> (2021)	Regressão <i>Tobit</i> . Dados de PMEs do RIS de 220 regiões de 20 países europeus (inovação de produto, processo, gastos em P&D, cooperação, produção científica).	PMEs de regiões mais inovativas são afetadas por variáveis STI e DUI, e de regiões menos inovativas são afetadas por variáveis DUI. Cooperação é importante para atividades inovativas.

Parrilli <i>et al.</i> (2020)	<i>Propensity Score</i> . CIS 2014 e RIS sobre inovação, capita humano, capacidade de absorção, setores.	Regiões líderes em inovação tem maior capacidade de usar drivers STI e DUI, sendo a última mais presente em regiões menos dinâmicas.
Brown e Guzmán (2014)	Modelo CDM e seleção de Heckman. Dados de empresas do México entre 2004 e 2006.	Empresas grandes têm maior probabilidade de inovar. Cooperação e exportação não são determinantes para inovação.
D'Angelo e Baroncelli (2019)	Modelo Probit/Tobit. Variáveis de PMEs italianas anos 2000 (inovação de produto, cooperação, resultados inovativos, idade, setor).	Inovação em PMEs está ligada a cooperação em P&D, principalmente inovação de produto. Cooperação com universidade permite acesso a conhecimento externo.
Nieto e Santamaría (2007)	Modelo Probit. Dados de empresas espanholas entre 1998 e 2002.	Diversidade e continuidade de parceiros têm efeito positivo na inovação de produto. Falta de confiança no parceiro pode comprometer resultado de inovação de produto.
Zeng <i>et al.</i> (2010)	Modelo de equação estrutural. PMEs chinesas de 2006.	Há relação positiva entre performance inovativa e cooperação com institutos de pesquisa, consumidores, fornecedores e outras empresas.
Edeh e Acedo (2021)	Modelo CDM e modelo estrutural. PMEs da Nigéria entre 2005 e 2010.	Intensidade de P&D tem efeito positivo em inovação de produto e <i>marketing</i> . Acesso a financiamento tem relação positiva com inovação de produto e processo, assim como cooperação, capital humano e exportação.
Pradhan <i>et al.</i> (2017)	Modelo VECM. Dados do <i>WDI</i> e <i>European Capital Association Database</i> entre 1989 e 2014.	Há relação bidirecional de curto prazo entre VC, atividades inovativas e crescimento e de longo prazo entre VC e crescimento.
Samara <i>et al.</i> (2012)	Modelo dinâmico baseado em fluxo-estoque. Dados da Grécia entre 1998 2008.	Esforço contínuo e sustentado é importante para performance inovativa. Políticas devem focar em grande amplitude de indicadores.
Cirillo <i>et al.</i> (2019)	Análise fatorial. Dados de 29 indicadores de 33 países europeus, latino-americanos e Japão.	Há forte complementariedade entre componentes dos SNIs. Políticas de apoio devem ter abordagem sistêmica.
Gunther <i>et al.</i> (2019)	Análise IO e indicador de Rasmussen. Dados dos anos 2000 de países europeus.	Aumento de subsídios à P&D em período de crise tem impacto positivo na interconexão dos setores P&D e em estabilizar a economia.
Fagerberg e Srholec (2008)	Análise fatorial. Dados de 115 países e 25 indicadores (IDE, comercio internacional, acesso TICs, educação, acesso a crédito bancário, VC) entre 1992 e 2004.	SNI bem desenvolvimento é importante para aumentar renda <i>per capita</i> . Não há relação importante entre sistema político e <i>catching up</i> , que está mais ligado à criação de capacitações. IDE e abertura comercial tem efeito positivo apenas em crescimento.
Suarez <i>et al.</i> (2020)	Modelo de dados em painel dinâmico. Dados de RICYT, Eurostat e Banco Mundial para 75 países terre 2000 e 2016.	Investimentos em P&D e formação de recursos humanos qualificados têm impacto positivo e cumulativo nos SNIs. Infraestrutura avançada tem impacto positivo em países ricos. Em países de baixa renda apenas infraestrutura básica é positiva.

Wu <i>et al.</i> (2016)	Regressão múltipla. Dados do WB de 80 países entre 1981 e 2010 de IDE e inovação.	Exportações e IDE têm impacto positivo sobre capacidade inovativa. Regras de proteção à propriedade intelectual têm efeito negativo em inovação de países emergentes e atrasados.
Botelho <i>et al.</i> (2012)	Estatística descritiva. Dados de CIS e PINTEC 23 países europeus e Brasil.	Em muitos países há maior esforço inovativo em pequenas que em grandes empresas. PE tem mais engajamento em aquisição de máquinas e P&D externo.
Silva (2022)	Análise fatorial. Dados PINTEC para 2017 sobre obstáculos a inovação.	Questões financeiras são obstáculo mais importante, em menor grau para grandes empresas inovadoras. Pequenas e grandes empresas atribuem maior importância a cooperação.
Avellar <i>et al.</i> (2021)	Modelos probabilísticos. Dados da PINTEC de 2011.	Cooperação com clientes ou fornecedores é mais frequente, assim como engajamento em cooperação. Porte da firma, gastos em P&D e apoio do governo aumentam probabilidade de cooperação.

Fonte: Elaboração própria.

A abordagem dos SNIs enfatiza o papel do território nas atividades e resultados inovativos e pode ser composta por uma diversidade de variáveis e indicadores. Há esforços em concentrar diversas variáveis de análise em grupos que possam ter impacto no processo inovativo como fatores financeiros (fluxos de investimentos internacionais, acesso a crédito, nível de endividamento), fatores sociais (desemprego, qualificação de mão de obra, educação, concentração e nível de renda), fatores de infraestrutura (acesso à internet e eletricidade) além das já tradicionais medidas ligadas a inovação e ciência (publicações científicas, patentes, intensidade e engajamento em P&D).

Os resultados alcançados são diversos e há importantes sinalizações sobre as diferenças entre os portes das firmas no desenvolvimento do processo inovativo. Os trabalhos que destacam a interpretação de variáveis STI e DUI indicam como grandes e pequenas e médias empresas podem se encaixar em pontos distintos do processo inovativo, assim como ter estratégias diversas no desenvolvimento de atividades inovativas com resultados heterogêneos. Nesses termos, as próximas seções buscam investigar quais são as variáveis significativas para o resultado inovativo em nível macroeconômico de acordo com o porte das empresas. O objetivo é investigar se há diferenças entre porte da firma, seja em variáveis ligadas a esforço inovativo, seja naquelas dos SNIs.

3.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS E DADOS

3.3.1 METODOLOGIA

Visando alcançar o objetivo de identificar variáveis que possam ter relação significativa com o resultado inovativo nos países analisados em um recorte pelo porte da firma, optou-se pelo uso de regressão múltipla com dados em painel. Essa técnica de tratamento de dados permite capturar variáveis em seção cruzada, ou *cross-section*, assim como séries temporais, ou seja, dados em corte transversal ao longo de um período de tempo e com isso considera efeitos dinâmicos das variáveis envolvidas. Assim, são considerados um conjunto de dados $i = 1, 2, \dots, n$ e unidades e tempo $t = 1, 2, \dots, t$ períodos.

Algumas vantagens deste tipo de estimação são revelar a heterogeneidade individual, permitindo considerar características que diferenciam os indivíduos, que se não forem ponderadas pelo método pode levar a problemas de viés na estimação. Outra vantagem é a capacidade do método em processar grande quantidade de informações, maior variabilidade de dados, levar a menor colinearidade entre as variáveis, maior número de graus de liberdade e maior eficiência na estimação (GREENE, 2003).

Adicionalmente, Hsiao (2022) aponta outras vantagens como inferência mais precisa dos parâmetros do modelo, devido a grande quantidade de dados, o que aumenta os graus de liberdade e reduz problemas com colinearidade entre as variáveis, melhorando a eficiência da estimação; maior capacidade de construção das hipóteses de comportamento, captando dinâmica de mudanças que não seriam capturadas em modelos *cross-section* ou em séries temporais separadamente; permite capturar relações dinâmicas e diferenças individuais o que reduz problemas com colinearidade; controle de variáveis omitidas no modelo; previsões mais precisas sobre resultados individuais; apresenta micro fundações para análise de dados agregada, lidando melhor com homogeneidade ou heterogeneidade das variáveis e, por fim, uma inferência estatística mais simples.

Nesses termos, o modelo visa indicar a relação entre a variável dependente e as variáveis explicativas. Para o desenvolvimento do trabalho serão realizadas estimações de duas equações com vistas a cobrir as variáveis indicadas na literatura de referência. Os modelos para tratamento dos dados se inspiram naquele desenvolvido por Suarez *et al.* (2020), que realizou análise de dados em painel para testar a relação entre variáveis dos SNIs, como qualificação e recursos humanos e P&D, e crescimento econômico. A

primeira equação está relacionada com as variáveis STI e DUI, ligadas a estratégias e comportamento inovativo das firmas:

$$\begin{aligned} txinov_{it} = & \beta_0 + \beta_1 gastosPD_{it} + \beta_2 PDinterno_{it} + \beta_3 Pdcontinuo_{it} + \\ & \beta_4 Pdexterno_{it} + \beta_5 aqmaq_{it} \\ & + \beta_6 gastosinovativos_{it} + \beta_7 apoiogov_{it} + \beta_8 coopconc_{it} + \beta_9 coopclie_{it} + \beta_{10} coopforne_{it} \\ & + \beta_{11} coopuni_{it} + \beta_{12} conheciext_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

Onde: $txinov_{it}$ é taxa de inovação, $gastosPD$ é gastos em P&D, $PDinterno$ é engajamento em atividades de P&D interno, $Pdcontinuo$ é engajamento em atividades contínuas de P&D, $Pdexterno$ é engajamento em atividades de P&D externo, $aqmaq$ é engajamento em aquisição e máquinas e equipamentos, $gastosinovativos$ é porcentagem de gastos inovativos no faturamento, $apoiogov$ é apoio do governo, $coopconc$ é engajamento em cooperação com concorrentes, $coopclie$ é engajamento em cooperação com clientes, $coopforne$ é engajamento em cooperação com fornecedores, $coopuni$ é engajamento em cooperação com universidades, $conheciext$ é engajamento em aquisição de conhecimento externo.

