

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

FELIPE QUEIROZ SILVA

FLUXO DE TECNOLOGIA INTERSETORIAL E PRODUTIVIDADE NO BRASIL

Rio de Janeiro

2018

FELIPE QUEIROZ SILVA

FLUXO DE TECNOLOGIA INTERSETORIAL E PRODUTIVIDADE NO BRASIL

Tese de Doutorado apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Economia do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Economia

Orientador:

Prof. Dr. Carlos Frederico Leão Rocha

Rio de Janeiro

2018

S586 Silva, Felipe Queiroz.
Fluxo de tecnologia intersetorial e produtividade no Brasil / Felipe Queiroz Silva.-
2018.
245 p. ; 31 cm.

Orientador: Carlos Frederico Leão Rocha.
Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de
Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia da Indústria e Tecnologia,
2018.

Bibliografia: f. 213 – 221.

1. Produtividade. 2. Inovação. 3. Fluxo de tecnologia intersetorial. I. Rocha, Carlos
Frederico Leão, orient. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de
Economia. III. Título.

CDD 338.06

FELIPE QUEIROZ SILVA

FLUXO DE TECNOLOGIA INTERSETORIAL E PRODUTIVIDADE NO BRASIL

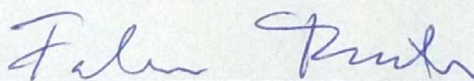
Tese de Doutorado apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Economia do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Economia

Aprovada em 28 de fevereiro de 2018.

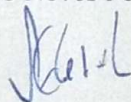
BANCA EXAMINADORA



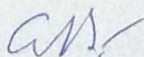
Prof. Dr. Carlos Frederico Leão Rocha (UFRJ), Orientador



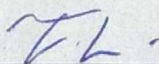
Prof. Dr. Fábio Neves Perácio de Freitas (UFRJ)



Prof. Dr. José Eduardo Cassiolato (UFRJ)



Prof. Dr. Eduardo Augusto de Almeida Guimarães (Consultor)



Prof. Dr. Fabio Stallivieri (UFF e Embrapii)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Fred, pela ampla participação, confiança e apoio no desenvolvimento desta tese. Foi por meio de uma de suas aulas ainda no primeiro ano de doutorado que me fez levantar da cadeira e dizer: é isso!

A minha amiga pesquisadora e colega de doutorado, Patieene Passoni, não só pelo apoio direto no fornecimento das bases de dados indispensáveis para esta tese, como também nos ensinamentos, paciência e dedicação sobre a metodologia e temas relacionados a esta. Neste mesmo sentido, a Thiago Miguez, pela sempre cordialidade e prestatividade na disponibilidade de dados essenciais para esta pesquisa.

Ao corpo docente do Instituto de Economia da UFRJ, não só pela formação, mas pelo meu amadurecimento e aperfeiçoamento crítico como pesquisador, pesquisador e professor. Em especial, aos professores Fábio Freitas e José Eduardo Cassiolato, por participarem da banca de qualificação e colaborarem na delimitação de pesquisa; às professoras Maria da Graça Fonseca e Julia Paranhos, por me iniciarem na carreira de professor como seus tutores, despertando essa especial profissão como minha vocação; aos professores Lia Hasenclever, Eduardo Pontual, Marta Castilho, Mario Possas e David Kupfer, pelo rigor crítico, ético e acadêmico, suas aulas e ensinamentos me inspiraram como pesquisador.

Aos meus amigos pesquisadores e colegas de doutorado, pelas discussões, trocas de aprendizado e momentos de descontração. Em especial, a Bernardo Cabral, pela parceria, pelos conselhos e inteligência; à Rubia Wegner, sempre muito amiga, prestativa e generosa comigo; à Fernanda Perin, pela leveza ao morarmos juntos, estudarmos juntos e trabalharmos juntos; a Julio Alves, pelo companheirismo e por me mostrar o que o Rio tem de melhor; a Manuel Gonzalo, pela simpatia e por não deixar os debates morrer em sala de aula; a Felipe Amaral, Julia Torracca e novamente Patieene Passoni, pelas ótimas discussões no Grupo de Indústria e Competitividade, que quase sempre terminavam no pibreta da Urca.

Aos amigos além da UFRJ. Em especial a Rafael Gozalez e Janaina Piana, exemplos de pesquisadores e professores, inspirações para minha vida profissional; a Gabriel Mandarin, onipresente nos mais agradáveis debates heterodoxos e na cornetagem futebolística; a Rodolfo Cabral e Zezé Almeida, pelas parcerias, amizade de longa data e acolhimento nos momentos iniciais e finais.

A minha mãe, Agna, exemplo de guerreira e de dedicação, seu fundamental apoio, confiança e inspiração foram fundamentais para a conclusão desta tese; ao meu pai, João Carlos, também pelo apoio irrestrito e exemplo de caráter ético e profissional, base para a minha formação como indivíduo.

A minha eterna companheira e agora noiva, Luna, pela paciência, confiança e entrega não só nesses mais de doze anos de convivência, mas pelos próximos anos que virá.

RESUMO

O objetivo desta tese é analisar a interdependência tecnológica setorial e o impacto dos fluxos tecnológicos intersetoriais sobre a produtividade no Brasil durante o período de 2000 a 2014. A análise é feita em nível setorial e utiliza a abordagem metodológica de insumo-produto para a construção de matrizes de fluxos tecnológicos entre os setores da economia. Essas matrizes incorporam dados de gastos em P&D e outras atividades inovativas como estimativas de esforços inovativos incorporados na aquisição de bens de consumo intermediário e bens de capital dos setores econômicos. Especificamente, objetiva-se responder três questões de pesquisa: i) Qual é a estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira? ii) Quais seriam os setores-chaves e dinâmicos do ponto de vista da tecnologia para a economia brasileira? e iii) Qual é o impacto do fluxo intersetorial de tecnologia sobre a produtividade setorial no Brasil? Os principais resultados encontrados destacam que a estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira apresentou estabilidade entre 2000 e 2014. Identificou-se que os setores menos intensivos em tecnologia, principalmente a indústria tradicional e os setores que compõem as *commodities* agroindustriais absorveram mais tecnologia incorporada na compra de seus bens intermediários e de capital do que os setores mais intensivos em tecnologia e os serviços intensivos em conhecimento. A indústria química se destacou como setor-chave em termos de transbordamentos tecnológicos incorporados em bens de consumo intermediário para seus setores usuários, enquanto a indústria de máquinas e equipamentos se destacou nos transbordamentos tecnológicos incorporados nos bens de capital. Por meio de estimações econométricas, verificou-se também que os esforços inovativos incorporados nos bens transacionados pelos setores econômicos são mais importantes para explicar o crescimento da produtividade do trabalho do que os esforços inovativos dos próprios setores. Isso mostra que boa parte do crescimento da produtividade de alguns setores no Brasil se deu por inovações geradas em outros setores. Conclui-se, assim, que os fluxos tecnológicos são um importante mecanismo de crescimento da produtividade diante de um contexto de baixo crescimento desta na economia brasileira, principalmente dos setores industriais.

Palavras-chave: Inovação; Produtividade; Fluxo de Tecnologia Intersetorial; Matriz de insumo-produto; Economia Brasileira

ABSTRACT

The aim of this thesis is to analyze the sectoral technological interdependence and the impact of intersectoral technological flows on productivity in Brazil during the period from 2000 to 2014. The analysis is done at the sectoral level and uses the methodological approach of input-output for the construction of technological flows matrices between the sectors of the economy. These matrices incorporate R&D and other innovative activities data as estimates of innovative efforts incorporated in the acquisition of intermediate consumer goods and capital goods from the economic sectors. Specifically, it aims to answer three research questions: i) What is the structure of sectoral technological interdependence of the Brazilian economy?; ii) What would be the key sectors from the point of view of technology for the Brazilian economy; and iii) What is the impact of the intersectoral flow of technology on productivity in Brazil? The main findings highlight that the sectoral technological interdependence structure of the Brazilian economy remained stable between 2000 and 2014. It has been found that the less technology-intensive sectors, especially the traditional industry and the agricultural commodity sectors, have absorbed more technology incorporated in the purchase of their intermediate and capital goods than the more technology-intensive sectors such as the innovative industry and knowledge-intensive services. More specifically, the chemical industry emerges as a key sector in terms of technological spillovers incorporated in intermediate consumer goods for user sectors, while the machinery and equipment industry emerges as a key sector in the technological spillovers incorporated in capital goods. Through econometric estimations, it has also been found that the innovative efforts incorporated in goods transacted by the economic sectors are more important to explain labor productivity growth than the innovative efforts of the sectors themselves. This shows that much of the productivity growth of some sectors in Brazil was due to innovations generated in other sectors. It is concluded that technological flows are an important mechanism of productivity growth in the context of low productivity growth in the Brazilian economy, mainly in the industrial sectors.

Keywords: Innovation; Productivity; Intersectoral Technology Flow; Input-output matrix; Brazilian economy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Matrix tecnológica entre setores produtores e usuários.....	32
Figura 2.1 - Evolução da produtividade do trabalho e do PIB <i>per capita</i> no Brasil, 1996-2016 (1996 = 100).....	48
Figura 2.2 - Evolução da PTF no Brasil, 1950-2014 (1950 = 100).....	52
Figura 2.3 - Evolução da taxa de crescimento do valor adicionado dos setores econômicos (a preços constantes), Brasil – 1996-2016 (1996 = 100)	57
Figura 2.4 - Evolução da participação dos setores econômicos no valor adicionado (a preços correntes), Brasil - 1996-2016 (%).....	58
Figura 2.5 - Evolução dos índices de preços de <i>commodities</i> , 2000-2016 (2000 = 100).....	59
Figura 2.6 - Evolução da participação dos setores econômicos no valor adicionado (a preços constantes de 1995), 1996-2016 (%)	60
Figura 2.7 - Produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2014 (R\$ mil por ocupação, a preços de 2000).....	65
Figura 2.8 - Distribuição dos gastos em atividades inovativas por setores econômicos no Brasil, 2014 (%)	81
Figura 4.1 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2000.	163
Figura 4.2 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2003.	164
Figura 4.3 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2005.	165
Figura 4.4 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2008.	165
Figura 4.5 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2011.	166
Figura 4.6 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2014.	167
Figura 4.7 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2000.....	171
Figura 4.8 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2003.....	172
Figura 4.9 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2005.....	172
Figura 4.10 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2008.....	173

Figura 4.11 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2011.....	173
Figura 4.12 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2014.....	174
Figura 4.13 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2000.....	180
Figura 4.14 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2003.....	180
Figura 4.15 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2005.....	181
Figura 4.16 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2008.....	181
Figura 4.17 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2011.....	181

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Taxas médias anuais de crescimento do PIB <i>per capita</i> , da produtividade do trabalho, da taxa de ocupação, da taxa de atividade e da taxa de participação no Brasil, 1996-2015 (%)... 49	49
Tabela 2.2 - Decomposição tradicional do produto por trabalhador para o Brasil, 1950-2014 (%) 53	53
Tabela 2.3 - Decomposição alternativa do produto por trabalhador para o Brasil, 1950-2014 (%) 55	55
Tabela 2.4 - Evolução da participação dos setores econômicos no valor adicionado (a preços constantes de 2000), 2000-2014 (%) 62	62
Tabela 2.5 - Evolução da participação dos setores econômicos nas ocupações totais, 2000-2016 (%) 63	63
Tabela 2.6 - Taxas médias anuais de crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil (valores constantes), 2000-2014 (%) 66	66
Tabela 2.7 - Taxas de crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil (valores constantes), 2000-2014 (%) 69	69
Tabela 2.8 - Contribuição das atividades econômicas no crescimento da produtividade do trabalho agregada no Brasil, 2000-2014 (%) 70	70
Tabela 2.9 - Decomposição do crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2000-2014 (%) 72	72
Tabela 2.10 - Empresas inovadoras por setor econômico no Brasil, 2000-2014 (% do total de empresas) 77	77
Tabela 2.11 - Gastos em Atividades inovativas por setores econômicos no Brasil, 2000-2014 (% da receita líquida de vendas) 79	79
Tabela 2.12 - Importância alta ou média atribuída às atividades inovativas pelas empresas inovadoras dos setores econômicos no Brasil, 2000-2014 (% do total de empresas inovadoras). 82	82
Tabela 4.1 - Matriz de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário por grupos setoriais, Estrutural nominal, 2011 118	118
Tabela 4.2 - Fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário por grupos setoriais, Estrutural nominal, 2011 121	121

Tabela 4.3 - Fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário por setor, Estrutural nominal (2011)	124
Tabela 4.4 - Matriz de fluxos tecnológicos, Gastos em Atividades Inovativas incorporado no consumo intermediário por grupos setoriais, Estrutura nominal, 2011	128
Tabela 4.5 - Fluxos tecnológicos, Gastos em Atividades Inovativas incorporado no consumo intermediário por grupos setoriais Estrutura nominal (2011).....	129
Tabela 4.6 - Fluxos tecnológicos, Gastos em Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário por setor, Estrutural nominal, 2011.....	131
Tabela 4.7 - Matriz de fluxos tecnológicos, P&D e Atividades Inovativas incorporadas diretamente nos investimentos em bens de capital por grupos setoriais, Estrutura padrão, 2011.....	134
Tabela 4.8 - Proporção de P&D incorporado diretamente nos investimentos em bens de capital por setores, Estrutura padrão, 2011 (%).....	136
Tabela 4.9 - Proporção de Atividades Inovativas (AI) incorporadas diretamente nos investimentos em bens de capital por setores, Estrutura padrão, 2011 (%).....	138
Tabela 4.10 - <i>Backward linkages</i> de P&D, 2000-2014	141
Tabela 4.11 - <i>Backward linkages</i> de Atividades Inovativas (AI), 2000-2014	143
Tabela 4.12 - <i>Backward linkages</i> , efeito <i>spillover</i> de P&D, 2000-2014.....	144
Tabela 4.13 - <i>Backward linkages</i> , efeito <i>spillover</i> de Atividades Inovativas (AI), 2000-2014 ..	146
Tabela 4.14 - <i>Forward linkages</i> de P&D, 2000-2014	149
Tabela 4.15 - <i>Forward linkages</i> de Atividades Inovativas (AI), 2000-2014	150
Tabela 4.16 - <i>Forward linkages</i> , efeito <i>spillover</i> de P&D, 2000-2014.....	151
Tabela 4.17 - <i>Forward linkages</i> , efeito <i>spillover</i> de Atividades Inovativas (AI), 2000-2014	153
Tabela 4.18 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2011.....	156
Tabela 4.19 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, AI incorporado no consumo intermediário, 2011.....	160
Tabela 4.20 - Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2000-2014 (filtro = 0,0003)	161
Tabela 4.21 - Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2000-2014 (filtro = 0,0006)	169

Tabela 4.22 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2011	175
Tabela 4.23 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas nos investimentos, 2011	177
Tabela 4.24 - Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2000-2011 (filtro = 0,0001).....	179
Tabela 5.1 - Estatísticas descritivas das variáveis de interesse da amostra.....	194
Tabela 5.2 - Correlação entre as variáveis de interesse da amostra, P&D	195
Tabela 5.3 - Correlação entre as variáveis de interesse da amostra, Atividades Inovativas (AI)	195
Tabela 5.4 - Estimacões painel dinâmico GMM <i>system</i> , Amostra setores com dados de P&D – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho.....	197
Tabela 5.5 - Estimacões painel dinâmico GMM <i>system</i> , Amostra total – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho.....	200
Tabela 5.6 - Estimacões painel dinâmico GMM <i>system</i> – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho - AI	203
Tabela 5.7 - Estimacões painel dinâmico GMM <i>system</i> , Amostra total – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho.....	205
Tabela A 1 - Correspondência da classificação em grandes grupos setoriais e da classificação das Contas Nacionais em nível de 51 atividades	222
Tabela A 2 - Taxas médias anuais de crescimento da produtividade do trabalho por setor no Brasil (valores constantes), 2000-2014 (%).....	223
Tabela A 3 - Decomposição do crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2000-2003 (%)	224
Tabela A 4 - Decomposição do crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2004-2010 (%)	225
Tabela A 5 - Decomposição do crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2011-2014 (%)	225
Tabela A 6 - Correspondência da classificação setorial das MIPs 2000-2014 estimadas (35 Setores) com os códigos da CNAE 1.0, CNAE 2.0, SCN ref. 2000 e SCN ref. 2010	226
Tabela A 7 - Gastos em P&D por VBP, 2000-2014 (%).....	227

Tabela A 8 - Gastos em Atividades Inovativas (AI) por VBP, 2000-2014 (%).....	228
Tabela A 9 - Proporção de P&D incorporado diretamente nos investimentos em bens de capital por setores, Estrutura padrão, 2005 (%).....	229
Tabela A 10 - Proporção de P&D incorporado diretamente nos investimentos em bens de capital por setores, Estrutura padrão, 2008 (%)	230
Tabela A 11 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2000.....	231
Tabela A 12 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2003.....	232
Tabela A 13 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2005.....	233
Tabela A 14 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2008.....	234
Tabela A 15 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2014.....	235
Tabela A 16 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2000	236
Tabela A 17 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2003	237
Tabela A 18 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2005	238
Tabela A 19 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2008	239
Tabela A 20 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2014	240
Tabela A 21 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2000	241
Tabela A 22 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2003	242
Tabela A 23 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2005	243

Tabela A 24 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2008.....	244
Tabela A 25 - Estimações painel dinâmico GMM <i>system</i> , Amostra setores com dados de P&D mais agroécária e construção – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho.....	245

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 INTERDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA SETORIAL E PRODUTIVIDADE: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
1.1 Modelo insumo-produto e mudança tecnológica	24
1.1.1 Interdependência setorial: do modelo de insumo-produto a setores verticalmente integrados	24
1.1.2 Interdependência tecnológica setorial: incorporando a mudança tecnológica na abordagem de insumo-produto	27
1.1.3 Abordagens empíricas de interdependência tecnológica setorial	33
1.2 Fluxo de tecnologia intersetorial e produtividade	37
1.2.1 Inovação e produtividade	37
1.2.2 Abordagens empíricas de fluxo de tecnologia intersetorial e produtividade	41
1.3 Considerações finais	44
2 PRODUTIVIDADE, ESTRUTURA PRODUTIVA E INOVAÇÃO NO BRASIL	46
2.1 Crescimento econômico e produtividade no Brasil	47
2.1.1 Produtividade do trabalho	47
2.1.2 Produtividade Total dos Fatores (PTF)	50
2.2 Estrutura produtiva e produtividade em nível setorial no Brasil	56
2.2.1 Estrutura produtiva	56
2.2.2 Produtividade do trabalho em nível setorial	64
2.3 Inovação no Brasil	75
2.4 Considerações finais	82
3 MATRIZ DE FLUXOS TECNOLÓGICOS: ASPECTOS METODOLÓGICOS	85
3.1 O modelo insumo-produto	85
3.1.1 A matriz de absorção de investimentos	89
3.1.2 Matrizes a preços constantes	91
3.2 Incorporando gastos em P&D e atividades inovativas no modelo insumo-produto	92
3.3 Análise de multiplicadores	98
3.3.1 <i>Backward linkage</i>	99

3.3.2 <i>Forward linkage</i>	101
3.4 Análise qualitativa de insumo-produto	103
3.4.1 <i>Subsystem minimal flow analysis</i> (SMFA)	104
3.4.2 Densidade e centralidade da rede	106
3.5 Base de dados	108
3.5.1 Matrizes de insumo-produto originais e estimadas	109
3.5.2 Matrizes de absorção de investimentos estimadas	112
3.5.3 P&D e atividades inovativas	113
4 INTERDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA SETORIAL NO BRASIL: 2000-2014	116
4.1 Matrizes de fluxos tecnológicos para o Brasil: 2011	116
4.1.1 Fluxos tecnológicos incorporados no consumo intermediário	117
4.1.2 Fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos	133
4.2 Análise de multiplicadores: 2000-2014	139
4.2.1 <i>Backward linkage</i>	139
4.2.2 <i>Forward linkage</i>	147
4.3 Análise de rede: 2000-2014	154
4.3.1 Fluxos tecnológicos incorporados no consumo intermediário	155
4.3.2 Fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos	174
4.4 Considerações finais	182
5 FLUXOS TECNOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE NO BRASIL: 2000-2013	185
5.1 Metodologia	186
5.1.1 Metodologia econométrica	186
5.1.2 Modelos estimados e estatísticas descritivas	190
5.2 Análise dos Resultados	196
5.3 Considerações finais	205
CONCLUSÃO	208
REFERÊNCIAS	213
ANEXOS	222

INTRODUÇÃO

O debate econômico sobre os determinantes do crescimento econômico de longo prazo e da produtividade é antigo e ainda longe de se esgotar. Entre os vários estudos e fatores que tiveram essa finalidade, destaca-se, sobretudo, a questão da mudança tecnológica ou da inovação. Utilizando a definição usual de uma função de produção, no qual o resultado (*output*) depende dos fatores de produção empregados (*inputs*), verifica-se que, quanto maior for a relação entre a quantidade produzida e os fatores utilizados, maior será a produtividade. Espera-se, assim, que quanto mais eficientemente uma economia conseguir empregar os seus fatores, mais produtiva será. A mudança tecnológica, com o incremento de novas técnicas e novos produtos, seria um dos fatores essenciais para que esse processo ocorresse.

O procedimento básico descrito no parágrafo anterior é verdadeiro em qualquer nível de agregação em que se queira estudar, porém, torna-se cada vez mais complexo à medida em que esta agregação se torna menor. A relação entre inovação e produtividade está sujeita a um sistema técnico-econômico complexo de fluxos entre agentes econômicos que não são percebidos em nível macroeconômico. O fluxo de tecnologia entre empresas ou setores de uma economia é uma característica importante na percepção da mudança tecnológica e do crescimento econômico, e está inserido em um contexto de mudança estrutural. A maioria das inovações produzidas e incorporadas em novos produtos por um setor são utilizadas como melhorias no processo produtivo de outros setores, que resultam em ganhos de produtividade (e.g. SCHMOOKLER, 1966; SCHERER, 1982; PAVITT, 1984), bem como as relações de compra e venda entre setores produtores e usuários de inovação são determinantes para o próprio desenvolvimento da tecnologia (e.g. ROSENBERG, 2006; DAHMÉN, 1988; LUNDVAL, 1988, DOSI, 2006).

A interdependência setorial e suas implicações são objetos de estudo da tradição empírica de insumo-produto. Porém, a mesma oferece apenas uma abordagem estática de trocas do sistema produtivo de uma economia. Visto que a mudança tecnológica é o principal fator relacionado ao aumento da produtividade e do crescimento econômico de longo prazo, incorporar a tecnologia ou o conhecimento nas matrizes de insumo-produto setoriais é essencial para evidenciar o funcionamento de um sistema econômico complexo. Dessa forma, a interdependência tecnológica setorial passa a ser um instrumento de análise empírica mais poderoso do que a simples interdependência (produtiva) setorial, pois as relações que envolvem trocas de tecnologia ou

conhecimento são susceptíveis de serem mais complexas do que setores que possuem ligações “comuns” de uma abordagem tradicional. Os fluxos de tecnologia intersetoriais forneceriam a estrutura de um sistema tecnológico ou de uma parte importante do sistema nacional de inovação de uma economia, revelando suas particularidades e esclarecendo como esses podem se relacionar com os ganhos de produtividade. Diante disso, os problemas de pesquisa desta tese se envolvem em duas questões empíricas: um referente aos estudos recentes internacionais sobre a relação entre inovação e produtividade e outro referente ao contexto atual da economia brasileira.

No que se refere aos estudos empíricos recentes sobre a relação entre inovação e produtividade, observa-se que uma parte considerável destes não levam em consideração os aspectos de fluxos de tecnologia entre os agentes econômicos. Com a popularização e a disponibilidades de microdados de *surveys* de inovação por parte de instituto de pesquisa com base no Manual de Oslo (OCDE, 2005), cresceu bastante o número de estudos empíricos econométricos em nível da firma. Algumas dessas evidências empíricas recentes foram compiladas e revisadas de forma analítica por Mohnen e Hall (2013). Entre os principais resultados encontrados pelos autores estão as evidências de que há um impacto positivo da inovação de produto sobre a produtividade e de que a relação desta última com a inovação de processo é ambígua e geralmente negativa. Esse último resultado não era esperado, já que o aumento da produtividade deveria surgir justamente do corte de custos através de técnicas de produção mais eficientes.

Uma maneira de buscar converter os problemas das especificações dos modelos analisados por Mohnen e Hall (2013) é observar o impacto da inovação de produto de uma empresa sobre a produtividade de outra empresa usuária dessa inovação. Dessa maneira, inovações de produto ganham destaque, já que produtos novos ou melhorados de uma empresa muitas vezes são incorporados como novos processos produtivos para outras empresas. Assim, grande parte das inovações de processo são representadas pelas inovações de produto externos à empresa usuária. Dado esta hipótese, os ganhos de produtividade estariam relacionados mais com os usuários de inovações do que com os produtores, e isso poderia ser analisado por meio dos fluxos tecnológicos.

Fazer a análise estatística descrita no parágrafo anterior em nível da empresa é muito difícil devido à falta de dados em quantidade suficiente que relacione as relações de empresas específicas. Porém, com o uso de tabelas de matrizes de insumo-produto disponíveis, essa análise pode ser feita em nível setorial de todo o sistema produtivo de uma economia. Esse tipo de estudo que busca as relações tecnológicas intersetoriais com base nas matrizes de insumo-produto já foi

utilizado pela literatura nos países desenvolvidos desde Terleckyj (1980) e Scherer (1982), porém, vem sendo pouco aproveitada nos últimos anos devido a popularização de base de dados em nível da firma, que não conseguem captar este efeito entre empresas ou entre setores.

No que se refere ao contexto da economia brasileira atual, não foi encontrado nenhum trabalho voltado para o Brasil sobre interdependência tecnológica setorial e de seus efeitos na produtividade. Em um livro recente lançado pelo IPEA (2014) sobre o desempenho da produtividade da economia brasileira, Squeff (2012) mostra que a produtividade do trabalho do país entre 2000 e 2009 cresceu a uma taxa anual de apenas 1%. Porém, quando estratificado em alguns setores, percebe-se que enquanto a agropecuária e a indústria extrativa mineral cresceram, respectivamente, 3,8% e 2%, a produtividade da indústria da transformação teve uma redução de 0,8%. Esse tipo de dado, porém, além de não levantar os determinantes da produtividade, não capta as relações intersetoriais que geram estas estatísticas.

Dada a complexidade do sistema tecnológico de uma economia e de suas interdependências setoriais, é de supor que boa parte do ganho da produtividade de alguns setores surgiu de inovações ou mudanças tecnológicas proporcionadas por outros setores. A importância e especialização da agropecuária e da indústria extrativa mineral na economia brasileira nos anos mais recentes devem ser analisadas sob um aspecto mais amplo através de suas ligações para trás e para frente da cadeia produtiva. Aplicando uma abordagem em nível setorial, as características dos fluxos de tecnologia entre os setores da economia brasileira devem fornecer uma visualização da estrutura recente da interdependência tecnológica e de seus impactos na produtividade, bem como na identificação de setores-chaves do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento.

A partir dos problemas destacados, pode-se formular três perguntas de pesquisa: i) Qual é a estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira, ou seja, qual é a intensidade e a direção do fluxo entre os setores que mais fornecem e os que mais consomem tecnologia ou conhecimento? ii) Qual é o impacto do fluxo intersetorial de tecnologia ou conhecimento sobre a produtividade setorial no Brasil? iii) Quais seriam os setores-chaves do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento para a economia brasileira?

Assumindo que as trocas de tecnologia ou de conhecimento incorporado nos fluxos de bens e serviços entre os setores de uma economia são importantes fontes para a configuração de um sistema de interdependência setorial e os seus respectivos ganhos de produtividade, as três perguntas levantadas podem ser representadas pelas três respectivas hipóteses destacadas a seguir.

Primeiro, a estrutura de interdependência tecnológica da economia brasileira deve ampliar o padrão de especialização da produção nos anos mais recentes. Setores que apresentaram maior crescimento e maiores ganhos de produtividade entre 2000 e 2014 (anos que serão contemplados pela tese), como a agropecuária e a indústria extrativa, devem possuir uma forte relação de interdependência tecnológica de setores específicos da indústria de transformação, principalmente de setores relacionados a bens de capital e insumos importantes para o processo produtivo (por exemplo: indústria química). O setor de serviços também pode apresentar um alto grau de interdependência tecnológica com alguns setores da indústria manufatureira. Identificar níveis de intensidades e direções específicas das principais relações intersetoriais do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento para a economia brasileira recente é um dos objetivos dessa tese.

Segundo, a tecnologia ou o conhecimento incorporado nos produtos de alguns setores industriais são destinados a outros setores da economia, que os utilizam como melhorias em seu processo produtivo, acumulando conhecimento e resultando, por sua vez, em ganhos de produtividade. Dessa maneira, boa parte dos ganhos de produtividade em decorrência de novos produtos produzidos por um setor passa para os setores usuários destes. De maneira geral, a produtividade deve ser influenciada mais pela tecnologia incorporada nos produtos dos setores que estão à trás da cadeia (fornecedores) do que pela tecnologia gerada pelo próprio setor em questão.

Terceiro, dada a estrutura de interdependência tecnológica e produtividade no Brasil, os setores-chaves e dinâmicos para a economia brasileira seriam aqueles que possuíssem maiores níveis de ligações para trás e para frente na cadeia produtiva do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento. A hipótese é de que setores da indústria de transformação relacionados a bens de capital e outros insumos para o processo produtivo sejam chaves para as relações de interdependência tecnológica setorial. Uma parcela representativa dos ganhos de produtividade da agropecuária e da indústria extrativa mineral nos anos mais recentes da economia brasileira deve ser representada por outros setores que os circundam.

Dado os problemas de pesquisa e as hipóteses levantadas, o objetivo principal desta tese é analisar a interdependência tecnológica setorial e o impacto dos fluxos tecnológicos intersetoriais sobre a produtividade no Brasil durante o período de 2000 a 2014. A análise é feita em nível setorial e utiliza a abordagem metodológica de insumo-produto para a construção de matrizes de fluxos tecnológicos entre os setores da economia. Essas matrizes incorporam dados de gastos em P&D e

outras atividades inovativas como estimativas de esforços inovativos incorporados na aquisição de bens de consumo intermediário e bens de capital dos setores econômicos.

Os objetivos específicos são: i) Análise da evolução da estrutura produtiva, da produtividade e de indicadores de inovação no Brasil, em nível setorial e nacional; ii) Mensuração quantitativa dos fluxos tecnológicos intersetoriais da economia brasileira; iii) Mensuração e análise de índices de ligações para trás e para frente do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento da economia brasileira; iv) Análises de redes das principais relações de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira, identificando a intensidade e a direção dos fluxos entre os setores que mais fornecem e os que mais consomem tecnologia; v) Análise econométrica da relação entre fluxos tecnológicos incorporados na compra de bens de consumo e de capital e produtividade setorial; e vi) Identificação e análise de setores-chaves e dinâmicos do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento da economia brasileira.

Um estudo sobre a interdependência tecnológica setorial e seus efeitos na produtividade na economia brasileira é importante para a identificação e visualização do sistema tecnológico do país através de suas relações técnico-econômicas. Uma análise através de modelos de insumo-produto com a incorporação de variáveis *proxies* de tecnologia ou conhecimento como P&D e outros gastos em atividades inovativas fornecem uma ferramenta analítica poderosa com alto poder interpretativo. Busca-se, assim, tornar as medidas de esforços inovativos mais precisas ao levar em consideração os canais de transmissão intersetoriais dos fluxos tecnológicos. Esse tipo de metodologia permite passar de um nível sintético de análise, ou seja, através das configurações dos sistemas tecnológicos setoriais, para um nível analítico, ou seja, através de explorações das participações setoriais e das ligações entre os mesmos (LEONCINI; MONTRESOR, 2003).

Estudos de fluxos tecnológicos por meio de matrizes de insumo-produto foram muito pouco utilizados na literatura econômica, no qual nenhuma aplicação foi encontrada para a América Latina, e visa a contribuir para o debate de economia industrial e da tecnologia com uma aplicação ainda não testada para o Brasil. Análises de fluxos tecnológicos também podem trazer contribuições e evidências importantes para tomadores de políticas públicas, já que a identificação de setores-chaves do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento e de seus efeitos ao longo de suas cadeias produtivas são instrumentos de interesse para a formulação de estratégias e políticas de desenvolvimento econômico.

Deve-se destacar, porém, que o tipo de abordagem levantada aqui possui algumas limitações. Em primeiro lugar, o modelo insumo-produto não permite capturar e medir todas as relações relevantes de um sistema de inovação. A tecnologia ou o conhecimento é medido por meio da incorporação de gastos em P&D e outras atividades inovativas em proporção aos fluxos de bens e serviços transacionados pelos setores econômicos. Dessa maneira, o escopo da tese se volta para as relações comerciais. Tem-se em mente também a importância de outros componentes do sistema de inovação, como as instituições governamentais e a infraestrutura técnico-científica, mas que não são considerados por indisponibilidade de dados compatíveis com a metodologia proposta.

Em segundo lugar, também por indisponibilidade de dados, tecnologia, conhecimento ou inovação é tratada de forma simplificada como gastos em P&D e gastos em outras atividades inovativas em nível setorial compatível com as matrizes de insumo-produto. A principal limitação trazida aqui é de que gastos em atividades inovativas são considerados esforços de inovação e não inovação propriamente dita. Entretanto, P&D e outros gastos inovativos são frequentemente tratados como *proxies* de inovação na literatura empírica. O gasto em P&D também possui a vantagem de possuir valores contínuos e menor erro de mensuração, ao contrário dos valores binários e com maior erro de mensuração das variáveis de inovação propriamente dita.

Por fim, um estudo em nível setorial impede a captura mais densa das relações que podem ser estabelecidas em nível da firma. Porém, por se tratar de uma análise em nível meso e macroeconômico, importantes resultados empíricos podem surgir para analisar aspectos meso e macroeconômicos. O que se quer destacar é justamente como a interdependência entre os setores industriais é um aspecto essencial não só para a mudança estrutural, como também para uma análise empírica mais robusta sobre os efeitos da mudança tecnológica, sobretudo, sobre os efeitos na produtividade. Este trabalho possui, portanto, uma orientação empírica sobre uma abordagem teórica fundamental pouco utilizada.

Além desta introdução e da conclusão final, a tese está dividida em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta alguns aspectos teóricos e metodológicos sobre interdependência tecnológica setorial e produtividade. O capítulo perpassa por distintas abordagens teóricas e empíricas sobre o tema em uma tentativa de conciliação entre o arcabouço tradicional de insumo-produto e o arcabouço de mudança tecnológica. Apresenta-se também uma discussão da relação entre os fluxos tecnológicos intersetoriais e a produtividade por meio de uma breve revisão bibliográfica de alguns trabalhos empíricos sobre o tema.

O Capítulo 2 aborda o contexto da economia brasileira no que se refere a produtividade, estrutura produtiva e inovação em níveis nacional e setorial. Apresenta-se algumas estatísticas descritivas e decomposições, e faz uma análise da evolução de indicadores de produtividade, mudança estrutural e dos seus principais fatores. Dessa maneira, o capítulo possui o objetivo de contextualizar o problema de pesquisa da tese para o caso do Brasil, principalmente no período mais recente de dados disponíveis e compatíveis entre os anos 2000 e 2014. O capítulo discute até que ponto os baixos índices de produtividade da economia brasileira são resultados de mudanças estruturais ou perda de eficiência produtiva dos setores econômico, bem como os fluxos tecnológicos podem estar relacionados com essa situação.

O Capítulo 3 apresenta os aspectos metodológicos de interdependência tecnológica setorial, com detalhes das ferramentas de análises utilizadas. Dessa maneira, apresenta-se o modelo insumo-produto e a incorporação dos gastos de P&D e outras atividades inovativas para a construção das matrizes de fluxos tecnológicos. Apresenta-se também alguns métodos analíticos, compreendendo as análises de multiplicadores e as análises qualitativas de insumo-produto ou de redes, bem como as bases de dados utilizadas e suas adaptações e limitações. Buscou-se as principais ferramentas analíticas da abordagem de insumo-produto e de suas adaptações para matrizes de fluxos tecnológicos apresentadas por estudos sobre o tema.