A segunda equação explora variáveis ligadas aos sistemas de inovação, examinando um conjunto de informações sobre infraestrutura básica, social, ciência e inovação, finanças e variáveis gerais dos sistemas:

$$\begin{aligned} txinov_{it} = & \beta_0 + \beta_1 txenergRen_{it} + \beta_2 acessinternet_{it} + \beta_3 Gini_{it} + \beta_4 expecvida_{it} + \beta_5 desemprego_{it} \\ & + \beta_5 trabalhadquali_{it} + \beta_5 gastosgoveduc_{it} + \beta_5 patentesresi_{it} \\ & + \beta_5 gastosPDpais_{it} + \beta_5 dividagov_{it} + \beta_5 RecebimentoPI_{it} \\ & + \beta_5 CreditoDompriv_{it} + \beta_5 IDEentrada_{it} + \beta_5 PIBpcppp_{it} + \beta_5 Xmedaltatec_{it} \\ & + \beta_5 Densipop_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

Onde: $txinov$ é a taxa de inovação, $txenergRen$ é o uso de energias renováveis no total da matriz energética do país, $acessinternet$ é o acesso a internet, $Gini$ é o índice de Gini, $expecvida$ é a expectativa de vida, $desemprego$ é a taxa de desemprego, $trabalhadquali$ é a porcentagem de trabalhadores qualificados, $gastosgoveduc$ é a porcentagem do PIB gastos em educação pelo governo, $patentesresi$ é o registro de patentes por residentes, $gastosPDpais$ é a porcentagem do PIB em gastos em P&D, $dividagov$ é a porcentagem de dívida do governo no PIB, $RecebimentoPI$ é o recebimento de direitos de propriedade intelectual, $CreditoDompriv$ é o crédito doméstico privado, $IDEentrada$ é a entrada de investimento direto estrangeiro, $PIBpcppp$ é o PIB *per capita*

em paridade de poder de compra, $X_{medaltec}$ é percentagem de exportação de bens de média e alta tecnologia, $Densipop$ é a densidade populacional.

As duas equações serão estimadas de acordo com o recorte de porte das firmas, considerando assim o “total” como todas as empresas do país, seguido das estimações por porte: grandes, médias e pequenas empresas. Com isso, cumpre-se o objetivo de investigar quais são significativamente relacionadas com o resultado inovativo das dos países, seguindo o recorte de porte da firma.

3.3.2 DADOS E VARIÁVEIS

Com vistas a atingir o objetivo do trabalho são utilizados dados das pesquisas *Community Innovation Survey* (CIS)⁸, Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC)⁹, *World Bank Data* e *IMF Database* para Brasil e 29 países europeus, sendo estes Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Islândia, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Polônia, Portugal, Romênia, Suécia, Tchêquia e Turquia. Os dados são referentes ao período de 2000 a 2018, conforme apresentado na Quadro 8, indicando o período onde há disponibilidade de dados das pesquisas de inovação utilizadas para desenvolvimento dos modelos.

Quadro 8 - Período e anos de referências de PINTEC e CIS

Período	Período de referência	
	PINTEC/IBGE	CIS/EUROSTAT
2000	1998-2000	1998-2000
2003	2000-2002	2002-2004
2005	2003-2005	2004-2006
2008	2006-2008	2006-2008
2011	2009-2011	2008-2010
2014	2012-2014	2012-2014
2017	2015-2017	2016-2018

Fonte: Elaboração própria.

Para testar as variáveis que têm relevância para o resultado inovativo nos países analisados, optou-se por usar a taxa de inovação como *proxy* de resultado inovativo. Essa variável é obtida nas pesquisas CIS e PINTEC, e considera o percentual de empresas inovadoras dos referidos países. É considerado empresa inovadora aquela que realizou algum tipo de inovação no período de referência das pesquisas, sendo essa inovação de

⁸ A CIS é realizada pelo Eurostat, ligado a Comissão Europeia.

⁹ A PINTEC é realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

produto, processo, *marketing* ou organizacional. Essa informação também é amplamente utilizada como variável dependente na literatura de referência (HERVÁS-OLIVER *et al.*, 2021; PARRILI, RADICIC, 2020; PARRILI *et al.*, 2020).

Foram consideradas variáveis ligadas ao desenvolvimento de atividades inovativas pelas empresas, bem como aquelas relacionadas aos SNIs. O primeiro conjunto de variáveis busca focar em esforço inovativo que tenham maior ou menor ligação com os direcionadores do processo de inovação pelas abordagens STI e DUI e corresponde a primeira equação apresentada. As variáveis diferem de acordo com o porte da firma, resultado em quatro modelos.

Quadro 9 - Variáveis STI e DUI analisadas no modelo

Variável		Fonte	Medida	Referências
Taxa de inovação	txinov	PINTEC CIS	Empresas inovadoras em produto, processo, marketing ou organizacional (% total de empresas)	Samara <i>et al.</i> (2012) Nam e Tram (2019) Antonioli <i>et al.</i> (2019) Parrilli (2019)
Gastos em P&D	gastosPD	PINTEC CIS	Gastos em pesquisa e desenvolvimento (% do faturamento)	Cirillo <i>et al.</i> (2018) Parrili e Hervas (2016)
P&D interno	PDinterno	PINTEC CIS	Porcentagem de empresas engajadas em atividades internas de P&D	Samara <i>et al.</i> (2012) Cirillo <i>et al.</i> (2018)
P&D contínuo	Pdcontínuo	PINTEC CIS	Porcentagem de empresas engajadas em atividades de P&D contínuo	
P&D externo	Pdexterno	PINTEC CIS	Empresas inovadoras engajadas em aquisição de P&D externo (%)	Cirillo <i>et al.</i> (2018)
Aquisição de máquinas e equipamentos	aqmaq	PINTEC CIS	Empresas inovadoras engajadas em aquisição de máquinas e equipamentos (%)	Lee <i>et al.</i> (2010) Botelho <i>et al.</i> (2012)
Gastos inovativos	gastosinov ativos	PINTEC CIS	Gastos com atividades inovativas (% do faturamento)	Edquist <i>et al.</i> (2018) Filippetti e Archibugi (2011)
Apoio Governo	apoiogov	PINTEC CIS	Empresas que receberam apoio do governo (% total)	Radicić <i>et al.</i> (2018) Antonioli <i>et al.</i> (2019)
Taxa de cooperação	txcoop	PINTEC CIS	Empresas inovadoras que realizaram algum tipo de cooperação (% das empresas inovadoras)	Radicić <i>et al.</i> (2018) Antonioli <i>et al.</i> (2019)
Cooperação empresa do mesmo grupo	coopmgrup	PINTEC CIS	Empresas inovadoras que cooperaram com empresas do mesmo grupo (%)	Radicić <i>et al.</i> (2018) Parrili e Hervas (2016)
Cooperação concorrente	Coopconc	PINTEC CIS	Empresas inovadoras que cooperaram com concorrentes (%)	Radicić <i>et al.</i> (2018) Parrili e Hervas (2016)
Cooperação cliente	Coopplie	PINTEC CIS	Empresas inovadoras que cooperaram com clientes (%)	Radicić <i>et al.</i> (2018) Parrili e Hervas (2016)

Cooperação fornecedor	Coopforme	PINTEC CIS	Empresas inovadoras que cooperaram com fornecedores de equipamentos, materiais, componentes ou software (%)	Radicic <i>et al.</i> (2018) Parrili e Hervas (2016)
Cooperação universidade	Coopuni	PINTEC CIS	Empresas inovadoras que cooperaram com universidades e centros de pesquisa (%)	Antonioli <i>et al.</i> (2019) Parrili e Hervas (2016)
Conhecimento externo	Conheciext	PINTEC CIS	Empresas inovadoras engajadas em aquisição de conhecimento externo (%)	Cirillo <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Elaboração própria.

A variável P&D contínuo foi acrescentada em uma tentativa de testar a sua ligação com a taxa da inovação. Samara *et al.* (2012) e Botelho *et al.* (2012) apresentam evidências de que há importante impacto de desenvolvimento de políticas de maneira contínua e manutenção de atividades contínuas de P&D ou outras atividades inovativas na performance inovativa de longo prazo.

O segundo conjunto de variáveis consideradas foca naquelas ligadas aos sistemas nacionais de inovação. Essas variáveis são reconhecidas na literatura como aquelas que expressam infraestrutura básica, infraestrutura social, conhecimento e inovação, finanças e variáveis gerais. São compreendidas como fatores determinantes ou influentes nos resultados inovativos das empresas. Muitas das variáveis são adotadas pelos trabalhos apresentados no referencial teórico, evidenciando o caráter sistêmico das atividades inovativas.

Quadro 10 - Variáveis dos SNIs analisadas nos modelos

Variável		Fonte	Medida	Referências
Taxa energias renováveis	txenergRen	WorldBank Data	Produção de energia de fontes renováveis, excluindo hidroeletricidade (% do total)	
Acesso à internet	accessinternet	WorldBank Data	Indivíduos usando internet (% da população)	Suarez <i>et al.</i> (2020) Fagerberg e Srholec (2008) Cirillo <i>et al.</i> (2018)
Índice de Gini	Gini	WorldBank Data	Índice de Gini de distribuição de renda ano	Suarez <i>et al.</i> (2020)
Expectativa de vida	expecvida	WorldBank Data	Expectativa de vida ao nascer por ano	Suarez <i>et al.</i> (2020)
Desemprego	desemprego	WorldBank Data	Taxa de desemprego por ano (em %)	Suarez <i>et al.</i> (2020)
Força de trabalho educada	trabalhadquali	WorldBank Data	Porcentagem da força de trabalho com ao menos algum nível de educação formal	Suarez <i>et al.</i> (2020)
Gastos do governo com educação	gastosgoveduc	WorldBank Data	Gastos do governo com educação (% do PIB)	Filippeti e Guy (2010) Samara <i>et al.</i> (2012)

Patentes, residentes	patentesresi	WorldBank Data	Registro de patentes feitos por residentes através do Tratado de cooperação em patentes ou em escritório nacional de patentes	Suarez <i>et al.</i> (2020) Proksch <i>et al.</i> (2016) Samara <i>et al.</i> (2012) Pradhan <i>et al.</i> (2017)
Gastos em P&D	gastosPDpais	WorldBank Data	Gastos em pesquisa e desenvolvimento (% do PIB)	Suarez <i>et al.</i> (2020) Proksch <i>et al.</i> (2016) Samara <i>et al.</i> (2012) Pradhan <i>et al.</i> (2017) Cirillo <i>et al.</i> (2018)
Dívida do governo central	dividagov	IMF Database	Dívida bruta do governo central (% do PIB)	Samara <i>et al.</i> (2012)
Recebimento de propriedade intelectual	RecebimentoPI	WorldBank Data	Recebimento de taxas por uso de propriedade intelectual entre residentes e não residentes (em USD corrente)	Fagerberg e Srholec (2008)
Crédito doméstico setor privado	CreditoDompriv	IMF Database	Crédito doméstico para o setor privado por empresas financeiras	Suarez <i>et al.</i> (2020) Fagerberg e Srholec (2008) Cirillo <i>et al.</i> (2018)
Entrada IDE	IDEentrada	IMF Database	Entrada de investimento direto estrangeiro (% PIB)	Fagerberg e Srholec (2008) Samara <i>et al.</i> (2012)
PIB per capita ppp	PIBpcppp	WorldBank Data	Produto interno bruto per capita (USD em paridade de poder de compra)	Samara <i>et al.</i> (2012) Proksch <i>et al.</i> (2016)
Exportações de bens de média e alta tecnologia	Xmedaltatec	WorldBank Data	Porcentagem de produtos de média e alta tecnologia no total das exportações	Suarez <i>et al.</i> (2020) Cirillo <i>et al.</i> (2018) Samara <i>et al.</i> (2012) Pradhan <i>et al.</i> (2017)
Densidade populacional	DensiPop	WorldBank Data	Número de habitantes por km ²	

Fonte: Elaboração própria.

As variáveis dos SNIs são observadas em diversos estudos que tratam dos sistemas de inovação e buscam identificar componentes dos sistemas que podem afetar de forma mais importante o desempenho inovativo em termos de novos produtos, processos ou outros tipos de inovação. A variável Taxa de energias renováveis foi acrescentada em uma tentativa de capturar a relação que variáveis do sistema podem ter com inovações relacionadas à sustentabilidade ambiental, que têm sido cada vez mais exploradas nas edições mais recentes de CIS e PINTEC.

Já a variável Densidade populacional é apontada como uma *proxy* para aglomerações urbanas indicadas como importantes para explicar a diversidade e concentração de atividades econômicas e de inovação, como indicado por Samara *et al.* (2012). As demais variáveis analisadas são referenciadas em estudos que buscam relacionar os sistemas de inovação com a performance inovativa das empresas, ainda que boa parte não considere um recorte por porte da firma.

Cada uma das equações do modelo foi analisada em quatro “bancos de dados” diferentes, uma vez que as variáveis STI, DUI e a variável dependente estão segmentadas pelo recorte de porte da firma. Considerando as características das variáveis, como possíveis semelhanças, foi realizada análise do fator de inflação de variância (VIF) para verificar a existência de multicolinearidade, e então excluir aquelas com alto VIF. Em sequência utilizou-se do método de *stepwise* para verificar se alguma outra variável ainda deveria ser retirada do modelo inicialmente proposto. As variáveis selecionadas que permaneceram no modelo são apresentadas nas tabelas da seção de análise de resultados.

De forma complementar, foi realizada análise gráfica para melhor conhecimento da distribuição das variáveis. Nos casos em que se detectou *outliers*, optou-se por fazer uso da técnica de winsorização a 2,5%. Além disso, em algumas variáveis específicas (patentes, PIB, IDEentrada e recebimentoPI) que apresentaram alta oscilação em virtude de sua própria natureza, optou-se por utilizá-las em forma logarítmica. Com isso se reduz o viés causado pela distribuição das observações e ocorrência de *outliers*, além de capturar as mudanças nos dados de maneira mais eficiente, viabilizando estabelecer uma relação mais clara entre as variáveis.

3.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A literatura de economia da inovação revela uma grande quantidade de variáveis ligadas aos resultados inovativos. A abordagem STI indica que dentre essas variáveis estão aquelas ligadas a investigação científica, com elevada intensidade em conhecimento, gastos em atividades inovativas e pesquisa e desenvolvimento, apoio financeiro do governo. Por outro lado, a abordagem DUI destaca o papel da colaboração, troca de informações e conhecimento, interação e conhecimento tácito, o que pode ser ilustrado em variáveis ligadas à cooperação e aquisição de conhecimento.

A Tabela 1 apresenta de forma sintética a estatística descritiva dessas variáveis, indicando a média e desvio padrão. É possível observar diferenças nas médias de acordo com o porte das firmas. Grandes empresas apresentam médias mais elevadas em todos os indicadores, destacando a taxa de inovação que é quase o dobro da observada nas pequenas empresas. Esse resultado é observado na literatura e evidencia maior sucesso dessas firmas em gerar resultado inovativo. Também são as empresas de grande porte aquelas que empreendem mais esforços. Há evidências de que a eficiência desse esforço

pode ser menor que aqueles de PMEs (PARRILLI; RADICIC, 2020; BOTELHO *et al.*, 2012)¹⁰.

Tabela 1 - Análise descritiva das variáveis STI e DUI

Variável	Total		Grande		Média		Pequena	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
txinov	0,4220	0,1437	0,7254	0,1293	0,5413	0,1541	0,3791	0,1456
gastosPD	0,0081	0,0065	0,0188	0,0342	0,0058	0,0038	0,0045	0,0034
pdinterno	0,3756	0,1560	0,6030	0,1645	0,4476	0,1707	0,3306	0,1531
pdcontinuo	0,1998	0,0992	0,4424	0,1642	0,2638	0,1300	0,1521	0,0823
PDexterno	0,1910	0,0971	0,4004	0,1648	0,2346	0,1197	0,1549	0,0867
gastosinova	0,0169	0,0079	0,0325	0,0392	0,0142	0,0068	0,0119	0,0069
apoiogov	0,2095	0,0921	0,3216	0,1409	0,2522	0,1078	0,1836	0,0905
txcoop	0,2813	0,1118	0,5236	0,1541	0,3397	0,1360	0,2376	0,1045
coopmgrup	0,1058	0,0565	0,3302	0,1425	0,1472	0,0811	0,0697	0,0449
coopconc	0,0902	0,0617	0,1854	0,1099	0,1006	0,0659	0,0772	0,0580
coopplie	0,1536	0,0850	0,2928	0,1356	0,1767	0,0931	0,1294	0,0773
coopforne	0,1891	0,0975	0,4086	0,1555	0,2406	0,1156	0,1622	0,0851
coopuni	0,0990	0,0465	0,2986	0,1354	0,1331	0,0658	0,0701	0,0362
conheciext	0,2173	0,1020	0,3391	0,1667	0,2341	0,1211	0,1937	0,0976
aqmaq	0,5886	0,1773	0,7025	0,1742	0,6322	0,1780	0,5605	0,1831

Fonte: Elaboração própria. DP é desvio padrão.

Para a maioria dos indicadores, as empresas de porte médio têm médias maiores que para o “total”, indicando que há considerável hiato entre as empresas de pequeno e médio portes, a exceção é para gastos em P&D. O desvio padrão é maior para as grandes empresas que para PMEs, apontando para significativa diferença nos resultados das primeiras nos diferentes países ao longo do tempo. O desvio padrão é maior em variáveis STI ligadas a P&D e aquisição de máquinas do que em variáveis ligadas à cooperação, o que se relacionar ao maior nível de engajamento no caso de aquisição de máquinas, e a maior dificuldade de exercer atividades de P&D interno que estão ligadas as questões dos SNIs, como oferta de trabalhadores qualificados, financiamento e legislações que permitam apropriabilidade do produto desta atividade.

A Tabela 2 apresenta a análise descritiva para dados das variáveis ligadas aos sistemas nacionais de inovação. As variáveis dos SNIs não se diferenciam por porte das

¹⁰ Botelho *et al* (2012) destacaram trabalhos que exploram a hipótese de que PMEs são mais eficientes que grandes empresas em atividades inovativas. Os autores destacam o trabalho de Santarelli e Piergiovanni (1996), que estudam pequenas firmas italianas com menos de 50 funcionários e concluem que são mais eficientes que empresas maiores. Também são enfatizadas as questões setoriais, como em Jong e Masili (2006), que apontam como PMEs são líderes em atividades inovativas em setores mais empreendedores e menos concentrados.

empresas, pois são aquelas que compõem o ambiente em que todas as empresas estão inseridas. O propósito é investigar se sua importância difere para o resultado inovativo das firmas de acordo com o porte, ou dito de outra forma, se alguma variável dos sistemas é mais importante para o resultado inovativo de PMEs ou de grandes empresas.

Tabela 2 - Análise descritiva das variáveis dos SNIs

	Média	DP
txinov	0,422	0,144
txenergRen	0,071	0,077
acessinternet	0,573	0,262
Gini	31,991	5,637
expecvida	77,787	3,487
desemprego	0,084	0,042
trabalhadquali	0,802	0,044
gastosgoveduc	0,052	0,012
logpatentesresi	6,479	1,958
gastosPDpais	0,014	0,009
dividagov	0,570	0,313
logRecebimPI	19,195	2,660
CreditoDompriv	84,767	42,794
logIDEentrada	10,813	2,651
logPIBpcppp	10,207	0,526
Xmedaltatec	0,511	0,132
Densipop	155,060	236,833

Fonte: Elaboração própria. DP é desvio padrão.

Nota-se que há grande variação nos valores de médias, uma vez que pela natureza dos dados, não é possível medi-los pela mesma régua. As médias indicam que no período e países analisados, ainda há relativo baixo acesso à internet, e pouco uso de energias renováveis na matriz energética. A média do índice de Gini é baixa, muito possivelmente influenciado tanto pelo baixo nível de desigualdade de renda dos países europeus, o que ocorre ainda mais fortemente no Norte da Europa. Os gastos com educação são próximos a 5% do PIB, enquanto os gastos em P&D são de mais de 1%, valor consideravelmente abaixo da média dos gastos em P&D dos últimos 10 anos para a União Europeia¹¹, indicando melhora em período mais recente.

Considerando o uso de modelo de dados em painel, há indícios iniciais que o método mais adequado para estimação é o de efeitos fixos, uma vez que o propósito aqui

¹¹ De acordo com dados da Eurostat, disponíveis em <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=R%26D_expenditure>, acesso em 20/04/2023.

é analisar dados para Brasil e União Europeia, que representam uma amostra em uma população finita de países. Outros fatores que indicam esse caminho são a variabilidade de indivíduo para indivíduo nos coeficientes ou no tempo e o caráter dinâmico das variáveis ligadas às atividades inovativas e aos sistemas de inovação.

Nesse sentido uma quantidade de testes foi realizada com finalidade de confirmar ou recusar esses indícios iniciais. Foram realizados o teste de Chow, para identificar se o modelo mais apropriado é com efeitos fixos ou *Pooled*; o teste Breusch-Pagan, que permite verificar se o que melhor se encaixa é o modelo aleatório ou *Pooled*, e, por fim, o teste de Hausman que analisa se o modelo que melhor se encaixa é o de efeito fixo ou aleatório. Os resultados dos testes apontaram que o modelo de efeitos fixos é o mais adequado para o tratamento dos dados.

Também foi aplicado teste de Wald para verificar heterocedasticidade, e teste de Wooldridge para captar problema de autocorrelação. A hipótese nula do teste de Wald é que há homocedasticidade no grupo de variáveis, enquanto o teste de Wooldridge é que não há autocorrelação. A hipótese nula para o primeiro teste foi aceita, e para o segundo recusada. Assim, houve tratamento com erro padrão robusto de *White*.

As variáveis que foram aceitas após a realização dos testes e de aplicação do método de *stepwise* podem ser diferentes. O referido método promove seleção de variáveis em cada grupo de análise, o que já aponta para diferenças entre os modelos, considerando os portes das firmas. A Tabela 3 aponta os resultados alcançados nas regressões de dados em painel.