No Capítulo 4 realiza-se algumas análises dos fluxos tecnológicos para a economia brasileira entre 2000 e 2014 com a finalidade de responder duas das três perguntas de pesquisa: i) Qual é a estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira? ii) Quais seriam os setores-chaves do ponto de vista da tecnologia para a economia brasileira? Para isso, utiliza-se de análises descritivas; análises de multiplicados tecnológicos (*backward e forward linkages*) a fim de identificar relações de impactos tecnológicos intersetoriais puxados pela demanda ou pela produção; e análises de rede dos fluxos tecnológicos incorporados nos bens intermediários e nos bens de capital, objetivando-se apresentar a evolução da estrutura de interdependência tecnológica setorial do país.

Já no Capítulo 5 pretende-se demonstrar empiricamente qual é o impacto do fluxo intersetorial de tecnologia sobre a produtividade setorial no Brasil, referente a terceira pergunta de pesquisa da tese. Para isso, utiliza-se estimacões econométricas de dados em painel dinâmico para os setores da economia brasileira entre 2000 e 2013. Por fim, a conclusão apresenta uma discussão sobre os principais resultados encontrados pela tese.

1 INTERDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA SETORIAL E PRODUTIVIDADE: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo deste capítulo é o de analisar e contextualizar o arcabouço teórico e empírico sobre a interdependência tecnológica setorial e de seus efeitos na produtividade. A abordagem tratada aqui visa à união de dois grandes núcleos tradicionais da teoria econômica: a tradição estruturalista dos modelos de insumo-produto, que possui a sua origem nos trabalhos de Leontief, e a tradição de mudança tecnológica, que possui a sua origem nos trabalhos de Schumpeter. Nessa perspectiva, a mudança estrutural de uma economia tem como fator principal a mudança tecnológica e suas implicações entre os setores industriais.

A tecnologia é tratada aqui como um elemento do conhecimento sobre processos técnicos e produtos. A tecnologia incorporada em novos produtos e difundida entre os setores de uma economia através do mercado de bens e serviços ganha maior destaque devido ao escopo dessa tese sobre as relações interindustriais. Não se pretende generalizar que a mudança tecnológica ou a inovação ocorre apenas sobre o aspecto das relações comerciais. O que se quer destacar é como a interdependência entre os setores industriais é um aspecto essencial não só para a mudança estrutural, como também para uma análise empírica mais robusta sobre os efeitos da mudança tecnológica, sobretudo, sobre os efeitos na produtividade.

O capítulo está dividido em três seções. A seção 1.1 visa uma possível conciliação entre as abordagens de insumo-produto e de mudança tecnológica, destacando os desenvolvimentos da interdependência setorial sob o ponto de vista dos modelos de insumo-produto e setores verticalmente integrados, e a incorporação da mudança tecnológica nesses modelos para introduzir o conceito de interdependência tecnológica setorial. O maior problema teórico trazido por essa incorporação da tecnologia na abordagem de insumo-produto é nas hipóteses simplificadoras estáticas desta, que se contradizem com a análise dinâmica e constantemente fora do equilíbrio da tradição schumpeteriana. A seção discute até que ponto essa conciliação é possível e faz uma revisão de trabalhos empíricos sobre o tema.

Já a seção 1.2 busca compreender a relação entre os fluxos de tecnologia intersetoriais e a produtividade. A seção faz um apanhado de trabalhos empíricos sobre o tema e procura mostrar a importância da interdependência tecnologia setorial para seus efeitos na produtividade dos setores de uma economia. Por outro lado, a seção 1.3 faz as considerações finais e as principais conclusões

sobre o arcabouço teórico e empírico do tema. Por fim, vale destacar que a análise é feita do ponto de vista meso e macroeconômico, mas importantes considerações microeconômicas também são levadas em consideração, já que o fluxo de tecnologia entre os setores industriais se confunde com uma abordagem teórica em nível da empresa.

1.1 Modelo insumo-produto e mudança tecnológica

1.1.1 Interdependência setorial: do modelo de insumo-produto a setores verticalmente integrados

O estudo sobre as relações interindustriais é antigo e parte de uma preocupação comum de várias teorias da economia ao considerar que a mesma é um sistema interdependente e complexo. A busca por uma formulação de um sistema interdependente na economia pode ser encontrada desde pelos fisiocratas no *Tableau Économique* de Quesnay em 1759, e presente posteriormente em teorias como as de equilíbrio geral. Porém, como enfatizado por Drejer (1999), enquanto muito dessas formulações possui aspectos mais teóricos, o estudo empírico prático de sistemas interdependentes começou apenas com os trabalhos de Leontief.¹

Leontief (1941) introduziu o modelo de insumo-produto, que tinha como propósito fornecer uma base empírica para o estudo da interdependência e dos efeitos entre diferentes partes de uma economia tendo como ponto de partida a teoria de equilíbrio geral. Dessa maneira, o método de insumo-produto apresenta um quadro de interdependência geral descrito sob hipóteses de equilíbrio estacionário, no qual a configuração técnica de cada indústria é representada por uma série de várias equações lineares homogêneas (DREJER, 1999).

O modelo de insumo-produto possui uma percepção mecanicista da tecnologia, que é representada pelos coeficientes técnicos intersetoriais ao expressarem valores médios de grupos industriais com diferentes estruturas de custo e técnicas de produção distintas. Essa propriedade dos coeficientes técnicos é caracterizada por ser essencialmente estática. Convém ressaltar algumas hipóteses básicas do modelo: i) rendimentos constantes de escala, no qual os coeficientes técnicos de produção não se alteram conforme a quantidade produzida; ii) não há substituibilidade técnica

¹ Leontief introduziu o seu conceito de economia como um fluxo circular em *The economy as a circular flow* no ano de 1928 (LEONTIEF, 1991), mas seu modelo de insumo-produto foi formalmente apresentado em *The structure of American economy* em 1941.

entre os fatores de produção; e iii) cada setor industrial opera com a mesma tecnologia e produz um único produto homogêneo (MILLER; BLAIR, 2009).

Apesar da estrutura estática do modelo de insumo-produto, Leontief (1941) reconhecia a importância da mudança tecnológica para o sistema econômico e creditava o seu modelo como um pano de fundo para a análise empírica da interdependência setorial. Para o autor, a mudança econômica poderia teoricamente ser explicada como uma mudança estrutural da matriz de uma economia. Dessa maneira, sistemas com diferentes estruturas são, por definição, estruturalmente diferentes, e poderiam ser comparados entre economias e ao longo do tempo.

Diante de sua configuração estática, houve algumas tentativas de análise dinâmica do modelo de insumo-produto. O próprio Leontief (1986) propôs um modelo dinâmico ao incluir elementos da demanda final que antes eram exógenos, como a variável de investimento, na expressão funcional que determina o crescimento da produção setorial. Porém, a análise dinâmica da mudança tecnológica continuava sendo exógena através de seus coeficientes técnicos fixos. O mesmo pode ser dito com o método de setores verticalmente integrados introduzido por Pasinetti (1973, 1981), que explicitamente se referia à mudança tecnológica como propulsora do crescimento econômico.

Pasinetti (1981), influenciado pelo modelo de produção em subsistemas de Sraffa (1960), utilizou a abordagem de insumo-produto para analisar a mudança estrutural e o crescimento econômico. Para o autor, todos os insumos de produção poderiam ser reduzidos ao fator trabalho, no qual todos os processos de produção seriam verticalmente integrados. Assim, o processo produtivo ganha um aspecto distinto do tratado pelo modelo de Leontief. Na abordagem de sistemas verticalmente integrados, todas as transações intersetoriais são vistas como parte de um processo contínuo, que apenas é completado quando se produz uma mercadoria destinada a suprir uma demanda final. Nessa abordagem, a relação principal deixa de ser as indústrias e passa a ser os produtos, onde cada bem final é expresso pelos elementos que os constituem: a quantidade de trabalho incorporado em todo o processo de produção.

Pasinetti (1981) aplica o seu conceito de setores verticalmente integrados em uma análise dinâmica de um sistema em crescimento como consequência hipotética do aumento populacional (exógeno e constante) e da mudança técnica (constante em cada setor, mas com taxas diferentes entre eles). Partindo de uma situação de pleno emprego, se uma mudança técnica não ocorrer, cada coeficiente técnico irá diminuir com o seu próprio ritmo ao longo do tempo. Ao menos que haja

um correspondente aumento nos coeficientes da demanda, a estrutura do emprego irá mudar com tendência a gerar desemprego. Para manter uma trajetória de crescimento equilibrado, ou seja, com pleno emprego, é necessário um aumento constante da renda *per capita*, além da hipótese de que a força de trabalho é flexível para se mover entre os setores industriais. A estrutura de preços também está sujeita às mudanças contínuas se a taxa de mudança técnica variar de forma diferente entre os setores. Se os preços relativos permanecem constantes de um período para o outro, enquanto há diferentes taxas de progresso técnico, isso implicará em distorções cumulativas da estrutura de preços. Dessa maneira, a estrutura da demanda deve mudar de acordo com o crescimento econômico.

Por outro lado, um aumento da produtividade irá aumentar a renda *per capita*, que, por sua vez, aumenta a demanda, mas não na mesma proporção entre os produtos finais, havendo um deslocamento do conjunto de mercadorias consumidas. Isso implica que a taxa de variação da demanda por um bem está sujeita a uma mudança contínua, e na maioria das vezes diferente da taxa de variação da demanda de qualquer outro bem. Isso pode causar problemas para a unidade individual de produção, uma vez que está enfrentando uma demanda instável para o seu produto, e, portanto, terá de enfrentar problemas com o planejamento de longo prazo da produção (PASINETTI, 1981).

Pasinetti (1981) salienta que não há um mecanismo natural que garanta que o sistema econômico tenderá a se desenvolver ao longo de um caminho de crescimento equilibrado. Assim, o autor sugere a necessidade de políticas públicas que regulem o sistema econômico a fim de evitar flutuações severas no ciclo de negócios, além de que as empresas devem se envolver ativamente do processo de manutenção de uma demanda crescente para garantir o pleno emprego. Entre as maneiras possíveis de se garantir uma demanda crescente envolve justamente a busca por inovações de produto e novas linhas de negócios, e o envolvimento em novos mercados por parte do setor produtivo².

² Pasinetti (1981, p. 224) propõe especificamente quatro maneiras em que um padrão de crescimento equilibrado com pleno emprego pode ser alcançado: i) utilizar estruturas físicas, pessoais, organizacionais, financeiras e *know-how* técnico existentes para entrar em novas linhas de produção onde a demanda esteja em expansão ou para introduzir produtos completamente novos; ii) manter um acúmulo de ideias sobre novos produtos e novos investimentos em produtos a fim de suavizar potenciais dificuldades e garantir uma expansão potencialmente constante; iii) tentar manipular as decisões dos consumidores através de propaganda e publicidade; e iv) descobrir ou desenvolver diretamente novos mercados no exterior.

Por mais que o mecanismo do processo produtivo dos setores verticalmente integrados de Pasinetti (1981) seja diferente do modelo de insumo-produto tradicional, não há uma diferença lógica entre as duas abordagens do ponto de vista empírico. A diferença reside basicamente no critério de classificação: os coeficientes de produção de um modelo verticalmente integrado são combinações lineares dos coeficientes de produção do modelo de insumo-produto. Assim, é possível passar de um modelo para o outro por um simples rearranjo algébrico. A vantagem do uso dos coeficientes técnicos de uma abordagem verticalmente integrada é de que os mesmos sintetizam em um único valor todo o complexo processo circular direta e indiretamente incorporado na produção. Isso é útil para a análise de sistemas econômicos ao relacionar as mudanças na demanda final e os elementos totais requeridos, ou seja, o fluxo total de trabalho ou de outros meios de produção requeridos ao longo do processo produtivo.

Deve-se destacar, no entanto, que, embora a abordagem de Pasinetti (1981) lide em teoria com a mudança estrutural em um sistema dinâmico, no qual o progresso técnico é o principal responsável pelo crescimento econômico, de forma empírica, o modelo continua sendo estático e a tecnologia dada de forma exógena. Os coeficientes técnicos intersetoriais continuam se expressando como resultados reais observáveis da produção (DREJER, 1999). A incorporação da mudança tecnológica nos modelos de insumo-produto ou de setores verticalmente integrados no sistema econômico através de suas relações intersetoriais serão discutidos nas próximas seções.

1.1.2 Interdependência tecnológica setorial: incorporando a mudança tecnológica na abordagem de insumo-produto

As abordagens de insumo-produto e de setores verticalmente integrados apresentadas na seção anterior mostram os mecanismos de interdependência setorial de uma economia. Por mais que essas abordagens chegaram a delimitar proposições dinâmicas e reconheceram o papel da mudança tecnológica como propulsora do crescimento econômico, a análise empírica continua sendo estática e a tecnologia, representada pelos coeficientes técnicos intersetoriais, exógena. Algumas tentativas teóricas de conciliar a abordagem estruturalista de insumo-produto e da mudança tecnológica da economia da inovação são analisadas nessa seção.

Dentro da economia industrial e da tecnologia, a abordagem de mudança tecnológica e de seus impactos na produtividade ou no crescimento econômico seguiram, em boa parte, a tradição

schumpeteriana de economia da inovação. Schumpeter (1982) estabeleceu as bases de um processo de concorrência dinâmico e da mudança tecnológica como fator central para o desenvolvimento capitalista. A abordagem do autor trata o desenvolvimento como um processo descontínuo e permanentemente fora do equilíbrio. Esse processo é gerado pelas inovações que vêm de dentro do sistema econômico (endógenas), e que consiste de novas combinações de produtos, processos, insumos, mercados, indústrias e qualquer outra forma de organização. Essas novas combinações se inserem em um ambiente de “destruição criadora”, denominada assim por substituir as estruturas velhas pelas novas.³

Schumpeter é amplamente aceito como principal precursor da economia evolucionária, escola que desenvolveu de forma mais sistemática um arcabouço dinâmico da concorrência longe das hipóteses de equilíbrio simplificadoras da economia neoclássica, mesmo que de maneira pouco formal e mais difusa do que no modelo de equilíbrio geral. Ao tratar o sistema econômico de forma extremamente complexa e constantemente fora de equilíbrio, uma abordagem empírica das relações intersetoriais de toda a economia é praticamente impossível de se mensurar. As hipóteses da abordagem de insumo-produto ressaltadas na seção anterior podem ser vistas com preocupação e descrédito pela tradição schumpeteriana ou da economia evolucionária, mas alguns aspectos sobre relações intersetoriais e tentativas de conciliação entre as duas abordagens, principalmente do ponto de vista meso e macroeconômico, foram discutidos na literatura econômica.

A interdependência produtiva entre os setores industriais de Leontief passou a ser vista também do ponto de vista tecnológico por alguns autores. A ideia de interdependência setorial foi percebida por Rosenberg (2006a), que em sua tentativa de abrir a caixa-preta da mudança tecnológica, também percebeu que um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento econômico de longo prazo na economia norte-americana foram as relações tecnológicas intersetoriais. O autor destacou a importância da análise de insumo-produto para o estudo da mudança tecnológica, pois a técnica permite verificar as mudanças nos requerimentos intermediários entre os setores produtivos. Em sua análise histórica, chamava atenção de Rosenberg (2006a) de como a redução de custo através de melhorias e inovações de alguns setores

³ As fontes da mudança tecnológica na visão de Schumpeter (1982;1984) é comumente associada pela literatura a dois marcos diferentes: no marco 1, de *Teoria do desenvolvimento econômico*, o foco sobre o surgimento de inovações recai na figura do empreendedor “visionário”, enquanto que no marco 2, de *Capitalismo, socialismo e democracia*, o foco passa a ser a grande empresa e seus departamento de P&D. Uma revisão detalhada dos desenvolvimentos teóricos das fontes da mudança tecnológica fogem do escopo dessa tese.

industriais tinham um alcance maior do que o próprio setor, causando também reduções de custos em outras indústrias. Um exemplo clássico desse mecanismo de difusão tecnológica foi o aumento da produtividade do setor de transporte ferroviário da economia norte-americana entre 1870 e 1910, que teve impacto significativo em todos os outros setores da economia do país (ROSENBERG, 2006a).

A análise de Rosenberg (2006a), porém, iria além das repercussões de custos entre os setores industriais ao enfatizar que o próprio desenvolvimento tecnológico em um setor da economia tem se tornado cada vez mais dependente da mudança tecnológica de outros setores. Para o autor, as indústrias estão cada vez mais dependentes de habilidades e recursos externos que são desconhecidos por elas próprias. Dessa maneira, a mudança tecnológica seria constituída pelas interdependências tecnológicas entre os setores, que podem ser vistas tanto pela interdependência de produtos e serviços intermediários decorrentes do modelo de insumo-produto, quanto pela interdependência de tecnologias complementares ou genéricas de mensuração mais difícil.

Esse segundo aspecto da interdependência tecnológica setorial também é abordado por Dahmén (1988) através de seu conceito ainda pouco explorado de “blocos de desenvolvimento”. Para este autor, um bloco de desenvolvimento se refere a uma sequência de complementariedades entre os setores industriais por meio de uma série de tensões estruturais, nos quais os desequilíbrios poderiam resultar numa situação de desenvolvimento equilibrado. O autor dá como exemplo a indústria têxtil britânica em 1730, no qual a introdução de novos equipamentos manuais mais rápidos de tear levou a uma escassez de fios. Isso induziu um grande número de inovações na indústria de fiação, que aumentou a sua capacidade, mas que depois deixou a indústria de tecelagem defasada até o surgimento do tear mecânico. Até que uma situação de equilíbrio entre as indústrias de fiação e de tecelagem fosse atingida, uma série de tensões estruturais ocorreram ao longo do tempo, o que levou a um processo de desenvolvimento dinâmico (DAHMÉN, 1988).

Dahmén (1988), por outro lado, percebia que essa interdependência tecnológica setorial dinâmica seria difícil de perceber em um modelo de insumo-produto estático, e propunha que essa evolução somente seria verificada com todas as suas nuances sob o aspecto microeconômico. Nesse sentido, Lundvall (1988) enfatizou bastante as relações entre firmas produtoras e usuárias de inovação em uma abordagem de mercado organizado, que é caracterizado por transações entre unidades formalmente independentes e por um fluxo de informações sobre a quantidade e o preço, numa perspectiva diferente da alocação ótima da concorrência perfeita. O autor destacava a

importância da inovação de novos produtos para uma visão econômica da firma. Se uma economia é caracterizada por divisões de trabalho verticais e atividades inovativas onipresentes, é de se supor que uma parte substancial de todas as atividades inovativas está dirigida às firmas usuárias, que estão fora das unidades de inovação.

A interdependência tecnológica pelo lado da firma também é ressaltada por Dosi (2006), no que se refere a difusão como um processo inovador em que a imitação e a transferência de tecnologia estão associadas às trajetórias tecnológicas. Esse processo ocorre devido às mudanças e aperfeiçoamentos incrementais entre as relações de empresas fornecedoras e usuárias. As trocas de informações, capacitações, demandas e adequações entre as firmas sobre os novos produtos formam trajetórias que definem o progresso de determinada tecnologia. Nesse sentido, Dosi (2006) critica alguns modelos de difusão que não consideram a questão dos aperfeiçoamentos adicionais pela relação entre os agentes e de que a difusão pelo lado da demanda não se resume a simples decisão de aquisição, devendo considerar os *feedbacks* positivos inseridos numa trajetória tecnológica. As cadeias de inovações, em diferentes setores interligados, tendem a reforçar círculos virtuosos e impactam os níveis tecnológicos setoriais.

Essa visão dinâmica e endógena da tecnologia em uma abordagem microeconômica de fato não é percebida numa abordagem meso ou macroeconômica de um modelo de insumo-produto, que apenas mede as trocas de produtos e serviços entre os setores em um dado momento. Porém, como já ressaltado, a análise das relações tecnológicas intersetoriais de todo o sistema econômico de forma empírica fica difícil sem levantar as suas hipóteses simplificadoras. Além do mais, como ressaltado por Drejer (1999), mesmo que uma análise microeconômica, como dito por Dahmén (1988), seja um caminho promissor para perceber essas questões, as inter-relações da matriz de insumo-produto ao nível meso/macro podem aumentar a nossa compreensão da dinâmica industrial no nível meso/macro.

Essa conclusão também foi percebida por Schmookler (1966), que abordou a interdependência tecnológica setorial numa tentativa de mensuração empírica no formato de uma matriz em nível setorial muito parecido com o modelo de insumo-produto. Do ponto de vista conceitual, Schmookler (1966) já destacava a importância dos setores usuários das inovações para

o desenvolvimento tecnológico⁴, assim como foi apontado por Dahmén (1988) e por Lundvall (1988) em nível da empresa. O autor ressaltava que a maior parte da produção das indústrias é direcionada para outras indústrias, e não para o consumidor final. Por essa razão, a habilidade dos produtores de colocarem novos produtos no mercado dependem precisamente da “progressividade” de seus usuários, ou seja, a competência destes é um importante fator em determinar a habilidade do produtor em criar ou melhorar seus produtos.

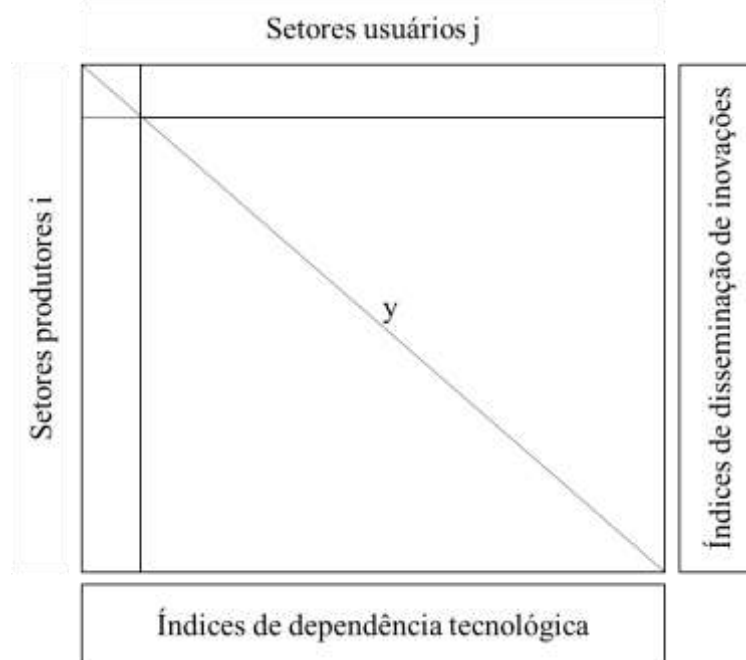
Nessa relação de interdependência tecnológica setorial, Schmookler (1966) acrescentava ainda que a melhor maneira de melhorar a tecnologia e a técnica de produção de uma indústria é geralmente através da compra de melhorias ou de novos produtos ou insumos de outras indústrias, ou seja, através da tecnologia incorporada em novos produtos. Para o autor, isso poderia ser medido por meio de alguma variável de tecnologia em nível setorial (patentes ou gasto em P&D, por exemplo) em proporção a alguma medida de troca entre os setores industriais. Schmookler (1966) chegou a esboçar uma matriz hipotética de fluxo de tecnologia entre os setores indústrias e que claramente se assemelha com os coeficientes técnicos de Leontief em proporção ao número de patentes.⁵

A ideia de Schmookler (1966) pode ser percebida em Archibugi (1988), que sintetiza que o campo de pesquisa da mensuração da inovação entre setores produtores e usuários deve seguir uma matriz como na Figura 1.1. A matriz na figura registra as inovações em termos do setor de atividade de produção física i e setores de utilização dessas inovações j . As linhas mostram as indústrias a partir do qual um dado setor transfere tecnologia, já as colunas mostram as indústrias a partir do qual um dado setor adquire tecnologia. A linha y , por outro lado, representa as inovações criadas e utilizadas pela mesma indústria. Esse tipo de análise permite criar índices de dependência e disseminação de tecnologia setorial, tanto do ponto de vista de direção quanto de intensidade. Esse tipo de análise também permite deduzir as interconexões existentes entre indústrias, além de analisar em cada setor àqueles que obtêm e àqueles que fornecem tecnologia.

⁴ No debate sobre os determinantes da inovação, geralmente é ressaltado as diferenças entre as abordagens de inovações induzidos pela demanda (*demand-pull*) e inovações induzidas pelo impulso da ciência e da tecnologia (*technology-push*). A hipótese de *demand-pull* frequentemente é atribuída a Schmookler (DOSI, 2006), que ressaltava não só a demanda final, como também, e principalmente, os setores usuários ou compradores de novos produtos.

⁵ Schmookler (1966) faleceu antes de executar de forma empírica a sua abordagem, que foi utilizada e citada posteriormente por Terleckyj (1980) e Scherer (1982) (SCHERER, 1984).

Figura 1.1 - Matrix tecnológica entre setores produtores e usuários



Fonte: Archibugi (1988)

A abordagem oferecida por Schmookler (1966) e sintetizada por Archibugi (1988) foi testada em alguns estudos empíricos que serão analisados com mais detalhes na próxima subseção. Como analisado por Marengo e Sterlacchini (1990), a abordagem em matrizes de insumo-produto com a incorporação de alguma variável de tecnologia fornece um quadro rigoroso para a análise da interdependência do sistema produtivo e os resultados empíricos geralmente são simples e satisfatórios. Porém, a incorporação e a difusão da tecnologia através dos fluxos de compra e venda de produtos ainda deixam dúvidas com relação ao caráter endógeno da inovação trazido pela tradição schumpeteriana da mudança tecnológica.

Drejer (1999) analisa esse aspecto trazendo tanto os argumentos em nível meso e macroeconômicos trazidos por Rosenberg (2006a) e Schmookler (1966), quanto em nível microeconômico trazido por Lundvall (1988). Para a autora, a interdependência entre os setores produtores e usuários da tecnologia quanto ao desenvolvimento da tecnologia podem ser representados pelos coeficientes técnicos das matrizes de insumo-produto de forma endógena desde que sejam determinados por fatores internos ao sistema, ou seja, em função das competências e dos recursos das indústrias circundantes (para trás e para frente da cadeia produtiva) relevantes para uma indústria em questão.

Drejer (1999) destaca que em qualquer modelo econômico é necessário que o número de elementos endógenos (desconhecidos) seja igual ao número de equações do modelo. No sistema de insumo-produto, a demanda final e os coeficientes técnicos são exógenos, enquanto os produtos setoriais (*outputs*) são os únicos elementos endógenos. Para que os coeficientes técnicos se tornem endógenos não se pode expressar as características do sistema em apenas uma única equação, devendo-se incluir uma equação adicional. Para a autora, a endogenização implica que a matriz dos coeficientes técnicos esteja em função de uma outra matriz de conhecimento ou tecnologia. Isso é o que de fato é feito nos modelos de interdependência tecnológica setorial que utilizam as matrizes de insumo-produto em proporção a alguma outra matriz de patentes ou com variáveis de gastos em atividades inovativas como P&D⁶. O problema maior reside no caráter dinâmico dessa estrutura que pode ser facilmente representado de forma teórica, mas de difícil análise empírica.

Por fim, cabe ressaltar que a questão da interdependência tecnológica setorial amplamente é discutida por abordagens mais gerais e sistêmicas como as de sistemas nacionais de inovação (e.g. Lundvall, 2010), sistemas setoriais de inovação (e.g. Malerba, 2002) e sistemas tecnológicos (e.g. Leoncini e Montresor, 2003), que visam explorar características e capacidades inovadoras através de conjuntos e configurações institucionais e outros atributos intrínsecos do sistema econômico, como contextos históricos. Lundvall et al. (2002) e Andersen (2010) são mais céticos ao uso de matrizes de insumo-produto justamente por elas captarem apenas as trocas dentro do sistema produtivo, já Leoncini, Maggioni e Montreser (1996) e Leoncini e Montresor (2003) utilizaram bastante a metodologia de insumo-produto em suas análises de sistemas tecnológicos ao buscarem captar também outros componentes importantes do sistema econômico, como as instituições governamentais e institutos de pesquisa e universidades. Isso depende basicamente da disponibilidade de dados desses outros componentes na análise proposta, não modificando de forma empírica a abordagem padrão já discutida de Schmookler (1966). Uma revisão de trabalhos empíricos sobre a análise e identificação de interdependência tecnológica setorial é apresentada na próxima subseção.

1.1.3 Abordagens empíricas de interdependência tecnológica setorial

⁶ A representação algébrica dessa relação será apresentada no Capítulo 3.

A análise de interdependência setorial de uma economia através de matrizes de insumo-produto é uma abordagem antiga que passa diretamente pelas definições de índices de ligações para trás e para frente explorados por Rasmussen (1956) e Hirschman (1958). Para estes autores, o índice de ligações para trás (*backward linkage*) indica até que ponto um setor demanda insumos da economia, em comparação com outros, no qual valores maiores do que um indicam setores altamente dependentes do resto da economia. Já o índice de ligações para frente (*forward linkage*) indica até que ponto um dado setor, em comparação com os outros, possui os seus insumos demandados pela economia, no qual valores maiores do que um indicam setores cujas produções são amplamente utilizadas pelos outros. Um dos objetivos propostos por essa metodologia era o de identificar setores-chaves de uma economia, que seriam aqueles que apresentassem maiores encadeamentos para trás e para frente, dando maior poder de dinamismo em um sistema econômico.

A análise de índices de ligações para trás e para frente também pode levar em consideração a incorporação de indicadores de tecnologia numa abordagem de interdependência tecnológica setorial. Neste caso, como enfatizada por Drejer (1999), é assumido que ligações que envolvam indústrias intensivas em tecnologia ou em conhecimento são susceptíveis de serem mais dinâmicas do que setores que possuem ligações “comuns” da abordagem tradicional, já que a tecnologia ou o conhecimento é um fator chave para o desenvolvimento econômico. Uma maneira simples de incorporar a tecnologia nos índices de ligações é através da inserção dos vetores de P&D setoriais adaptados na matriz de insumo-produto⁷, como destacado na seção anterior.

Drejer (1999) ressalta, porém, que o tipo de análise descrito nos dois parágrafos anteriores deve ser considerado com cautela e apenas como um primeiro passo nos estudos sobre padrões de ligações intersetoriais ou para identificação de setores-chaves em termos de intensidade tecnológica. Alguns estudos empíricos mais profundos como os de Pavitt (1984) e De Bresson et al. (1994) buscaram compreender justamente os padrões de ligações intersetoriais com base em suas características tecnológicas.

O trabalho de Pavitt (1984) teve como objetivo principal encontrar padrões setoriais associados às trajetórias tecnológicas. Para isso, o autor utilizou os critérios de fontes de tecnologia empregadas (externas ou internas), de quais eram as necessidades dos usuários e as formas de

⁷ Drejer (1999) também incorpora, além dos valores de P&D, vetores setoriais de número de patentes e proporção de funcionários com curso superior em engenharia ou ciências naturais.

apropriabilidade. Com o uso de uma base de dados de duas mil inovações significativas de empresas do Reino Unido, Pavitt (1984) chegou na elaboração de uma taxonomia em quatro grupos de indústrias: i) dominados por fornecedores, ii) intensivos em escala, iii) fornecedores especializados, e iv) baseados em ciência. Mais do que elaborar uma taxonomia, o autor também se referia ao fluxo de tecnologia entre esses grupos. Assim, a evidência empírica sugeria que setores dominados por fornecedores identificados geralmente como os da agricultura e da manufatura tradicional dependiam das difusões técnicas superiores de outros grupos, como os intensivos em escala (bens de consumo duráveis, produtos intermediários), fornecedores especializados (maquinaria, instrumentos) e baseados em ciência (eletrônico, química). A análise de Pavitt (1984), porém, possui a limitação de não representar as inter-relações totais de todo o sistema econômico como numa análise de insumo-produto.

Assim como em Pavitt (1984), De Bresson et al. (1994) também coletou informações sobre fontes de inovações e de seus usuários. Com uma base de dados de 24 mil firmas italianas, o autor construiu uma matriz de atividade inovativa identificando a inovação mais importante de cada empresa e de seus usuários típicos. Os autores concluíram que os principais fornecedores de inovações se encontram em setores distintos dos principais usuários e que as atividades inovativas ocorriam em um pequeno espaço econômico do sistema nacional de inovação da Itália. Posteriormente, De Bresson (1996) aplicou sua extensa pesquisa para empresas do Canadá e China. O trabalho do autor possui a vantagem de contar com uma base de dados muito ampla de um *survey* completo indisponível em muitos países e levar em consideração a construção de uma matriz de inovação entre usuários e fornecedores. Por outro lado, uma análise de trocas econômicas como numa análise de insumo-produto não é levada em consideração.

Como há pouquíssimas pesquisas que fornecem uma matriz de inovação de forma direta como em De Bresson (1996), uma maneira de identificar setores-chaves e de evidenciar de forma gráfica as relações intersetoriais com a imputação de valores de P&D na matriz de insumo-produto foi apresentado por Schnabl (1994; 1995). Este utilizou uma técnica denominada *subsystem minimal flow analysis* (SMFA), definido como um método gráfico-teórico que fornece visualizações de características estruturais, aplicado às informações da matriz de insumo-produto numa abordagem de subsistemas⁸.

⁸ Essa abordagem será apresentada com mais detalhes no Capítulo 3.

O método desenvolvido por Schnabl (1994; 1995) permite analisar as relações setoriais de forma qualitativa, ao ilustrar ligações relevantes sobre determinados setores industriais. Numa abordagem de fluxo de tecnologia, o método SMFA com as informações dos subsistemas permite visualizar e qualificar de forma prática quais são os principais setores de uma economia responsáveis por fornecer e utilizar tecnologia. Düring e Schnabl (2000) aplicou o método para as economias da Alemanha, Estados Unidos e Japão para os anos de 1980 a 1990 e observaram estruturas de fluxo tecnológicos intersetoriais parecidos entre os países.

Em todos os três países foi possível perceber que o setor de química é uma importante fonte de tecnologia para outros setores, enquanto que os setores de materiais eletrônicos e de máquinas e equipamentos são centrais tanto no fornecimento quanto no recebimento de tecnologia. Já o setor de veículos motorizados foi unanimidade como um importante receptor de tecnologia de outros setores. Por outro lado, foi possível identificar algumas diferenças nos fluxos de tecnologia intersetoriais entre os países. Foi possível perceber, por exemplo, a importância dos setores de aeronaves e de petróleo como receptores de tecnologia para a economia norte-americana e o de papel e celulose para a economia japonesa. O setor de plástico e borracha também foi verificado como central nas ligações tecnológicas para a Alemanha e o Japão, além do setor de aço ser um importante fornecedor de tecnologia neste último.

Drejer (1999) aplicou o método SMFA para a Dinamarca entre 1979 e 1991, e verificou a importância dos setores de alimento e vários serviços como maiores receptores de tecnologia, enquanto o setor de máquinas e equipamentos foi visto como o principal fornecedor de tecnologia. A autora concluiu que a intensidade do P&D incorporado em novos produtos de outras indústrias é maior do que o P&D próprio em setores menos intensivos em tecnologia como os de vestuário, construção e serviços, enquanto que essa proporção é menor para setores mais intensivos em tecnologia como os de instrumentos ópticos e eletrônica. Outra observação é a de que enquanto os fornecedores de tecnologia tendem a ser concentrados em poucas indústrias, os usuários tendem a ser mais diversificados e estáveis, principalmente devido à alta quantidade de setores relacionados a serviços. Papaconstantinou, Sakurai e Wyckoff (1998) também verificou o impacto do gasto em P&D de forma direta e indireta de 10 países da OCDE e chegou em conclusões semelhantes.

Um outro método gráfico muito parecido com o apresentado por Schnabl (1994; 1995) é o de análise de redes apresentado por Leoncini, Maggioni e Montresor (1996). A forma de análise e os objetivos são os mesmos: o de levantar características de interdependências setoriais de uma

economia do ponto de vista de sistemas tecnológicos. Os autores aplicaram seus conceitos para comparar os sistemas tecnológicos da Itália e da Alemanha, e perceberam que o segundo era caracterizado por um alto nível de conexões sistêmicas de forma bem distribuída entre os setores industriais, enquanto o primeiro era caracterizado por um sistema tecnológico segmentado em uma estrutura dualística onde poucos setores de alta intensidade tecnológica coexistiam com um conjunto de setores tradicionais. Leoncini e Montresor (2003) aplicou a mesma técnica em um conjunto maior de países pertencentes a OCDE, evidenciando as diferenças dos sistemas tecnológicos entre os países ao longo do tempo.