Os achados indicam que as variáveis significativas com relação à taxa de inovação para o conjunto “total” das empresas, independente do porte, são P&D interno e cooperação com clientes, sendo a primeira ligada a abordagem STI e a segunda a DUI. Audretsch (2003) e Nooteboom (1994) argumentam que atividades internas de P&D são importantes no estabelecimento de capacidade de absorção, sendo importantes para o resultado inovativo. Nieto e Santamaria (2007) também indicam que cooperação com clientes apresenta relação positiva com performance inovativa, mas destacam que outros tipos de cooperação também são importantes, como com fornecedores e organizações de pesquisa, embora estas não tenham sido significativas, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados dos modelos das variáveis STI e DUI por porte

	Total	Grande	Média	Pequena
gastosPD	1.9208 (1.9784)			
pdinterno	-0.5046*** (0.0869)			-0.4381*** (0.1472)
pdcontinuo				-0.3000 (0.1955)
PDexterno	0.1047 (0.1871)	-0.2372** (0.0970)	-0.3076*** (0.0833)	0.0538 (0.2139)
gastosinovativos			3.5891*** (1.0068)	0.6248 (1.9163)
apoiogov		0.0024 (0.0638)		
txcoop				
coopmgrup		0.2908*** (0.0966)	0.1116 (0.2100)	
coopconc				
coopplie	-0.2660** (0.1130)			-0.4313** (0.1810)
coopforme		-0.3596*** (0.1127)	-0.3141** (0.1377)	
coopuni				0.4776* (0.2574)
conheciext				-0.0206 (0.1134)
aqmaq				0.0320 (0.0712)
constante	0.6229*** (0.0278)	0.8782*** (0.0506)	0.6315*** (0.0345)	0.5490*** (0.0289)
Teste de Breusch e Pagan	0.000	0.000	0.000	0.000
Teste de Chow	0.000	0.000	0.000	0.000
Teste de Hausman	0.0163	0.000	0.000	0.000

Fonte: Elaboração do autor.

Notas: valor entre parêntese é o erro. Os asteriscos mostram o grau de significância, sendo * $p < 0,10$; ** $p < 0,05$ e *** $p < 0,01$.

Todavia, de forma surpreendente, o sinal negativo do coeficiente aponta para relação inversa entre P&D interno e resultado inovativo. Esse é um achado controverso. Segundo Teixeira *et al.* (2020), que analisa dados para o Brasil, algumas atividades de P&D podem não ser significativamente ligadas à inovação de produto, mas não chegar a ter sinal negativo. Uma possível explicação pode estar ligada à influência de fatores

conjunturais do período, a crise de 2008 afetou o desenvolvimento de esforço e resultado inovativo, e os elevados custos de desenvolvimento de atividades internas de P&D podem ter levado a esse efeito negativo. Já para cooperação com clientes, por se tratar de um parceiro da cadeia produtiva, pode ocorrer conflitos de interesse ou mesmo relações de dependência, o que acaba levando a resultados inovativos menores ao longo do tempo.

Para grandes empresas as variáveis significativas são P&D externo, cooperação com fornecedores e cooperação com empresas do mesmo grupo. A literatura apresenta resultados diversos sobre a relação entre P&D externo e inovação em grandes empresas. Se, por um lado, há trabalhos que encontram relação significativa e positiva (HOSSAIN; KAURANEN, 2016; PARRILI *et al.*, 2019), há outros que destacam que essa relação é mais importante para PMEs devido à baixa capacidade de estabelecimento de atividades internas de P&D (D'ANGELO; BARONCELLI, 2019). Deve ser destacado que grandes empresas apresentam algumas vantagens no estabelecimento de cooperação, como a maior disponibilidade de recursos humanos e financeiros para estabelecimento e manutenção de redes de colaboração (FREEL, 2000; NOOTEBOOM, 1994; ROTHWELL, 1989).

Dessa forma, os resultados apontam para convergência com os achados de Nieto e Santamaria (2007). Ambas as formas de cooperação também reforçam a hipótese de que as grandes empresas têm capacidade de conduzir o processo inovativo e usam cooperação de forma a complementar suas estratégias de inovação. A cooperação com empresas do mesmo grupo pode se relacionar com colaboração com empresas, por vezes de menor porte que são também controladas pelo mesmo grupo econômico, e que se especializam em determinadas etapas do processo inovativo (AUDRETSCH, 2003). Por vezes isso ocorre como fruto de aquisição de empresas menores que tenham se destacado em produzir inovações radicais, ou ainda como forma de possibilitar comercialização de inovações geradas por empresas que não tenham os recursos necessários para tanto (ARCHIBUGI *et al.*, 2009; AUDRETSCH, 2003).

Segundo as médias dos dados, a cooperação com fornecedores é uma das mais frequentes colaborações feitas por empresa em todos os portes, e aqui aparece significativa, mas com sinal inverso para grandes empresas. A literatura aponta que inovação com fornecedores tende a ser mais importante para o resultado inovativo de empresas de menor porte (ZENG *et al.*, 2010). Como grandes empresas têm maior nível de engajamento em atividades internas de P&D e maior capacidade produtiva, talvez a colaboração com fornecedores cause algum efeito substituição no desenvolvimento

destas atividades internas, o que gera menor nível de resultado inovativo. Da mesma forma, isso indica uma menor capacidade de converter a cooperação com atores externos em resultado inovativo, o que converge com Parrilli e Radicic (2020).

Para as empresas de médio porte são significativos e com efeito negativo P&D externo e cooperação com fornecedores. Os efeitos negativos de P&D externo podem também estar relacionados a insegurança nos contratos de cooperação, incapacidade de absorção de conhecimento da empresa com seu parceiro fornecedor, ou mesmo dependência para o desenvolvimento de inovações o que leva a menores resultados inovativos no longo prazo (HOSSAIN; KAURANEN, 2016), esse efeito negativo no resultado inovativo também é observado para pequenas empresas. Isso reforça a achados que indicam que há risco de comportamento oportunista no estabelecimento de cooperação e que PMEs estão mais suscetíveis a sofrer os efeitos negativos desse comportamento. Isso se deve à maior escassez de recursos humanos e financeiros, o que resulta em disparidade na capacidade de absorção de conhecimento por uma das partes ou no estabelecimento de contratos de proteção intelectual que acaba privilegiando uma das partes, normalmente aquela com maior aparato jurídico ou com atividades inovativas já estabelecidas (HOSSAIN; KAURANEN, 2016).

Pequenas empresas têm na cooperação com universidades uma relação significativa com efeito positivo sobre o resultado inovativo. Esse achado converge com a literatura (PARRILLI; RADICIC, 2020; D'ANGELO; BARONCELLI, 2019; ZENG *et al.*, 2010), que aponta para a relação positiva que absorção de conhecimento com instituições de ensino superior têm em PMEs, principalmente naquelas em setores intensivos em conhecimento ou de alta tecnologia.

Por outro lado, assim como para o total das empresas, as pequenas também têm relação negativa entre P&D interno e resultado inovativo. É sabido que pequenas empresas têm menor nível de engajamento em atividades internas de P&D que as de maior porte, bem como suas vantagens são comportamentais (FREEL, 2000; ROTHWELL, 1989; BOTELHO *et al.*, 2012), o que se relaciona mais no estabelecimento de cooperação e interação. Por se tratar de atividades custosas e com relevante nível de incerteza, esse resultado indica que estratégias de estabelecimento de P&D interno podem não levar a sucesso em termos de inovação para pequenas empresas. Pela escassez de recursos frequentemente enfrentada pelas empresas de menor porte, a concentração dos esforços no estabelecimento de atividades de P&D pode ser uma aposta com risco

elevado, e em caso de insucesso, levar a menores resultados inovativos dado o *trade-off* das estratégias de inovação.

A Tabela 4 apresenta os resultados das regressões que expõem a relação entre o resultado inovativo e as variáveis dos SNIs, seguindo o recorte por porte da firma. Nesse sentido, a variável dependente foi alterada em cada equação, mas as variáveis explicativas permanecem as mesmas. O propósito disso é testar a hipótese de que empresas de portes distintos têm relação distinta com os SNIs, sendo que alguns fatores podem ser mais ou menos importantes de acordo com o porte.

Tabela 4 – Resultados dos modelos das variáveis dos SNIs

Variável	Total	Grande	Média	Pequena
acessinternet			-0.0118 (0.1115)	
desemprego	-0.2568 (0.3563)		-0.2838 (0.3261)	-0.2369 (0.3503)
trabalhadquali	-0.2832 (0.2622)			-0.3327 (0.2847)
gastosgoveduc			14.866 (1.8419)	
gastosPDpais	3.0642 (2.409)	5.1928 (4.959)	3.8388 (2.9820)	2.3430 (2.6746)
dividagov	0.0316 (0.0617)	-0.0932 (0.1133)	0.0131 (0.0697)	0.0485 (0.0611)
RecebimentoPI	0.0071 (0.0065)	0.0125* (0.0066)	0.0144 (0.0097)	0.0086 (0.0072)
CreditoDompriv	0.0023*** (0.0007)		0.0023*** (0.0008)	0.0024*** (0.0006)
IDEentrada	0.0157** (0.0070)	0.0287** (0.0119)		0.0151* (0.0079)
Xmedaltatec	-0.3072*** (0.0664)			-0.3254*** (0.0596)
Densipop		-0.0007 (0.0005)	0.0009 (0.0011)	
constante	0.2643 (0.2602)	0.2767*** (0.0903)	-0.1762 (0.3313)	0.2406 (0.2921)
Teste de Breusch e Pagan	0.000	0.0001	0.000	0.000
Teste de Chow	0.000	0.000	0.000	0.000
Teste de Hausman	0.001	0.000	0.000	0.005

Fonte: Elaboração própria.

Notas: valor entre parêntese é o erro. Os asteriscos mostram o grau de significância, sendo *p<0,10; **p<0,05 e ***p<0,01.

Os resultados apontam que diferentes variáveis dos SNIs têm impacto sobre o resultado inovativo das firmas grandes, médias e pequenas. Para o total das empresas as variáveis significativas e com efeito positivo sobre resultado inovativo são Crédito Doméstico Privado e Entrada de Investimento Direto Externo. A primeira é ligada ao sistema financeiro e aponta a importância de acesso ao crédito para gerar resultado inovativo. Brown e Guzmán (2014) enfatizam o papel determinante que acesso ao crédito tem no estabelecimento de atividades inovativas pelas empresas, enquanto Cirillo *et al.* (2019) argumenta que esse é um fator importante para explicar o desenvolvimento dos SNIs. No período analisado, a crise de 2008 representou importantes restrições ao crédito, o que levou a dificuldades financeiras nas empresas, principalmente no tocante ao engajamento em atividades inovativas, que por consequência levou a menor resultado inovativo (FILIPPETTI; ARCHIBUGI, 2011).