A vantagem do uso de análises gráficas e indicadores de participações e intensidades interindustriais é na visualização prática das estruturas produtivas e dos fluxos tecnológicos entre os setores de uma economia. Esse tipo de estudo permite identificar setores-chaves em termos de suas ligações para trás e para frente na cadeia produtiva, buscando o aspecto tecnológico como fator essencial para o desenvolvimento econômico. Dessa maneira, essa abordagem visa esclarecer os padrões de interdependência tecnológica setoriais específicos de uma economia.

1.2 Fluxo de tecnologia intersetorial e produtividade

1.2.1 Inovação e produtividade

Os trabalhos de Schumpeter (1982) e Pasinetti (1981) destacados nas seções anteriores tinham o objetivo de teorizar que o desenvolvimento ou crescimento econômico implica em mudanças estruturais trazidas especialmente pelo progresso tecnológico. Como bem observado por Rosenberg (2006b), a importância atribuída ao progresso tecnológico surgiu da constatação de vários economistas de que uma parcela muito pequena do crescimento de longo prazo do produto *per capita* norte-americano poderia ser explicado por apenas aumento dos insumos na forma como eles eram convencionalmente mensurados. Trabalhos empíricos mostravam que o simples aumento de mais recursos como capital e trabalho não eram suficientes para explicar o crescimento econômico. Assim, houve certo consenso de que o crescimento do produto *per capita* dependia muito mais do aumento da produtividade dos recursos do que o uso de mais recursos (ROSENBERG, 2006b).

A relação entre progresso técnico ou inovação e crescimento econômico ou produtividade também vem sendo destacada pela economia *mainstream* pelo menos desde Solow (1957) em nível macroeconômico pela teoria do crescimento econômico de longo prazo e de seus desdobramentos⁹. Solow (1957) chegou à conclusão de que quase 90% do crescimento econômico dos Estados Unidos no pós-guerra foi resultado da combinação de novos recursos, ao invés dos acréscimos de mais recursos existentes. Essa abordagem é representada por uma simples equação de uma função de produção típica neoclássica, representada geralmente pelos dois fatores principais de produção (capital e trabalho) em uma função do tipo Cobb-Douglas.

Numa abordagem de economia industrial em nível setorial e em nível da empresa, a análise empírica da relação causal entre inovação e produtividade teve como principal precursor os trabalhos de Zvi Griliches, nos quais são centrados numa abordagem econométrica de estimação da função de produção nos mesmos moldes da perspectiva macroeconômica de Solow (1957). Em um artigo seminal, Griliches (1979) faz uma análise de alguns trabalhos sobre o tema e delimita as bases metodológicas para a sua abordagem, que influenciou a maioria dos estudos posteriores. O autor criou o conceito de estoque de conhecimento da firma, que assim como os fatores de capital e trabalho da função Cobb-Douglas, entraria como um *input* de produção. Esse fator de estoque de conhecimento tinha como variável *proxy* principal o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Dessa forma, Griliches (1979) buscava se afastar das análises de estudos de caso com a finalidade de se concentrar numa abordagem mais geral do impacto da P&D sobre a produtividade total dos fatores.

Mais recentemente, com a maior disponibilidade de microdados a partir de *surveys* de inovação por parte de institutos de pesquisa com base no Manual de Oslo (OCDE, 2005), cresceu bastante o número de estudos que aplicassem os conceitos de Griliches (1979) de forma mais aprofundada. Um modelo bastante citado e replicado em outros trabalhos é o do Crépon, Duguet e Mairesse (1998). As implicações dos autores ficaram conhecidas na literatura como Modelo CDM e possuem a principal característica de inserir a hipótese de que a inovação propriamente dita é um

⁹ A teoria do crescimento endógeno, que busca tratar o progresso técnico como endógeno, avançou muito nas hipóteses simplificadoras sobre a tecnologia na abordagem de crescimento tradicional de Solow. Hipóteses estas típicas da teoria neoclássica, como tecnologia exógena ao modelo, retornos constantes de escala e substituíbilidade unitária entre os fatores de produção. Porém, as hipóteses de equilíbrio e o caráter não tácito trazido pelo conhecimento ainda o afastam de uma conciliação com a teoria evolucionária. Nelson (1997) e o próprio Solow (2000) enfatizam que a nova teoria do crescimento endógeno não possui nada mais do que uma maior sofisticação do modelo de crescimento tradicional. Uma discussão detalhada sobre a teoria do crescimento endógeno foge do escopo dessa tese, que visa trabalhar a produtividade sobre o aspecto intersetorial.

processo intermediário entre a decisão e a intensidade de se investir em P&D e o resultado da produtividade. Dessa maneira, os autores supõem que nem todo esforço inovativo se concretizará de fato no lançamento de inovações bem-sucedidas.

Outra característica marcante do modelo é a estrutura de estimações em etapas, bem como técnicas mais robustas com a finalidade de evitar o problema de endogeneidade entre as variáveis de P&D, inovação e produtividade. Essa característica é importante, pois muitos trabalhos anteriores possuíam sérios problemas de robustez, já que não se preocupavam em resolver o problema causal da seguinte pergunta: são as empresas inovadoras que possuem maiores níveis de produtividade ou são as firmas mais produtivas que inovavam? Dessa forma, usos de técnicas a partir de modelos de seleção e do uso de variáveis instrumentais foram o foco dessa abordagem.

Algumas evidências empíricas recentes dos estudos sobre inovação e produtividade em nível da firma em vários países, que em sua maioria utilizaram o modelo CDM, foram compiladas e revisadas de forma analítica por Mohnen e Hall (2013). Entre as principais conclusões dos autores estão: i) há uma substancial evidência de um impacto positivo do nível de gasto em P&D de uma firma sobre a introdução de inovações, seja ela de produto ou processo; ii) no entanto, o impacto da introdução de inovações de produto e processo sobre a produtividade é ambígua e apresenta comportamentos distintos nos vários trabalhos que replicaram o modelo. Na maioria dos trabalhos, não há uma relação estatisticamente significativa da introdução de uma inovação de processo por uma firma sobre a sua produtividade, e, em alguns casos, essa relação chega a ser negativa¹⁰. Já em outros trabalhos ocorre o oposto, no qual a relação entre inovação de produto e produtividade não apresenta relação causal¹¹. Estes resultados são surpreendentes, principalmente no que se refere à inovação de processo. Teoricamente, o aumento da produtividade surge justamente do corte de custos através de técnicas de produção mais eficientes, que numa abordagem neoclássica, por exemplo, deslocarão a função de produção para um nível em que se produza mais com a mesma quantidade de fatores.

Uma hipótese razoável sobre os motivos de não haver um impacto entre inovação de processo e produtividade nesses estudos é de que há problemas de mensuração da inovação nos *surveys* com base no Manual de Oslo (OCDE, 2005), que não conseguem captar o real efeito da

¹⁰ Os autores analisaram mais de 30 trabalhos sobre os efeitos da inovação sobre a produtividade com dados em nível da firma em vários países diferentes.

¹¹ Por exemplo, Mairesse e Robin (2012) e Lin et al. (2016).

inovação de processo quando colocada junto a inovação de produto, ou simplesmente pela dificuldade de mensuração e coleta desse tipo de dado¹². Outra hipótese levantada por Mohnen e Hall (2013) é que, como a produtividade geralmente é medida pelo valor da receita ou do valor adicionado sobre o número de trabalhadores, a inovação de produto cria um poder de mercado que aumenta a receita. Por outro lado, as melhorias de eficiência das inovações de processo podem não aparecer no valor da receita se essas melhorias resultarem em preços mais baixos sem um aumento correspondente na produção (ao menos no curto prazo).

Esse problema de mensuração da inovação de processo sobre a produtividade já havia sido percebido por Scherer (1984) em um contexto de fluxo de tecnologia intersetorial. O autor chamava a atenção que a maior parte dos esforços inovativos de uma empresa são orientados para a criação e melhorias de novos produtos a serem vendidos para outras empresas, o que distingue dos esforços de melhorias de processo de produção usados internamente. Os estudos empíricos entre inovação e produtividade focavam e continuam em sua maioria se especializando no impacto da introdução de uma inovação por uma empresa *i* sobre a produtividade desta mesma empresa *i*, enquanto o importante a ser testado é o impacto da inovação desta firma *i* para o desempenho da produtividade de uma firma *j* (SCHERER, 1984).

Scherer (1984) ressalta, porém, que as relações de inovação de produto entre as firmas ou entre setores industriais não são muito claras. Algumas considerações comportamentais e de mensuração devem ser levadas em conta. Pelo lado comportamental, um inovador irá capturar todos os benefícios do aumento da produtividade vinda de novos produtos apenas se ele puder se engajar em discriminação de preço de primeiro grau¹³. Sob uma precificação monopolista, alguns dos benefícios dessa inovação irão necessariamente ser repassadas para os compradores. Se, ainda, a competição for vigorosa, a competição por preço permite também que os inovadores retenham apenas uma pequena parte de suas rendas superiores associadas aos seus novos produtos. Esse aspecto foi primeiramente observado por Griliches (1976), que introduziu o conceito de *rent-spillover*. Para este autor, as firmas fornecedoras para outras firmas, sob pressão competitiva, geralmente não são capazes de aumentarem os seus preços de acordo com as melhorias qualitativas

¹² Os *surveys* de inovação com base no manual de Oslo utilizam de perguntas binárias sobre a introdução de inovação de produto e/ou processo, o que impede uma classificação qualitativa do mesmo. A definição do que seria inovação, em qualquer aspecto, também é problemática e pode incorrer em erro de interpretação pelas empresas respondentes.

¹³ A discriminação de preço de primeiro grau, ou discriminação perfeita, consiste na venda de cada unidade de produto ao preço máximo que o consumidor está disposto a pagar por essa unidade (PINDYCK; RUBINFELD, 2006).

de seus produtos. Assim, a razão qualidade/preço geralmente aumenta, levando a ganhos de *spillover* para as firmas que utilizam o produto intermediário ou o bem de capital¹⁴.

Pelo lado problemático da mensuração, Scherer (1984) salienta que as medidas de produtividade disponíveis, através dos valores de receita, produção ou valor adicionado, não levam em consideração deflatores de índices de preços perfeitamente hedônicos¹⁵. Como consequência disso, os deflatores de preço comuns subestimam as melhorias de qualidade dos produtos, o que significa que as medidas de produtividade dos inovadores são mais baixas do que seria se índices de preços hedônicos fossem utilizados. Portanto, os ganhos de produtividade mensurados não são observados pelas indústrias que originam a inovação de produto, e sim pelas indústrias à jusante, que utilizam o novo produto em seu processo produtivo.

Dessa maneira, para determinar os reais efeitos da produtividade dos novos produtos, deve-se traçar o fluxo de tecnologia de uma indústria no qual um novo produto foi originado para as indústrias que utilizam esse produto. Esse pode ser um dos motivos do porquê que as inovações de processo nos trabalhos empíricos econométricos recentes não estão relacionadas com maior produtividade, já que essa relação exige um entendimento em nível interfirma ou intersetorial. O efeito mais importante passa a ser, portanto, na relação entre indústrias produtoras de novos produtos e indústrias usuárias dessas inovações, no qual a inovação é essencialmente de produto, mas utilizada como um novo processo produtivo por outras indústrias. Uma limitação dessa abordagem é de que a mesma apenas é possível em nível setorial por causa da existência de matrizes de insumo-produto, o que é difícil conseguir em nível da firma. A subseção a seguir apresentará os avanços dos trabalhos empíricos sobre essa abordagem.

1.2.2 Abordagens empíricas de fluxo de tecnologia intersetorial e produtividade

Todas as análises empíricas destacadas na seção anterior partiram da definição de uma função de produção, seja no nível macroeconômico de Solow (1957) ou no nível microeconômico de Griliches (1979). Apesar dos avanços em enfocarem o progresso técnico ou a inovação como

¹⁴ Outro conceito de *spillover* levantado por Griliches (1979) e de maior dificuldade de mensuração é o *knowledge-spillover*, que seria induzido pelo conhecimento tácito incorporado.

¹⁵ Preços hedônicos podem ser definidos como bens que são valorizados por seus atributos de utilidade ou por características implícitas, que são revelados aos agentes econômicos a partir de preços observáveis dos produtos diferenciados e ao montante de características específicas em que estão associados (ROSEN, 1974).

determinante principal para o crescimento econômico e para o aumento da produtividade, além de novas especificações (endogenização da tecnologia) e de novas técnicas econométricas mais robustas, as abordagens se limitam por não expandirem a importância das relações fora dos setores industriais e das firmas no processo inovativo.

Um dos primeiros autores a observar a importância do fluxo de tecnologia intersetorial foi Gustafson (1962) ao questionar alguns trabalhos empíricos de sua época sobre a má especificação dos modelos que tentavam relacionar inovação e produtividade em nível setorial. Para o autor, o gasto em P&D por uma firma era em sua maioria voltada para a criação de novos produtos, que só apresentariam melhorias de produtividade (redução de custos) para firmas usuárias desses novos produtos. Como já abordado na seção 1.1.2, Schmookler (1966) propôs uma solução a esse problema a partir de uma extensão da análise de insumo-produto de Leontief com a incorporação de um fluxo de “invenção”. Nesse caso, as linhas da matriz representariam as indústrias que produziram as invenções, as colunas seriam ocupadas pelos setores que usariam essas invenções, e os elementos da diagonal principal representariam as invenções de processo.

Terleckyj (1980) e Scherer (1982a, 1982b) foram os primeiros autores que testaram a abordagem construída por Schmookler (1966) ao atribuírem valores de P&D e/ou patentes nas matrizes de insumo-produto dos Estados Unidos. Utilizando uma imputação dos valores de P&D industriais nos coeficientes técnicos da matriz de insumo-produto, Terleckyj (1980) chegou à conclusão de que o retorno do gasto em P&D de um mesmo setor sobre a sua produtividade foi em torno de 29%, enquanto que o retorno do P&D incorporado através da compra de produtos e insumos de outros setores foi, em média, de 78%, o que evidencia o maior poder explicativo da tecnologia incorporada.

Já Scherer (1982a, 1982b) utilizou um modelo mais complexo e trabalhoso ao também incorporar dados de patentes. O autor, junto com uma equipe de engenheiros e especialistas, analisou mais de 15 mil patentes e classificou-as entre os setores produtores e usuários de cada uma dessas patentes na matriz de insumo-produto. Ao montar uma matriz de patentes, os gastos em P&D setoriais foram incorporados nos fluxos estabelecidos. Scherer (1982a) verificou que 75% das inovações introduzidas nos EUA entre 1964 e 1978 eram de produtos especialmente voltados para outras firmas, e que, assim como em Terleckyj (1980), a produtividade dos setores possuía uma relação com o P&D incorporado através da aquisição de produtos de outros setores maior do que o P&D produzido internamente.

A abordagem trabalhosa de Scherer (1982a) foi replicada com os mesmos dados pelo próprio autor anos mais tarde em Scherer (2003), agora utilizando um fluxo de tecnologia intersetorial de maneira mais simples com a incorporação do P&D setorial sem considerar o trabalho exaustivo de uma matriz de patentes. Os resultados foram muito parecidos entre as duas abordagens, evidenciando que o fluxo de tecnologia intersetorial pode ser utilizado com o uso de técnicas menos dispendiosas.

Paralelamente ao trabalho de Scherer (1982a), Momigliano e Siniscalco (1982, 1984) sugeriram um processo mais sofisticado e rigoroso na construção da matriz de fluxos tecnológicos. Os autores se basearam no conceito de setores verticalmente integrado de Pasinetti (1981) descrito na seção 1.1.1. Esse tipo de abordagem explicita tanto os fluxos diretos quanto os indiretos ao também levarem em consideração os componentes da demanda final da matriz de insumo-produto, e forneceram uma figura mais completa de toda a interrelacionalidade tecnológica do sistema de produção. Os autores aplicaram seus conceitos para a economia italiana e perceberam que um pouco mais de 50% do gasto em P&D era incorporado em novos produtos. Os autores, porém, estavam mais preocupados com o grau de especialização comercial da Itália, e identificaram uma relação positiva e significativa entre exportações e intensidade tecnológica.

A partir dos trabalhos de Scherer (1982a) e Momigliano e Siniscalco (1984), vários outros autores replicaram os conceitos de fluxo de tecnologia intersetorial com pequenas variações de seus modelos. Entre estes trabalhos, encontram-se os de Griliches e Lichtenberg (1984), Verspagen (1997a) e Wolff (1997; 2012), que também utilizaram dados dos EUA, Verspagen (1997b), com dados de países europeus, Sterlacchini (1989) e Geroski (1991) com dados do Reino Unido, Goto e Suzuki (1989) com dados do Japão, Hanel (1994) com dados do Canadá e Van Meijl (1997) com dados da França. Todos estes trabalhos encontraram as mesmas conclusões destacados nos parágrafos anteriores: o P&D incorporado na compra de novos produtos é mais importante para explicar o crescimento da produtividade dos setores industriais do que o P&D próprio desses mesmos setores.

Alguns trabalhos listados no parágrafo anterior também evidenciaram algumas considerações importantes. Geroski (1991), por exemplo, aplicou alguns testes sobre a defasagem temporal dos efeitos do gasto em P&D intersetorial sobre a produtividade. Nos testes realizados pelo autor, os esforços inovativos realizados em anos anteriores parece impactar mais a produtividade do que os esforços realizados em anos mais recentes. Já Goto e Suzuki (1989) fez

alguns testes sobre setores relacionados a tecnologias eletrônicas. Partindo do princípio de que vários setores distintos utilizam tecnologias de base eletrônica (por exemplo: computadores), os autores encontraram que a difusão tecnológica incorporada nesses produtos afeta mais outras indústrias relacionadas ao mesmo tipo de tecnologia (por exemplo: máquinas e equipamentos eletrônicos) do que o restante das outras indústrias. Essas considerações ajudam a esclarecer algumas características do processo inovativo, sendo relevante compreender a defasagem temporal dos efeitos da inovação e da proximidade tecnológica dos setores industriais.

No geral, porém, esses estudos não avançaram muito além do objetivo principal proposto: a importância do fluxo de tecnologia intersetorial como fonte para o desempenho da produtividade. Os trabalhos não avançam sobre questões de mudanças estrutural e não abordam de maneira mais ampla as características dos sistemas tecnológicos das economias estudadas, o que exige uma complementação com os trabalhos citados na seção 1.1.3. A homogeneidade do tipo de resultado encontrado pode decorrer das características das economias estudadas, que se referem a países desenvolvidos da Europa e da América do Norte. Falta estudos empíricos em níveis de economias emergentes ou em desenvolvimento, que pode ser explicado pelas necessidades de base de dados mais difíceis de serem encontradas nestes países.

1.3 Considerações finais

Este capítulo propôs fazer algumas considerações teóricas e empíricas sobre a interdependência tecnológica setorial e os seus efeitos na produtividade. Buscou-se apresentar uma possível conciliação entre a abordagem estática de insumo-produto da tradição de Leontief e a abordagem dinâmica da mudança tecnológica da tradição schumpeteriana. Buscou-se também uma revisão empírica dos estudos sobre interdependência tecnológica setorial para a visualização de padrões setoriais de uma economia e seus efeitos sobre a produtividade.

Apesar do grande poder explicativo empírico das análises de insumo-produto, há pouco referencial teórico quanto à uma discussão que leve em consideração a mudança tecnológica de maneira mais sistemática. O que fica evidente é o *trade-off* entre as duas tradições teóricas abordadas. Os desenvolvimentos da tradição schumpeteriana através da economia evolucionária certamente é mais completa no tratamento do sistema econômico como um todo, mas não possui a mesma aplicabilidade rigorosa e empírica da teoria de equilíbrio geral que está por trás dos modelos

de insumo-produto. Ao mesmo tempo, estes modelos tratam as variáveis de interesse, a tecnologia ou o conhecimento, como constantes, mas possuem uma aplicabilidade bem maior. O que se pode concluir é que a simplificação faz parte na análise econômica, principalmente em nível agregado e tão geral quanto as trocas de todos os setores de uma economia. A quantidade de informação real que um modelo de insumo-produto trás e a incorporação de dados sobre mudança tecnológica servem como aproximações iniciais para os objetivos empíricos propostos.

Além disso, o que as evidências empíricas de outros estudos mostram é que a análise da interdependência tecnológica setorial e de seus efeitos (produtividade) pode ser melhor especificada através de modificações nos coeficientes técnicos de insumo-produto. Essas modificações são representadas pela incorporação de variáveis *proxies* de tecnologia ou conhecimento, e passam a expressar não apenas trocas produtivas, mas também trocas de tecnologia ou de conhecimento incorporados nos produtos transacionados. Esse fluxo de tecnologia intersetorial funciona como um importante mecanismo para o próprio desenvolvimento tecnológico e para o crescimento da produtividade de uma economia. A desconsideração da sistemática das relações setoriais do ponto de vista produtivo e tecnológico pode esconder implicações importantes para a análise econômica.

Por fim, deve-se comentar que os estudos de interdependência tecnológica setorial se desenvolveram mais de forma empírica, com trabalhos que buscaram perceber a interdependência setorial do ponto de vista tecnológico de uma economia, das ligações setoriais para trás e para frente nas cadeias produtivas, na identificação de setores-chave dinâmicos e sobre os efeitos dos ganhos de produtividade numa perspectiva que considere o sistema econômico e tecnológico através de fluxos intersetoriais. Apesar de suas limitações metodológicas, muito desses estudos empíricos se dizem inserir numa abordagem de sistemas nacionais de inovação ou de sistemas tecnológicos por buscarem compreender o padrão geral das relações tecnológicas setoriais de um país ou na comparação entre países. O objetivo desta tese é justamente o de aplicar esses tipos de análises para a economia brasileira.

2 PRODUTIVIDADE, ESTRUTURA PRODUTIVA E INOVAÇÃO NO BRASIL

O capítulo anterior teve como objetivo apresentar uma discussão do problema de pesquisa desta tese do ponto de vista teórico, qual seja o da relação entre interdependência tecnológica setorial e produtividade. Por outro lado, o objetivo deste capítulo é o de contextualizar o problema de pesquisa desta tese do ponto de vista empírico para a economia brasileira recente. Nos últimos anos a economia brasileira vem se especializando na exportação de produtos primários, advindos da agropecuária e da indústria extrativa mineral. Diante de uma intensa competição chinesa para produtos manufaturados, esses setores vêm apresentando maior competitividade devido a um maior crescimento de seus indicadores de produtividade. Dado que a inovação é a principal fonte para o crescimento da produtividade, qual parte desta teve como consequência o investimento em atividades inovativas dos próprios setores e qual parte teve como consequência o investimento em atividades inovativas dos setores fornecedores de tecnologia?

Como ponto de partida para este problema de pesquisa, apresenta-se neste capítulo algumas estatísticas descritivas e algumas análises de decomposições de dados que serão utilizados nas matrizes de insumo-produto nos próximos capítulos. Esses dados se referem a indicadores de produtividade, estrutura produtiva e inovação no Brasil nos últimos anos, principalmente no período mais recente de dados disponíveis e compatíveis entre os anos de 2000 e 2014. Logo, trata-se de um capítulo de contexto empírico, que analisa a evolução e as mudanças dos dados propostos da economia brasileira recente.

O capítulo está dividido em quatro seções. A seção 2.1 tem o objetivo de apresentar a evolução da produtividade em nível do país por meio das duas principais medidas de produtividade encontradas na literatura econômica: produtividade do trabalho e produtividade total dos fatores. Busca-se também fazer uma análise de decomposição dos principais fatores que influenciaram a evolução da produtividade em nível macroeconômico. A seção 2.2 tem o objetivo de fazer uma análise das mudanças da estrutura produtiva brasileira e da evolução da produtividade setorial recente. Apresenta-se também uma análise de decomposição dos efeitos do crescimento da produtividade setorial sobre a produtividade agregada, bem como os efeitos de mudanças estruturais do emprego setorial e das mudanças de preços relativos. A seção 2.3 tem o objetivo de apresentar a evolução dos indicadores de inovação e gastos em atividades inovativas em nível setorial da economia brasileira. Por fim, seção 2.4 apresenta as considerações finais.

2.1 Crescimento econômico e produtividade no Brasil

2.1.1 Produtividade do trabalho

Uma das medidas mais usuais de cálculos da produtividade, até por conta da facilidade de cálculo, é a produtividade do trabalho, medida como o valor adicionado ou valor bruto de produção (VBP) de uma economia ou de indústrias e empresas específicas sobre o número de trabalhadores ocupados ou horas trabalhadas. A produtividade do trabalho possui a desvantagem de não distinguir os ganhos de produtividade advindos de novas tecnologias ou novas técnicas de gestão dos ganhos advindos da substituição de trabalho por capital, mas é a medida mais usual de produtividade por causa da disponibilidade de dados (ELLERY JR., 2014). Do ponto de vista de um país, a produtividade do trabalho é uma medida muito próxima do PIB *per capita*. A Equação 1 ilustra essa afirmação:

$$\frac{Y_t}{N_t} = \left(\frac{Y_t}{E_t}\right) \left(\frac{E_t}{N_t}\right) = \left(\frac{Y_t}{E_t}\right) \left(\frac{E_t}{N_t^{PEA}}\right) \left(\frac{N_t^{PEA}}{N_t^{PIA}}\right) \left(\frac{N_t^{PIA}}{N_t}\right) \quad (1)$$

Onde: o subscrito t indica tempo; N , a população total; E , a população ocupada ou empregada; N^{PIA} , a população em idade ativa; e N^{PEA} , a população economicamente ativa.

Para simplificação, a Equação 1 pode ser reescrita como:

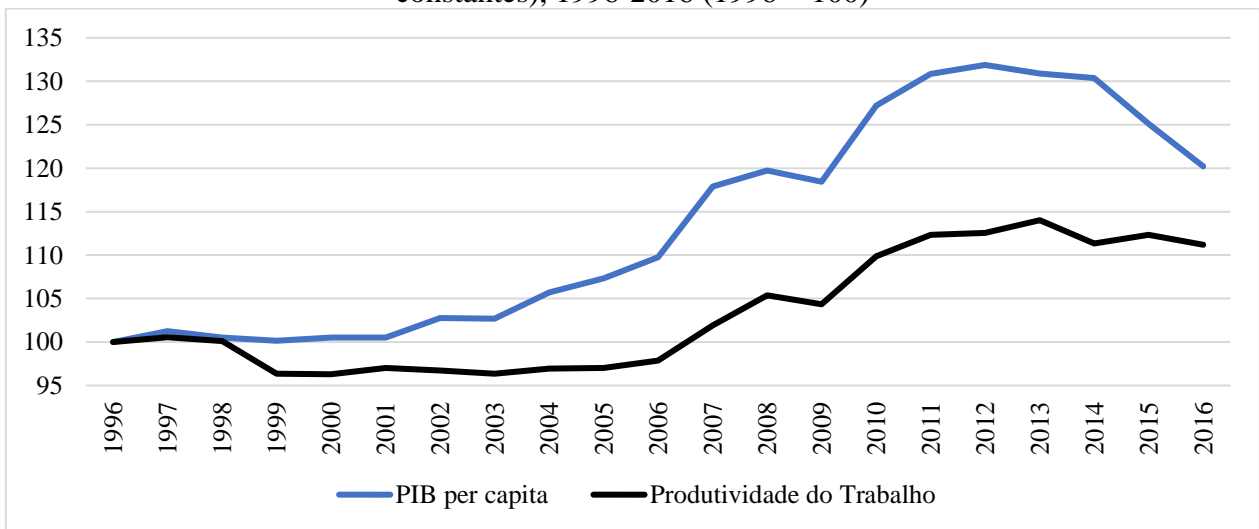
$$n_t = y_t \epsilon_t \varphi_t \rho_t \quad (2)$$

Dessa maneira, O PIB *per capita* $\left(\frac{Y_t}{N_t} = n_t\right)$ pode ser escrito como o produto entre a produtividade do trabalho $\left(\frac{Y_t}{E_t} = y_t\right)$ e a participação da população ocupada no total da população $\left(\frac{E_t}{N_t}\right)$. Por sua vez, essa participação pode ser decomposta pelo produto da taxa de ocupação ou emprego $\left(\frac{E_t}{N_t^{PEA}} = \epsilon_t\right)$, que sintetiza um comportamento do mercado de trabalho; da taxa de atividade $\left(\frac{N_t^{PEA}}{N_t^{PIA}} = \varphi_t\right)$, que sintetiza um comportamento demográfico da força de trabalho

disponível; e de uma taxa de participação $\left(\frac{N_t^{PIA}}{N_t} = \rho_t\right)$, que sintetiza um comportamento demográfico da população potencialmente produtiva.

A Figura 2.1 apresenta a semelhança entre a evolução da produtividade do trabalho e do PIB *per capita* do Brasil entre os anos 1996 e 2016. A série se inicia neste período pela disponibilidade de índices de preços por parte das Contas Nacionais Trimestrais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que permitem o deflacionamento dos dados a preços de 1996. Verifica-se que ambas as variáveis apresentaram crescimentos mais significativos entre 2004 e 2013, mas com taxas cada vez menores a partir de 2010, derrocando em taxas negativas a partir de 2014. No entanto, apesar da evolução semelhante, nota-se um descolamento cada vez maior entre as duas variáveis ao longo do tempo.

Figura 2.1 - Evolução da produtividade do trabalho e do PIB *per capita* no Brasil (a preços constantes), 1996-2016 (1996 = 100)



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016).

Nota: O cálculo da produtividade do trabalho foi feito com base na razão entre o valor adicionado e o número de pessoal ocupado, usando deflatores anuais de acordo com as Contas Nacionais Trimestrais, do IBGE. O valor de pessoal ocupado para o ano de 2016 foi estimado com base nas variações publicadas pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua).

Dado que o PIB *per capita* pode ser decomposto como na Equação 2, a Figura 2.1 mostra que o descolamento cada vez maior entre PIB *per capita* e produtividade do trabalho se deu por meio de aspectos demográficos e a ciclos econômicos que afetaram o mercado de trabalho. Estes efeitos podem ser testados por uma decomposição logarítmica da Equação 2 para medir as

variações das taxas anuais de crescimento da produtividade do trabalho, da taxa de ocupação, da taxa de atividade e da taxa de participação, sendo T a diferença de anos:

$$\frac{\ln n_{t+T} - \ln n_t}{T} = \frac{\ln y_{t+T} - \ln y_t}{T} + \frac{\ln \epsilon_{t+T} - \ln \epsilon_t}{T} + \frac{\ln \varphi_{t+T} - \ln \varphi_t}{T} + \frac{\ln \rho_{t+T} - \ln \rho_t}{T} \quad (3)$$

Como dados da PEA e da PIA não estão disponíveis nas Contas Nacionais, utilizou-se os dados de pessoal ocupado da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)¹⁶, também elaborada pelo IBGE, para compatibilização do cálculo na Equação 3. A Tabela 2.1 apresenta essa decomposição do PIB *per capita* para os subperíodos 1996-2003, 2004-2010 e 2011-2015. Estes subperíodos foram selecionados com base nas inflexões de crescimento econômico observadas na Figura 2.1.

Tabela 2.1 - Taxas médias anuais de crescimento do PIB *per capita*, da produtividade do trabalho, da taxa de ocupação, da taxa de atividade e da taxa de participação no Brasil, 1996-2015 (%)

	1996-2003	2004-2010	2011-2015	1996-2015
PIB <i>per capita</i>	0,38%	3,09%	-1,12%	1,18%
Produtividade do Trabalho	-0,40% (-104,7)	2,23% (72,2)	0,24% (-21,1)	0,78% (66,1)
Taxa de Ocupação	-0,43% (-113,7)	0,25% (8,1)	-0,79% (70,2)	-0,15% (-12,9)
Taxa de Atividade	0,53% (138,5)	-0,26% (-8,3)	-0,27% (23,9)	0,02% (1,7)
Taxa de Participação	0,69% (179,9)	0,86% (28,0)	-0,30% (27,1)	0,53% (45,1)

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

A Tabela 2.1 mostra que, entre 1996 e 2015, a taxa média anual de crescimento do PIB *per capita* foi de apenas 1,18%, dos quais, 0,78% se refere à produtividade do trabalho (com uma contribuição de 66,1%), 0,53% à taxa de participação (contribuição de 45,1%), 0,02% à taxa de atividade (contribuição de 1,7%) e -0,15% à taxa de ocupação (contribuição negativa de -12,9%). Isso significa que a maior parte do crescimento do PIB *per capita* se deu por causa do aumento da produtividade do trabalho e do bônus demográfico, ou seja, do maior número de pessoas em idade ativa para trabalhar.

¹⁶ Apesar de possuírem valores absolutos distintos, as taxas de variações de um ano para o outro para os dados de pessoal ocupado das Contas Nacionais e da PNAD são bastante semelhantes, o que não compromete a análise.

Ao analisar a evolução dessa decomposição, no entanto, evidencia-se a alta volatilidade dos indicadores. O baixo crescimento entre 1996 e 2003 (taxa média anual de 0,38%) se deu inteiramente pela melhora dos aspectos demográficos, com crescimento negativo da produtividade e da taxa de ocupação. Já o crescimento mais robusto entre 2004 e 2010 (taxa média anual de 3,09%) foi puxado principalmente pelo crescimento da produtividade do trabalho, com uma contribuição de 72,2% na decomposição, mas também por uma melhora das taxas anuais de emprego (0,25%) e de participação (0,86%). Por fim, o período mais recente, 2011-2015, é marcado por uma taxa média anual de crescimento negativo do PIB *per capita* (-1,12%), com uma taxa anual de crescimento pequena da produtividade do trabalho (0,24%) e uma piora considerável na taxa anual de emprego (-0,79%) e das taxas anuais de atividade e participação (-0,27% e 0,3%, respectivamente).

A evolução dos dados sugere que o bônus demográfico explicou uma parcela significativa do crescimento do PIB *per capita* mais recente na economia brasileira. No entanto, como os benefícios demográficos tendem a se exaurir devido a taxas de crescimento cada vez mais decrescentes da população em idade ativa¹⁷, não será possível contar com esse fator no futuro. Já a taxa de ocupação, mesmo com a baixa participação na evolução do crescimento da economia brasileira neste período, também possui impacto mais limitado no crescimento econômico de longo prazo, já que não é possível reduzi-la indefinidamente. Isso nos faz concluir que a melhoria do padrão de vida dos brasileiros no longo prazo dependerá cada vez mais de incrementos na produtividade do trabalho. Esta produtividade, contudo, vem se deteriorando pelo menos desde 2011, o que desperta preocupação sobre um ritmo sustentável de crescimento de longo prazo no Brasil.

2.1.2 Produtividade Total dos Fatores (PTF)

Outra medida muito usual de produtividade é a produtividade total dos fatores (PTF), que considera não apenas as variações de pessoal ocupado, mas também de outros fatores de produção, como estoque de capital e capital humano (escolaridade média, qualidade da educação, etc.). Dessa maneira, pode-se captar a produtividade de uma economia a partir de uma típica função de produção, relacionando os fatores capital (K) e trabalho (L). Normalmente, a literatura utiliza uma

¹⁷ Segundo projeção do IBGE, a PIA deixará de crescer no Brasil a partir de 2022 (IBGE, 2017b).

função de produção do tipo Cobb-Douglas¹⁸. Adota-se nesta seção a função empregada por Feenstra, Inklaar e Timmer (2015) por meio da base de dados Penn World Table 9.0¹⁹:

$$Y_t = Af(K_t, L_t) = A_t(K_t)^\alpha((hE)_t)^{1-\alpha} \quad (4)$$

Onde: o subscrito t indica tempo; Y , o produto total; A , a produtividade total dos fatores (PTF); E , o produto da quantidade de pessoal ocupado e do número de horas médias trabalhadas; h , um índice de capital humano, baseado em anos médios de estudo e taxas de retornos da educação nos salários²⁰; e α , que é um parâmetro de elasticidade do capital no produto, no qual $0 < \alpha < 1$ ²¹.