A entrada de Investimento Direto Estrangeiro também se relaciona positivamente com os resultados inovativos. Esse achado é consistente com parte da literatura que argumenta que esse tipo de investimento pode ser importante para desenvolvimento de atividades inovativas e resultado inovativo, ainda que os efeitos positivos de longo prazo dependam da capacidade de absorção das firmas domésticas em aproveitar transferências de tecnologias (BROWN; GUZMÁN, 2014; WU *et al.*, 2016). Isso leva a conclusão de que nos países analisados houve relevante capacidade de absorção de tecnologias e que os processos de aprendizagem têm sido capazes de aproveitar de maneira ativa os investimentos feitos por estrangeiros.

Chama a atenção o efeito negativo que exportação de média e alta tecnologia tem sobre o resultado inovativo em pequenas empresas. Essa variável tem capacidade de capturar a especialização produtiva de um país, pois aponta o percentual de exportações ligadas a setores intensivos em conhecimento. Porém o resultado contraria parte da literatura que argumenta que firmas em setores de alta tecnologia tem maior probabilidade de realizar inovação (BROWN; GUZMÁN, 2014).

Recebimento de direitos de propriedade intelectual e investimento direto estrangeiro são significativas e têm efeito positivo no resultado inovativo de grandes empresas. Assim, é possível apontar que grandes empresas têm maior acesso a mercados internacionais em termos de se apropriar dos resultados inovativos, e que o recebimento dos direitos de propriedade intelectual estimula a inovação de grandes empresas. De certa forma, esse resultado converge com a argumentação de que estas empresas têm maior

aderência a mecanismos formais de apropriabilidade e de proteção aos resultados inovativos gerados (FREEMAN, SOETE, 2008; NOOTEBOOM, 1994).

Brown e Guzmán (2014) argumentam que políticas eficazes em garantir direitos de propriedade intelectual são determinantes para o sucesso de SNIs e para estimular investimentos em atividades inovativas. Esse resultado aponta que isso pode ser ainda mais importante para empresas de grande porte. Conforme destacado por Wu *et al.* (2016) os direitos de propriedade podem ter efeitos positivos em sistemas de inovação maduros uma vez que estes já estão na fronteira. Isso pode também ser observado em termos do porte da firma, onde as grandes empresas apresentam maior capacidade de capturar os ganhos por esses mecanismos formais.

Crédito doméstico também é determinante para o resultado inovativo das PMEs, o que converge com trabalhos que apontam como restrições financeiras são determinantes para explicar o engajamento em atividades inovativas e o financiamento a P&D por essas empresas (EDEH; ACEDO, 2021; MANCUZI; VEZZULI, 2014; BRANCATI, 2015; FAGERBERG; SRHOLEC, 2008). As PMEs sofrem de maior nível de incerteza e dificuldade em oferecer garantias para investidores, o que dificulta o acesso ao crédito para financiar suas atividades inovativas. Isso também está relacionado ao tipo de resultado inovativo que essas empresas produzem, que nem sempre se traduz em um produto ou em algum meio que seja capaz de apropriabilidade por mecanismos formais, como registro de patentes ou *trademarks* (ROTHWELL, 1989; NOOTEBOOM, 1994; ACS; AUDRETSCH, 1990).

Adicionalmente, o investimento direto estrangeiro tem efeito significativo e é positivamente relacionado com o resultado inovativo para pequenas empresas. Da mesma forma que para as grandes empresas, esse resultado aponta que pequenas empresas nos países analisados têm capacidade de absorção que as permite se beneficiar do investimento estrangeiro (WU *et al.*, 2016; FAGERBERG, SRHOLEC, 2008). Isso reforça o argumento de que pequenas empresas, frequentemente, têm resultados inovativos alcançados por interação e colaboração e, no caso, isso pode ser estimulado com o investimento estrangeiro.

Por outro lado, a exportação de bens de média e alta tecnologia é significativa, mas tem sinal negativo com relação ao resultado inovativo. Mais uma vez isso diverge os achados de outros trabalhos que apontam que o setor em que as empresas estão inseridas é importante para explicar seu comportamento e performance inovativa (ALVAREZ *et al.*, 2015). Essa variável pode ser utilizada como *proxy* para a especialização produtiva

das empresas de um país, uma vez que quanto maior a taxa de exportação de produtos de média e alta tecnologia, maior deve ser a representação desses setores na produção. Entretanto, dado o intenso fluxo de comércio e fragmentação da produção entre países europeus, é possível sugerir que a exportação de produtos de média tecnologia podem não estar relacionados com a fixação de atividades inovativas em determinado país. Isso ocorre porque as empresas de um país podem se especializar em determinadas etapas do processo produtivo de bens de média e alta tecnologia que não estão ligadas diretamente com a geração de atividades inovativas.

De forma geral, chama a atenção algumas variáveis que, nos modelos desenvolvidos, não foram significativamente relacionadas com o resultado inovativo, mas que frequentemente aparecem na literatura de referência. Apoio do governo não foi significativa para grandes empresas, aquisição de máquinas e equipamentos e conhecimento externo não foram significativas para PMEs, muito embora apontada como importante para essas empresas (FREEMAN, 1994). Sobre as variáveis dos SNIs chama a atenção a não significância daquelas ligadas a educação e recursos humanos qualificados e ligadas a infraestrutura, o que diverge dos achados de Suarez *et al.* (2019).

Há diferenças entre as empresas por porte, mas também há convergência. Tanto grandes quanto pequenas apresentaram significância para investimento direto estrangeiro e crédito doméstico. Isso aponta que é possível realizar políticas horizontais no âmbito dos SNIs para apoiar e ampliar o resultado inovativo de todas as empresas. Restrições financeiras são importantes fatores que limitam a realização de atividades inovativas pelas PMEs. No caso analisado, o crédito doméstico é determinante para o resultado inovativo, embora não seja para grandes empresas. Isso pode ser explicado pelo acesso mais facilitado ao mercado financeiro por empresas de grande porte, enquanto as PMEs são mais dependentes de empréstimos e intermediação financeira.

Grandes empresas também recebem estímulo à inovação por meio de recompensas como o recebimento de direitos de propriedade intelectual, fruto de sua internacionalização e efetividade em garantir apropriabilidade dos resultados inovativos. Mais uma vez, o estabelecimento de legislações adequadas para direitos de propriedade intelectual também deve ser um alvo para melhorar a performance dos SNIs.

Apoio à realização de cooperação, principalmente em questões contratuais, também parece ser uma estratégia de política importante para viabilizar a cooperação das empresas com atores externos, principalmente em PMEs. Promover a interação entre

empresas e universidades, uma vez que a absorção de *spillovers* de conhecimento pode estimular o resultado inovativo, principalmente em pequenas empresas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos deste trabalho foram investigar as relações entre os resultados, esforços e eficiência inovativa do Brasil e países europeus selecionados em um recorte por porte da firma. Também buscou-se entender quais fatores podem ser mais importantes para o resultado inovativo em firmas de diferentes portes, considerando as estratégias dessas empresas e a perspectiva dos sistemas nacionais de inovação, destacando as diferenças entre empresas de portes distintos.

Após a revisão da literatura de referência, optou-se por fazer uma análise de *cluster* como tentativa de classificar os países de acordo com seu comportamento inovativo. Essa classificação foi realizada de forma a separar os países pelo porte das firmas, com a intenção de perceber se diferentes países estão em grupos distintos de acordo com o tamanho das empresas. A classificação se inspira no *Innovation Union Scoreboard* (IUS), desenvolvido pela Comissão Europeia e em trabalhos como os de Filippetti e Archbugi (2011), que criam uma tipologia de países com base na performance e comportamento inovativo, ainda que não considerem o recorte do porte da firma.

Os achados do capítulo dois indicam que há diferenças importantes entre empresas grandes e pequenas, com maior concentração de países nos grupos com melhor resultado inovativo *Fronteira* e *Ascensão* para as grandes empresas que para PMEs. Grandes empresas também têm maiores indicadores de esforço que pequenas, indicando maior nível de engajamento em todas as atividades inovativas consideradas. Esse resultado aponta que há certa dificuldade dos sistemas nacionais de inovação em produzir efeito mais homogêneo em termos de resultados e esforços inovativos entre os distintos portes de firmas.

No agrupamento foi identificado que o Brasil está ao lado de países do Sul ou Leste da Europa, como Espanha, Hungria e Bulgária para o indicador de resultado inovativo. Para o indicador de esforço, grandes e médias e empresas brasileiras também estão em grupo com predomínio de países com sistemas menos desenvolvidos, a exceção ficou para as pequenas onde o país está no grupo *Ascensão*. No indicador de eficiência há maior diversidade nos agrupamentos, com países com sistemas mais maduros como Países Baixos, Suécia e Noruega ao lado de Brasil.

Da mesma forma, a hipótese de que aqueles países com sistemas de inovação mais maduros e com melhores resultados inovativos são os com melhor eficiência inovativa não é aceita. Isso pode ser observado em países que estão em grupos de menor

performance para os resultados inovativos, como os *Estagnados*, mas estão em grupos de *Ascensão* em termos de esforço, como é o caso de Alemanha, Bélgica, Áustria e Luxemburgo. Sendo confirmado no cálculo do indicador de eficiência do esforço inovativo, que coloca PMEs da Espanha e Turquia no grupo *Ascensão*, ao lado de Alemanha e Áustria. Se por um lado isso indica maior capacidade dos sistemas de inovação da Espanha e Turquia de converter esforços em resultados, por outro aponta para o tipo de inovação gerada por esses países. Inovações de produto, ou aquelas com maior grau de novidade, podem estar relacionadas de forma mais intensa com atividades de P&D, que são mais frequentemente realizadas por empresas situadas em sistemas de inovação mais maduros. Inovações menos radicais, capturadas pelo indicador utilizado na análise, podem ser produzidas com menos recursos, favorecendo países com sistemas de inovação em construção.

Outra contribuição do trabalho foi a realização de análise de dados em painel no capítulo três para investigar quais os fatores ligados a estratégias para inovação das empresas e aos SNIs podem ter relação significativa com o resultado inovativo das firmas, em um recorte por porte. Os achados indicam que há relevantes diferenças entre as empresas pequenas, médias e grandes. Para grandes empresas há efeitos significativos e positivos com relação ao resultado inovativo a cooperação com empresas do mesmo grupo, recebimentos por propriedade intelectual e entrada de investimento direto estrangeiro. Para empresas de médio porte são os gastos inovativos e para pequenas a cooperação com universidades e entrada de investimento direto estrangeiro. O acesso a crédito doméstico é significativo e positivo para as PMEs.

Esses resultados apontam que cooperação é uma estratégia importante para empresas de todos os portes, reforçando que variáveis ligadas a abordagem DUI afetam positivamente o resultado inovativo. Ainda assim, para obter melhores resultados inovativos a estratégia empreendida deve ser diferente de acordo com o porte. Enquanto grandes devem focar em cooperação com empresas do mesmo grupo, pequenas devem focar em cooperação com universidades.