A Equação 4 pode ser reescrita em termos da produtividade do trabalho ao dividir ambos os lados pelo fator trabalho, E_t , no qual o produto por trabalhador ou a produtividade do trabalho (y_t) é o produto do capital por trabalhador (k_t) e do índice de capital humano (h_t):

$$y_t = A_t k_t^\alpha h_t^{1-\alpha} \quad (5)$$

Em termos da PTF, no qual a mesma representa uma medida de todos os fatores que afetam a produtividade do trabalho, que não capital e capital humano:

$$A_t = \frac{y_t}{(k_t)^\alpha (h_t)^{1-\alpha}} \quad (6)$$

A Figura 2.2 apresenta a evolução da PTF para o Brasil entre 1950 e 2014. Observa-se o grande aumento desta variável nas décadas de 1950, 1960 e 1970, atingindo uma taxa de crescimento máxima no ano de 1980. Este período é marcado por um intenso processo de industrialização e aumento da produção industrial na economia brasileira, abrangendo os períodos

¹⁸ A função de produção do tipo Cobb-Douglas é a mais utilizada na economia devido à sua facilidade de cálculo e de interpretação. Esse tipo de função assume que a elasticidade de substituição entre os fatores empregados é unitária, impondo a hipótese de retornos constantes de escala.

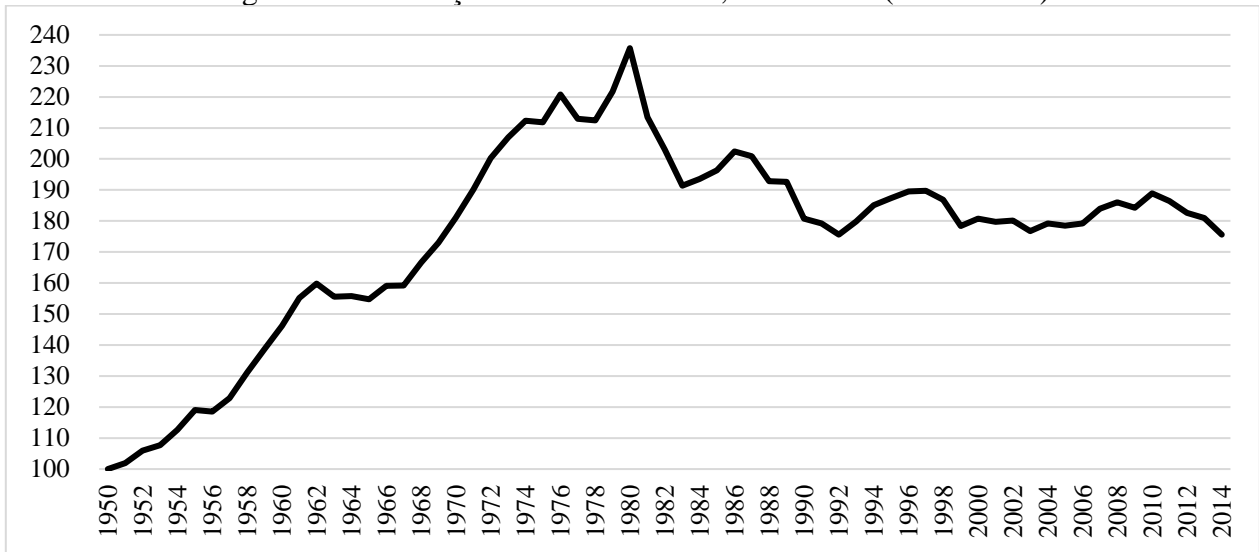
¹⁹ A base de dados da Penn World Table 9.0 abrange dados macroeconômicos a preços constantes de 182 países entre os anos 1950 e 2014. Esta base foi adotada nesta seção devido a sua disponibilidade em longo período e a sua ampla utilização na literatura.

²⁰ Índice calculado por Feenstra, Inklaar e Timmer (2015) com base nas formulações de Barro e Lee (2013) e Psacharopoulos (1994).

²¹ O parâmetro α é estimado como a proporção do PIB que não é obtida pela remuneração do trabalho.

do governo Juscelino Kubitschek e o milagre econômico militar. A partir de 1980, no entanto, o Brasil vem experimentando sucessivos períodos de queda e pequenos aumentos da PTF diante de processos de crises de estabilidade, liberalização econômica, e reprimarização da produção e da pauta exportadora.

Figura 2.2 - Evolução da PTF no Brasil, 1950-2014 (1950 = 100)



Fonte: Feenstra, Inklaar e Timmer (2015)

Ao comparar a evolução da produtividade do trabalho verificada na Figura 2.1 e a evolução da PTF na Figura 2.2 no período entre 1996 e 2014, verifica-se que ambas as variáveis possuíram evoluções semelhantes, mas com uma intensidade menor no aumento da PTF entre 2004 e 2010, e uma intensidade maior na queda da mesma após 2010. Apesar da diferença da base de dados, isto pode sugerir que, ao isolar os efeitos do capital e do capital humano, a produtividade no Brasil na verdade cresceu menos do que o previsto na década de 2000 e caiu mais do que o previsto no começo da década de 2010.

Além do cálculo da PTF a título de acompanhar a sua evolução, é possível verificar a contribuição de cada fonte para o crescimento do produto por trabalhador por meio de uma decomposição logarítmica tradicional da PTF a partir da Equação 5:

$$\frac{\ln y_{t+T} - \ln y_t}{T} = \frac{\ln A_{t+T} - \ln A_t}{T} + \alpha \frac{\ln k_{t+T} - \ln k_t}{T} + (1 - \alpha) \frac{\ln h_{t+T} - \ln h_t}{T} \quad (6)$$

O lado esquerdo dessa equação é o crescimento médio anual do produto por trabalhador entre dois anos, sendo T a diferença de anos. O lado direito decompõe o crescimento da produtividade do trabalho em três componentes: o crescimento da PTF, a contribuição do capital físico e a contribuição do capital humano. Os dois últimos são ponderados pelos seus coeficientes da função de produção (α). Dessa forma, a Tabela 2.2 busca verificar a decomposição do crescimento do produto por trabalhador para o Brasil entre 1950 e 2014 e alguns subperíodos: por décadas e pelos subperíodos mais recentes destacados na Tabela 2.1.

Tabela 2.2 - Decomposição tradicional do produto por trabalhador para o Brasil, 1950-2014 (%)

Intervalo de anos	Produto por trabalhador	PTF	Capital por trabalhador	Capital humano
1950-1959	3,64%	3,63% (99,6)	-0,34% (-9,4)	0,36% (9,8)
1960-1969	2,98%	1,88% (62,9)	0,70% (23,3)	0,41% (13,8)
1970-1979	4,56%	2,25% (49,2)	2,46% (53,8)	-0,14% (-3,0)
1980-1989	-0,89%	-2,24% (250,8)	0,57% (-63,5)	0,78% (-87,3)
1990-1999	1,74%	-0,16% (-8,9)	1,00% (57,6)	0,89% (51,3)
2000-2009	1,47%	0,21% (14,6)	0,27% (18,4)	0,98% (67,0)
2010-2014	1,10%	-1,86% (-168,8)	1,61% (145,9)	1,35% (122,9)
1996-2003	0,26%	-0,97% (-374,5)	0,24% (91,5)	0,99% (383,5)
2004-2010	2,32%	0,89% (38,1)	0,48% (20,8)	0,95% (41,0)
2011-2014	1,09%	-2,06% (-189,4)	1,93% (187,0)	1,21% (111,3)
1950-2014	2,33%	0,88% (37,7)	0,85% (36,5)	0,60% (25,8)

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de Feenstra, Inklaar e Timmer (2015)

A Tabela 2.2 mostra que entre 1950 e 2014 a taxa média anual de crescimento do produto por trabalhador foi de 2,33%, dos quais, 0,88% se refere ao crescimento da PTF (contribuição de 37,7%), 0,85% do crescimento do capital por trabalhador (contribuição de 36,5%), e 0,60% do crescimento do capital humano (contribuição de 25,8%). Isso mostra uma contribuição mais ou menos equivalente entre os três componentes do produto por trabalhador, com destaque um pouco maior para os dois primeiros.

Ao analisar a evolução dessa decomposição, no entanto, evidencia-se tendências e volatilidades dos componentes destacados. Por exemplo, a contribuição do capital humano vem se tornando cada vez maior no decorrer do tempo, no qual sua maior taxa anual de crescimento vem no período 2011-2014 (1,21%). Isso demonstra um crescente aumento dos anos de estudo da

população brasileira, principalmente a partir de 1980²². Já a taxa de crescimento do capital por trabalhador se apresentou bem mais volátil ao longo do tempo. Analisando o período mais recente, percebe-se que essa taxa vem aumentando, vindo de 0,24% em 1996-2003, passando para 0,48% em 2004-2010 e atingindo 1,93% em 2011-2014, sendo responsável, inclusive, pela maior contribuição do crescimento do produto por trabalhador neste período.

Em contrapartida, a evolução do produto por trabalhador e da PTF se mostraram preocupantes nos anos mais recentes. Apesar das magnitudes diferentes encontradas no cálculo da produtividade do trabalho na Tabela 2.1 em comparação com os dados da Tabela 2.2, as evoluções são semelhantes: crescimento baixo em 1996-2003, crescimento mais acelerado em 2004-2010 e um crescimento novamente mais baixo em 2011-2014. Percebe-se que a principal contribuição desse desempenho ruim mais recente na economia brasileira se deve à uma taxa de crescimento anual negativa da PTF de -2,06%, tão baixo quanto na década de 1980 (-2,24%). A Tabela 2.2 ainda destaca a importância do crescimento da PTF para o crescimento do produto por trabalhador ou do crescimento econômico de longo prazo, pois justamente quando aquele sobe mais, este se encontra em níveis maiores.

Outra maneira de analisar a PTF é por meio de um rearranjo da Equação 5, dando destaque para a relação capital-produto $\left(\frac{k_t}{y_t}\right)$:

$$y_t = A_t^{\frac{1}{1-\alpha}} \left(\frac{k_t}{y_t}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} h_t \quad (7)$$

Os termos do produto por trabalhador apresentados na Equação 7 foram destacados por Veloso, Ferreira e Pessôa (2013). Segundo estes autores, a decomposição do crescimento tradicional da Equação 5 subestima a contribuição da PTF para o crescimento e, portanto, superestima a contribuição do capital, pois não leva em consideração que parte da acumulação de capital constitui resposta da economia a um nível mais elevado de produtividade. Dessa maneira, a Equação 7 coloca a função de produção em termos da relação capital-produto, em vez da relação

²² Segundo dados de Barro e Lee (2010), os anos médios de estudo da população de 15 anos ou mais de idade no Brasil passou de 2,1 anos em 1950 para 7,9 anos em 2010. Durante todo esse período a taxa média anual de crescimento foi de 11,8%.

capital-trabalho. A decomposição logarítmica alternativa da contribuição de cada fonte para o crescimento do produto por trabalhador pode ser calculada da seguinte forma:

$$\frac{\ln y_{t+T} - \ln y_t}{T} = \left(\frac{1}{1-\alpha}\right) \frac{\ln A_{t+T} - \ln A_t}{T} + \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right) \frac{\ln\left(\frac{k_{t+T}}{y_{t+T}}\right) - \ln\left(\frac{k_t}{y_t}\right)}{T} + \frac{\ln h_{t+T} - \ln h_t}{T} \quad (8)$$

Nesta decomposição alternativa, a contribuição da PTF para o crescimento do produto por trabalhador é maior do que na decomposição tradicional, já que, além do seu efeito direto, ela incorpora o efeito indireto sobre a acumulação de capital. O mesmo ocorre para o capital humano, também devido ao efeito indireto sobre a acumulação de capital. A Tabela 2.3 apresenta os resultados dessa decomposição alternativa para o Brasil entre 1950 e 2014 nos mesmos moldes apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.3 - Decomposição alternativa do produto por trabalhador para o Brasil, 1950-2014 (%)

Intervalo de anos	Produto por trabalhador	PTF	Capital-produto	Capital humano
1950-1959	3,64%	7,06% (193,8)	-4,11% (-112,9)	0,70% (19,1)
1960-1969	2,98%	3,65% (122,4)	-1,47% (-49,2)	0,80% (26,8)
1970-1979	4,56%	4,37% (95,8)	0,46% (10,1)	-0,27% (-5,9)
1980-1989	-0,89%	-4,36% (487,9)	1,95% (-218,2)	1,52% (-169,7)
1990-1999	1,74%	-0,30% (-17,4)	0,30% (17,5)	1,74% (99,9)
2000-2009	1,47%	0,42% (28,4)	-0,86% (-58,7)	1,91% (130,3)
2010-2014	1,10%	-3,62% (-328,4)	2,09% (189,4)	2,63% (239,0)
1996-2003	0,26%	-1,88% (-728,6)	0,22% (83,4)	1,92% (745,1)
2004-2010	2,32%	1,72% (74,2)	-1,25% (-54,1)	1,85% (79,8)
2011-2014	1,09%	-4,00% (-368,4)	2,74% (251,8)	2,35% (216,6)
1950-2014	2,33%	1,71% (73,4)	-0,55% (-23,6)	1,17% (50,2)

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados de Feenstra, Inklaar e Timmer (2015)

Como esperado, os resultados da Tabela 2.3, ainda que semelhantes aos resultados da Tabela 2.2, dão ainda mais destaque para a contribuição da PTF nas taxas médias anuais de crescimento do produto por trabalhador. Entre 1950 e 2014, a PTF agora apresenta uma contribuição de 73,4% no crescimento do produto por trabalhador, enquanto que no período mais recente, 2011-2014, a queda da taxa anual de crescimento da PTF é de -4,0%. Outro fato

interessante é que a contribuição do capital-produto apresenta sinal negativo quando a contribuição da PTF é positiva. Isso acontece porque a elevação da PTF reduz a relação capital-produto, pois o produto se eleva sem uma alteração proporcional do capital. De qualquer modo, assim como aconteceu com a produtividade do trabalho, a PTF vem diminuindo nos anos mais recentes na economia brasileira.

2.2 Estrutura produtiva e produtividade em nível setorial no Brasil

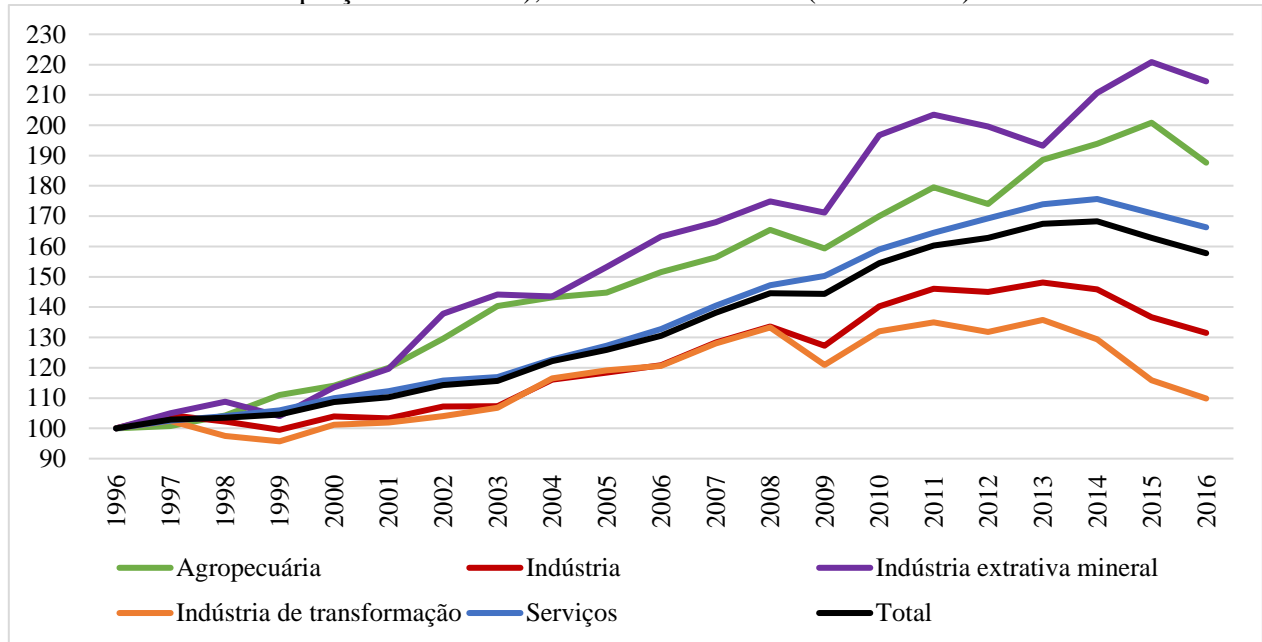
2.2.1 Estrutura produtiva

Nos últimos 20 anos a economia brasileira passou por alguns debates acadêmicos sobre mudança estrutural. No Brasil, este período é marcado por um processo de liberalização econômica, valorização do câmbio e aumento dos preços das *commodities*. No mundo, o período é caracterizado por uma nova organização da estrutura produtiva internacional, marcada pela ascensão da indústria manufatureira de alguns países emergentes asiáticos, sobretudo a China após o ano de 2001, além de constantes crises financeiras mundiais na segunda metade da década de 1990 e da crise de 2008. Estes fatores culminaram em um amplo debate acerca de um possível processo de desindustrialização e reprimarização da pauta de exportações no Brasil. Não se pretende aqui analisar de forma exaustiva estes aspectos, mas contextualizar a evolução da estrutura produtiva da economia brasileira nos últimos anos. As mudanças na estrutura produtiva são essenciais para uma análise da produtividade setorial e da interdependência produtiva e tecnológica setorial na economia brasileira.

A Figura 2.3 apresenta a evolução das taxas de crescimento do valor adicionado dos grandes setores econômicos no Brasil entre 1996 e 2016. Como já analisado nas subseções anteriores, a economia brasileira apresentou taxas de crescimento maiores na primeira década dos anos 2000, taxas de crescimento decrescentes a partir de 2010 e taxas negativas a partir de 2014. Desagregando a economia, percebe-se que a agropecuária e a indústria extrativa mineral cresceram a taxas superiores da economia agregada, enquanto que a soma de toda a indústria e principalmente a indústria de transformação cresceram a taxas inferiores da economia. O setor de serviços seguiu mais ou menos a mesma trajetória do total da economia. Desta maneira, percebe a importância da

agropecuária e da indústria extrativa mineral para o crescimento econômico do Brasil neste período.

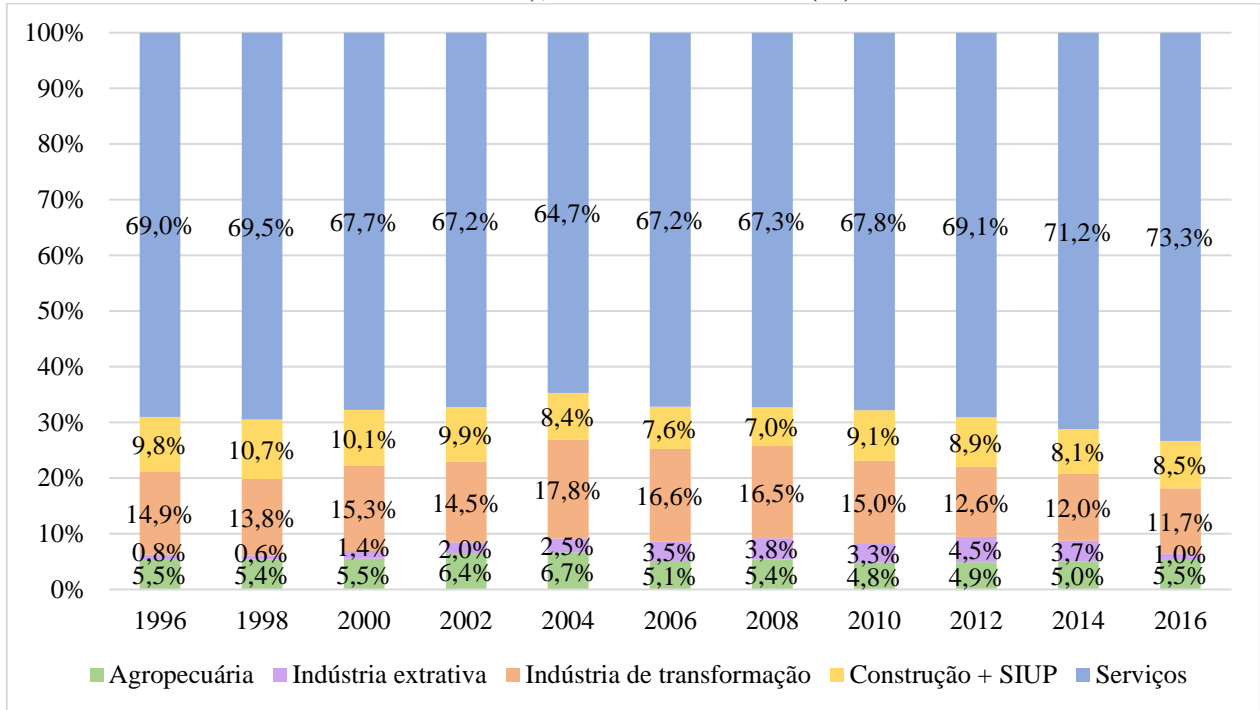
Figura 2.3 - Evolução da taxa de crescimento do valor adicionado dos setores econômicos (a preços constantes), Brasil – 1996-2016 (1996 = 100)



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

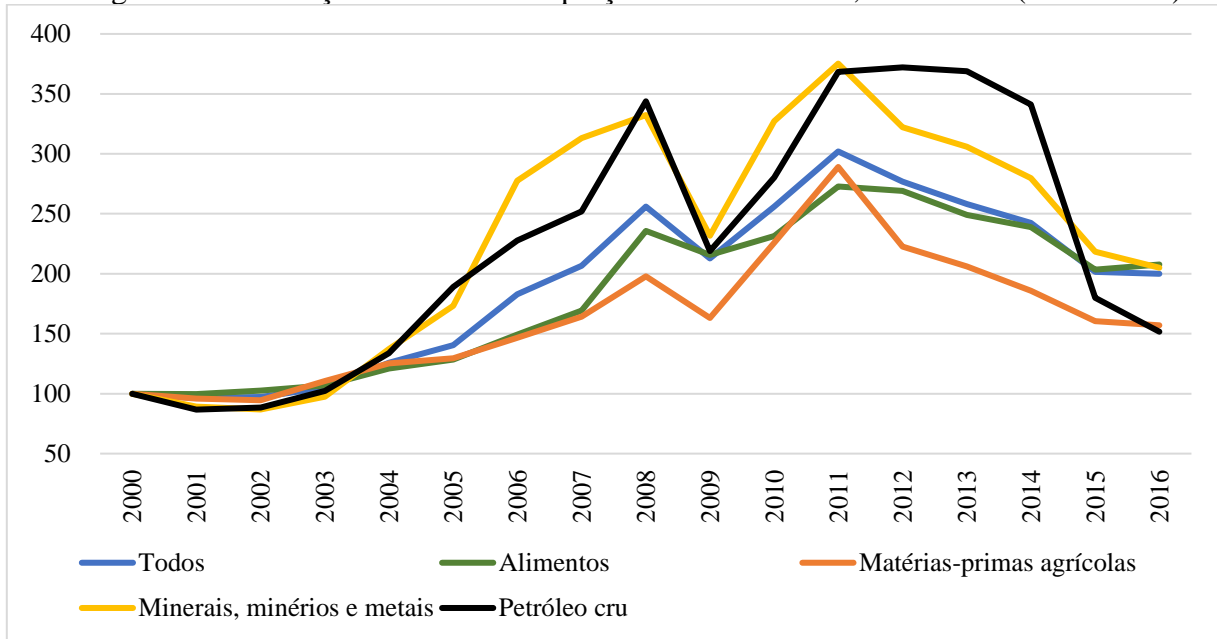
A agricultura e a indústria extrativa mineral, no entanto, representam uma pequena parcela do valor adicionado total. A Figura 2.4 apresenta a participação percentual dos grandes setores econômicos no valor adicionado entre os anos de 1996 e 2016. Utiliza-se dados das Contas Nacionais Trimestrais, do IBGE, a preços correntes. Em vinte anos, percebe-se uma proporção setorial mais ou menos estável. O que chama mais atenção é a relação inversa entre as participações de serviços e da indústria de transformação no valor adicionado da economia brasileira. Enquanto que entre 1996 e 2016 a participação dos serviços aumentou 4,3 pontos percentuais (de 69% para 73,3%), a participação da indústria de transformação caiu 3,2 pontos percentuais (de 14,9% para 11,7%). A indústria extrativa mineral aumentou de forma significativa a sua participação na economia brasileira nos anos 2000, chegando a obter 4,5% do valor adicionado agregado em 2012, mas voltou a apresentar uma participação baixa em 2016 de apenas 1%.

Figura 2.4 - Evolução da participação dos setores econômicos no valor adicionado (a preços correntes), Brasil - 1996-2016 (%)



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

O aumento da participação do valor adicionado da indústria extrativa mineral na primeira década de 2000 e a sua recente queda a partir de 2014 pode ser explicado mais por um efeito preço, devido ao grande aumento e depois queda dos preços das *commodities* neste período, principalmente no que se refere ao minério de ferro e ao petróleo cru, dois dos produtos mais exportados pela economia brasileira no período. A Figura 2.5 apresenta a evolução dos preços das *commodities* entre 2000 e 2016. Destaca-se o aumento acelerado dos preços desses produtos entre 2004 e 2012, principalmente do petróleo cru e dos minerais, minérios e metais. A partir de 2012, no entanto, os preços desses produtos despencaram, atingindo valores próximos aos que possuíam em 2004.

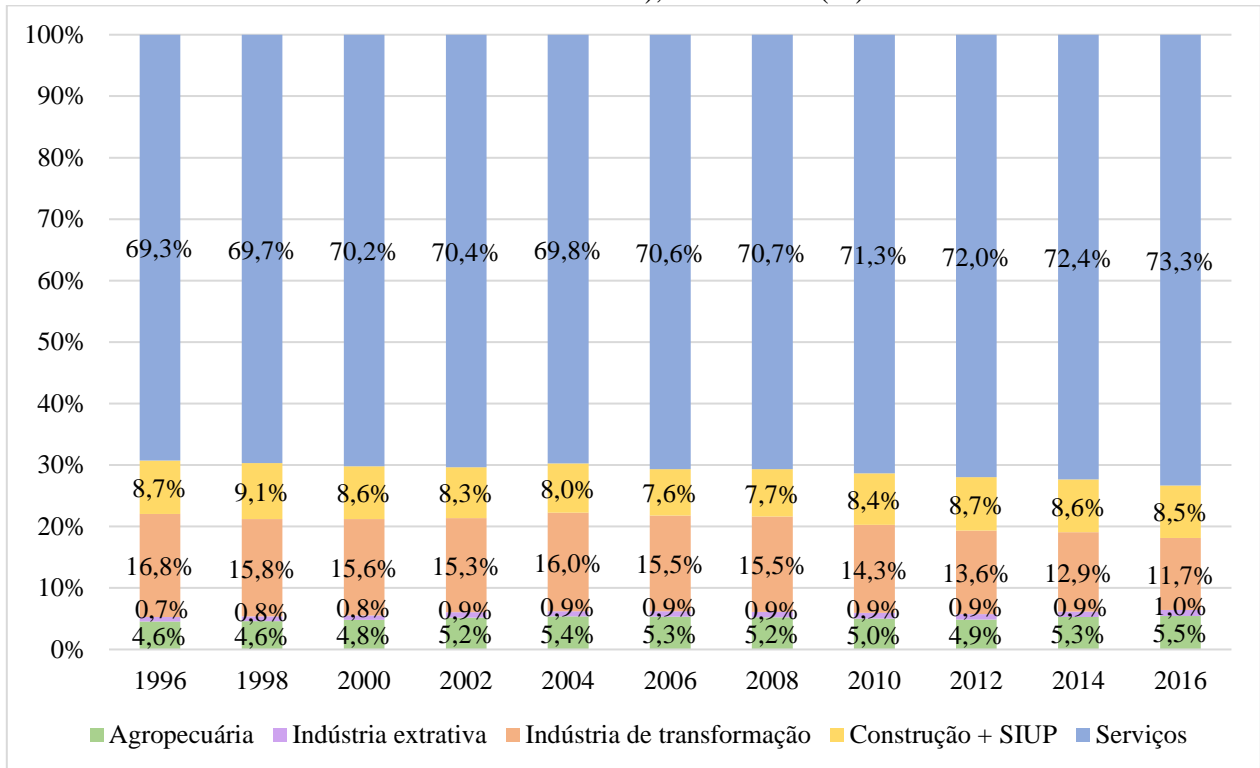
Figura 2.5 - Evolução dos índices de preços de *commodities*, 2000-2016 (2000 = 100)

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da UNCTAD (2017)

A Figura 2.6, que mostra a participação dos setores econômicos no valor adicionado da economia brasileira a preços constantes de 1995, mostra que a participação da indústria extrativa mineral de fato aumentou pouco (de 0,7% em 1996 para 1,0% em 2016). É importante destacar que, como as contas nacionais brasileiras são do tipo base móvel, a passagem dos dados de valor adicionado para uma base fixa implica a chamada perda de aditividade: a soma dos valores adicionados dos setores econômicos desagregados a preços constantes não é igual ao valor adicionado do total da economia agregada a preços constantes (FEIJÓ; RAMOS, 2013). Dessa maneira, neste primeiro momento, optou-se por tornar o total agregado igual à soma das partes desagregadas, já que a perda de informações sobre as mudanças de preços relativos é menos importante para este tipo de análise do que a perda de informações de se utilizar preços correntes²³.

²³ A perda de aditividade para uma análise de participação do valor adicionado é pequena, nos quais a soma das participações dos setores econômicos se torna muito próximo de 100%. Na próxima subseção, ao analisar a decomposição da produtividade setorial no crescimento da produtividade agregada, levará em consideração a mudança dos preços relativos.

Figura 2.6 - Evolução da participação dos setores econômicos no valor adicionado (a preços constantes de 1995), 1996-2016 (%)



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016).

Assim como a evolução da participação dos setores econômicos a preços correntes da Figura 2.4, a evolução dessa participação a preços constantes da Figura 2.6 também mostra a queda da indústria de transformação (de 16,78% em 1996 para 11,7% em 2016) vis à vis um aumento da participação do setor de serviços (de 69,3% em 1996 para 73,3% em 2016). Destaca-se também um leve aumento de 0,9 pontos percentuais da agropecuária. Ainda que a constante evolução de queda da produção industrial esteja bastante clara nesse período, é difícil concluir que há um processo de mudança estrutural ou de desindustrialização da economia brasileira recente, principalmente se levar em consideração que a maior queda da participação da indústria de transformação se deu após a crise financeira mundial de 2008.

Uma análise mais detalhada da participação dos setores econômicos no valor adicionado pode ser feita por níveis maiores de desagregação. Esses níveis podem ser obtidos por meio das tabelas de recursos e usos do Sistema de Contas Nacionais, também elaboradas pelo IBGE. Diante de constantes mudanças de metodologias e de classificações setoriais, os dados compatíveis mais

longos disponíveis é a série retropolada de 2000 a 2014²⁴ em um nível de 51 atividades econômicas. No entanto, níveis muito desagregados dificultam a identificação de tendências e regularidades nos dados econômicos. Nesse sentido, optou-se por uma classificação própria mais agregada.

A indústria de transformação foi desagregada com base na classificação proposta por Kupfer (1998) e Kupfer e Carvalho (2014), e sistematizada por Torracca (2017), que são classificados de acordo com os padrões de concorrência característicos de cada atividade industrial. Estes autores propõe quatro grupo de indústrias: i) *commodities* agroindustriais: atividades intensivas em recursos naturais e energéticos, estando associadas geralmente ao agronegócio e a produtos homogêneos de alta tonelagem; ii) *commodities* industriais: atividades intensivas em recursos naturais diretamente demandantes da indústria extrativa mineral, como refino e petróleo, siderurgia e química básica; iii) indústria tradicional: indústria de bens com menor conteúdo tecnológico que produzem em unidades com poucos requisitos quanto à escala produtiva; prevalece uma variedade de empresas e produtos, que, em geral, destinam-se basicamente ao atendimento do consumo final, como alimentos, têxtil, calçados, dentre outros; e iv) indústria intensiva em tecnológico: atividades mais sofisticadas em termos de intensidade tecnologia e organização da produção; é formada por setores que induzem o progresso técnico na economia, tais como produção de equipamentos mecânicos e eletrônicos, pelos setores de alta tecnologia e pela indústria de bens duráveis de consumo (automóveis, eletrônicos). A correspondência entre estes níveis de classificação e a base das Contas Nacionais está descrita na Tabela A 1, no Anexo.

Na classificação original dos autores citados no parágrafo anterior, o grupo *commodities* industriais também abrange a indústria extrativa mineral, porém, devido ao grande crescimento e depois queda do preço das *commodities* que marcou o período de análise, preferiu-se manter os dois seguimentos separados. Por fim, devido sua grande heterogeneidade, o setor de serviços foi agrupado com a finalidade de dar destaque para os serviços de maior conteúdo tecnológico e diretamente ligados às empresas e ao setor industrial, como serviços de comunicação e informação, serviços prestados às empresas, serviços de transporte, armazenagem e correio, e intermediação financeira e seguros. A Tabela 2.4 apresenta a evolução da participação dos setores econômicos de acordo com a classificação proposta no valor adicionado agregado entre 2000 e 2014, a preços constantes de 2000. Por causa da perda de aditividade os valores agregados da agropecuária, indústria e serviços estão um pouco diferentes do apresentado na Figura 2.6, mas a evolução das participações é semelhante.

²⁴ No final de novembro de 2017 o IBGE divulgou dados das Tabelas de Recursos e Usos para o ano de 2015, mas sem tempo hábil de serem ineridas na tese. Isso, no entanto, não compromete a análise de cunho mais estrutural.

Tabela 2.4 - Evolução da participação dos setores econômicos no valor adicionado (a preços constantes de 2000), 2000-2014 (%)

	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Agropecuária	5,5	6,0	6,2	6,1	6,0	5,8	5,6	6,1
Indústria	26,7	26,2	26,6	25,9	25,8	25,4	24,9	24,2
Indústria extrativa mineral	1,4	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7
<i>Commodities</i> industriais	3,6	3,6	3,8	3,5	3,3	2,9	2,8	2,5
<i>Commodities</i> agroindustriais	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2
Indústria tradicional	5,9	5,6	5,4	5,3	5,1	4,8	4,5	4,3
Indústria intensiva em tecnologia	4,5	4,4	5,0	5,0	5,5	5,3	5,1	4,9
SIUP	3,1	2,9	3,0	3,0	2,9	2,9	3,0	2,8
Construção civil	7,0	6,8	6,4	5,9	6,1	6,9	7,3	7,3
Serviços	67,7	67,8	67,2	68,1	68,2	68,9	69,6	69,9
Comércio	8,1	7,7	7,8	7,9	8,1	8,3	8,2	8,3
Transporte e armazenagem	3,7	3,6	3,5	3,5	3,6	3,5	3,6	3,6
Comunicação e informação	4,3	4,6	4,6	4,6	4,8	4,8	5,2	5,5
Serviços prestados às empresas	5,6	5,5	5,2	5,5	5,6	5,7	6,0	6,0
Intermediação financeira	6,8	6,8	6,4	6,9	8,1	9,0	9,2	9,0
Outros serviços	39,2	39,6	39,7	39,6	37,5	37,2	37,1	37,1

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2016).

Pela Tabela 2.4 é possível verificar que a perda da participação da indústria no valor adicionado da economia brasileira entre 2000 e 2014 se deu principalmente por meio de dois grupos industriais: *commodities* industriais (perda de 1,1 pontos percentuais) e a indústria tradicional (perda de 1,6 pontos percentuais). Quanto ao primeiro, é interessante notar que o crescimento da participação da indústria extrativa mineral no período, muito puxado pelo aumento dos preços de *commodities* como minério de ferro e petróleo cru, não conseguiu aumentar a participação de setores relacionados à frente da sua cadeia produtiva, como é o caso do grupo de *commodities* industriais, que compreende a indústria siderúrgica, metalurgia, indústria de refino de petróleo e química básica. Isso vem de acordo com o debate de reprimarização da pauta exportadora brasileira nos anos mais recentes, voltada para produtos cada vez mais básicos e *in natura*. Por exemplo, a indústria siderúrgica nacional vem perdendo mercados diante do crescimento da produção e da competição chinesa, que, por outro lado, é a maior demandante de minério de ferro do Brasil²⁵.