É possível que a cooperação com empresas do mesmo grupo esteja ligada a capacidade das grandes empresas de absorver informações de empresas menores que pertençam ao mesmo grupo. A literatura aponta que grandes empresas adotam estratégias de aquisição de empresas de menor porte especializadas em alguma etapa do processo inovativo, ou em novas tecnologias, com objetivo de absorver esse conhecimento gerado. Dessa forma, essas empresas de grande porte podem conseguir acesso a determinada

tecnologia ou mercado. Sua maior disponibilidade de recursos financeiros e de pessoal qualificado, também pode viabilizar maior absorção que entrega de conhecimento em atividades de cooperação.

Por outro lado, pequenas empresas parecem se beneficiar mais da cooperação com universidades e centros de pesquisa, o que pode se relacionar à sua maior flexibilidade e menor capacidade de geração de P&D interno, transformando universidades e centros de pesquisa em parceiros essenciais para o desenvolvimento de atividades inovativas. Esse resultado também converge com a literatura apresentada, uma vez que pequenas empresas, principalmente em setores intensivos em conhecimento, podem estar ligadas a universidades desde o nascimento por surgirem de projetos e pesquisas ali desenvolvidas.

O recebimento de pagamentos por propriedade intelectual é importante fonte de receita, especialmente para grandes empresas, e sua relação positiva com o resultado inovativo pode ser explicado pela capacidade dessas empresas de gerar mecanismos formais de apropriabilidade dos resultados inovativos, o que se reverte em pagamento de *royalties* e pelo uso de patentes e outras formas de taxas para uso de inovações produzidas. Investimento direto estrangeiro tem efeito positivo em grandes e pequenas empresas, o que enfatiza a possível maior capacidade de adaptação e absorção do *spillovers* de conhecimento e novas tecnologias. É válido destacar que frequentemente investimento de empresas estrangeiras geram contratos com empresas menores nacionais, muitas vezes resultado em adaptação de novas tecnologias enquanto as grandes empresas podem ser estimuladas a inovar pela concorrência direta.

De acordo com esses achados sugere-se adoção de políticas que tenham objetivo de ampliar o acesso a crédito por parte de PMEs. Ainda que o apoio do governo não tenha sido significativo o crédito doméstico foi, o que aponta para duas explicações: se, por um lado, a maior oferta de crédito doméstico pode estimular a demanda favorecendo efeitos *demand pull* no processo inovativo, por outro o aumento da oferta de crédito doméstico torna o financiamento de atividades inovativas mais viável. As PMEs têm maior probabilidade de sofrer com restrições financeiras que grandes empresas, dadas suas características estruturais, como reduzida capacidade de gerar garantias, assim maior liquidez em termos de crédito pode trazer proporcionalmente maior benefício para estas empresas. Como essa variável impacta positivamente tanto pequenas como grandes empresas, identifica-se a oportunidade de políticas que tenham efeito horizontal, abrangendo empresas de diversos portes.

Chama atenção o efeito negativo na relação com resultado inovativo em P&D externo e cooperação com fornecedores para grandes empresas, P&D externo e cooperação com clientes para empresas de médio porte e P&D interno e cooperação com clientes para pequenas empresas. Para grandes empresas, esses resultados podem estar relacionados ao efeito substituição entre P&D externo e interno, o que gera resultados negativos em termos do resultado inovativo ao longo do tempo, uma vez que o desenvolvimento de atividades internas de P&D podem estar ligadas tanto a maior independência estratégica, como para criar capacidade de absorção.

Para médias e pequenas empresas as estratégias de desenvolvimento de atividades internas de P&D podem exigir recursos que são escassos e com retornos de mais alto risco. Com a escassez de recursos, o foco em atividades de P&D interno deixa de lado outras estratégias, o que pode promover resultados negativos ou mesmo baixa eficiência dos esforços. Enquanto o efeito negativo de cooperação com clientes para PMEs possivelmente se relaciona ao comportamento oportunista do parceiro, o que ocorre devido a menor disponibilidade de recursos, como trabalhadores qualificados, o que acaba sendo mais evidente quando esses clientes são empresas de grande porte. De toda forma, dado que esses resultados são em parte inesperados, são necessárias futuras investigações que busquem explorar tanto possibilidade de comportamento oportunista, como efeitos de longo prazo de engajamento em P&D externo.

Para as variáveis ligadas aos SNIs os efeitos negativos significativos se concentram na relação entre exportação de bens de média e alta tecnologia e resultado inovativo para pequenas empresas. A exportação de produtos de alta tecnologia significa maior exposição à concorrência internacional, além de ser usada como uma *proxy* para a especialização produtiva do país. Espera-se que empresas em setores intensivos em conhecimento tenham maior engajamento em atividades inovativas, bem como melhor resultado inovativo.

Uma explicação para esse resultado está ligada aos países estudados na amostra, uma vez que dada a especialização produtiva e fluxo de comércio dos países europeus, as exportações de bens de média e alta tecnologia por um país pode não estar diretamente ligada à sua capacidade inovativa. Isso acontece quando um país se especializa em uma parte menos “nobre” do processo produtivo desses bens, em termos da produção de conhecimento. Assim, apesar de elevado nível de exportação de bens de média e alta tecnologia, como automóveis, há baixa capacidade das empresas domésticas de absorção de conhecimento, pois estão concentradas em atividades intensivas em mão de obra, e

não em *design*, testes e P&D. Esse tipo de inserção passiva da produção no comércio internacional em termos das atividades inovativas é observada, por exemplo, no caso das *maquilas* mexicanas.

De forma geral, esse trabalho buscou contribuir para a literatura de inovação focando nas diferenças entre pequenas, médias e grandes empresas, bem como na abordagem dos sistemas nacionais de inovação. Os resultados encontrados sugerem que empresas de portes diversos adotam diferentes estratégias para desenvolvimento de atividades inovativas, assim como têm diferentes níveis de resultado inovativo. Por meio de indicadores de inovação foi possível perceber que alguns países podem ser mais eficientes em converter esforços inovativos em resultados. Questões como apropriabilidade, cooperação e engajamento em atividades de P&D podem ter efeito diverso no resultado inovativo a depender do porte analisado e devem ser consideradas em estudos de inovação. Também foi identificado relevante diferença no impacto que os SNIs têm em empresas de portes distintos. Em termos de políticas públicas existe a possibilidade de adoção de políticas públicas horizontais, como ampliação de acesso a crédito e promoção de investimentos diretos estrangeiros, que se mostraram capazes de afetar positivamente o resultado inovativo de empresas de todos os portes.

Todavia, o trabalho apresenta algumas limitações ou possibilidades de investigações futuras. Destaca-se a necessidade de entender melhor quais fatores podem estar ligados às diferenças na eficiência inovativa entre os portes das firmas. Da mesma forma, deve ser mais bem estudado por que alguns países que são considerados *Fronteira* em resultado inovativo não apresentam a melhor eficiência. Além disso, deve-se investigar por que alguns fatores podem ter efeito negativo sobre o resultado inovativo, explorando questões como segurança para apropriabilidade de resultados e direitos de propriedade intelectual em caso de cooperação com diferentes parceiros de diferentes portes. Complementarmente, futuras investigações devem buscar analisar o impacto que períodos de crise econômica podem representar em termos de restrições para financiamento de atividades inovativas, especialmente em países com sistemas nacionais de inovação menos desenvolvidos, como é o caso do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACS, Zoltan J.; AUDRETSCH, David B. Small Firms in the 1990s. In: **The economics of small firms: A European challenge**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1990. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7854-7>

ACS, Zoltan J.; AUTIO, Erikko; SZERB, László. National systems of entrepreneurship: Measurement issues and policy implications. **Research policy**, v. 43, n. 3, p. 476-494, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.08.016>

ACS, Zoltán; National systems of entrepreneurship em **Global Entrepreneurship and Development Index 2014**, p. 13-26, 2015. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14932-5_2

ACS, Zoltán J.; AUDRETSCH, David B.; LEHMANN, Erick E.; LICHT, Georg. National systems of innovation. **The Journal of Technology Transfer**, v. 42, p. 997-1008, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9481-8>

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Inadequacy of technology and innovation systems at the periphery. **Cambridge Journal of economics**, v. 31, n. 5, p. 669-690, 2007. <https://doi.org/10.1093/cje/bel045>

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. National systems of innovation and non-OECD countries: notes about a rudimentary and tentative “typology”. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 19, p. 602-620, 2022. <https://doi.org/10.1590/0101-31571999-1089>

ALTUZARRA, Amaia. Are there differences in persistence across different innovation measures? **Innovation**, v. 19, n. 3, p. 353-371, 2017. <https://doi.org/10.1080/14479338.2017.1331911>

ÁLVAREZ, Roberto; BRAVO-ORTEGA, Claudio; ZÄHLER, Andrés. Innovation and productivity in services: evidence from Chile. **Emerging Markets Finance and Trade**, v. 51, n. 3, p. 593-611, 2015. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2015.1026696>

ANTONELLI, Cristiano; CRESPI, Francesco; SCELLATO, Giuseppe. Internal and external factors in innovation persistence. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 22, n. 3, p. 256-280, 2013. <https://doi.org/10.1080/10438599.2012.708135>

ARCHIBUGI, Daniele; DENNI, Mario; FILIPPETTI, Andrea. The technological capabilities of nations: The state of the art of synthetic indicators. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 7, p. 917-931, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.01.002>

ARCHIBUGI, Daniele; FILIPPETTI, Andrea; FRENZ, Marion. Economic crisis and innovation: is destruction prevailing over accumulation?. **Research Policy**, v. 42, n. 2, p. 303-314, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.07.002>

ARROW, Kenneth J. The economic implications of learning by doing. **The review of economic studies**, v. 29, n. 3, p. 155-173, 1962. <https://doi.org/10.2307/2295952>

AUDRETSCH, David B.; ACS, Zoltan J. New-firm startups, technology, and macroeconomic fluctuations. **Small Business Economics**, v. 6, p. 439-449, 1994. <https://doi.org/10.1007/BF01064858>

AUDRETSCH, David B. Standing on the shoulders of midgets: The US Small Business Innovation Research program (SBIR). **Small Business Economics**, v. 20, n. 2, p. 129-135, 2003. <https://doi.org/10.1023/A:1022259931084>

AUDRETSCH, David B.; KEILBACH, Max. Entrepreneurship and regional growth: an evolutionary interpretation. **Journal of evolutionary economics**, v. 14, p. 605-616, 2004. <https://doi.org/10.1007/s00191-004-0228-6>

AUDRETSCH, David B.; KEILBACH, Max C.; LEHMANN, Erik E. **Entrepreneurship and economic growth**. Oxford University Press, 2006. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183511.001.0001>

AUDRETSCH, David B.; LEHMANN, Erik. **The seven secrets of Germany: Economic resilience in an era of global turbulence**. Oxford University Press, 2016. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190258696.001.0001>

ARUNDEL, Anthony; LORENZ, Edward; LUNDVALL, Bengt-Ake; VALEYRE, Antonie. How Europe's economies learn: a comparison of work organization and innovation mode for the EU-15 p.183 em LUNDVALL, Bengt-Åke. **The learning economy and the economics of hope**. Anthem Press, 2016.

AVELLAR, Ana Paula Macedo de; BOTELHO, Marisa dos Reis A. Políticas de apoio à inovação em pequenas empresas: evidências sobre a experiência brasileira recente. **Economia e Sociedade**, v. 24, p. 379-417, 2015. <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2015v24n2art6>

AVELLAR, Ana Paula Macedo de; DAMASCENO, Aderbal Oliveira; SILVA, Felipe Queiroz. Determinantes da cooperação para inovação das empresas brasileiras. **Economia e Sociedade**, v. 30, p. 951-974, 2021. <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2021v30n3art07>

BASTOS, Carlos Pinkusfeld; BRITTO, Jorge. Inovação e geração de conhecimento científico e tecnológico no Brasil: uma análise dos dados de cooperação da Pintec segundo porte e origem de capital. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 16, n. 1, p. 35-62, 2017. <https://doi.org/10.20396/rbi.v16i1.8649139>

BRANCATI, Emanuele. Innovation financing and the role of relationship lending for SMEs. **Small Business Economics**, v. 44, n. 2, p. 449-473, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11187-014-9603-3>

BOTELHO, Marisa dos Reis Azevedo; DA SILVA MAIA, Adriano Filipe; PIRES, Luciano Augusto Vega. Inovação e porte das empresas: evidências sobre a experiência internacional e brasileira. **Revista de Economia**, v. 38, n. 1, 2012. <https://doi.org/10.5380/re.v38i1.28755>

BOUNCKEN, Ricarda B.; KRAUS, Sascha. Innovation in knowledge-intensive industries: The double-edged sword of coopetition. **Journal of Business research**, v. 66, n. 10, p. 2060-2070, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.02.032>

BROWN, Flor; GUZMÁN, Alenka. Innovation and productivity across Mexican manufacturing firms. **Journal of technology management & innovation**, v. 9, n. 4, p. 36-52, 2014. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242014000400003>

CARIA JUNIOR, Sidnei de. Hiato tecnológico e catching-up: uma abordagem a partir da inovação. **UNESP**. 2015.

CARVALHO, Enéas; MELO, Tatiana; GOMES, Rogério; GUEDES, Sebastião. Technological Strategies in Brazil's Manufacturing Industry: A Study Based on Innovative Activities. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 20, 2021. <https://doi.org/10.20396/rbi.v20i00.8659257>

CASSIOLATO, José E.; LASTRES, Helena MM. Celso Furtado e os dilemas da indústria e inovação no Brasil. **Cadernos do Desenvolvimento**, v. 10, n. 17, p. 188-213, 2018.

CASTELLACCI, Fulvio; NATERA, Jose Miguel. The dynamics of national innovation systems: A panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity. **Research Policy**, v. 42, n. 3, p. 579-594, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.10.006>

CHIARINI, Tulio; DE OLIVEIRA, Vanessa Criscuolo Parreiras; RAPINI, Marcia Siqueira. Obstáculos à inovação e porte das empresas industriais no brasil: rumo a políticas públicas de incentivo à inovação mais assertivas. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 56, 2020. <https://doi.org/10.5151/iv-enei-2019-5.7-051>

CIMOLI, Mario; PEREIRA, João Basilio; PORCILE, Gabriel. A technology gap interpretation of growth paths in Asia and Latin America. **Research Policy**, v. 48, n. 1, p. 125-136, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.002>

CIRILLO, Valeria; MARTINELLI, Arianna; NUVOLARI, Alessandro; TRACHERO, Matteo. Only one way to skin a cat? Heterogeneity and equifinality in European national innovation systems. **Research Policy**, v. 48, n. 4, p. 905-922, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.012>

COHEN, Wesley M.; LEVINTHAL, Daniel A. Innovation and learning: the two faces of R & D. **The economic journal**, v. 99, n. 397, p. 569-596, 1989. <https://doi.org/10.2307/2233763>

COOMBS, Rod; NARANDREN, P.; RICHARDS, Albert. A literature-based innovation output indicator. **Research policy**, v. 25, n. 3, p. 403-413, 1996. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(95\)00842-X](https://doi.org/10.1016/0048-7333(95)00842-X)

CORMACK, Richard M. A review of classification. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)**, v. 134, n. 3, p. 321-353, 1971. <https://doi.org/10.2307/2344237>

CRÉPON, Bruno; DUGUET, Emmanuel; MAIRESSEC, Jacques. Research, innovation and productivity: an econometric analysis at the firm level. **Economics of Innovation and new Technology**, v. 7, n. 2, p. 115-158, 1998. <https://doi.org/10.1080/10438599800000031>

D'ANGELO, Alfredo; BARONCELLI, Alessandro. An investigation over inbound open innovation in SMEs: Insights from an Italian manufacturing sample. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 32, n. 5, p. 542-560, 2019. <https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1676888>

DOSI, Giovanni. 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. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)

EDEH, Jude N.; ACEDO, Francisco J. External supports, innovation efforts and productivity: Estimation of a CDM model for small firms in developing countries. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 173, p. 121189, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121189>

EDQUIST, Charles. Systems of innovation approaches—their emergence and characteristics. **Systems of innovation: Technologies, institutions and organizations**, v. 1989, p. 1-35, 1997. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvy011>

EDQUIST, Charles; ZABALA-ITURRIAGOGAITIA, Jon; BARBERO, Javier; ZOFIO, José. On the meaning of innovation performance: Is the synthetic indicator of the Innovation Union Scoreboard flawed? **Research Evaluation**, v. 27, n. 3, p. 196-211, 2018.

ENCAOUA, David; GUELLEC, Dominique; MARTÍNEZ, Catalina. Patent systems for encouraging innovation: Lessons from economic analysis. **Research policy**, v. 35, n. 9, p. 1423-1440, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.07.004>

EUROPEAN COMMISSION. European Innovation Scoreboard 2022. Disponível em <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/418e3207-4b78-11ed-92ed-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-289498588>>, acesso em 15/06/2023.

FAGERBERG, Jan. A technology gap approach to why growth rates differ. **Research policy**, v. 16, n. 2-4, p. 87-99, 1987. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(87\)90025-4](https://doi.org/10.1016/0048-7333(87)90025-4)

FAGERBERG, Jan; VERSPAGEN, Bart. Technology-gaps, innovation-diffusion and transformation: an evolutionary interpretation. **Research policy**, v. 31, n. 8-9, p. 1291-1304, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00064-1)

FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (Ed.). **The Oxford handbook of innovation**. Oxford university press, 2005. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001>

FAGERBERG, Jan. Innovation: A guide to the literature em *The Oxford Handbook of Innovation*. **Oxford Academic**. 2006. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0001>

FAGERBERG, Jan; SRHOLEC, Martin. National innovation systems, capabilities and economic development. **Research policy**, v. 37, n. 9, p. 1417-1435, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.06.003>

FAGERBERG, Jan. Innovation policy: Rationales, lessons and challenges. **Journal of Economic Surveys**, v. 31, n. 2, p. 497-512, 2017. <https://doi.org/10.1111/joes.12164>

FAVERO, Luiz; FÁVERO, Patrícia. **Estatística aplicada: Para cursos de Administração, Contabilidade e Economia com Excel e SPSS**. Elsevier Brasil, 2015.

FILIPPETTI, Andrea; ARCHIBUGI, Daniele. Innovation in times of crisis: National Systems of Innovation, structure, and demand. **Research policy**, v. 40, n. 2, p. 179-192, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.09.001>

FILIPPETTI, Andrea; GUY, Frederick. Labor market regulation, the diversity of knowledge and skill, and national innovation performance. **Research Policy**, v. 49, n. 1, p. 103867, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103867>

FREEL, Mark S. Barriers to product innovation in small manufacturing firms. **International Small Business Journal**, v. 18, n. 2, p. 60-80, 2000. <https://doi.org/10.1177/0266242600182003>

FREEMAN, Christopher. Technology policy and economic performance: lessons from Japan. **(No Title)**, 1987.

FREEMAN, Chris. The economics of technical change. **Cambridge journal of economics**, v. 18, n. 5, p. 463-514, 1994. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.cje.a035286>

FREEMAN, Chris. Innovation and growth em The Handbook of Industrial Innovation. **Edward Elgar Publishing Chapters**, 1995. <https://doi.org/10.4337/9781781954201.00013>

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc. **The economics of industrial innovation**. Psychology Press, 1997.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. **A economia da inovação industrial**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008.

FURTADO, Celso. Formação Econômica do Brasil. São Paulo: Editora Nacional, 1991. **A construção interrompida**, 1958.

GREENE, William H. **Econometric analysis**. Pearson Education India, 2003.

GROENEWEGEN, Peter. **Eighteenth Century Economics**. Routledge, 2002. <https://doi.org/10.4324/9780203458785>

GÜNTHER, Jutta; KRISTALOVA, Maria; LUDWIG, Udo. Structural stability of the research & development sector in European economies despite the economic crisis. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 29, p. 1415-1432, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00191-019-00640-z>

HAIR, Joseph; BLACK, William; BABIN, Barry; ANDERSON, Rolph; TATHAM, Ronald. Análise multivariada de dados. **Bookman editora**, 2009.

HALL, Bronwyn H.; LOTTI, Francesca; MAIRESSE, Jacques. Innovation and productivity in SMEs: empirical evidence for Italy. **Small business economics**, v. 33, p. 13-33, 2009. <https://doi.org/10.1007/s11187-009-9184-8>

HANSEN, John A. Innovation, firm size, and firm age. **Small Business Economics**, v. 4, p. 37-44, 1992. <https://doi.org/10.1007/BF00402214>

HERVÁS-OLIVER, José-Luis; PARRILLI, Mario; RODRÍGUEZ-POSE, Andrés; SEMPERE-RIPOLL, Francisca. The drivers of SME innovation in the regions of the EU. **Research Policy**, v. 50, n. 9, p. 104316, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104316>

HICKS, John R. Marginal productivity and the principle of variation. **Economica**, n. 35, p. 79-88, 1932. <https://doi.org/10.2307/2548977>

HOSSAIN, Mokter; KAURANEN, Ilkka. Open innovation in SMEs: a systematic literature review. **Journal of Strategy and management**, v. 9, n. 1, p. 58-73, 2016. <https://doi.org/10.1108/JSMA-08-2014-0072>

HSIAO, Cheng. **Analysis of panel data**. Cambridge university press, 2022. <https://doi.org/10.1017/9781009057745>

HU, Jin-Li; YANG, Chih-Hai; CHEN, Chiang-Ping. R&D efficiency and the national innovation system: An international comparison using the distance function approach. **Bulletin of Economic Research**, v. 66, n. 1, p. 55-71, 2014. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8586.2011.00417.x>

IBGE. Demografia das empresas e estatísticas de empreendedorismo: 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2019.