Já a queda da participação da indústria tradicional vem ocorrendo de forma contínua durante todo o período analisado. Essa indústria vem perdendo competitividade no Brasil também diante do aumento da produção e competição chinesa nesses tipos de produtos, principalmente no

²⁵ Segundo dados do Instituto Aço Brasil (2016) a produção de aço bruto da China em 2015 foi de 50% da produção mundial. Por outro lado, em 2016, cerca de 62% das exportações de minério de ferro do Brasil se destinaram a China (Brasil, 2017).

que se refere à indústria têxtil, de vestuário e de calçados. Por outro lado, a indústria intensiva em tecnologia aumentou a sua participação no período (muito puxado pela indústria automotiva), mas vem perdendo espaço após a crise mundial de 2008. Pelo lado dos serviços, verifica-se que o aumento de sua participação se deu por meio de atividades mais intensivas em tecnologia, como é o caso de serviços de comunicação e informação, serviços prestados às empresas e, principalmente, intermediação financeira. Já serviços relacionados mais à demanda final, compreendidos no grupo “outros serviços”, como saúde privada, serviços domésticos e serviços prestados às famílias, diminuíram a sua participação no valor agregado.

Essa composição do valor agregado e o debate acerca da desindustrialização recente na economia brasileira se torna mais delicada ao se analisar a participação dos setores econômicos nas ocupações totais. A Tabela 2.5 apresenta esses dados para o mesmo período entre 2000 e 2014. Percebe-se que a participação de trabalhadores na indústria aumentou durante o período (de 18,5% em 2000 para 20,9% em 2014). Embora a maior parte deste aumento tenha se dado na construção civil (aumento de 1,6 pontos percentuais), a indústria tradicional e o grupo de *commodities* industriais, que diminuíram sua participação no valor adicionado no período, mantiveram a sua participação nas ocupações totais.

Tabela 2.5 - Evolução da participação dos setores econômicos nas ocupações totais, 2000-2016 (%)

	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Agropecuária	21,2	20,0	20,4	18,8	17,0	15,8	13,3	13,4
Indústria	18,5	18,3	18,4	18,6	19,7	20,8	21,3	20,9
Indústria extrativa mineral	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
<i>Commodities</i> industriais	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
<i>Commodities</i> agroindustriais	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
Indústria tradicional	6,8	6,6	6,9	7,0	7,1	7,2	7,2	6,8
Indústria intensiva em tecnologia	1,5	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,3	2,2
SIUP	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
Construção civil	7,1	7,1	6,7	6,7	7,1	8,0	8,5	8,7
Serviços	60,2	61,7	61,2	62,6	63,3	63,4	65,3	65,7
Comércio	17,4	18,0	17,7	18,2	17,8	18,2	18,4	18,4
Transporte e armazenagem	4,2	4,4	4,2	4,3	4,6	4,3	4,5	4,5
Comunicação e informação	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3
Serviços prestados às empresas	3,7	4,0	4,2	4,3	4,7	5,3	5,7	5,8
Intermediação financeira	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,2
Outros serviços	32,8	33,2	33,0	33,6	34,0	33,4	34,4	34,5

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2016)

No setor de serviços, o maior aumento da participação no emprego se deu nos serviços prestados às empresas (aumento de 2,8 pontos preceituais), o que pode indicar também um processo de terceirização do emprego industrial, ou seja, atividades que antes eram classificadas como emprego industrial passaram a ser classificadas como emprego de serviços. Por fim, a Tabela 2.5 ressalta que a grande mudança estrutural em termos de ocupações totais se deu na agropecuária, que possuía uma participação de 21,2% em 2000 e passou a apresentar uma participação de 13,4% em 2014. Essas diferenças em termos de composição do valor adicionado e das ocupações são importantes para a análise dos indicadores de produtividade do trabalho em níveis setoriais da economia brasileira mais recente. A análise desses indicadores é feita na próxima subseção.

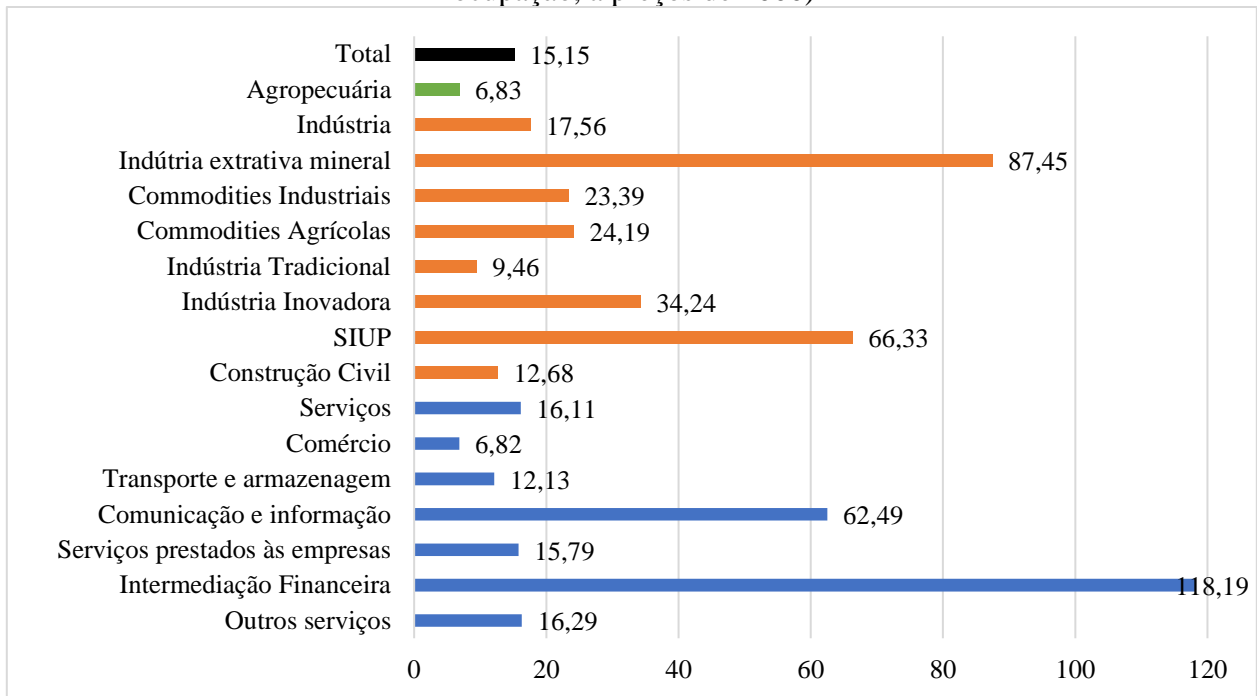
2.2.2 Produtividade do trabalho em nível setorial

A análise da evolução da produtividade em níveis setoriais no Brasil tem como principal limitação a falta de dados de estoque de capital em níveis desagregados. Desta maneira, esta subseção analisa apenas a evolução da produtividade do trabalho de acordo com a classificação proposta na Tabela A 1, no Anexo. Para este tipo de abordagem, deve-se chamar atenção as grandes diferenças dos níveis de produtividade do trabalho entre os setores, já que alguns deles são muito mais intensivos em capital do que outros, o que os faz apresentar uma quantidade reduzida de trabalhadores e um grande valor da produtividade. Logo, as diferenças de produtividade entre os setores econômicos mostram não apenas as diferenças em níveis de desempenho ou eficiência produtiva, mas também diferenças de intensidade de capital e de tecnologia.

A título de ilustração, a Figura 2.7 apresenta os níveis de produtividade do trabalho (em mil R\$ por trabalhador) por atividades econômicas no Brasil para o ano de 2014. Percebe-se que setores muito intensivos em capital, como a indústria extrativa mineral e os serviços industriais de utilidade pública (SIUP), apresentam valores muito mais altos do que o restante da indústria. O contrário pode ser verificado pela indústria tradicional, que apresenta um nível de produtividade do trabalho 10 vezes menor do que a indústria extrativa, justamente por ser o setor industrial que possui o maior número de ocupações. Pelo lado dos serviços, verifica-se que as atividades de intermediação financeira e comunicação e informação também possuem níveis bem maiores de produtividade do trabalho do que os outros serviços. Por fim, a agropecuária e o comércio possuem

os níveis mais baixos de produtividade do trabalho, pois também são setores mais intensivos em mão-de-obra do que em capital.

Figura 2.7 - Produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2014 (R\$ mil por ocupação, a preços de 2000)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2016)

Diante dessas diferenças setoriais, o mais importante é mediar a evolução do crescimento da produtividade do trabalho. A Tabela 2.6 apresenta as taxas médias anuais de crescimento da produtividade do trabalho entre 2000 e 2014 no Brasil para as atividades econômicas adotadas na classificação proposta. Assim como analisado na Tabela 2.1, o total da economia apresentou uma taxa média anual de crescimento da produtividade do trabalho por volta de 1% entre todo o período de análise. Mais uma vez destaca-se os anos entre 2004 e 2010 (taxa de 2,1%) e que, desde a crise mundial em 2008, principalmente a partir de 2010, o Brasil encontra-se em um momento de taxas negativas de crescimento da produtividade (-0,29% entre 2011 e 2014).

Tabela 2.6 - Taxas médias anuais de crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil (valores constantes), 2000-2014 (%)

	2000-2003	2004-2010	2011-2014	2000-2014
Total	0,02	2,10	-0,29	1,04
Agropecuária	7,18	5,44	3,08	5,10
Indústria	-0,32	-0,70	-1,82	-0,53
Indústria extrativa mineral	5,70	2,18	0,12	1,09
<i>Commodities</i> industriais	2,21	-4,97	-4,65	-2,63
<i>Commodities</i> agroindustriais	4,10	1,07	0,69	1,35
Indústria tradicional	-2,03	-0,59	-1,61	-1,29
Indústria intensiva em tecnologia	-2,04	-1,31	-1,33	-0,89
SIUP	-1,35	0,71	2,06	0,59
Construção civil	-2,52	0,28	-2,25	-0,11
Serviços	-0,93	1,92	-0,29	0,64
Comércio	-3,93	2,68	-0,19	0,79
Transporte e armazenagem	-2,64	2,10	-0,64	0,36
Comunicação e informação	0,82	0,11	1,19	0,49
Serviços prestados às empresas	-3,44	-0,27	-0,27	-1,56
Intermediação financeira	-2,40	7,90	-2,07	2,91
Outros serviços	0,47	0,77	-0,36	0,30

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

Quando a produtividade do trabalho é desagregada, verifica-se, ainda pela Tabela 2.6, o fraco desempenho da indústria total, com taxas médias negativas em todos os períodos (-0,53 entre 2000 e 2014). As menores taxas de crescimento da indústria foram do grupo *commodities* industriais (-2,63%), indústria tradicional (-1,29%) e indústria intensiva em tecnologia (-0,89%). Mesmo o bom desempenho da indústria extrativa mineral em todo o período mostra uma evolução ruim nos períodos mais recentes, indo de um crescimento médio anual de 5,7% em 2000-2003, passando para 2,18% em 2004-2010 e chegando a apenas 0,12% em 2011-2014.

Por outro lado, a agropecuária apresentou o maior crescimento da produtividade do trabalho nos anos 2000 (5,1%), mas assim como a indústria extrativa, vem diminuindo as suas taxas de crescimento ao longo do tempo. Como verificado na subseção anterior, este setor conseguiu aumentar de maneira significativa o seu valor agregado aliado a uma grande queda do número de ocupações. Já o setor de serviços apresentou um crescimento modesto da produtividade do trabalho, com destaque negativo para os serviços prestados às empresas (-1,56%) e positivo para os serviços de intermediação financeira e seguros (2,91%). Esses dados mostram que até mesmo o setor mais relacionado à indústria e ao processo produtivo apresentou taxas negativas de crescimento da produtividade do trabalho. Vale chamar atenção que no período após a crise de 2008, 2011-2014, os únicos setores que apresentaram níveis melhores de produtividade foram o

SIUP e os serviços de comunicação e informação. A Tabela A 2, no Anexo, apresenta a evolução da produtividade do trabalho dos 51 setores das Contas Nacionais.

Apesar dessa evolução distinta da produtividade do trabalho entre os setores econômicos no Brasil entre 2000 e 2014, não se pode afirmar ainda que a agropecuária foi a principal responsável pelo crescimento da produtividade do trabalho de toda a economia neste período. Como assinalado por Squeff e De Negri (2014), a contribuição de cada uma das atividades econômicas para o crescimento da produtividade agregada depende, entre outros fatores, do peso de cada setor na estrutura produtiva.

Para verificar a contribuição dos setores econômicos na produtividade do trabalho da economia, Squeff e De Negri (2014) propõem uma decomposição da variação da produtividade do trabalho agregado em alguns componentes com base na técnica *shift-share* apresentada por Tang e Wang (2004) e aperfeiçoada por Diewert (2013). O objetivo é decompor a produtividade do trabalho em componentes relacionados à contribuição da produtividade dentro de cada atividade econômica para o resultado agregado, às mudanças na composição das ocupações e às mudanças no comportamento dos preços relativos. Essa decomposição é representada pela Equação 9:

$$y_t = \frac{\sum_i Q_t^i}{P_t L_t} = \frac{\sum_i \left(\frac{Y_t^i P_t^i L_t^i}{L_t^i} \right)}{P_t L_t} = \frac{\sum_i (P_t^i L_t^i y_t^i)}{P_t L_t} = \sum_i (y_t^i p_t^i l_t^i) \quad (9)$$

Onde: o subscrito t indica tempo; i , o setor econômico; Y , o valor adicionado a preços constantes; Q , o valor adicionado a preços correntes; L , a quantidade de trabalhadores; e P , o deflator do valor adicionado. Dessa maneira, a Equação 9 pode ser entendida como: a produtividade do trabalho de toda a economia a preços constantes no tempo t ($y_t = \frac{Y_t}{L_t}$) é igual a razão entre o somatório do valor adicionado dos i setores a preços correntes ($\sum_i Q_t^i$) e o produto entre o deflator do valor adicionado total (P_t) e a quantidade total de trabalhadores ($L_t = \sum_i L_t^i$).

Por meio de um rearranjo algébrico, verifica-se que a produtividade do trabalho total a preços constantes é o produto da produtividade do trabalho a preços constantes do setor i ($y_t^i = \frac{Y_t^i}{L_t^i}$),

do preço relativo $\left(p_t^i = \frac{P_t^i}{P_t}\right)$ e da participação das ocupações do setor i no total das ocupações $\left(l_t^i = \frac{L_t^i}{L_t}\right)$.

Definindo $q_t^i = \frac{Q_t^i}{Q_t}$ como a participação do valor agregado a preços correntes do setor i no valor agregado total; $\hat{y}_t = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}}$ como a variação percentual da produtividade do trabalho total a preços constantes entre os anos t e $t - 1$; $\hat{y}_t^i = \frac{y_t^i - y_{t-1}^i}{y_{t-1}^i}$ como a variação percentual da produtividade do trabalho do setor i a preços constantes entre os anos t e $t - 1$; $\hat{l}_t^i = \frac{l_t^i - l_{t-1}^i}{l_{t-1}^i}$ como a variação percentual da participação das ocupações do setor i no total das ocupações entre os anos t e $t - 1$; e $\hat{p}_t^i = \frac{p_t^i - p_{t-1}^i}{p_{t-1}^i}$ como a variação percentual dos preços relativos entre os anos t e $t - 1$, temos que a variação da produtividade do trabalho total pode ser representada na Equação 10, como definido em Squeff e De Negri (2014):

$$\begin{aligned} \hat{y}_t = & \sum_i q_{t-1}^i \hat{y}_t^i + \sum_i q_{t-1}^i \hat{l}_t^i + \sum_i q_{t-1}^i \hat{p}_t^i + \sum_i q_{t-1}^i \hat{y}_t^i \hat{l}_t^i + \sum_i q_{t-1}^i \hat{y}_t^i \hat{p}_t^i + \sum_i q_{t-1}^i \hat{l}_t^i \hat{p}_t^i \\ & + \sum_i q_{t-1}^i \hat{y}_t^i \hat{l}_t^i \hat{p}_t^i \end{aligned} \quad (10)$$

Com a utilização do termo q_t^i , ou seja, a participação do valor adicionado do setor i no valor adicionado total, a decomposição da Equação 10 define que a variação da produtividade do trabalho total da economia é uma média ponderada das participações do valor agregados dos setores econômicos, dando peso para o tamanho dos setores na economia. A produtividade do trabalho total é uma decomposição que pode ser analisada em quatro efeitos: i) efeito direto $(\sum_i q_{t-1}^i \hat{y}_t^i)$, que mede a contribuição da variação da produtividade do trabalho de cada setor para o resultado agregado, independentemente das variações de ocupações e preços relativos; ii) efeito trabalho $(\sum_i q_{t-1}^i \hat{l}_t^i)$, que mede a contribuição da variação da participação de ocupações, independentemente das variações da produtividade e dos preços relativos; iii) efeito preço $(\sum_i q_{t-1}^i \hat{p}_t^i)$, que mede a contribuição das variações de preços relativos, independentemente das variações da produtividade e das ocupações. Este efeito preço capta a perda de aditividade mencionado na subseção anterior sobre o deflacionamento das séries setoriais de base móvel para base fixa; e iv) efeito interação

(soma dos quatro componentes restantes da Equação 10), que possui difícil interpretação econômica, já que decorre do próprio processo de manipulação algébrica para fechar a equação.

Como a Equação 10 mede as taxas de crescimento da produtividade em algum intervalo de tempo, e não as taxas médias anuais de crescimento como apresentado na Tabela 2.6, a Tabela 2.7 mostra esses dados para os períodos de tempo selecionados anteriormente. Como não poderia deixar de ser, verifica-se que a evolução é semelhante com as taxas médias anuais. Entre 2000 e 2014 a produtividade do trabalho da agropecuária cresceu em torno de 100%, enquanto a indústria total caiu cerca de 7% e os serviços subiu 9,4%. Dentro da indústria, os destaques positivos são do grupo de *commodities* agroindustriais (20,7%) e da indústria extrativa mineral (16,3%), enquanto que os destaques negativos são do grupo de *commodities* industriais (-31,3%), indústria tradicional (-15,6%) e indústria intensiva em tecnologia (-11,8), ou seja, grande parte da indústria de transformação. Ressalta-se, mais uma vez, as taxas negativas na maioria dos setores no período mais recente entre 2011 e 2014.

Tabela 2.7 - Taxas de crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil (valores constantes), 2000-2014 (%)

	2000-2003	2004-2010	2011-2014	2000-2014
Total	0,05	13,31	-0,87	15,64
Agropecuária	23,13	37,40	9,54	100,60
Indústria	-0,96	-4,12	-5,37	-7,14
Indústria extrativa mineral	18,09	13,79	0,36	16,33
<i>Commodities</i> industriais	6,77	-26,35	-13,32	-31,14
<i>Commodities</i> agroindustriais	12,81	6,62	2,09	20,71
Indústria tradicional	-5,96	-3,48	-4,74	-16,56
Indústria intensiva em tecnologia	-5,99	-7,63	-3,92	-11,80
SIUP	-4,00	4,33	6,29	8,56
Construção civil	-7,36	1,71	-6,59	-1,46
Serviços	-2,75	12,07	-0,87	9,41
Comércio	-11,33	17,21	-0,57	11,60
Transporte e armazenagem	-7,71	13,30	-1,91	5,23
Comunicação e informação	2,47	0,65	3,63	7,02
Serviços prestados às empresas	-9,97	-1,63	-0,81	-19,78
Intermediação financeira	-7,04	57,80	-6,09	49,46
Outros serviços	1,42	4,69	-1,07	4,3

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

Dadas as taxas de crescimento da produtividade, a Tabela 2.8 apresenta os resultados do primeiro termo do lado direito da Equação 10, ou seja, o efeito direto da contribuição da

produtividade do trabalho dos setores econômicos na produtividade do trabalho agregada. Enquanto a primeira linha da tabela apresenta a taxa de crescimento da produtividade do trabalho do total da economia para cada período, as linhas restantes mostram a contribuição de cada setor econômico, no qual a soma dos setores é igual a taxa de crescimento agregada.

Tabela 2.8 - Contribuição das atividades econômicas no crescimento da produtividade do trabalho agregada no Brasil, 2000-2014 (%)

	2000-2003	2004-2010	2011-2014	2000-2014
Taxa de crescimento da produtividade agregada	0,05	13,31	-0,87	15,64
Agropecuária	1,68	-1,19	-0,12	0,29
Indústria	0,23	2,39	-3,59	0,76
Indústria extrativa mineral	0,82	1,32	-0,69	2,92
<i>Commodities</i> industriais	1,46	-1,71	-0,27	-1,18
<i>Commodities</i> agroindustriais	0,16	-0,21	-0,06	-0,30
Indústria tradicional	-0,32	0,49	-0,63	-0,01
Indústria intensiva em tecnologia	0,32	0,61	-0,99	0,11
SIUP	0,13	-0,26	-0,79	-0,95
Construção civil	-2,34	2,16	-0,16	0,18
Serviços	-1,86	12,11	2,84	14,58
Comércio	1,42	4,37	0,63	7,62
Transporte e armazenagem	-0,28	1,40	0,09	1,62
Comunicação e informação	-0,16	-0,19	-0,32	-0,36
Serviços prestados às empresas	-0,10	1,87	0,27	2,26
Intermediação financeira	0,61	1,19	-0,08	0,58
Outros serviços	-3,36	3,47	2,25	2,86

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

Dentre a classificação setorial proposta, a Tabela 2.8 mostra que, entre 2000 e 2003, a agropecuária foi o setor que mais contribuiu para o crescimento da produtividade agregada. Enquanto a taxa de crescimento da economia foi de apenas 0,05%, 1,68% destes foi proporcionado pelo crescimento da produtividade da agropecuária. Porém, a mesma foi contrabalançada por taxas negativas de setores como construção civil (-2,34%), indústria tradicional (-0,32%) e o total de serviços (-1,86%). Verifica-se, para este período, que o total da indústria teve uma contribuição positiva de 0,23%, mostrando que mesmo com uma taxa de crescimento negativa da produtividade (-0,93%, Tabela 2.7), a sua contribuição para toda a economia foi levemente positiva. Neste caso, a queda da produtividade dos serviços foi o principal responsável por uma taxa de apenas 0,05% da economia.

No entanto, quando analisamos ainda na Tabela 2.8 o período seguinte, 2004-2010, verifica-se que o grande crescimento da produtividade do trabalho agregado (13,3%) foi proporcionado principalmente pelo crescimento da produtividade dos serviços (12,1%), com

destaque para o comércio (4,4%). Surpreendentemente, a taxa de crescimento da produtividade da agropecuária (-1,2%) contribuiu negativamente para a taxa de crescimento da produtividade da economia. Como será analisado mais adiante, o efeito das variações negativas da participação do emprego no total de empregos na economia foi o principal responsável pela baixa contribuição do setor agropecuário. Neste período também é possível observar um efeito positivo do crescimento da produtividade da indústria (2,4%) na produtividade total, destacando-se a indústria extrativa mineral (1,3%) e a construção civil (2,2%).

Por fim, o fraco desempenho do crescimento da produtividade total em 2011-2014 (-0,87%) só não foi pior pela contribuição modesta dos serviços (2,8%), no qual todos os seguimentos da indústria e agropecuária contribuíram negativamente. Em todo o período, 2000-2014, a economia brasileira apresentou uma taxa de crescimento da produtividade do trabalho de 15,6%. Destes, 14,64% foi contribuído pelos serviços, 0,76% contribuído pela indústria, e 0,29% contribuído pela agropecuária. Dentro da indústria, a grande contribuição veio da indústria extrativa mineral (2,9% de 15,6% do total, ou seja, uma contribuição de 18,6%).

Dessa maneira, cerca de 93% do crescimento da produtividade do trabalho agregado foi representado pelo setor de serviços, em grande medida por sua elevada participação no PIB (cerca de 70%, ver Figura 2.4). Dentro dos serviços, no entanto, as maiores contribuições vieram dos segmentos menos intensivos em tecnologia, sobretudo o comércio e outros serviços que atendem diretamente a demanda final. O setor de comunicação e informação, por exemplo, apresentou uma contribuição negativa. Já o setor de serviços prestado às empresas teve uma contribuição significativa durante todo o período (2,3% de 15,6% do total, ou seja, uma contribuição de 14,4%). O problema é que este setor ainda agrega um conjunto muito amplo de atividades, incluindo tanto atividades de P&D, testes e análises técnicas, quanto atividades jurídicas, contábeis, vigilância e segurança privada, que fica difícil avaliar sua importância em termos de intensidade tecnológica.

Outro problema ao se analisar a produtividade do trabalho de atividades de serviços é a maneira como os seus dados são construídos. Squeff e De Negri (2014) destacam, por exemplo, que boa parte do valor adicionado do setor de intermediação financeira é calculado por meio do diferencial de juros de rendimentos a receber e a pagar. Desta forma, a produtividade do trabalho dessa atividade pode aumentar em fatores que não demonstram apenas a eficiência produtiva de suas instituições, mas também fatores como capacidade de arbitragem financeira. Outros exemplos são os serviços de atividades imobiliárias e aluguéis e os serviços relacionados ao setor público,

englobados aqui em “outros serviços”. Para as atividades financeiras o valor adicionado é calculado pelo aluguel imputado, enquanto que para os serviços públicos é calculado praticamente pelos salários, medidas que não conseguem captar os reais ganhos de produtividade (SQUEFF; DE NEGRI, 2014).

Outra maneira de avaliar os resultados é por meio dos componentes da decomposição explicitada na Equação 10, ou seja, pelos efeitos direto, trabalho, preço e interação. A Tabela 2.9 apresenta os valores da decomposição do crescimento da produtividade do trabalho por atividades para todo o período 2000-2014²⁶. As duas primeiras colunas da tabela, referentes às taxas de crescimento dos setores e suas contribuições à produtividade agregada, já foram apresentadas nas tabelas anteriores, destacando-se a alta contribuição dos serviços e a participação da indústria extrativa mineral. Já as quatro outras colunas apresentam a decomposição dessas contribuições, no qual a soma dos efeitos direto, trabalho, preço e interação igualam ao valor da contribuição setorial à produtividade agregada. Recordar-se que a participação do efeito interação possui pouca ou nenhuma interpretação econômica, existindo apenas para isolar algebricamente os outros efeitos.

Tabela 2.9 - Decomposição do crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2000-2014 (%)

	Crescimento	Contribuição	Direto	Trabalho	Preço	Interação
Total	15,64	15,64	8,95	9,55	0,66	-3,52
Agropecuária	100,60	0,29	5,56	-2,03	-0,94	-2,30
Indústria	-7,14	0,76	-1,91	3,44	-0,50	-0,27
Indústria extrativa mineral	16,33	2,92	0,23	0,26	1,72	0,71
<i>Commodities</i> industriais	-31,14	-1,18	-1,14	0,48	-0,49	-0,04
<i>Commodities</i> agroindustriais	20,71	-0,30	0,27	-0,20	-0,32	-0,05
Indústria tradicional	-16,56	-0,01	-0,97	0,05	1,09	-0,18
Indústria intensiva em tecnologia	-11,80	0,11	-0,53	1,93	-0,84	-0,45
SIUP	8,56	-0,95	0,27	-0,11	-1,05	-0,06
Construção civil	-1,46	0,18	-0,10	1,56	-1,04	-0,24
Serviços	9,41	14,58	6,38	6,10	1,29	0,82
Comércio	11,60	7,62	0,94	0,46	5,23	0,99
Transporte e armazenagem	5,23	1,62	0,19	0,29	1,00	0,15
Comunicação e informação	7,02	-0,36	0,30	1,62	-1,62	-0,66
Serviços prestados às empresas	-19,78	2,26	-1,12	3,07	0,73	-0,43
Intermediação financeira	49,46	0,58	3,38	0,15	-1,98	-0,97
Outros serviços	4,3	2,86	1,67	2,01	-0,82	0,01

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

²⁶ A decomposição para os subperíodos 2000-2003, 2004-2010 e 2011-2014 podem ser verificados, respectivamente, pela Tabela A 3, Tabela A 4 e Tabela A 5, no Anexo.

Verifica-se pela Tabela 2.9 que a taxa de crescimento da produtividade do trabalho total de 15,6% teve como contribuição 8,95% do efeito direto, ou seja, pelo crescimento da produtividade dentro de cada um dos setores econômicos, 9,55% do efeito trabalho, ou seja, da migração de mão-de-obra para setores mais produtivos, e de 0,66% do efeito preço, ou seja, da mudança dos preços relativos favoráveis à economia. Dessa maneira, nenhum destes componentes influenciaram negativamente a produtividade agregada para este período²⁷. Enquanto o efeito preço contribuiu pouco, os efeitos direto e trabalho contribuíram mais ou menos na mesma proporção.

Como apresentado na Figura 2.4 e na Tabela 2.5, por mais que a participação dos serviços no valor adicionado total aumentou em detrimento da indústria de transformação, a participação do emprego na indústria aumentou, na agropecuária caiu drasticamente e nos serviços mais intensivos em tecnologia, como o de comunicação e informação, aumentou. Isso fez com que o efeito trabalho, como uma medida do efeito da mudança estrutural, apresentasse uma contribuição positiva. Dessa maneira, o baixo crescimento da produtividade do trabalho agregada entre 2000 e 2014 (15,6% em 14 anos ou média de 1% ao ano) parece ter menos a ver com uma possível mudança estrutural e mais a ver com uma perda de eficiência produtiva da indústria e dos serviços mais intensivos em tecnologia²⁸.

Essa análise fica mais clara quando se observa a decomposição para os setores econômicos da Tabela 2.9. Percebe-se que, apesar da indústria total contribuir positivamente para a produtividade agregada (0,76%), o seu efeito direto teve contribuição negativa (-1,9%), bem como o seu efeito preço (-0,5%). Logo, a contribuição da indústria para o crescimento da produtividade agregada se deu justamente pelo efeito trabalho (3,4%). Dentro da indústria, a indústria intensiva em tecnologia e a construção civil foram os setores que tiveram o maior efeito trabalho²⁹. Com exceção da indústria extrativa mineral, do grupo *commodities* agroindustriais e do SIUP, todos os outros grupos de setores industriais apresentaram uma contribuição direta negativa. Mesmo assim, 59% da contribuição da indústria extrativa mineral para o crescimento da produtividade agregada

²⁷ Para o subperíodo mais recente, 2011-2014, o efeito direto contribuiu negativamente para o crescimento da produtividade agregada. Ver Tabela A 5, no Anexo.

²⁸ Para o período mais recente, 2011-2014, a contribuição do efeito trabalho na produtividade agregada é pequena, mas ainda positiva. Já o efeito trabalho só na indústria é levemente negativo, o que mostra que dentro da indústria a mão-de-obra migrou para setores menos produtivos.

²⁹ Entre 2000 e 2014, alguns setores dentro da indústria intensiva em tecnologia tiveram taxas de crescimento expressivas das ocupações. Por exemplo, enquanto a taxa média anual de crescimento das ocupações para a economia foi de 2,1%, para a indústria de máquinas e equipamentos foi de 6,4% e para indústria de outros equipamentos de transportes (fabricação de aviões, embarcações, locomotivas, etc.) foi de 8,1% (IBGE, 2016).

se deu por meio do efeito preço (1,7% de 2,9%), fator este já mencionado anteriormente devido ao grande aumento dos preços das *commodities* minerais durante o período de análise.

Pela Tabela 2.9 também se verifica que a baixa contribuição da agropecuária para o crescimento da produtividade agregada (0,29% de 15,6%) é explicada não apenas pela sua participação relativa pequena na economia, mas também pelos efeitos trabalhos e preços negativos (-2% e -1%, respectivamente), já que a sua contribuição direta foi a maior entre os setores econômicos (5,5%). Pelo lado dos serviços, verifica-se que um pouco mais de 40% de sua contribuição na produtividade agregada se deu por meio do efeito trabalho (6,1% de 14,6%), enquanto outros 40% se deu pelo efeito direto (6,4% de 14,6%). Ressalta-se que os menores efeitos diretos dentro dos serviços se constitui por aqueles mais intensivos em tecnologia, como é caso dos serviços prestados às empresas (-1,1%) e dos serviços de comunicação e informação (0,3%).

Mesmo com todos os problemas de se mensurar a produtividade e as limitações de se avaliar a produtividade do trabalho, as análises de decomposição e contribuição dos setores econômicos no crescimento da produtividade agregada ressalta algumas pistas. Primeiro, a estrutura produtiva do Brasil parece ter mudado pouco entre 2000 e 2014, com destaque para uma maior queda da produção industrial vis a vis um aumento dos serviços após a crise de 2008, mas com um aumento do emprego industrial frente uma grande queda do emprego agropecuário.

Segundo, a produtividade do trabalho da economia brasileira cresceu pouco entre 2000 e 2014 (taxa média anual de 1%), apresentando um período de maior crescimento entre 2004 e 2010, mas que vem se revertendo após a crise mundial de 2008, com taxas negativas a partir de 2011. Terceiro, os setores que apresentaram as maiores taxas de crescimento da produtividade foram a agropecuária e a indústria extrativa mineral, com taxas negativas da indústria de transformação e taxas baixas dos serviços. No entanto, devido à grande participação dos serviços na estrutura produtiva brasileira, o mesmo apresentou a maior contribuição ao crescimento da produtividade da economia, destacando-se também a indústria extrativa mineral. Observa-se, porém, que são os serviços menos intensivos em tecnologia que mais contribuíam para este crescimento.

Quinto, ao analisar a decomposição da produtividade do trabalho agregada, percebe-se que o efeito direto da produtividade da indústria é negativo e o efeito trabalho positivo. Grande parte da contribuição dos serviços também é explicada pelo efeito trabalho, principalmente dos serviços menos intensivos em tecnologia. Percebe-se também que a maior parte da contribuição da

indústria extrativa mineral na produtividade agregada é explicada pelo efeito do aumento dos preços das *commodities* no período.

Conclui-se, assim, que o baixo crescimento da produtividade do trabalho agregada entre 2000 e 2014 parece ter menos a ver com uma possível mudança estrutural (desindustrialização) e mais a ver com uma perda de eficiência produtiva (taxa negativa de produtividade) da indústria e dos serviços mais intensivos em tecnologia. Isso é explicado pela manutenção do emprego nesses setores pelo menos até 2014 ao mesmo tempo que contribuíram negativamente para o crescimento da produtividade agregada. Mas quais seriam as causas dessas diferenças de crescimento da produtividade entre os setores econômicos? A próxima subseção analisa um pouco as estatísticas descritivas do fator mais importante para o crescimento da produtividade: a inovação.

2.3 Inovação no Brasil

Como já discutido no Capítulo 1, há um grande consenso na teoria econômica sobre o papel da inovação como uma das principais fontes para o crescimento econômico de longo prazo e para o crescimento da produtividade, seja em nível de países, indústrias ou empresas. No entanto, assim como no caso da produtividade, a mensuração da inovação também apresenta alguns problemas. A grande maioria dos estudos econômicos, principalmente os estudos econométricos, utilizam os gastos em P&D ou número de patentes como *proxy* principal de inovação. Ambas as *proxies* possuem problemas: gastos em P&D apresentam apenas parte dos insumos para a inovação e nenhum produto, enquanto a propensão a patentear é muito mais prevalente em alguns setores industriais do que outros devido aos distintos mecanismos de apropriabilidade das inovações.

O conceito de inovação também pode ultrapassar as características que o limitam às atividades altamente complexas derivadas de esforços científicos em laboratórios de P&D sofisticados. Inovação pode abranger a implementação de mudanças em produtos e serviços, processos, sistemas organizacionais e gerenciais, e atividades que incluem não apenas P&D, mas também processos de imitação, adaptações e melhorias (BELL; FIGUEIREDO, 2015). Dados com essa abrangência, no entanto, são não apenas de difícil disponibilidade como também de difícil mensuração. Dessa maneira, geralmente o pesquisador enfrenta o dilema de incorrer em dados de inovação mais detalhados, mas com uma amostra pequena e estatisticamente pouco significativa,

ou dados menos detalhados com a utilização de *proxies*, mas com uma amostra grande e estatisticamente significativa.

No Brasil, um maior esforço de coleta de dados de inovação com grande representatividade estatística da indústria brasileira em nível da empresa é feito pelo IBGE desde o ano 2000 por meio de sua Pesquisa de Inovação (Pintec). A Pintec tem como referência conceitual e metodológica o Manual de Oslo (OCDE, 2005), utilizado amplamente como referência na aplicação de pesquisas de inovação, principalmente nos países europeus. Apesar de suas limitações metodológicas, a pesquisa busca abranger um espectro amplo de inovação (inovação de produto, processo, organizacional e de marketing) e de investimentos em inovação (P&D interno, P&D externo, aquisição de máquinas e equipamentos para inovar, treinamento para inovar, etc)³⁰.

Até o momento a Pintec apresenta 6 publicações: 2000, 2003, 2005, 2008, 2011 e 2014. Em todos estes anos a pesquisa vem apresentando dados de inovações para a indústria extrativa mineral e toda a indústria de transformação, enquanto que os serviços de comunicação e informação e os serviços de P&D passaram a integrar a pesquisa a partir da publicação de 2005. Por fim, os dados para os serviços de arquitetura, engenharia, testes e análises técnicas e os serviços industriais de utilidade pública (SIUP), que integram a indústria, são apresentados desde a publicação de 2011. Na classificação das Contas Nacionais e na classificação proposta (Tabela A 1, no Anexo), os serviços de P&D e os serviços de arquitetura, engenharia, testes e análises técnicas são classificados como “serviços prestados às empresas”, que aqui são apresentados separadamente, primeiro, pelos dados destes dois segmentos serem apresentados em horizonte de tempos distintos e, segundo, por envolverem características e estatísticas muito distintas do ponto de vista da inovação.

A Tabela 2.10 apresenta a proporção do número de empresas inovadoras, ou seja, das empresas que introduziram alguma inovação de produto e/ou processo nos últimos três anos da data de publicação de cada pesquisa da Pintec. Estes dados estão estratificados por alguns setores disponíveis pela pesquisa que são compatíveis com a classificação proposta de setores econômicos analisada nas seções anteriores.

³⁰ Para mais detalhes ver Pintec (2016).

Tabela 2.10 - Empresas inovadoras por setor econômico no Brasil, 2000-2014 (% do total de empresas)

	2000	2003	2005	2008	2011	2014	Média	Crescimento
Inovação								
Indústria extrativa mineral	17,2	22,0	23,1	23,7	18,9	42,0	24,5	19,6
Commodities industriais	35,2	34,3	33,7	38,5	34,9	34,1	35,1	-0,6
Commodities agroindustriais	17,2	31,3	29,4	27,4	29,2	27,1	26,9	9,6
Indústria tradicional	30,0	31,3	31,7	38,0	35,6	36,9	33,9	4,3
Indústria intensiva em tecnologia	46,2	43,5	43,7	45,9	41,1	40,1	43,4	-2,8
SIUP	-	-	-	-	44,1	29,2	36,7	-33,8
Comunicação e Informação	-	-	56,5	48,0	40,1	34,7	44,8	-15,0
P&D	-	-	97,6	97,5	95,3	90,0	95,1	-2,7
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	29,6	27,3	28,5	-7,8
Inovação de Produto								
Indústria extrativa mineral	5,3	6,3	6,4	10,3	5,9	14,3	8,1	21,8
Commodities industriais	17,3	18,1	19,4	21,9	16,0	16,6	18,2	-0,8
Commodities agroindustriais	8,3	18,8	16,1	16,7	14,3	12,3	14,4	8,2
Indústria tradicional	15,8	19,1	17,7	22,4	16,2	17,5	18,1	2,1
Indústria intensiva em tecnologia	34,3	31,3	31,3	30,7	25,6	25,7	29,8	-5,6
SIUP	-	-	-	-	2,2	7,2	4,7	220,8
Comunicação e Informação	-	-	43,9	42,2	32,7	25,4	36,0	-16,7
P&D	-	-	92,9	85,0	81,0	80,0	84,7	-4,8
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	15,1	10,2	12,6	-32,1
Inovação de Processo								
Indústria extrativa mineral	16,5	20,3	22,3	22,7	18,4	41,5	23,6	20,3
Commodities industriais	29,1	28,2	27,0	32,6	32,9	30,3	30,0	0,8
Commodities agroindustriais	15,5	28,9	27,5	24,4	27,6	26,4	25,1	11,3
Indústria tradicional	24,8	25,7	26,5	32,5	31,6	33,0	29,0	5,9
Indústria intensiva em tecnologia	30,5	30,1	28,8	35,3	34,1	35,4	32,4	3,0
SIUP	-	-	-	-	43,7	29,0	36,3	-33,7
Comunicação e Informação	-	-	41,3	30,0	33,9	28,7	33,5	-11,4
P&D	-	-	85,7	82,5	81,7	75,0	81,2	-4,4
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	26,0	25,3	25,7	-2,7

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Pintec (2016)

Em primeiro lugar, a Tabela 2.10 mostra as diferenças da proporção de empresas inovadoras por setor econômico. Para todos os períodos, em média, a indústria intensiva em tecnologia é o setor industrial com o maior percentual de empresas inovadoras, cerca de 43,4%. SIUP, as indústrias de *commodities* industriais e a indústria tradicional são setores industriais que em média também possuem um número maior de empresas inovadoras: respectivamente, 36,7%, 35,1% e 33,9%. Já a indústria extrativa mineral e as *commodities* agroindustriais possuem as menores proporções de empresas inovadoras: respectivamente 24,5% e 26,9%. Quanto aos serviços, comunicação e informação possui uma proporção de empresas inovadoras equivalente a indústria intensiva em tecnologia (44,8% em média) e superior aos serviços de engenharia, testes e análises técnicas (28,5% em média). Como não poderia deixar de ser, os serviços de P&D possuem uma proporção bastante alta de empresas inovadoras (95,1% em média).

Em segundo lugar, a Tabela 2.10 também mostra o tipo de inovação, produto ou processo, mais implementada pelos setores econômicos. Percebe-se que os setores mais intensivos em tecnologia e os serviços de comunicação e informação, possuem uma proporção maior de empresas inovadoras em produto: respectivamente, em uma média para todos os períodos, de 29,8% e 36%. SIUP (4,7%) e a indústria extrativa mineral (8,1%) são os setores que menos inovam em produto. Já a proporção de empresas que inovam apenas em processo possui variações bem menores entre os setores econômicos, com exceção de P&D, claro, que possui taxas muito maiores. A maior proporção de empresas inovadoras em processo é dos SIUP (36,3%) e a menor proporção é da indústria extrativa mineral (23,6%).

Em terceiro lugar, a Tabela 2.10 mostra a evolução desses indicadores ao longo do tempo. Verifica-se que na grande maioria dos setores o comportamento é semelhante: o número de empresas inovadoras veio aumentando entre 2000 e 2008 e passa a cair em 2011 e 2014. Resultado este explicado pela crise financeira de 2008 e pelo nível de crescimento mais baixo da economia brasileira a partir de 2010. Uma exceção significativa é para os dados da indústria extrativa para o ano de 2014, no qual apresenta proporções muito superiores do que a sua evolução histórica até 2011. Os dados de 2014 acabaram por superestimar a taxa média de crescimento anual do número de empresas inovadoras da indústria extrativa, que foi de 19,6% (a taxa média anual de crescimento é de apenas 2,4% entre 2000 e 2011)³¹. Com exceção deste fato, chama atenção uma maior proporção de empresas inovadoras do grupo de *commodities* agroindustriais (de 17,2% em 2000 para 27,1% em 2014) e uma diminuição ao longo do tempo da taxa de empresas inovadoras da indústria intensiva em tecnologia (de 46,2% em 2000 para 40,1% em 2014).

A Tabela 2.11 apresenta a participação dos gastos em atividades inovativas em proporção da receita líquida de vendas por setores econômicos no Brasil. Os resultados apresentam mais ou menos as mesmas características apresentadas na Tabela 2.10. As empresas brasileiras investem muito pouco em inovação, mas os setores intensivos em tecnologia investem mais em atividades inovativas, e principalmente mais em atividades internas de P&D, do que os setores menos intensivos. Por exemplo, em média para todos os períodos, os gastos em atividades inovativas da indústria intensiva em tecnologia corresponde a 3,9% da sua receita líquida de vendas, enquanto este mesmo gasto corresponde apenas 1,3% da receita líquida de vendas da indústria extrativa.

³¹ Não há evidências que explique o grande aumento de empresas inovadoras da indústria extrativa mineral em 2014. Tal resultado não é esclarecido pela publicação da Pintec (2016), necessitando-se de uma análise mais profunda e em nível da empresa. Dados de gastos em atividades inovativas (ver Tabela 2.11) atenuam um pouco este resultado.

Tabela 2.11 - Gastos em Atividades inovativas por setores econômicos no Brasil, 2000-2014 (% da receita líquida de vendas)

Total	2000	2003	2005	2008	2011	2014	Média	Crescimento
Indústria extrativa mineral	1,5	1,6	1,8	0,9	0,7	1,4	1,3	-1,5
Commodities industriais	3,7	1,7	2,1	2,2	2,4	1,7	2,3	-14,5
Commodities agroindustriais	3,5	2,0	2,4	2,2	3,0	2,3	2,6	-8,4
Indústria tradicional	3,0	2,0	2,2	2,3	2,2	1,8	2,2	-9,7
Indústria intensiva em tecnologia	5,6	4,1	4,5	3,4	2,8	3,2	3,9	-10,7
SIUP	-	-	-	-	1,3	0,6	0,9	-55,7
Comunicação e Informação	-	-	3,9	4,2	3,7	7,4	4,8	23,5
P&D	-	-	68,9	71,1	90,2	93,8	81,0	10,8
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	6,5	1,9	4,2	-71,0
Atividades Internas de P&D	2000	2003	2005	2008	2011	2014	Média	Crescimento
Indústria extrativa mineral	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,5	0,3	16,0
Commodities industriais	0,6	0,2	0,2	0,6	0,8	0,6	0,5	0,4
Commodities agroindustriais	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	1,0
Indústria tradicional	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,0
Indústria intensiva em tecnologia	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,4	1,3	1,2
SIUP	-	-	-	-	0,2	0,2	0,2	-26,5
Comunicação e Informação	-	-	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	1,4
P&D	-	-	63,1	66,6	89,6	92,9	78,1	13,8
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	0,6	0,6	0,6	1,8
Aquisição Externa de P&D	2000	2003	2005	2008	2011	2014	Média	Crescimento
Indústria extrativa mineral	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-6,5
Commodities industriais	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	26,3
Commodities agroindustriais	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,7
Indústria tradicional	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	7,3
Indústria intensiva em tecnologia	0,3	1,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	10,8
SIUP	-	-	-	-	0,8	0,3	0,5	-68,9
Comunicação e Informação	-	-	0,2	0,3	0,1	1,5	0,5	99,8
P&D	-	-	0,8	0,9	0,0	0,0	0,4	-100,0
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	2,5	0,0	1,3	-98,9
Aquisição de Máquinas e Equipamentos	2000	2003	2005	2008	2011	2014	Média	Crescimento
Indústria extrativa mineral	1,0	1,3	1,4	0,5	0,2	0,7	0,8	-6,2
Commodities industriais	2,2	0,8	1,0	1,1	1,1	0,8	1,1	-18,9
Commodities agroindustriais	2,7	1,5	1,6	1,6	2,3	1,6	1,9	-10,3
Indústria tradicional	1,8	1,2	1,3	1,5	1,3	0,9	1,3	-12,7
Indústria intensiva em tecnologia	2,2	1,6	1,7	1,1	0,8	0,7	1,4	-19,2
SIUP	-	-	-	-	0,2	0,1	0,1	-45,0
Comunicação e Informação	-	-	0,9	1,5	1,5	4,0	2,0	65,7
P&D	-	-	2,0	2,8	0,1	0,2	1,3	-50,3
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	0,4	0,6	0,5	29,1
Outros	2000	2003	2005	2008	2011	2014	Média	Crescimento
Indústria extrativa mineral	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	-34,9
Commodities industriais	0,9	0,5	0,5	0,4	0,4	0,2	0,5	-27,1
Commodities agroindustriais	0,5	0,3	0,6	0,3	0,2	0,3	0,4	-7,1
Indústria tradicional	0,8	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	-9,9
Indústria intensiva em tecnologia	1,9	0,9	1,3	0,9	0,5	0,6	1,0	-19,4
SIUP	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	-49,5
Comunicação e Informação	-	-	1,9	1,4	1,2	0,9	1,4	-22,3
P&D	-	-	3,0	0,8	0,5	0,5	1,2	-45,0
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	2,9	0,7	1,8	-76,3

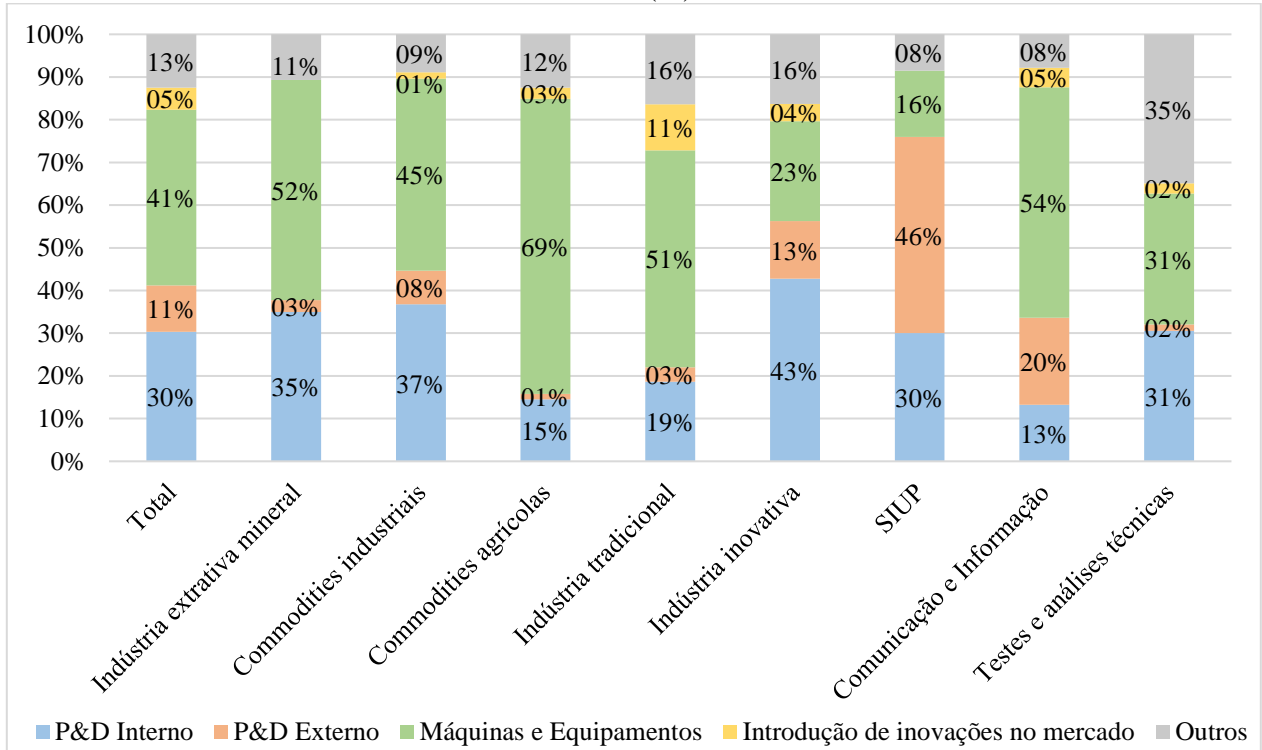
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Pintec (2016)

A Tabela 2.11 mostra também que a proporção dos gastos em atividades inovativas em relação a receita líquida de vendas diminuiu na maioria dos setores econômicos após a crise financeira de 2008. Mais uma vez a indústria extrativa mineral é a principal exceção, no qual a proporção dos gastos em atividades inovativas aumentou em 2014. No entanto, em uma taxa menor do que a verificada pelo aumento do número de empresas inovadoras na Tabela 2.10. Por fim, verifica-se que o maior gasto em atividades inovativas da indústria brasileira é por meio da compra de máquinas e equipamentos para inovar, no qual apresenta uma proporção muito maior do que é gasto em P&D interno e externo. Essa diferença é ainda maior para setores menos intensivos em tecnologia. Por exemplo, enquanto que o gasto em P&D interno e em aquisição de máquinas e equipamentos da indústria intensiva em tecnologia é de, respectivamente, 1,3% e 1,4% da receita líquida de vendas (uma diferença de 0,1 ponto percentual), para a indústria extrativa esta proporção é de 0,3% e 0,8% (uma diferença de 0,5 pontos percentuais).

Para melhor visualizar os investimentos em inovação, a Figura 2.8 apresenta a distribuição dos tipos de gastos em atividades inovativas por setores econômicos no Brasil para o ano de 2014³². Evidencia-se que a maioria dos investimentos em atividades inovativas dos setores econômicos estão concentrados na aquisição de máquinas e equipamentos, com uma proporção menor do investimento em P&D interno. Os setores que proporcionalmente mais gastam em aquisição de máquinas e equipamentos dentro do orçamento de gastos em atividades inovativas são *commodities* agroindustriais (62,9%), serviços de comunicação e informação (53,9%), indústria extrativa mineral (51,6%) e indústria tradicional (50,8%). Já a indústria intensiva em tecnologia possui uma distribuição de gastos mais voltados para o P&D interno (42,8%), enquanto o setor SIUP concentra a maioria dos seus gastos em aquisição de P&D externo. De maneira geral, verifica-se que a atividade inovativa de maior investimento da indústria brasileira é a aquisição de máquinas e equipamentos, ou seja, as empresas inovadoras brasileiras adquirem proporcionalmente mais conhecimento incorporado na compra de novas máquinas e equipamento do que investem na própria criação de conhecimento (P&D).

³² A distribuição dos gastos em atividades inovativas por setores segue o mesmo padrão para os dados dos anos anteriores da Pintec.

Figura 2.8 - Distribuição dos gastos em atividades inovativas por setores econômicos no Brasil, 2014 (%)



Nota: “outros” é composto por gastos em aquisição de software, aquisição de outros conhecimentos externos, treinamento, e projeto industrial e outras preparações técnicas.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Pintec (2016)

A Tabela 2.12 confirma a importância da aquisição de máquinas e equipamento para a inovação nos setores econômicos no Brasil. Em média, 68,4% das empresas inovadoras da indústria intensiva em tecnologia e 81,4% das empresas inovadoras da indústria extrativa mineral indicaram a aquisição de máquinas e equipamento com grau de importância alta ou média às atividades inovativas. Este número cai, respectivamente, para 38,5% e 13,8% na atividade de P&D interno.

Os dados de inovação no Brasil mostram que as empresas brasileiras inovam pouco e, principalmente, investem pouco em atividades inovativas mais complexas como P&D. Os dados mostram também que em 14 anos o número de empresas inovadoras e o valor dos gastos em atividades inovativas como proporção da receita se manteve relativamente estável, com uma tendência de queda após a crise de 2008. Essas características, no entanto, variam conforme o setor econômico analisado. Dentro da indústria, setores mais intensivos em tecnologia inovam mais, principalmente em produto, e investem mais em P&D, enquanto setores menos intensivos inovam

menos, concentram-se mais em inovações do tipo processo e possuem a aquisição de máquinas e equipamentos como principal gasto em atividades inovativas.

Tabela 2.12 - Importância alta ou média atribuída às atividades inovativas pelas empresas inovadoras dos setores econômicos no Brasil, 2000-2014 (% do total de empresas inovadoras)

Atividades Internas de P&D	2000	2003	2005	2008	2011	2014	Média	Crescimento
Indústria extrativa mineral	26,6	19,0	7,1	20,9	5,5	3,8	13,8	-32,2
Commodities industriais	31,8	22,0	17,6	11,6	14,4	16,4	19,0	-12,4
Commodities agroindustriais	27,0	12,2	6,0	14,5	12,5	6,0	13,0	-26,0
Indústria tradicional	27,7	14,4	14,8	8,2	10,5	11,4	14,5	-16,2
Indústria intensiva em tecnologia	57,8	42,1	43,6	20,4	36,8	30,4	38,5	-12,0
SIUP	-	-	-	-	28,3	30,2	29,2	6,7
Comunicação e Informação	-	-	46,8	16,0	36,8	44,6	36,0	-1,6
P&D	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	32,8	23,7	28,3	-27,7
Aquisição Externa de P&D	2000	2003	2005	2008	2011	2014	Média	Crescimento
Indústria extrativa mineral	16,1	17,1	3,4	3,9	4,8	9,1	9,1	-10,9
Commodities industriais	5,8	4,7	5,0	3,6	5,3	5,4	5,0	-1,3
Commodities agroindustriais	6,4	1,1	2,4	2,6	10,9	2,4	4,3	-18,1
Indústria tradicional	8,1	4,2	3,9	3,6	5,1	4,5	4,9	-10,9
Indústria intensiva em tecnologia	10,6	6,1	9,3	6,6	10,5	8,4	8,6	-4,6
SIUP	-	-	-	-	30,9	76,3	53,6	147,2
Comunicação e Informação	-	-	4,2	5,7	11,4	5,2	6,7	7,0
P&D	-	-	17,1	38,5	28,7	11,1	23,8	-13,3
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	13,4	5,5	9,5	-59,0
Aquisição de Máquinas e Equipamentos	2000	2003	2005	2008	2011	2014	Média	Crescimento
Indústria extrativa mineral	93,8	78,7	95,7	87,7	81,7	81,4	86,5	-2,8
Commodities industriais	81,6	78,8	84,4	79,7	75,8	72,4	78,8	-2,3
Commodities agroindustriais	86,5	89,0	95,0	79,6	84,0	86,5	86,8	-0,0
Indústria tradicional	77,2	81,4	83,7	79,2	77,6	75,8	79,2	-0,4
Indústria intensiva em tecnologia	66,9	74,6	65,3	71,9	67,4	64,1	68,4	-0,9
SIUP	-	-	-	-	30,2	47,0	38,6	55,8
Comunicação e Informação	-	-	71,0	72,3	50,5	57,2	62,7	-7,0
P&D	-	-	61,0	56,4	46,4	66,7	57,6	3,0
Engenharia, testes e análises técnicas	-	-	-	-	56,2	70,6	63,4	25,6

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Pintec (2016)

2.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou a evolução e uma análise de dados de produtividade, estrutura produtiva e inovação em nível macroeconômico e em níveis setoriais da economia brasileira recente como ponto de partida para as análises de fluxo de tecnologia intersetorial dos próximos capítulos. Em nível macroeconômico, verifica-se que a economia brasileira apresentou um crescimento modesto da produtividade na primeira década dos anos 2000, com uma taxa média anual de crescimento de apenas 1% e que vem caindo e apresentando taxas negativas nos anos mais

recentes. Diante de um aumento da competitividade internacional e do desaparecimento do bônus demográfico, a necessidade de aumentar a eficiência produtiva ou a produtividade se torna cada vez mais necessária para o crescimento econômico de longo prazo da economia brasileira.

Já em níveis setoriais, verifica-se, sobretudo, um grande aumento do valor adicionado e da produtividade da agropecuária, dos setores de *commodities* agroindustriais e da indústria extrativa mineral, no qual este foi favorecido, em grande parte, pelo aumento dos preços das *commodities* minerais durante o período de análise. A análise da decomposição da produtividade do trabalho agregada mostra também que a estrutura produtiva da economia brasileira pouco variou nos últimos 20 anos. Dentre as mudanças, destaca-se uma perda da produção industrial diante de um aumento do valor adicionado dos serviços, no entanto, sem uma perda na composição das ocupações industriais.

Isso mostra que o fraco desempenho da produtividade da economia brasileira se deu menos por um fator de mudança estrutural, ou seja, de uma diminuição da participação de setores industriais de maior conteúdo tecnológica e produtividade na economia (desindustrialização), e mais por uma questão da própria perda da eficiência produtiva do setor industrial brasileiro e de alguns serviços mais intensivos em tecnologia (menor crescimento da produtividade). Isso indica que o problema da produção brasileira, pelo menos até 2014, tem mais a ver com a baixa eficiência e perda de competitividade da maioria dos setores industriais do que uma maior especialização produtiva em produtos básicos. Evidentemente, as constantes perdas de competitividade (produtividade) do setor industrial no Brasil nos próximos anos podem levar a um processo mais agudo de desindustrialização.

Por fim, a evolução dos dados de inovação em níveis setoriais mostra que os setores mais intensivos em tecnologia investiram muito mais em atividades inovativas e P&D do que os setores menos intensivos em tecnologia, como as indústrias de *commodities* agroindustriais e a indústria extrativa mineral. Entretanto, foram justamente os setores mais produtivos que menos investiram em P&D. Isso vem sendo mostrado nos estudos econométricos analisados no Capítulo 1, no qual grande parte desses estudos apresentaram uma relação inversa entre inovação e produtividade. Outra evidência a se destacar é de que o maior gasto em atividades inovativas, principalmente de setores menos intensivos em tecnologia, vem da aquisição de máquinas e equipamentos. Isso indica que o processo inovativo envolve grandes fluxos tecnológicos intersetoriais, que estão sendo perdidos em uma análise da relação entre inovação e produtividade sobre um mesmo setor.

Conclui-se que as evidências dos dados apresentados para o Brasil neste capítulo estão de acordo com o tipo de análise proposta nesta tese, ou seja, de que os setores fornecedores de tecnologia, principalmente a indústria de transformação, podem explicar boa parte do aumento da produtividade da agropecuária e da indústria extrativa mineral verificado entre 2000 e 2014. Mesmo que os setores industriais tenham apresentado taxas negativas de crescimento da produtividade e tenham contribuído pouco ou negativamente para a produtividade agregada, seus fluxos tecnológicos podem ter sido importantes para explicar o crescimento da produtividade da agricultura e da indústria extrativa. Não se pode auferir nenhuma relação causal até aqui, mas as evidências sugerem a hipótese de que o crescimento da produtividade verificada em alguns setores específicos se deve mais a tecnologias e conhecimentos incorporados na compra de novos insumos e novas máquinas e equipamentos, que são inovações e melhorias geradas pelos setores da manufatura.

3 MATRIZ DE FLUXOS TECNOLÓGICOS: ASPECTOS METODOLÓGICOS

Os capítulos 1 e 2 apresentaram uma discussão teórica e empírica para o Brasil acerca da interdependência tecnológica setorial e produtividade. Esta seção, por outro lado, busca levantar as ferramentas metodológicas necessárias para responder as perguntas de pesquisa: i) Qual é a estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira?; ii) Quais seriam os setores-chaves e dinâmicos do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento para a economia brasileira; e iii) Qual é o impacto do fluxo intersetorial de tecnologia ou conhecimento sobre a produtividade setorial no Brasil?

Como apresentado no Capítulo 1, o principal método utilizado para responder essas questões é por meio da abordagem de insumo-produto inserida no contexto de fluxos tecnológicos, devido não apenas por sua ampla utilização, mas também por sua disponibilidade e por compreender toda a economia. As próximas seções detalham o instrumental proposto. Em primeiro lugar, a seção 3.1 apresenta o modelo insumo-produto, enquanto a seção 3.2 mostra a incorporação dos gastos em P&D e outras atividades inovativas para a construção das matrizes de fluxos tecnológicos. Em segundo lugar, apresentam-se alguns métodos de análises para as matrizes de fluxos tecnológicos: a seção 3.3 compreende as análises de multiplicadores e a seção 3.4 apresenta as análises qualitativas de insumo-produto ou análises de redes. Por fim, em terceiro lugar, a seção 3.5 discorre sobre as bases de dados utilizadas, bem como suas adaptações e limitações.

3.1 O modelo insumo-produto

Como introduzido no Capítulo 1, o modelo insumo-produto foi originalmente desenvolvido por Leontief (1941) e possui como característica principal a estimação do valor total da produção dos diferentes setores econômicos a partir das relações intersetoriais existentes de uma economia. A relação entre o valor da produção e a demanda final (consumo final, exportações e investimentos) pode ser determinado pela equação 11³³:

$$x = Ax + y \tag{11}$$

³³ Os fundamentos do modelo insumo-produto podem ser verificados com maiores detalhes em Miller e Blair (2009).

Onde: x é o vetor do valor bruto da produção; A é a matriz dos coeficientes técnicos diretos de produção; e y é o vetor de demanda final.

Os elementos da matriz A são dados por:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (12)$$

Onde: a_{ij} é coeficiente técnico direto que indica a quantidade de insumo do setor i necessária para a produção de uma unidade de produto final do setor j ; z_{ij} é o consumo intermediário que indica o valor gasto pelo setor j com a compra de insumos produzidos pelo setor i ; e x_j é o valor bruto da produção do setor j . Expresso em unidades monetárias, a matriz de coeficientes técnicos diretos indica quantos Reais (R\$) em insumos de um setor i são diretamente necessários para a produção final de R\$ 1,00 do setor j .

Utilizando álgebra matricial, a equação 11 pode ser reescrita ao se isolar o vetor de demanda final (y) e colocar o vetor de produção (x) em evidência: $(I - A)x = y$, onde I é uma matriz identidade. Isolando para x , a solução única para o sistema de equações lineares é dada por:

$$x = (I - A)^{-1} = Ly \quad (13)$$

Onde $(I - A)^{-1} = L$ representa a matriz inversa de Leontief ou a matriz de requerimentos totais. A equação 13 representa o valor bruto da produção necessário para suprir direta e indiretamente a demanda final da economia, no qual os coeficientes l_{ij} da matriz L podem ser interpretados como os impactos diretos e indiretos de um aumento unitário no valor da produção do setor j sobre a produção do setor i . Como a matriz A nada informa sobre os efeitos indiretos dos aumentos na produção de um setor, ou seja, da cadeia de impactos intersetoriais³⁴, a matriz L se torna mais adequada à análise detalhada dos impactos de variações da demanda final.

³⁴ Por exemplo, ao produzirmos automóveis, pode-se identificar, com a matriz A , a necessidade de aço para a sua produção. Porém, os impactos da produção de automóveis não se esgotam no aço. É necessário produzir também minério de ferro, que servirá de insumo para a produção de aço. Para extrair minério de ferro, no entanto, é necessário produzir eletricidade, e assim por diante. Essa cadeia de impactos prolonga-se indefinidamente. Essa soma de ciclos de impactos diretos e indiretos pode ser determinada pela matriz de Leontief (FEIJÓ; RAMOS, 2013).

Como já apresentado no Capítulo 1, deve-se destacar novamente as hipóteses do modelo: i) rendimentos constantes de escala, nos quais os coeficientes técnicos não se alteram conforme se aumenta ou diminui o nível de produção; ii) homogeneidade, no qual cada produto, ou grupo de produtos, é fornecido por uma única atividade, e para esta produção apenas uma tecnologia é utilizada e apenas um produto típico é produzido; e iii) proporcionalidade, no qual os insumos consumidos por cada atividade são uma função somente no nível de produção dessa atividade (FEIJÓ; RAMOS, 2013).

Para a construção do modelo insumo-produto na prática, algumas transformações ainda devem ser realizadas. As recomendações internacionais sugerem que as matrizes de insumo-produto (MIP) sejam calculadas integradas ao Sistema de Contas Nacionais (SCN) (FEIJÓ; RAMOS, 2013). Dessa forma, o cálculo da matriz de coeficientes técnicos deve ser realizado a partir das Tabelas de Recursos e Usos (TRU) do SCN, que no Brasil são calculados pelo IBGE. As TRUs, no entanto, são compostas por matrizes retangulares que possuem números distintos entre produtos e setores (atividades)³⁵. Para se adequar a hipótese da homogeneidade do modelo destacada no parágrafo anterior, é necessário que a matriz de coeficientes técnicos (A) seja quadrada, de forma a torná-la inversível. Isso não garante, porém, que um setor produza somente seu produto típico ou principal. A produção em um setor de produtos típicos de outros setores, definida como produção secundária, não admite a suposição de que os produtos consumidos tenham imediatamente identificado o setor que os produziu (IBGE, 2016). Essa característica exige que se desenvolvam modelos que, a partir das TRUs, calculem coeficientes “setor por setor”, ou “produto por produto”, adequados ao modelo de Leontief.

Como apresentado pelo IBGE (2016), há duas maneiras de resolver o problema de homogeneidade: i) “tecnologia do produto”, assumindo-se que a tecnologia é específica do produto, independentemente do setor que a produz. Assim, as informações disponíveis são sobre as estruturas de insumo de cada produto, no qual as estruturas de insumo dos setores são obtidas pela média ponderada das estruturas dos produtos que produzem; e ii) “tecnologia do setor”, assumindo-se que a tecnologia para a produção de produtos é específica do setor. Assim, as informações disponíveis são sobre as estruturas de insumo de cada setor, no qual as estruturas de insumo dos produtos são calculadas pela média ponderada das estruturas dos setores que os produzem, considerando como peso a participação de cada setor na produção do produto (*market-share*).

³⁵ O SCN atual elaborado pelo IBGE possui uma classificação de 128 produtos por 68 setores (IBGE, 2016).

Dado que as informações divulgadas nas TRUs calculadas para o Brasil pelo IBGE possuem um número maior de produtos do que de atividades é necessária a adoção da hipótese de tecnologia do setor, ou seja, em uma estrutura que seja de “setor por setor”. Isso é feito por meio da construção de uma matriz de *market-share* (D), de dimensão “setor por produto”, expressa por:

$$D = V' \hat{v}^{-1} \quad (14)$$

Onde V' é a matriz transposta de produção (tabela de recursos), que apresenta para cada atividade o valor da produção, a preço básico, de cada um dos produtos que produz; e \hat{v}^{-1} é o vetor diagonal inverso do valor bruto da produção total por produto. Os elementos de D são expressos por:

$$d_{ji} = \frac{v_{ji}}{\sum_{i=1}^n v_i} \quad (15)$$

Onde d_{ji} representa a participação percentual (*market-share*) do setor j na produção do produto i ; v_{ji} é o valor da produção do produto i pelo setor j ; e $\sum_{i=1}^n v_i$ é o valor bruto da produção total do produto i . A hipótese de tecnologia por setor pode ser representada por uma matriz de coeficientes técnicos nacionais produto por setor (An), calculada a partir da matriz de consumo intermediário nacional pelo valor bruto da produção por setor, expresso por:

$$an_{ij} = \frac{zn_{ij}}{x_j} \quad (16)$$

Onde: cada elemento an_{ij} representa a participação do produto i no consumo total do setor j ; zn_{ij} é o consumo intermediário nacional, que indica o valor gasto pelo setor j com a compra de insumos nacionais produzidos pelo setor i ; e x_j é o valor bruto da produção do setor j .

Multiplica-se então a matriz D pela matriz dos coeficientes técnicos nacionais Zn para chegar à matriz quadrada dos coeficientes técnicos de insumos nacionais An ³⁶:

$$An = D Zn \quad (17)$$

Com uma matriz de coeficientes técnicos quadrada “setor por setor” chega-se na solução de Leontief de requerimentos diretos e indiretos apresentada pela equação 13:

$$x = (I - An)^{-1}y = Ln y \quad (18)$$

Para simplificar, as matrizes An e Ln serão representadas como A e L como na equação 13, já que, além de se utilizar apenas as matrizes de consumo nacional, a hipótese de homogeneidade, ou seja, de matrizes quadradas, são necessárias para a operacionalização do modelo insumo-produto.

3.1.1 A matriz de absorção de investimentos

Uma das principais limitações da maioria dos trabalhos analisados no Capítulo 1 que utilizaram matrizes de fluxos tecnológicos é a ausência de matrizes de investimentos entre os setores econômicos. Enquanto que as matrizes de insumo-produto, que apresentam os fluxos de consumo intermediário, possuem ampla disponibilidade em longos períodos de tempo para diversos países, matrizes de investimentos possuem uma disponibilidade bem menor. No Brasil, um esforço na construção de uma série de matrizes de absorção de investimentos adaptada ao SCN do IBGE foi elaborado e estimado recentemente por Miguez (2016), permitindo-se utilizar matrizes de gastos em P&D e atividades inovativas incorporados em bens de capital transacionados pelos setores econômicos.