JALLES, João Tovar. How to measure innovation? New evidence of the technology–growth linkage. **Research in Economics**, v. 64, n. 2, p. 81-96, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.rie.2009.10.007>

JONG, Jeroen PJ; MARSILI, Orietta. The fruit flies of innovations: A taxonomy of innovative small firms. **Research policy**, v. 35, n. 2, p. 213-229, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.09.007>

KIJEK, Arkadiusz; KIJEK, Tomasz. The comparative analysis of innovation performance in the EU countries. 2010.

KLINE, Stephen J.; ROSENBERG, Nathan. An overview of innovation. **Studies on science and the innovation process: Selected works of Nathan Rosenberg**, p. 173-203, 2010. https://doi.org/10.1142/9789814273596_0009

KUHN, Thomas S. The function of dogma in scientific research. 1963.

LEE, Sungjoo; PARK, Gwangman; YOON, Byungun; PARK, Jinwoo. Open innovation in SMEs—An intermediated network model. **Research policy**, v. 39, n. 2, p. 290-300, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.12.009>

LOPES, Herton Castiglioni. O progresso técnico nas abordagens de Celso Furtado e Carlota Perez: uma análise keynasiano-estruturalista vis-à-vis uma proposta neoschumpeteriana-evolucionária. **Oikos**, v. 16, n. 1, 2017.

LUNDVALL, Bengt-Ake. National systems of innovation: An analytical framework. **London: Pinter**, 1992. https://doi.org/10.26530/OAPEN_626406

LUNDVALL, Bengt-Åke. **The learning economy and the economics of hope**. Anthem Press, 2016.

MANCUSI, Maria; VEZZULLI, Andrea. R&D and credit rationing in SMEs. **Economic Inquiry**, v. 52, n. 3, p. 1153-1172, 2014. <https://doi.org/10.1111/ecin.12080>

MARSHALL, A. Principles of Economics, London, Macmillan, 9th (variorum) edition, 1961.

MATEI, Monica Mihaela; ALDEA, Anamaria. Ranking national innovation systems according to their technical efficiency. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 62, p. 968-974, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.165>

MELO, Tatiana Massaroli; FUCIDJI, José Ricardo; POSSAS, Mario Luiz. Política industrial como política de inovação: notas sobre hiato tecnológico, políticas, recursos e atividades inovativas no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 14, p. 11-36, 2015. <https://doi.org/10.20396/rbi.v14i0.8649098>

MELO, Tatiana; CORREA, André; CARVALHO, Enéas; POSSAS, Mario. Competitividade e gap tecnológico—uma análise comparativa entre Brasil e países europeus selecionados. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 16, n. 1, p. 129-156, 2017. <https://doi.org/10.20396/rbi.v16i1.8649142>

MINA, Andrea; MININ, Alberto; MARTELLI, Irene; TESTA, Giuseppina; SANTOLERI, Pietro. Public funding of innovation: Exploring applications and allocations of the European SME Instrument. **Research Policy**, v. 50, n. 1, p. 104131, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104131>

NELSON, Richard R. (Ed.). **National innovation systems: a comparative analysis**. Oxford University Press, USA, 1993.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Editora Unicamp, 2005.

NIETO, María Jesús; SANTAMARÍA, Lluís. The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. **Technovation**, v. 27, n. 6-7, p. 367-377, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2006.10.001>

NOOTEBOOM, Bart. Innovation and diffusion in small firms: theory and evidence. **Small Business Economics**, v. 6, n. 5, p. 327-347, 1994. <https://doi.org/10.1007/BF01065137>

OECD/Eurostat. Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, Quarta Edição, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg (2018).

PARRILLI, Mario Davide; HERAS, Henar Alcalde. STI and DUI innovation modes: Scientific-technological and context-specific nuances. **Research Policy**, v. 45, n. 4, p. 747-756, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.01.001>

PARRILLI, Mario Davide; BALAVAC, Merima; RADICIC, Dragana. Business innovation modes and their impact on innovation outputs: Regional variations and the nature of innovation across EU regions. **Research Policy**, v. 49, n. 8, p. 104047, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104047>

PARRILLI, Mario Davide; RADICIC, Dragana. STI and DUI innovation modes in micro, small-, medium-and large-sized firms: distinctive patterns across Europe and the US. **European Planning Studies**, v. 29, n. 2, p. 346-368, 2021. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1754343>

PODMETINA, Daria; VAATANEN, Juha; TORKKELI, Marko; SMIRNOVA, Maria. Open innovation in Russian firms: an empirical investigation of technology commercialisation and acquisition. **International Journal of Business Innovation and Research**, v. 5, n. 3, p. 298-317, 2011. <https://doi.org/10.1504/IJBIR.2011.040100>

PONTA, Linda; PULIGA, Gloria; MANZINI, Raffaella. A measure of innovation performance: the Innovation Patent Index. **Management decision**, v. 59, n. 13, p. 73-98, 2021. <https://doi.org/10.1108/MD-05-2020-0545>

POSSAS, Mario Luiz. Em direção a um paradigma microdinâmico: a abordagem neoschumpeteriana. **Ensaio sobre economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico**. São Paulo: Marco Zero, p. 157-177, 1989.

PRADHAN, Rudra; MARADANA, Rana; DASH, Saurav; ZAKI, Danish; GAURAV, Kunal; JAYAKUMAR, Manju. Venture capital, innovation activities, and economic growth: are feedback effects at work? **Innovation**, v. 19, n. 2, p. 189-207, 2017. <https://doi.org/10.1080/14479338.2016.1276408>

PROKSCH, Dorian; HABERSTROH, Marcus Max; PINKWART, Andreas. Increasing the national innovative capacity: Identifying the pathways to success using a comparative method. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 116, p. 256-270, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.10.009>

RADICIC, Dragana; DOUGLAS, David; PUGH, Geoff; JACKSON, Ian. Cooperation for innovation and its impact on technological and non-technological innovations: empirical evidence for European SMEs in traditional manufacturing industries. **International Journal of Innovation Management**, v. 23, n. 05, p. 1950046, 2018. <https://doi.org/10.1142/S1363919619500464>

- ROBINSON, Joan. The accumulation of capital. **Springer**, 2016.
- ROMER, Paul M. Increasing returns and long-run growth. **Journal of political economy**, v. 94, n. 5, p. 1002-1037, 1986. <https://doi.org/10.1086/261420>
- ROMER, Paul M. Endogenous technological change. **Journal of political Economy**, v. 98, n. 5, Part 2, p. S71-S102, 1990. <https://doi.org/10.1086/261725>
- ROSENBERG, Nathan; FRISCHTAK, Claudio R. Technological innovation and long waves. **Cambridge Journal of Economics**, v. 8, n. 1, p. 7-24, 1984.
- ROTHWELL, Roy. The role of small firms in the emergence of new technologies. **Omega**, v. 12, n. 1, p. 19-29, 1984. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(84\)90007-0](https://doi.org/10.1016/0305-0483(84)90007-0)
- ROTHWELL, Roy. Venture finance, small firms and public policy in the UK. **Research policy**, v. 14, n. 5, p. 253-265, 1985. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(85\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0048-7333(85)90008-3)
- SAMARA, Elpida; GEORGIADIS, Patroklos; BAKOUROS, Ioannis. The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis. **Technovation**, v. 32, n. 11, p. 624-638, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2012.06.002>
- SCHMOOKLER, Jacob. **Invention and economic growth**. Harvard University Press, 1966. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674432833>
- SCHUMPETER, Joseph A. **Business cycles**. New York: Mcgraw-hill, 1939.
- SCHUMPETER, Joseph A. Capitalismo, socialismo e democracia. Rio de Janeiro. Editora Fundo Cultura, 1942.
- SCHUMPETER, Joseph A. **Teoria do desenvolvimento econômico**. Fundo de Cultura, 1961.
- SEBRAE, Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. Anuário do trabalho nos pequenos negócios 2020. Disponível em <<https://www.dieese.org.br/anuario/2018/anuarioPequenoNegocio2018/index.html?page=4>>. Acesso em 15/04/2023.
- SHAPIRO, Amram R. Measuring innovation: beyond revenue from new products. **Research-Technology Management**, v. 49, n. 6, p. 42-51, 2006. <https://doi.org/10.1080/08956308.2006.11657407>
- SILVA, Luana Naves Ferreira. Obstáculos à inovação para as MPEs brasileiras: existem diferenças entre inovadoras e não inovadoras?. Universidade Federal de Uberlândia, 2022.
- SILVA, Marcelo Duarte. Inovação em pequenas e médias empresas: uma análise comparativa entre Brasil e países europeus. Universidade Federal de Uberlândia, 2017. <https://doi.org/10.5151/enei2017-80>

SILVA, Marcelo Duarte; BOTELHO, Marisa dos Reis Azevedo. Hiato tecnológico entre pequenas empresas do Brasil e de países europeus. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 22, p. e023002, 2023.

SOLOW, Robert M. Technical change and the aggregate production function. **The review of Economics and Statistics**, v. 39, n. 3, p. 312-320, 1957. <https://doi.org/10.2307/1926047>

SUAREZ, Diana; FIORENTIN, Florencia; ERBES, Analía. Dime cómo creces y te diré cómo inviertes. El impacto de la I+ D, los recursos humanos y los sistemas de innovación en el crecimiento económico: una comparación internacional. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, 2020. <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8656668>

TEIXEIRA, André Luiz; OLIVEIRA, Vanessa; MENDES, Philippe; LOPES, Daniel; RAPINI, Márcia. Inovações tecnológicas e organizacionais nos serviços intensivos em conhecimento no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 20, p.1, 2020. <https://doi.org/10.20396/rbi.v20i00.8656133>

TOSHEVSKA-TRPCHEVSKA, Katerina *et al.* A Comparative Perspective of National Innovation Systems in Europe. **International Review of Entrepreneurship**, v. 18, n. 2, 2020.

VAONA, Andrea; PIANTA, Mario. Firm size and innovation in European manufacturing. **Small business economics**, v. 30, p. 283-299, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11187-006-9043-9>

VIOTTI, Eduardo Baumgratz; SANTOS, Cristiano; CAVALCANTE, Luiz; PINHO, Roberto; COSTA, Leonardo. Innovation output indicators: relevance for policies, the EU 2020 indicator and an alternative proposal. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 21, 2022. <https://doi.org/10.20396/rbi.v21i00.8665691>

WONGLIMPIYARAT, Jarunee. Innovation index and the innovative capacity of nations. **Futures**, v. 42, n. 3, p. 247-253, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2009.11.010>

WU, Jie; MA, Zhenzhong; ZHUO, Shuaihe. Enhancing national innovative capacity: The impact of high-tech international trade and inward foreign direct investment. **International Business Review**, v. 26, n. 3, p. 502-514, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2016.11.001>

ZENG, S. Xie; XIE, Xue M.; TAM, Chi Ming. Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. **Technovation**, v. 30, n. 3, p. 181-194, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.08.003>