Em uma matriz de absorção de investimentos, os elementos da matriz dos coeficientes técnicos diretos de investimentos (B) são expressos por:

³⁶ O mesmo pode ser feito com uma matriz quadrada de coeficientes técnicos de insumos importados (A_m) por meio de uma matriz de coeficientes técnicos importados (Z_m). Esse tipo de matriz, no entanto, não será aplicada nesta tese pela dificuldade estatística de se criar matrizes de fluxos tecnológicos importadas.

$$b_{ij} = \frac{c_{ij}}{x_j} \quad (19)$$

Onde: b_{ij} é o coeficiente técnico direto que indica a quantidade de bem de capital do setor i necessária para a produção de uma unidade de produto final do setor j ; c_{ij} é o “uso de bens de capital intermediário”, que indica o valor gasto pelo setor j com a compra de bens de capital produzidos pelo setor i ; e x_j é o valor bruto da produção do setor j . Expresso em unidades monetárias, a matriz de coeficientes técnicos diretos de investimentos indica quantos Reais (R\$) de bens de capital um setor i são diretamente necessários para a produção final de R\$ 1,00 do setor j .

Assim como na matriz de insumo-produto tradicional, a matriz de investimentos também precisa ser quadrada. Para isso, utilizou-se da mesma técnica “tecnologia do setor” abordada para a construção da matriz A , no qual multiplica-se a matriz de *market-share* (D) pela matriz dos coeficientes técnicos de investimentos nacionais (Bn , onde cada elemento é expresso por $bn_{ij} = \frac{cn_{ij}}{x_j}$). Chega-se, dessa forma, na matriz quadrada dos coeficientes técnicos de investimentos nacionais Bn .³⁷

$$Bn = D Cn \quad (20)$$

Mais uma vez, como serão utilizadas apenas as matrizes de investimentos nacionais, a matriz Bn será caracterizada apenas como B .

Por mais que se consiga gerar coeficientes técnicos de investimentos compatíveis com a análise de insumo-produto, a solução de Leontief de requerimentos técnicos diretos e indiretos para um modelo que incorpore a matriz B é um pouco mais complexa. Os investimentos em bens de capital são fatores importantes para o processo produtivo, no entanto, não necessariamente são utilizados imediatamente durante a produção corrente de um determinado ano, podendo ser utilizados para uma produção futura. Dessa maneira, normalmente se utiliza de modelos dinâmicos de Leontief, onde B representaria os requerimentos para manter uma razão capital-produto

³⁷ Mais uma vez, o mesmo pode ser feito com uma matriz quadrada de coeficientes técnicos de investimentos importados (B_m) por meio de uma matriz de coeficientes técnicos importados (C_m). Esse tipo de matriz, no entanto, não será aplicada nesta tese.

equilibrada, em plena capacidade de produção, dada a depreciação e o crescimento tendencial da produção (MILLER; BLAIR, 2009). Outra dificuldade do modelo é o fato de que o vetor de formação bruta de capital fixo (FBCF), representado por $\sum_j c_{ij}$, é um dos componentes da demanda final (y), o que requer ajustes em sua composição.

Além da dificuldade de compatibilização de dados³⁸, a especificação de um modelo de Leontief dinâmico que incorpore conjuntamente a matriz de coeficientes de consumo intermediário (A) e a matriz de coeficientes de investimentos (B) foge do escopo desta tese. A construção de matrizes de fluxos tecnológicos visa captar mais as relações intersetoriais por meio dos coeficientes L , A e B do que análises de decomposições ou de impactos intersetoriais típicas da abordagem de insumo-produto.

3.1.2 Matrizes a preços constantes

Na comparação de matrizes de insumo-produto ao longo do tempo é importante distinguir mudanças atribuídas aos preços de outras fontes. Isso envolve essencialmente a conversão das MIPs originais a preços nominais para MIPs correspondentes avaliadas a preços constantes para um determinado ano base. Segundo Feijó e Ramos (2013), o cálculo dos coeficientes técnicos a preços constantes necessita que os mesmos estejam valorados a preços básicos. O uso de preços ao consumidor manteria a influência de agentes não relacionados a mudanças estruturais nessas atividades (comércio, transportes e impostos). MIPs a preços constantes podem ser calculadas a partir do deflacionamento das tabelas de produção e de consumo intermediário nacional, aplicando-se, em seguida, o modelo de cálculo de coeficientes técnicos, apresentado nas subseções anteriores (FEIJÓ; RAMOS, 2013).

O deflacionamento das tabelas a preços básicos é feito com índices de preços por produto. Já que o IBGE disponibiliza valores das TRUs a preços correntes e a preços do ano anterior, índices de preços por produtos podem ser obtidos para cada ano em referência a um ano base. Como as tabelas de produção e consumo intermediário nacional são valoradas a preços básicos, é possível aplicar os mesmos índices em ambas as tabelas. Exemplos numéricos desse processo de deflação podem ser encontrados em Feijó e Ramos (2013) e Miller e Blair (2009), e são representados por meio da notação matricial a seguir:

³⁸ Ver subseção 3.5 sobre a base de dados.

$$V^{t/s} = V^t \hat{p}^{-1} \quad (21)$$

$$Zn^{t/s} = \hat{p}^{-1} Zn^t \quad (22)$$

$$Cn^{t/s} = \hat{p}^{-1} Cn^t \quad (23)$$

Onde $V^{t/s}$, $Zn^{t/s}$ e $Cn^{t/s}$ são, respectivamente, as matrizes de produção, consumo intermediário nacional e usos de bens de capital nacional do período t aos preços do período s ; V^t , Zn^t e Cn^t são, respectivamente, as matrizes de produção, consumo intermediário nacional e usos de bens de capital nacional para o período t ; e p é o vetor com índices de preços de t em relação a s . Na notação matricial acima, o sobrescrito “ \wedge ” significa que o vetor foi transformado em uma matriz diagonal. A partir das tabelas básicas deflacionadas, as matrizes A , L e B podem ser encontradas pelo método já descrito nas seções anteriores.

Esse método de deflacionamento, embora amplamente utilizado, apresenta alguns problemas. Segundo Feijó e Ramos (2013), a eliminação dos preços dos coeficientes técnicos não torna os coeficientes inteiramente livres da sua influência, pois todos os elementos de uma linha das matrizes são desinflacionados pelo mesmo índice. Por ser ainda uma relação entre valores, não são eliminadas as distorções que os preços relativos causam nas relações de quantidade. As distorções dos preços relativos influenciam, por exemplo, o cálculo do valor adicionado, que neste caso é encontrado por um processo denominado de dupla deflação. Nesse processo, o valor adicionado é obtido a partir da diferença entre o valor bruto da produção e do consumo intermediário, ambos deflacionados pelo índice p .

Por esse motivo, segundo autores como De Juan e Febrero (2000), o cálculo da produtividade do trabalho, comumente especificado como o valor adicionado dividido pelo número de trabalhadores pode ser melhor analisado pelo valor bruto da produção dividido pelo número de trabalhadores, já que este guarda uma relação mais efetiva com a produção física e a tecnologia produtiva. Já o valor adicionado seria uma medida monetária calculada de forma residual, que sofreria com as variações de preços relativos e poderia variar sem que tenha ocorrido de fato mudanças de eficiência produtiva.

3.2 Incorporando gastos em P&D e atividades inovativas no modelo insumo-produto

Como discutido no Capítulo 1, pelo menos desde as proposições de Schmmokler (1966) acerca do processo de criação e difusão de inovações, vários outros autores buscaram construir matrizes de fluxos tecnológicos entre os setores de uma economia. Encontra-se na literatura empírica basicamente duas maneiras de construir essas matrizes: i) baseadas em patentes, apresentado por Scherer (1982); e ii) baseadas em matrizes de insumo-produto, apresentados por Terleckyj (1980), Momigliano e Siniscalco (1982, 1984) e replicado por vários outros autores³⁹.

As matrizes de patentes envolvem uma construção mais complexa e dispendiosa de relacionar patentes originárias de um setor e possíveis setores usuários, possuindo a vantagens de estabelecer relações mais precisas quanto a proximidade tecnológica dos fluxos, porém, menos criteriosa quanto ao método de escolha entre produtor e usuário de determinada patente. Devido à dificuldade e aos custos na montagem dessas matrizes, há poucos trabalhos que replicaram esta abordagem, encontrando-se muito mais trabalhos que aplicaram a abordagem baseada em matrizes de insumo-produto. Neste caso, a perda de precisão em relacionar a proximidade tecnológica entre produtores e usuários de tecnologia ou conhecimento é contrabalanceada por técnicas e métodos mais precisos de fluxos entre produtores e usuários. Esta tese se concentra em fluxos tecnológicos baseados em matrizes de insumo-produto, ou, mais precisamente, fluxos de gastos em P&D e outras atividades inovativas incorporados nas compras e vendas de bens de consumo intermediário e bens de capital.

Momigliano e Siniscalco (1982) desenvolveram a incorporação de gastos em P&D nos fluxos das matrizes de insumo-produto por meio dos conceitos de subsistemas ou setores verticalmente integrados de Sraffa (1960) e Pasinetti (1973, 1981). Como apresentado no Capítulo 1, na abordagem de sistemas verticalmente integrados, todas as transações intersetoriais são vistas como parte de um processo contínuo, que apenas é completado quando se produz uma mercadoria destinada a suprir uma demanda final. Nessa abordagem, a relação principal deixa de ser as indústrias e passa a ser os produtos, onde cada bem final é expresso pelos elementos que os constituem: a quantidade de trabalho incorporado em todo o processo de produção. Assim, um setor verticalmente integrado ou um subsistema j é definido como uma unidade de investigação identificada por todas as atividades utilizadas diretamente e indiretamente para satisfazer a demanda final de um produto j . Se é possível identificar a quantidade de trabalhadores incorporados em todo o processo de produção de um determinado produto, o mesmo pode ser feito

³⁹ A subseção 1.2.1 apresentou alguns destes trabalhos.

no valor de P&D ou de qualquer outra variável relevante para o processo produtivo incorporado neste mesmo produto.

Em termos práticos, a análise de sistemas verticalmente integrados possui pouca diferença metodológica em relação a abordagem de insumo-produto, diferenciando basicamente na forma teórica de como é tratada o processo produtivo. Uma vez calculada a matriz de Leontief (L) todas as relações entre as duas abordagens possuem uma correspondência direta. Sempre é possível partir de vetores de alguma variável específica e transformá-la em uma medida correspondente em termos de um setor verticalmente integrado.

Partindo da solução de Leontief representada na equação 13, a construção de uma matriz de fluxos de P&D incorporado em bens e serviços se dá pela pré-multiplicação de uma matriz diagonal de intensidade do gasto em P&D setorial pela matriz de requerimentos técnicos diretos e indiretos (L):

$$H_a = \hat{r}\hat{x}^{-1}L\hat{y} \quad (24)$$

Onde o sobrescrito " $\hat{}$ " significa que o vetor foi transformado em uma matriz diagonal; \hat{r} é a matriz diagonal de gasto em P&D do setor j ; e \hat{x}^{-1} é a matriz diagonal inversa do valor bruto da produção do setor j , no qual $\hat{r}\hat{x}^{-1} = \frac{r_j}{x_j}$ representa a intensidade do gasto em P&D do setor j . O termo $L\hat{y}$ representa a matriz cuja as colunas formam os subsistemas de uma economia. A soma dos elementos de uma coluna de $L\hat{y}$ contém toda a “cadeia produtiva” necessária para satisfazer a demanda final do setor j . Pré-multiplicando este termo por $\hat{r}\hat{x}^{-1}$, apresenta-se a matriz H_a , que realiza uma distribuição do gasto em P&D sobre o sistema de produção de toda a economia, de modo que a soma de todos os seus elementos e a soma de todos os elementos de r seja a mesma.

A matriz de fluxos de P&D incorporada nas transações de bens e serviços apresentada pela equação 24, chamada a partir de agora de matriz de fluxos tecnológicos, é comumente denominada na literatura como uma matriz de “estrutura nominal” (*actual-structure*), pois a mesma incorpora a estrutura fornecida pela demanda final nominal (atual) das matrizes de insumo-produto. Alternativamente, pode-se negligenciar a informação disponível da demanda final da equação 24, dado por:

$$H = \hat{r}\hat{x}^{-1}L \quad (25)$$

Onde a matriz de fluxos tecnológicos H representa as relações puramente tecnológicas do gasto em P&D incorporado em bens e serviços entre os setores econômicos, ou seja, na proporção da intensidade do gasto em P&D sobre os coeficientes técnicos diretos e indiretos da matriz L , não dependendo do tamanho e da estrutura da demanda final. Por este motivo, a matriz H é comumente denominada na literatura como uma matriz de “estrutura padrão” (*standard-structure*). Schnabl (1995) salienta que esse tipo de abordagem obtêm uma cristalização dos determinantes mais tecnológicos que estão concentrados nos produtos dos insumos dos coeficientes técnicos da matriz L e indicados no vetor de P&D.

Essa abordagem possui a vantagem de analisar as ligações setoriais em proporções ditadas pelos coeficientes técnicos das matrizes, sem a necessidade de explicitar volumes dos valores econômicos sobre os gastos em P&D representado pela matriz H_a . Outra aplicação da matriz de fluxos tecnológicos sob a estrutura padrão é a análise de potenciais efeitos na economia e nos setores econômicos por meio de possíveis variações em suas demandas, também chamada na literatura de insumo-produto de análise de multiplicadores. Esta abordagem e suas limitações será discutida na próxima subseção.

Sob análise da estrutura-padrão apresentada pela equação 25, cada célula de H representaria o gasto em P&D incorporado em bens e serviços do setor i necessária para satisfazer a demanda final do setor j . A soma das células de cada i linha representaria o total de P&D gasto por cada setor i . Extraíndo-se os valores da diagonal principal de cada setor i , obtém-se o P&D incorporado em bens e serviços transbordado (*spillover*) para outros setores a partir do gasto em P&D do setor i . Já a soma das células de cada j coluna representaria o total de P&D absorvido por meio da compra de bens e serviços por cada setor j . Extraíndo-se os valores da diagonal principal de cada setor j , obtém-se o P&D incorporado de outros setores para satisfazer sua demanda final. Sinteticamente:

$\sum_i h_{ij}$: gasto total em P&D do setor i (soma da linha);

$\sum_i h_{ij} - h_{ij}^0$: gasto em P&D do setor i transbordado (*spillover*) por meio da venda de bens e serviços para o setor j (soma da linha menos a célula referente a diagonal principal: h_{ij}^0);

$\sum_j h_{ij}$: valor do P&D incorporado na compra de bens e serviços absorvido pelo setor j (soma da coluna);

$\sum_j h_{ij} - h_{ij}^0$: gasto em P&D incorporado na compra de bens e serviços pelo setor j de outros setores da economia (soma da coluna menos a célula referente a diagonal principal: h_{ij}^0).

A mesma interpretação da matriz de fluxos tecnológicos diretos e indiretos H , com base nas transações interindustriais de consumo intermediário, pode ser analisada do ponto de vista das transações interindustriais diretas do próprio consumo intermediário e dos investimentos (bens de capital). Nestes casos, a intensidade do gasto em P&D e outras atividades inovativas do setor j ($\hat{r}\hat{x}^{-1}$) é pré-multiplicada pelo coeficiente técnico direto, respectivamente, de consumo intermediário (A) e de investimento (B). Forma-se, assim, as matrizes de fluxos tecnológicos M e K , onde os gastos em P&D e outras atividades inovativas são incorporados, respectivamente, na compra e venda direta de insumos intermediários e de bens de capital:

$$M = \hat{r}\hat{x}^{-1}A \quad (26)$$

$$K = \hat{r}\hat{x}^{-1}B \quad (27)$$

As interpretações dadas pelos coeficientes das matrizes H , M e K fornecem um quadro rigoroso para a análise da interdependência do sistema produtivo, no qual contempla toda a economia de um país, além de permitir comparações intertemporais e entre países. No entanto, como analisado por Marengo e Sterlacchini (1990), por se tratar da complexidade do processo de difusão da tecnologia, algumas hipóteses simplificadoras deste modelo devem ser ressaltadas:

i) Todos os gastos em P&D e outras atividades inovativas são supostos de serem incorporados em bens de consumo intermediário e bens de capital produzidos, no qual nenhum outro tipo de transferência ou proximidade tecnológica é considerado;

ii) A incorporação do gasto em P&D e outras atividades inovativas de um setor por outro é assumida de forma completa e instantânea: não há nenhuma consideração sobre o fato de nenhuma ou só um estágio mais avançado de esforço de P&D ou outras atividades inovativas gerarem melhorias em algum bem produzido;

iii) O modelo não prevê que a diversificação tecnológica pode ser maior e diferencialmente distribuída do que a diversificação da produção de uma análise de insumo-produto em si, isto é, firmas que estão envolvidas em atividades de P&D nas áreas em que não são (na mesma medida) economicamente ativas.

Essas limitações estão relacionadas com as fontes de externalidades (*spillovers*) geradas pelas atividades inovativas e de P&D identificadas por Griliches (1979) e apresentadas no Capítulo 1. Para o autor, há dois tipos básicos de *spillover*: *rent-spillover* e o *knowledge-spillover*. O *rent-spillover* está relacionado com os ganhos de produtividade dos setores usuários de inovações por meio da compra de insumos produtivos novos ou melhorados fornecidos pelos setores produtores, ou seja, por meio das transações de compra e venda de bens e serviços de uma economia. É este *spillover* que se busca mensurar por meio das matrizes de fluxos tecnológicos H , M e K . No entanto, as externalidades trazidas pela tecnologia vão além das transações econômicas observáveis, no qual o *knowledge-spillover* seria o transbordamento do conhecimento não incorporado na compra e venda de bens e serviços, e sim na difusão do conhecimento tácito, como ideias, habilidades, expertise ou até mesmo de arranjos cooperativos para inovação de setores com proximidade tecnológica, mas que não necessariamente transacionam mercadorias entre si.

Dietzenbacher e Los (2002) apresentam um exemplo prático que distingue a diferença entre o *rent-spillover* (tecnologia incorporada em produtos) e o *knowledge-spillover* (tecnologia não incorporada em produtos). Por exemplo, inovações realizadas em um computador que possua melhor capacidade de processamento provavelmente apareceria em uma matriz de fluxos tecnológicos com um valor positivo na célula de intersecção entre o setor i (indústria de computadores) para uma indústria j de serviços de intermediação financeira. Neste caso, um novo computador pode trazer uma maior eficiência para o setor de serviços financeiros, e isto é representado pelo fluxo comercial entre os dois setores. No entanto, muito provavelmente a inovação incorporada no computador (um processador mais rápido) não gerou este tipo de conhecimento técnico e científico para o setor de serviços financeiros. A inovação na área de informática, entretanto, poderia gerar novos conhecimentos e ideias úteis para a indústria de fabricação de equipamentos para comunicação devido a sua proximidade tecnológica, mesmo que o computador mais eficiente não seja usado (comprado) para este setor.

Dessa maneira, deve-se ressaltar as limitações do quadro de fluxos tecnológicos intersetoriais proposto nesta tese: gastos em P&D e outras atividades inovativas incorporados nos bens e serviços transacionados entre os setores de uma economia. Neste esquema, há dois avanços quanto a maioria dos trabalhos que estimaram os fluxos tecnológicos: i) o uso de *proxies* mais amplas do que P&D, que é ainda mais importante para países em desenvolvimento como o Brasil, no qual a maioria dos esforços inovativos das empresas não estão centradas em níveis mais

sofisticados de complexidade tecnológica⁴⁰; e ii) o uso de matrizes de investimentos, que testam o gasto em P&D e outras atividades inovativos incorporados não apenas no consumo intermediário entre os setores industriais, mas também no investimento em bens de capital entre os setores.

3.3 Análise de multiplicadores

Como introduzido na subseção 1.1.3, a análise de interdependência setorial de uma economia por meio de matrizes de insumo-produto é uma abordagem antiga que passa diretamente pelas definições de índices de ligações para trás e para frente explorados inicialmente por Rasmussen (1956) e Hirschman (1958). Para estes autores, o índice de ligações para trás (*backward linkages*) indica até que ponto um setor demanda insumos da economia, em comparação com outros. Já o índice de ligação para frente (*forward linkage*) indica até que ponto um dado setor, em comparação com os outros, possui os seus insumos demandados pela economia. Um dos objetivos propostos por essa metodologia era o de identificar setores-chaves de uma economia, que seriam aqueles que apresentassem maiores encadeamentos para trás e para frente, dando maior poder de dinamismo em um sistema econômico.

Com a matriz de fluxos tecnológicos H apresentada na subseção anterior, as análises tradicionais de *backward linkage* e *forward linkage* podem ser interpretadas do ponto de vista da interdependência tecnológica setorial, ou seja, de setores com maiores encadeamentos do ponto de vista da transferência e da absorção de P&D incorporado nos produtos transacionados comercialmente. Na verdade, a incorporação de vetores (e.g. emprego, valor adicionado, emissão de CO_2 , etc.) nas matrizes de insumo-produto como instrumento de análise de impactos e interdependência setorial é bastante tradicional na literatura, comumente chamada de análise de multiplicadores (DIETZENBACHER, 2005). Um tratamento dado para vetores de P&D é apresentado por Dietzenbacher e Los (2002), que serviu de base para as considerações deste tipo de análise para esta tese.

Esta seção está dividida em duas subseções. A subseção 3.1.1 apresenta a metodologia utilizada para a análise de *backward linkage*, enquanto a subseção 3.3.2 apresenta a metodologia para a análise de *forward linkage*. Para ambas são ressaltadas os seus limites de interpretação dado uma abordagem de fluxos tecnológicos, pois o processo de criação e difusão de tecnologia,

⁴⁰ Os detalhes da *proxy* de gastos em atividades inovativas são apresentados na seção 3.5 sobre a base de dados.

conhecimento ou inovação é muito mais amplo, complexo e incerto do que as transações comerciais identificadas nas matrizes de insumo-produto.

3.3.1 *Backward linkage*

Na abordagem metodológica de insumo-produto apresentada na seção 3.1, a matriz inversa de Leontief, $L = (I - A)^{-1}$, exibe uma interpretação útil ao se analisar impactos intersetoriais puxados pela demanda final de um setor j . Cada célula desta matriz (l_{ij}) indica quanto do produto do setor i varia, direta e indiretamente, quando a demanda final do setor j varia em uma unidade. Somando os elementos da coluna j , obtém-se o multiplicador de produção (*output multiplier*), que mensura o impacto da variação em uma unidade na demanda final do setor j sobre toda a economia, ou seja, a produção de todos os setores da economia que é necessária para satisfazer uma unidade da demanda final do setor j (MILLER; BLAIR, 2009). O multiplicador de produção, também chamado de *backward linkage* (BL_j), para o setor j é dado por:

$$BL_j = \sum_{i=1}^n l_{ij} \quad (28)$$

Onde l_{ij} são os elementos da matriz L e n é o número de setores. Logo, BL_j é a soma dos elementos de uma coluna da matriz de Leontief.

Como comumente é utilizado na literatura de insumo-produto, os efeitos de *backward linkage* descritos acima podem ser configurados para qualquer vetor importante para o processo produtivo nos moldes de setores verticalmente integrados (DIETZENBACHER, 2005). Dietzenbacher e Los (2002) fazem esta análise para os gasto em P&D setorial, pré-multiplicando a intensidade do gasto em P&D ($\hat{r}\hat{x}^{-1}$) pela matriz L , obtendo-se, assim, a matriz de fluxos tecnológicos diretos e indiretos H , descrita pela equação 25. A soma dos elementos de uma coluna j da matriz H fornece o “*backward linkage* tecnológico”, que indica o total de gasto em P&D ou outras atividades inovativas gerado por toda a economia dado o aumento de uma unidade monetária da demanda final do setor j :

$$BL_j = \sum_{i=1}^n h_{ij} \quad (29)$$

Supondo que a intensidade do gasto em P&D e outras atividades inovativas se mantenham constantes, os efeitos de *backward linkage* tecnológico refletem uma medida de gasto em P&D necessário diretamente não apenas para a demanda final de j , mas também para os requerimentos de insumos necessários para a produção de j e para os insumos necessários para a produção dos insumos de j , e assim por diante (DIETZENBACHER; LOS, 2002)⁴¹. Essa medida está relacionada a pergunta: de onde são provenientes os insumos de produção? Ou, para o caso dos fluxos tecnológicos, de onde são provenientes os gastos em P&D e outras atividades inovativas incorporados nos insumos de produção?

Outra maneira de mensurar os efeitos de *backward linkages* tecnológicos é por meio da análise dos requerimentos de P&D incorporados em bens e serviço necessários por outros setores que não a atividade j dado uma variação na demanda final de j , ou seja, pela soma das colunas de H menos o elemento que compõe a diagonal principal. Este tipo de medida é mais interessante para análises de dependência tecnológica, pois, independentemente da intensidade do efeito, identifica setores que geram mais impactos para outras atividades do que para si mesmos, ou seja, uma medida de impacto de *spillover* incorporado nas transações comerciais. Os efeitos de *backward linkage* de *spillover* tecnológico pode ser representado por:

$$BL_j = \sum_{i=1}^n h_{ij} - h_{ij}^0 \quad (30)$$

A interpretação das equações 29 e 30 descritas acima requerem maiores cuidados. Nestes casos, assume-se que as intensidades em P&D ou outros gastos em atividades inovativas sejam fixas, ou seja, que se a produção aumentar em alguma proporção, as despesas em P&D também aumentarão na mesma proporção. Algumas evidências empíricas sugerem esta hipótese. Freeman e Soete (1997), por exemplo, verificaram que algumas grandes empresas atribuíam orçamentos aos seus departamentos de P&D usando regras de bolso quanto ao valor das receitas. No entanto, os canais de transmissão do aumento do gasto em P&D de uma economia são bem mais amplos, complexos e incertos do que via o aumento da demanda final de determinado setor. Mais ainda, os canais de transmissão de difusão da inovação são menos rigorosos do que as relações proporcionais e distribuídas entre a geração de P&D por um setor e os seus setores usuários. Logo, os dados

⁴¹ Uma medida dos efeitos de “*backward linkage* tecnológico direto” também podem ser utilizados pela soma das colunas da matriz de fluxos tecnológicos diretos M (equação 21): $BL_j = \sum_{i=1}^n m_{ij}$.

interpretados pelas equações 29 e 30 são úteis por identificarem impactos intersetoriais possivelmente mais intensos, porém, evidentemente são incompletos quando se trata de gastos em P&D ou de qualquer outra variável relacionada a inovação.

3.3.2 *Forward linkage*

Os “*backward linkages* tecnológicos” refletem os esforços de gastos em P&D e outras atividades inovativas direta e indiretamente associados a variações de uma unidade monetária da demanda final da indústria j , no qual busca responder a seguinte pergunta: de onde são provenientes os gastos em P&D e outras atividades inovativas incorporados nos insumos de produção? Já os *forward linkages* perguntam justamente o oposto: para onde a produção irá? Ou, para o caso dos fluxos tecnológicos, para onde os gastos em P&D e outras atividades inovativas incorporados nos bens e serviços serão absorvidos?

Uma primeira mensuração de *forward linkage* proposta é a soma das linhas da matriz de Leontief L para o caso dos efeitos diretos e indiretos, ou da soma das linhas da matriz A para os efeitos diretos. Neste caso, os efeitos de *forward linkage* implicariam o aumento da produção de um setor i dada a variação de uma unidade monetária da demanda final de todos os setores de uma economia. No entanto, alguns autores, como Jones (1976), chamaram atenção para a má especificação dessa abordagem, pois a mesma depende de um estímulo peculiar: um aumento simultâneo de uma unidade da demanda final de todos os setores (MILLER; BLAIR, 2009).

Dessa maneira, os efeitos de *forward linkage* geralmente são representados na literatura pelos coeficientes de produção $\left(q_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_i}\right)$ ao invés dos coeficientes técnicos da matriz A $\left(a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}\right)$, ou seja, pela participação do produto do setor i que é vendida para o setor j ao invés da participação do produto do setor j requerido pelo setor i . Essa especificação é conhecida por uma abordagem pelo lado da oferta (*supply-driven*) introduzida por Ghosh (1958) e difere do modelo de Leontief, que é voltado pelo lado da demanda (*demand-driven*)⁴². Análogo a solução de Leontief, a solução do sistema econômico de vendas (ofertas) diretas e indiretas é dada pela inversa da matriz de Ghosh (G), dada a matriz dos coeficientes de produção Q : $G = (I - Q)^{-1}$. Cada

⁴² O capítulo 12 de Miller e Blair (2009) apresenta os fundamentos com mais detalhes dos modelos de insumo-produto pelo lado da oferta.

elemento g_{ij} representa o quanto o produto bruto do setor j deve variar, direta e indiretamente, para utilizar o aumento de uma unidade do insumo do setor i . Somando os elementos da linha i , obtém-se o efeito *forward linkage*, que mensura o impacto da variação em uma unidade do insumo do setor i sobre a produção de toda a economia (JONES, 1976):

$$FL_i = \sum_{j=1}^n g_{ij} \quad (31)$$

Onde g_{ij} é cada elemento da matriz G e n é o número de setores. Logo, FL_i é a soma dos elementos de uma linha da matriz de Ghosh.

Supondo que os valores de P&D e outras atividades inovativas incorporados em bens e serviços serão absorvidos para os usuários desses bens, um aumento em uma unidade monetária do investimento em P&D de uma indústria i implica em um aumento no valor do P&D absorvido pela indústria j , representado pelo coeficiente g_{ij} . Dado que o aumento percentual da produção do setor j para utilizar o aumento de uma unidade da produção do setor i pode ser representado por $\frac{g_{ij}}{x_j}$, ou $G\hat{x}^{-1}$ em representação matricial, o aumento percentual do P&D absorvido pelo setor j devido ao gasto total em P&D do setor i é representado por $\frac{r_i g_{ij}}{x_j}$, que pode ser representado pela matriz \tilde{H} ⁴³:

$$\tilde{H} = \hat{r}G\hat{x}^{-1} \quad (32)$$

Somando-se os elementos das linhas de \tilde{H} , obtém-se os efeitos de “*forward linkages* tecnológicos”. Dessa maneira, a equação 33 abaixo pode ser interpretada como o aumento dos gastos em P&D ou atividades inovativas incorporados nos bens intermediários de toda uma economia para utilizar, direta e indiretamente, uma unidade adicional da produção de um determinado setor i :

⁴³ Dietzenbacher e Los (2002) oferecem uma interpretação diferente por meio de um modelo de preços em uma discussão sobre os *spillovers* negativos da inovação. Para os autores, dada a hipótese de que os gastos em P&D incorporados em bens e serviços são custos que serão repassados para os usuários desses bens, um aumento em uma unidade monetária do gasto em P&D de uma indústria i implica em um aumento no valor do seu produto destinado a indústria j . Esse tipo de análise, no entanto, não entra no escopo desta tese.

$$FL_i = \sum_{j=1}^n \tilde{h}_{ij} \quad (33)$$

Assim como foi feito com os efeitos de *backward linkages* tecnológicos, pode-se também verificar o aumento percentual dos gastos em P&D ou outras atividades inovativas incorporados nos bens intermediários de toda a economia que não na atividade i dado o gasto em P&D do setor i , ou seja, pela soma das linhas de \tilde{H} menos o elemento que compõe a diagonal principal:

$$FL_i = \sum_{j=1}^n \tilde{h}_{ij} - \tilde{h}_{ij}^0 \quad (34)$$

Deve-se chamar atenção mais uma vez para as limitações das interpretações dos efeitos de *forward linkages* tecnológicos. A hipótese levantada é de que toda a economia irá aumentar os seus gastos em P&D, seja este direto ou incorporado em bens e serviços, dado o aumento da produção do setor i . Essa hipótese parece plausível se assumirmos mais uma vez que as empresas apresentam alguma regra de gastos em esforços inovativos em relação ao valor de suas vendas, mas ainda recorre ao rigor da proporcionalidade oferecida pelos coeficientes das matrizes de insumo-produto e deve ser, mais uma vez, interpretada com cautela.

3.4 Análise qualitativa de insumo-produto

Análises qualitativas de insumo-produto (*qualitative input-output analysis – QIOA*), comumente chamada de análises de redes ou gráficas, são ferramentas que permitem avaliar qualitativamente a abordagem de insumo-produto. De maneira geral, a análise de rede é composta por uma transformação binária (*booleana*), ou seja, com valores “0” ou “1”, da matriz de coeficientes técnicos A , dado o estabelecimento de certo critério ou filtro (f) de valores (MILLER; BLAIR, 2009). A ideia é que se $a_{ij} < f$, os valores são considerados relativamente insignificantes para o quadro econômico geral e podem ser ignorados. O contrário acontece se $a_{ij} \geq f$, estabelecendo relações relevantes entre os setores econômicos.

Em termos de análise de rede, as matrizes *booleanas* são constituídas por ligações gráficas em que cada setor é representado por um vértice (nó), e cada entrada diferente de zero na coluna j é representado por uma aresta (arco), apontando as ligações entre os setores usuários j 's e os setores fornecedores i 's. Dessa maneira, a análise de rede fornece uma visualização prática entre os

padrões de ligações diretos e indiretos de transmissão entre os setores (vértices), revelando a característica estrutural de uma economia. Segundo Schnabl (1995), a diferença entre as análises quantitativas e qualitativas de insumo-produto é essencialmente uma questão de quais informações se deseja enfatizar. Questões relacionadas a padrões de estrutura econômica, mudança estrutural e até mesmo sistemas nacionais de inovação são temas mais centrais da QIOA.

Há várias técnicas de transformar uma matriz de coeficientes técnicos em valores binários práticos para análises de redes⁴⁴. Dentre elas, destaca-se o trabalho de Schnabl (1994, 1995), replicado por vários outros autores e inserida na análise de fluxos tecnológicos. O autor desenvolveu uma técnica denominada *subsystem minimal flow analysis* (SMFA), que será aplicada para esta tese e apresentada na próxima subseção 3.4.1. Já a subseção 3.4.2 apresenta algumas técnicas de densidade e centralidade da rede também bastante úteis para análises gráficas.

3.4.1 *Subsystem minimal flow analysis* (SMFA)

Segundo Schnabl (1994, 1995), o conceito básico da análise qualitativa de insumo-produto (QIOA) consiste na transformação binária dos valores da matriz de coeficientes técnicos A em uma matriz adjacente W de acordo com um filtro f , que é definido de forma arbitrária:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } a_{ij} \geq f \\ 0 & \text{se } a_{ij} < f \end{cases} \quad (35)$$

Dessa maneira, a matriz W corresponde a uma transformação das transações quantitativas de insumo-produto da matriz A para uma matriz binária qualitativa. Após a “binarização”, vários métodos gráficos podem ser aplicados para as matrizes adjacentes W . Segundo Schnabl (1994), para obter a estrutura completa das informações contidas na matriz A , deve-se calcular não apenas as ligações diretas, mas também as ligações indiretas dos estágios intermediários. Como apresentado nas subseções anteriores, os impactos diretos e indiretos são proporcionados pela matriz de Leontief L , no qual a mesma pode ser decomposta em várias camadas n por meio de uma série de progressão geométrica:

⁴⁴ Ver Miller e Blair (2009, p. 677) para um apanhado de trabalhos que utilizaram análises de redes baseados em modelos de insumo-produto.

$$L = (I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots + A^n \quad (36)$$

Dada a matriz de fluxos tecnológicos $H = \hat{r}\hat{x}^{-1}L$ (equação 25), a mesma também pode ser definida em camadas de acordo com a equação 36:

$$H_1 = \hat{r}\hat{x}^{-1}A \quad (37)$$

$$H_2 = \hat{r}\hat{x}^{-1}A^2 \quad (38)$$

$$H_3 = \hat{r}\hat{x}^{-1}A^3 \quad (39)$$

...

$$H_n = \hat{r}\hat{x}^{-1}A^n \quad (40)$$

Onde cada matriz H_n , sendo $n = 1, 2, \dots, n$, reflete uma camada da cadeia de fluxos intermediários da matriz original H ⁴⁵. As camadas $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$ obtidas nesse processo são então transformadas em matrizes binárias adjacentes $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$, de acordo com um valor de filtro f (equação 35). As ligações diretas e indiretas das matrizes W_n podem então ser traçadas de uma forma que corresponda aos diferentes números de camadas combinadas para estabelecer uma ligação, ou seja, ao “comprimento” das ligações. Isso é feito por meio da formação das matrizes W^n :

$$W^n = W_n W^{n-1} \quad (41)$$

Onde a sequência de W^n mostra quantos comprimentos de cadeia n existem entre os setores. Por exemplo, cada elemento w_{ij} de W^2 contém o valor 1 se, e somente se, cada elemento w_{ij} de W^1 também for igual a 1, refletindo 2 estágios de conexão entre os setores i e j . Dessa maneira, as matrizes W^n incluem todos os fluxos dos estágios intermediários, ao invés de analisar apenas os fluxos dos estágios intermediários de partida e depois tratando-os como constantes como geralmente é feito na abordagem tradicional de QIOA (SCHNABL, 1994). Adicionalmente, uma

⁴⁵ Esse procedimento também pode ser adotado com a equação da estrutura nominal apresentada na subseção 3.2, que leva em consideração a estrutura e o tamanho da demanda final, obtendo a seguinte característica: $H_n = \hat{r}\hat{x}^{-1}A^n y$. No entanto, a análise empírica se concentrará apenas na estrutura-padrão.

matriz de dependência U pode ser derivada por meio de uma soma *booleana* (i.e. $1 + 1 = \#1$) das matrizes W^n :

$$U = \#(W^1 + W^2 + \dots + W^{n-1}) \quad (42)$$

Onde: o símbolo $\#$ significa adição lógica *booleana*. Assim, dado um valor de filtro f , se $u_{ij} = 1$ significa que há uma ligação direta e/ou indireta significativa entre dois setores, caso $u_{ij} = 0$ significa que não há ligações significativas entre dois setores. A mesma análise descrita também pode ser feita para os fluxos tecnológicos incorporados em bens de capital simplesmente substituindo a matriz A pela matriz B e fazendo o mesmo processo de binarização.

A maior limitação das análises de rede é a definição do filtro f , que de maneira geral é escolhido de maneira arbitrária na literatura. Quanto maior for o valor do filtro, mais a análise se concentrará nas relações intersetoriais mais intensas, e, quanto menor for o valor do filtro, mais a análise se torna frouxa por selecionar relações pouco intensas. No limite, um $f = 0$ mostraria valores iguais a 1 em todas as células da matriz U .

Um valor de f ótimo estaria alocado em algum ponto médio da escala de f 's possíveis. Para a análise estrutural da rede de fluxos tecnológicos, o importante é escolher um filtro que combine suficientemente a abrangência da estrutura da economia ao mesmo tempo em que a reduza para a sua parte substancial e analítica. Tanto a “abrangência”, quanto a “redução substancial”, são condições qualitativas que devem ser concretizadas de maneira a deixar a análise operacional (SCHNABL, 1994). Para os dados aplicados nesta tese, buscou-se mapear uma escala de f 's e selecionar um ponto que compreendesse bem o padrão de fluxos tecnológicos da economia brasileira, mantendo-se ao mesmo tempo um número de setores significativos e as especificidades dos setores mais representativos. Uma análise da escala de filtros utilizada é apresentada no Capítulo 4.

3.4.2 Densidade e centralidade da rede

Além das análises qualitativas da abordagem de insumo-produto, outras ferramentas de análises de redes também são úteis para a compreensão da estrutura de uma economia. Algumas dessas ferramentas são os índices de densidade e centralidade da rede. Enquanto que a densidade é

uma característica de toda a rede, a centralidade é mais voltada para as características de seus nós (setores). Os conceitos e índices tratados aqui foram embasados por Leoncini e Montresor (2003) em seus estudos sobre sistemas tecnológicos, que são bastante semelhantes com a abordagem da matriz de fluxos tecnológicos apresentada nas subseções anteriores.

A densidade (*Den*) de uma matriz composta de n setores, ou seja, a matriz de dependência binária U (equação 42), dado um valor de f estabelecido, é definida como a razão entre o número de ligações (e) entre os setores e o número total de ligações possíveis:

$$Den(f) = \frac{e}{n(n-1)} \quad (43)$$

A equação 43 mostra que quanto maior for o valor de *Den*, maior será a densidade da rede, ou seja, mais a estrutura de fluxos tecnológicos entre os setores de uma economia é conectada, apresentando-se uma maior coesão entre os *spillovers* setoriais. Redes mais densas mostram economias mais ativas e sólidas e pode ser interpretada como economias de maior complexidade e sofisticação econômica ou tecnológica⁴⁶. Como o valor da densidade de rede depende do valor de f , comparações intertemporais de fluxos tecnológicos de um mesmo país ou entre países devem se adequar a um mesmo valor de f .

Já o índice de centralidade por setor é composto pelo total de ligações que um setor j recebe como *input* (C_{in}^j) e fornece como *output* (C_{out}^j):

$$C_{in}^j = \sum i_{in} \quad (44)$$

$$C_{out}^j = \sum i_{out} \quad (45)$$

Onde i_{in} e i_{out} indicam os setores que, respectivamente, utilizam e fornecem P&D ou outras atividades inovativas incorporadas em bens e serviços. Dessa maneira, os indicadores de centralidade ajudam a determinar se um setor é dependente ou dispersivo em relação aos seus fluxos tecnológicos.

⁴⁶ Hausmann, Hwang e Rodrik (2007) e Hidalgo e Hausmann (2009) utilizam o conceito de complexidade econômica ao se referirem sobre a diversidade da pauta de produção e exportações das economias, no qual possuem implicações importantes para o crescimento econômico. Pode-se pensar na complexidade tecnológica de maneira semelhante.

Outro indicador utilizado em análises de rede é o índice de centralidade da rede, também composto pela sua parte *input* (C_{in}) e pela sua parte *output* (C_{out}). Este índice pode ser definido como o somatório da diferença entre o índice de centralidade do setor mais central da rede e o índice de centralidade do setor j ($C^{J^*} - C^j$) sobre o nível máximo possível de centralidade da rede composta por n setores $((n - 1)(n - 2))$:

$$C_{in}(f) = \frac{\sum_j (C_{in}^{j^*} - C_{in}^j)}{(n - 1)(n - 2)} \quad (46)$$

$$C_{out}(f) = \frac{\sum_j (C_{out}^{j^*} - C_{out}^j)}{(n - 1)(n - 2)} \quad (47)$$

De forma geral, um alto índice de centralidade da rede significa que a mesma possui maiores diferenças entre as posições de centralidade dos setores, enquanto que um baixo índice significa que a rede possui posições de centralidade similares. De outra maneira, um alto grau de centralidade da rede significa que as participações setoriais podem ser consideradas mais hierárquicas, enquanto que um baixo grau de centralidade da rede significa que as participações setoriais podem ser consideradas mais atomizadas. Segundo Leoncini e Montreser (2003), para o caso dos fluxos tecnológicos, redes mais hierárquicas podem ser menos propícias para relações tecnológicas mais interativas e complexas entre os setores do que redes mais atomizadas.

3.5 Base de dados

A base de dados para as estimações e análises das matrizes de fluxos tecnológicos para o Brasil apresentadas nas subseções anteriores exigem a compatibilização de quatro fontes de dados secundárias: i) matrizes de insumo-produto (MIP), disponibilizadas pelo IBGE a cada cinco anos; ii) estimações das MIPs entre os anos 2000 e 2014, estimadas e disponibilizadas por Passoni e Freitas (2017) e Passoni (2018, no prelo), com base nos dados das MIPs e do Sistema de Contas Nacionais (SCN), também do IBGE; iii) Matrizes de Absorção de Investimentos (MAI), estimadas e disponibilizadas por Miguez (2016), também com base nos dados do SCN para os anos entre 2000 e 2013; e iv) dados de P&D e outras atividades inovativas em níveis setoriais, disponibilizados pelo IBGE por meio da Pesquisa de Inovação (Pintec), realizada a cada três anos

entre 2000 e 2014. Os maiores problemas de compatibilização dos dados se referem a abrangência da série de anos disponíveis, divergências nas classificações de atividades econômicas, e, para o caso das matrizes de insumo-produto, mudanças de metodologias de cálculo ao longo de sua série. Cada uma dessas bases será destacada nas subseções a seguir.

3.5.1 Matrizes de insumo-produto originais e estimadas

As matrizes de insumo-produto para a economia brasileira são calculadas pelo IBGE e têm sido divulgadas a cada cinco anos para os anos com finais zero e cinco. A última MIP disponibilizada é para o ano de 2010. Como os dados de P&D e outras atividades inovativas estão disponíveis apenas a partir de 2000, as MIPs originais disponíveis para este estudo se restringem aos períodos 2000, 2005 e 2010. Na tentativa de preencher as lacunas dos anos para as quais as MIPs não são divulgadas oficialmente, existem algumas técnicas de estimação e atualização das matrizes com base em informações adicionais, advindas das tabelas de recursos e usos (TRUs), do Sistema de Contas Nacionais (SCN), divulgados periodicamente pelo IBGE⁴⁷. No Brasil, alguns autores como Guilhoto e Sesso Filho (2005; 2010), Grijó e Bêrni (2006) e Martinez (2015) propuseram alguns métodos de estimação das matrizes brasileiras.

Para esta tese, optou-se por utilizar as estimações propostas e disponibilizadas por Passoni e Freitas (2017) e Passoni (2018, no prelo)⁴⁸, em metodologia sugerida por Grijó e Bêrni (2006). Esta metodologia consiste na utilização das informações estruturais presentes nas MIPs oficiais com dados anuais disponíveis das TRUs e é descrita com detalhes em Passoni e Freitas (2017). De maneira geral, o método consiste em gerar informações estruturais (*mark-downs*) das MIPs originais, criando proporções que serão preenchidas pelos dados contidos nas TRUs de cada ano que se deseja estimar. Técnicas de ajustes e balanceamento das matrizes também foram realizadas

⁴⁷ Os dados mais recentes disponíveis das Contas Nacionais são para o ano de 2015, lançado em novembro de 2017.

⁴⁸ As estimações das MIPs brasileiras integram a tese de Patieene Alves Passoni, sob orientação do professor Fabio Freitas, para o Programa de Pós-Graduação em Economia, do Instituto de Economia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, com previsão de defesa em 2019. O autor agradece imensamente pela disponibilização dos dados e de todo o suporte para a utilização das matrizes. Uma parte da metodologia pode ser encontrada em Passoni e Freitas (2017), enquanto que uma estimação mais completa ainda se encontra no prelo e é referenciada como Passoni (2018, no prelo).

por meio do método de ajustamento RAS⁴⁹, tornando as informações das TRUs compatíveis com as estruturas das MIPs.

No entanto, a compatibilização de uma série completa de matrizes insumo-produto possivelmente estimadas entre 2000 e 2014⁵⁰ ainda apresenta dificuldades devido à mudança de metodologia de cálculo das TRUs realizadas pelo IBGE durante este período. Entre os anos 2000 e 2009 as TRUs utilizaram como base de cálculo o SCN referência 2000, enquanto os dados a partir de 2010 seguem o método do SCN referência 2010. A mudança de referência do SCN faz parte das revisões periódicas realizadas pelo IBGE para se adequar às recomendações internacionais (IBGE, 2015a). Dentre as principais mudanças se encontram uma nova classificação de atividades econômicas (setores), passando da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) 1.0 para 2.0⁵¹, mudanças no cálculo da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), e mudanças nas pesquisas básicas estruturantes⁵² (IBGE, 2015a).

Para análises das MIPs entre 2000 e 2009 ou entre 2010 e 2014 o problema descrito no parágrafo anterior não acontece, já que a estrutura de classificação das MIPs 2000 e 2005 originais é a mesma do SCN referência 2000, seguindo a mesma classificação setorial em uma estrutura de 110 produtos por 55 setores. O mesmo acontece para a MIP 2010 original, que segue a mesma classificação do SCN referência 2010 em uma estrutura de 127 produtos por 67 setores⁵³. Dessa maneira, é possível fazer análises de insumo-produto ou de fluxos tecnológicos para esses períodos separadamente sem perda de agregação setorial, no entanto, com uma baixa aplicabilidade em termos de análises de mudança estrutural no longo prazo.

Para a compatibilização de uma série completa entre 2000 e 2014 estimada e disponibilizada por Passoni (2018, no prelo), duas grandes dificuldades foram impostas. Em primeiro lugar, a autora criou um tradutor para adequar a classificação das atividades econômicas divergentes entre as matrizes. Para isso, foi utilizada a série retropolada 2000-2014 do SCN, elaborada pelo próprio IBGE (2015b). Esta série retropolada é composta por uma estrutura de 51

⁴⁹ O método RAS é uma técnica de ajustamento biproportional entre matrizes, amplamente utilizada nas atualizações de matrizes insumo-produto (MILLER; BLAIR, 2009). Passoni e Freitas (2017) utilizaram a técnica de RAS generalizado, denominado na literatura como GRAS, com base em Temurshoev, Miller e Bouwmeester (2013).

⁵⁰ Seria possível estimar também para 2015, ano em que foi divulgado as últimas TRUs pelo IBGE, mas como os dados necessários de inovação da Pintec vão até 2014, objetiva-se possuir uma série entre 2000 e 2014.

⁵¹ Ver IBGE (2017a).

⁵² Há, por exemplo, a introdução dos resultados do Censo Agropecuário de 2006, da Pesquisa de Orçamento Familiares de 2008/9 e do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2015).

⁵³ Na verdade, o SCN referência 2010 possui uma atividade e um produto a mais (128x68), mas de fácil agregação e compatibilidade com a MIP 2010.

atividades por 107 produtos. Com os códigos de classificações das CNAEs 1.0 e 2.0, a autora criou um tradutor compatível para as três bases (110x55, 127x67 e 51x107). Essa agrupação forneceu uma estrutura de 42 atividades por 91 produtos ajustada para os anos 2000 a 2014. No entanto, para ainda ser compatível com os dados fornecidos pela Pintec e pelas MAIs, que serão detalhadas nas próximas subseções, as MIPs chegaram a uma estrutura final de 35 setores por 91 produtos. Com as técnicas de transformação em matrizes quadradas necessárias para o modelo insumo-produto descritas na seção 3.1, chega-se a estrutura final de uma matriz 35x35. Os detalhes das agregações por códigos de CNAE e SCN são apresentadas na Tabela A 6 no Anexo.

Em geral, os setores foram compatíveis entre si, com exceção dos setores de máquinas e equipamentos, eletrônicos, instrumentos médico-hospitalares, móveis e indústrias diversas, que tiveram que ser agregados em um grande setor devido as mudanças das classificações. Essa grande agregação é problemática por agrupar setores de alta intensidade tecnológica e de bens de capital com setores de baixa intensidade tecnológica e de bens de consumo. No entanto, como apresentado por Passoni (2018, no prelo), a proporção de “móveis e indústrias diversas” nesse grupo é de apenas 19,82%, mostrando que o setor é dominado pelas atividades de maior conteúdo tecnológico (máquinas e equipamentos, eletrônicos e instrumentos médico-hospitalares).

Em segundo lugar, a partir da nova classificação, as estimações para as novas MIPs 2000-2014 precisaram se adequar às estruturas distintas dos SCNs referências 2000 e 2010. Para isto, Passoni (2018, no prelo) elaborou um outro tradutor baseado em dois conversores. O primeiro refere-se aos dados retropolados para as matrizes de 2000 a 2009, construídos a partir de uma versão da MIP 2010 com a classificação de 42 setores. Já as MIPs entre 2011 e 2014, para possuir uma maior precisão, foram estimadas para o nível de 67 setores original do SCN referência 2010, agregando-se depois para 42 setores.

Dessa maneira, chegou-se a série completa entre 2000 e 2014 em uma estrutura de 42 setores, que, como já comentado, foi reduzida para 35 setores para a construção das matrizes de fluxos tecnológicos compatíveis com os dados da Pintec e das MAIs. Já que as MIPs estimadas entre 2010 e 2014 possuem uma classificação setorial mais detalhada, assim como os dados de P&D extraídos da Pintec também são mais detalhados para esses anos, foi possível chegar em matrizes de fluxos tecnológicos mais desagregadas para este período. Estas serão utilizadas apenas para apresentar uma maior desagregação do setor de máquinas e equipamentos, que, como comentado, infelizmente precisou ser bastante agregado com outras atividades em uma série mais

longa. De todo modo, para uma análise estrutural mais de longo prazo, as matrizes com 35 setores entre 2000 e 2014 são mais adequadas, mesmo que com um nível de agregação maior.

Ademais, para algumas análises, estima-se também matrizes em um nível de classificação a 11 setores semelhante às análises feitas no Capítulo 2, no qual as indústrias foram agregadas de acordo com seus padrões de concorrência⁵⁴. Os grupos setoriais se referem a: agropecuária, indústria extrativa mineral, *commodities* industriais, *commodities* agroindustriais, indústria tradicional, indústria intensiva em tecnologia, construção civil, SIUP, serviços de comunicação e informação, serviços de P&D, testes e engenharia, e demais serviços. Os setores de serviços foram agregados conforme a disponibilidade de dados de P&D e atividades inovativas a serem destacados na subseção 3.5.3. A correspondência desse nível de classificação e a classificação a 35 setores está descrita na Tabela A 6, no Anexo.

3.5.2 Matrizes de absorção de investimentos estimadas

As matrizes de absorção de investimento (MAIs) não são oficialmente calculadas para a economia brasileira. Um esforço de estimação dessas matrizes compatíveis com as MIPs foi realizado por Miguez (2016), em uma base de dados que compreende os anos entre 2000 e 2013 e compatíveis com a série retropolada do SCN (IBGE, 2015b). Miguez (2016) ressalta que as MAIs são um desmembramento metodológico e conceitual do SCN brasileiro. Metodológico por utilizar a mesma estrutura de produtos e atividades. Conceitual por focar na FBCF, que é um dos componentes da demanda final presente nas Tabelas de Usos. A FBCF é composto por: i) construção (edifícios residenciais, industriais e comerciais, obras de infraestrutura, etc.); ii) máquinas e equipamentos (equipamentos de transportes, informática, comunicação e telecomunicação, máquinas como tratores, tornos, caldeiras, escavadeiras, etc.); iii) produtos de propriedade intelectual (P&D, exploração e avaliação de recursos minerais, aquisição de *softwares* e banco de dados, etc.); e iv) outros ativos fixos (recursos biológicos cultivados, como animais reprodutores, plantas de cultura perene, etc.) (MIGUEZ, 2016).

Miguez (2016) estima as MAIs segundo a origem dos bens de capital: nacional e importado, no qual serão utilizadas nesta tese apenas aquelas de origem nacional, dada a

⁵⁴ Ver seção 2.2.1 sobre a classificação setorial no que diz respeito aos padrões de concorrência. Essa classificação é proposta por Kupfer (1998) e Kupfer e Carvalho (2009) e sistematizada por Torracca (2017).

dificuldade de se calcular matrizes de fluxos tecnológicos importadas. A estimação das matrizes é composta por dados do IBGE, como o próprio SCN e da Pesquisa Industrial Anual (PIA), dados do BNDES e dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). O método de estimação das MAIs é apresentado por Miguez (2016) com detalhes, consistindo: i) na montagem de um tradutor que uniu as bases citadas e classificou os produtos considerados como bens de capital; ii) na estimação dos vetores de FBCF por meio do método RAS; iii) na montagem de uma matriz de alocação entre possíveis setores usuários e fornecedores de bens de capital; e iv) no uso do valor bruto da produção setorial como ponderador na distribuição da FBCF entre os setores.

Dessa maneira, Miguez (2016) chegou numa estrutura das MAIs com 49 setores, dois a menos do que o SCN retropolada por agregar o setor de serviços públicos (saúde, educação e administração pública) em apenas um. Para compatibilizar com os dados de P&D e outras atividades inovativas da Pintec, as matrizes foram adaptadas em uma estrutura de 35 setores (ver Tabela A 6, no Anexo). O processo de transformação das MAIs em matrizes quadradas, necessárias para as análises propostas nesta tese, foi realizado por meio da construção da matriz de *market-share* apresentada na subseção 3.1.1. Dentro do período de análise proposto, o uso das MAIs se limita pela falta de dados para o ano de 2014.

3.5.3 P&D e atividades inovativas

Como já introduzido na subseção 2.3, dados de gastos em P&D e outras atividades inovativas em níveis setoriais são disponibilizados trienalmente pela Pesquisa de Inovação (Pintec). Até o momento a Pintec apresenta 6 publicações: 2000, 2003, 2005, 2008, 2011 e 2014. Em todos estes anos a pesquisa vem apresentando dados de inovações para a indústria extrativa mineral e toda a indústria de transformação, enquanto que os serviços de comunicação e informação e os serviços de P&D passaram a integrar a pesquisa a partir da publicação de 2005. Por fim, os dados para os serviços de arquitetura, engenharia, testes e análises técnicas e os serviços industriais de utilidade pública (SIUP), que integram a indústria, são apresentados desde a publicação de 2011.

Essa limitação de anos faz com que as matrizes de fluxos tecnológicos com base no consumo intermediário sejam estimadas apenas para os períodos disponíveis da Pintec, e as matrizes de fluxos tecnológicos com base nos bens de capital sejam estimadas para 2000, 2003,

2005, 2008 e 2011. Outra limitação é de que os dados da Pintec não englobam todos os setores presentes nas MIPs e MAIs estimadas a 35 setores, pois a pesquisa está mais voltada às atividades industriais. Mesmo alguns setores de serviços e SIUP que passaram a ser englobados pela Pintec em anos posteriores tiveram que ser descartados em algumas análises entre 2000 e 2014 para manter a mesma estrutura.

Apesar de não englobar os gastos em P&D da agropecuária e da maioria dos setores de serviços, vale chamar atenção que a Pintec está restrita a dados por empresas, ou seja, pela ótica da produção, não englobando universidades e institutos de pesquisa públicos ou gastos diretos do governo em P&D ou outras atividades inovativas⁵⁵. Não há dados no Brasil sobre investimentos ou introdução de inovações por parte de empresas ou produtores agropecuários, porém, estudos sobre inovação deste setor sempre ressaltam a concentração dos esforços inovativos em instituições públicas. Por exemplo, segundo dados da IFPRI (2016), 42% do gasto público em P&D agropecuário em 2013 no Brasil foi realizado somente pela Embrapa, 29% por agências e institutos de pesquisa de governos estaduais e 26% por universidades.

Beintema, Avila e Pardey (2001) ressaltam também que as fontes de inovação por parte do setor privado agropecuário se concentram nas áreas de insumos agrícolas (agroquímicos, ração e melhoramento animal, fertilizantes, defensivos agrícolas, sementes, remédios veterinários, máquinas e equipamentos agrícolas) e processamento de alimentos, segmentos este que em sua grande maioria já são contemplados por empresas da indústria manufatureira ao se analisar dados da Pintec. Outra característica do setor é de que 38% do PIB agropecuário vem da produção familiar de culturas, evidenciando a atomização deste setor no Brasil e o baixo investimento direto em P&D (FINEP, 2017). Dessa maneira, é razoável supor que o investimento em P&D diretamente por parte de empresas e produtores agropecuários é muito pequena ou desprezível. Alguns serviços com baixa intensidade tecnológica, como serviços domésticos e prestados às famílias, também podem ser analisados desta mesma maneira.

Dos 35 setores selecionados (ver Tabela A 6, no Anexo), 25 possuem dados de P&D e outras atividades inovativas: 22 compõem os setores que englobam a indústria de transformação e extrativa mineral para todos os anos; dois compõem os serviços de comunicação e informação e os serviços de P&D, testes e engenharia a partir de 2005; e os serviços industriais de utilidade pública

⁵⁵ A pesquisa engloba o financiamento público captado pelas empresas para inovação, mas não o investimento direto em inovação por parte, por exemplo, de universidades e institutos de pesquisa públicos.

(SIUP) a partir de 2011. Logo, as análises referentes aos fluxos tecnológicos comparativos entre 2000 e 2014 evidenciam mais as transações do ponto de vista dos usuários de tecnologia de toda a economia e dos fornecedores por parte da indústria de transformação, indústria extrativa e alguns serviços mais intensivos em conhecimento (*knowledge intensive business services* – KIBS) e SIUP para alguns anos. A hipótese, neste caso, é que os setores da agropecuária e dos serviços menos intensivos em tecnologia não investem ou investem muito pouco em P&D.

Outro ponto importante é que a pesquisa objetiva analisar não só o P&D incorporado nos bens de consumo intermediário e de capital, mas também outras *proxies* de esforços inovativos de menor complexidade tecnológica. Alguns dados da Pintec permitem isso, como é o caso dos gastos totais em atividades inovativas (AI), composto por: gastos em P&D internos e externos, projetos industriais e outras preparações técnicas, introdução de inovações no mercado, treinamento voltado para inovar, aquisição de máquinas, equipamentos e *softwares* para inovar, e aquisição de outros conhecimentos externos (PINTEC, 2016). Este tipo de dado mais amplo está de acordo com a discussão de alguns autores acerca dos vários tipos e níveis de inovação, importante principalmente para empresas de países em desenvolvimento com menores capacidades tecnológicas (e.g. BELL; FIGUEIREDO, 2015), sendo permitido também a comparação com os fluxos tecnológicos baseados apenas em níveis mais sofisticados de esforços inovativos (P&D).

Por fim, os dados financeiros de gastos em P&D e AI foram deflacionados para o ano base de 2000 por meio do Índice de Preços ao Produtor Amplo (IPA), mensurado pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getulio Vargas (IBRE/FGV). Vale destacar também que os fluxos tecnológicos apresentados se referem a fluxos de P&D e outras atividades inovativas incorporados em bens de consumo intermediário e bens de capital nacionais. Uma parte importante desses fluxos devem vir por meio das importações. No entanto, a construção de matrizes de fluxos tecnológicos de bens importados se dificulta diante das bases de dados disponíveis, que depende de uma compatibilização muito ampla de dados de P&D setorial entre países para os mesmos períodos.

4 INTERDEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA SETORIAL NO BRASIL: 2000-2014

Este capítulo possui o objetivo de responder duas das três perguntas apresentadas por esta tese: i) Qual é a estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira? e ii) Quais seriam os setores-chaves e dinâmicos do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento para a economia brasileira? Para isto, são adotadas as ferramentas metodológicas de matrizes de fluxos tecnológicos apresentadas e discutidas no capítulo anterior.

O capítulo está dividido em quatro seções. Primeiramente, a seção 4.1 faz uma apresentação e uma análise descritiva dos fluxos tecnológicos para a economia brasileira no ano de 2011. Dado o grande volume de dados, escolheu-se este ano pois é o período mais recente no qual estão disponíveis tanto as matrizes de consumo intermediário, quanto as matrizes de investimentos. Algumas desagregações setoriais, principalmente dos serviços intensivos em conhecimento, são ressaltadas devido à indisponibilidade de dados desses setores para períodos mais antigos. Já a seção 4.2 faz uma análise dos multiplicadores a montante (*backward linkages*) e a jusante (*forward linkages*) dos fluxos tecnológicos entre 2000 e 2014 a fim de identificar relações de impactos tecnológicos intersetoriais puxados pela demanda ou pela produção. A seção 4.3, por outro lado, faz uma análise de rede dos fluxos tecnológicos incorporados nos bens intermediários e nos bens de capital da economia brasileira também ao longo de 2000 a 2014, objetivando-se apresentar e analisar a evolução da estrutura de interdependência tecnológica setorial do país. Por fim, a seção 4.4 faz as considerações finais do capítulo.

4.1 Matrizes de fluxos tecnológicos para o Brasil: 2011

O objetivo desta seção é apresentar a estrutura dos fluxos tecnológicos para o Brasil no ano de 2011, servindo como um primeiro passo para a análise das relações de transferência e absorção tecnológica entre os setores econômicos. Em outras palavras, busca-se apresentar algumas estatísticas descritivas em formato de matrizes que ajudam a compreender a metodologia utilizada e descrita no capítulo anterior. Para o objetivo proposto, a análise para apenas um ano não é comprometida, já que os fluxos tecnológicos são embasados nas transações das tabelas de insumo-produto, que evidenciam a estabilidade estrutural de uma economia no médio prazo. Mudanças estruturais ao longo do tempo são analisadas nas seções 4.2 e 4.3. As duas próximas

subseções detalham os dados de fluxos tecnológicos, respectivamente, para as matrizes de consumo intermediário e para as matrizes de bens de capital.

4.1.1 Fluxos tecnológicos incorporados no consumo intermediário

A Tabela 4.1 apresenta os fluxos tecnológicos de P&D incorporado no consumo intermediário sob a estrutura nominal da economia, ou seja, com os valores nominais das transações econômicas para o ano de 2011, levando-se em consideração o tamanho e a estrutura da demanda final⁵⁶. Para uma visão inicial mais sintética e de fácil observação, classificaram-se os setores em grandes grupos de acordo com os padrões de concorrência da economia brasileira, da mesma maneira como foi analisado no Capítulo 2. Os detalhes dessa classificação por setores podem ser verificados na Tabela A 6, no Anexo. Na primeira parte da Tabela 4.1 são apresentados os fluxos de P&D incorporados no consumo intermediário em milhões de Reais (R\$) a preços de 2011, enquanto na segunda parte da tabela são apresentadas as proporções intersetoriais de P&D incorporado ou absorvido.

A primeira parte da Tabela 4.1 apresenta o total de gasto em P&D (em milhões de R\$) por grupo setorial e a transferência deste P&D, incorporado nos produtos comercializados, para outros grupos. Por exemplo, a indústria extrativa mineral realizou um gasto de R\$ 437,4 milhões em P&D em 2011. Destes, com base nos fluxos das matrizes de insumo-produto, R\$ 219,1 milhões foram destinados para a própria indústria extrativa, enquanto que o restante foi transferido, principalmente, para as indústrias de *commodities* industriais (R\$ 70,8 milhões) e para a construção civil (R\$ 41,3 milhões).

A segunda parte da Tabela 4.1 indica a proporção de P&D absorvido por meio da compra de bens e serviços intermediários. Ainda analisando a indústria extrativa, os R\$ 219,1 milhões absorvidos intrasetorialmente equivalem a 49,1% de todo o P&D incorporado por esta indústria, enquanto 15,9% é absorvido das indústrias de *commodities* industriais, outros 15,9% das indústrias intensivas em tecnologia e 14,3% dos serviços de P&D. De modo geral, a indústria extrativa absorveu R\$ 446,3 milhões em P&D em 2011, sendo 49,1% dela mesma, e gerou R\$ 437,4 milhões. Logo, esta indústria é caracterizada por ser mais dependente em tecnologia do que uma disseminadora de inovações.

⁵⁶ Ver equação 24, na subseção 3.2.

Tabela 4.1 - Matriz de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário por grupos setoriais, Estrutural nominal, 2011

P&D incorporado no consumo intermediário (milhões de R\$)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
1 Agropecuária	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Indústria Extrativa	8,3	219,1	70,8	2,1	23,6	26,7	5,5	41,3	1,4	0,2	38,4	437,4
3 Commodities industriais	182,3	70,8	1.680,8	39,3	505,3	607,6	42,7	752,3	26,1	4,2	799,6	4.711,1
4 Commodities agroindustriais	3,7	1,5	9,2	169,9	54,6	21,3	1,5	23,0	3,7	0,5	60,8	349,7
5 Indústria tradicional	26,0	5,7	29,0	4,4	1.882,6	38,3	3,4	27,3	13,6	1,5	283,2	2.315,0
6 Indústria intensiva em tec.	37,1	71,1	102,7	20,0	149,1	6.000,7	38,6	246,1	39,8	6,7	631,8	7.343,7
7 SIUP	9,4	3,6	16,9	3,5	26,6	16,7	134,4	11,4	3,9	0,4	94,5	321,2
8 Construção civil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 Comunicação e Informação	7,6	10,5	26,1	6,0	77,6	84,6	8,1	39,7	1.046,5	2,5	659,1	1.968,3
10 Engenharia, testes e P&D	27,8	64,0	100,7	19,3	193,4	292,6	59,8	253,2	20,9	862,1	614,5	2.508,4
11 Serviços	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	302,2	446,3	2.036,2	264,5	2.912,8	7.088,6	293,9	1.394,4	1.155,8	878,2	3.181,9	19.954,7

Proporção de P&D incorporado no consumo intermediário (%)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
1 Agropecuária	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Indústria Extrativa	2,7%	49,1%	3,5%	0,8%	0,8%	0,4%	1,9%	3,0%	0,1%	0,0%	1,2%	2,2%
3 Commodities industriais	60,3%	15,9%	82,5%	14,9%	17,3%	8,6%	14,5%	54,0%	2,3%	0,5%	25,1%	23,6%
4 Commodities agroindustriais	1,2%	0,3%	0,5%	64,2%	1,9%	0,3%	0,5%	1,7%	0,3%	0,1%	1,9%	1,8%
5 Indústria tradicional	8,6%	1,3%	1,4%	1,7%	64,6%	0,5%	1,2%	2,0%	1,2%	0,2%	8,9%	11,6%
6 Indústria intensiva em tec.	12,3%	15,9%	5,0%	7,6%	5,1%	84,7%	13,1%	17,7%	3,4%	0,8%	19,9%	36,8%
7 SIUP	3,1%	0,8%	0,8%	1,3%	0,9%	0,2%	45,7%	0,8%	0,3%	0,0%	3,0%	1,6%
8 Construção civil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 Comunicação e Informação	2,5%	2,3%	1,3%	2,3%	2,7%	1,2%	2,7%	2,8%	90,5%	0,3%	20,7%	9,9%
10 Engenharia, testes e P&D	9,2%	14,3%	4,9%	7,3%	6,6%	4,1%	20,3%	18,2%	1,8%	98,2%	19,3%	12,6%
11 Serviços	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6, exceto o setor de engenharia, testes e P&D, que foi desagregado do setor de Serviços.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Em contraste com a indústria extrativa mineral, a indústria de *commodities* industriais e a indústria intensiva em tecnologia são bastante geradoras e disseminadoras de inovações. Como esperado, a indústria intensiva em tecnologia foi o grupo setorial que mais investiu em P&D em 2011 (R\$ 7.343,7 milhões), 36,8% do total de R\$ 19.954,7 milhões gerados pela economia brasileira no mesmo ano. Proporcionalmente, os serviços (19,9%), a construção civil (17,7%) e a indústria extrativa (15,9%) foram os grupos setoriais que mais demandaram P&D incorporado da indústria intensiva em tecnologia. Já as indústrias de *commodities* industriais compõem o segundo grupo que mais investiu em P&D (R\$ 4.711,1), o equivalente a 23,6% do total. Percebe-se que a agropecuária (60,3%) e a construção (54%) são os setores que mais absorveram P&D das indústrias de *commodities* industriais. Como este grupo setorial abrange a indústria química⁵⁷, que inclui produtos como fertilizantes e defensivos agrícolas, a agricultura aparece como o setor que mais absorveu P&D incorporado nesses tipos de produtos.

De maneira geral, percebe-se que os grupos setoriais mais intensivos em tecnologia absorvem menos P&D de outros setores, enquanto os setores menos intensivos em tecnologia incorporam mais P&D na compra de bens e serviços de outros setores. Para os serviços intensivos em conhecimento (engenharia, testes e P&D; e comunicação e informação) mais de 90% do P&D incorporado no consumo intermediário vem dos próprios setores, enquanto que para a indústria tradicional e a indústria de *commodities* agroindustriais apenas 65% do P&D incorporado vem dos próprios setores. A exceção fica por conta do grupo de *commodities* industriais, muito em conta por sua alta agregação e por compreender particularmente dois setores que investem proporcionalmente muito em P&D no Brasil e possuem muitas ligações a jusante: a indústria química e a indústria de refino de petróleo e biocombustíveis.

Do total de 23,6% de P&D gasto pelo grupo de *commodities* industriais em proporção a toda economia (Tabela 4.1), somente as indústrias química e de refino de petróleo possuem uma participação de 18,3%, representando 77,5% do P&D gasto desse grupo. O alto valor da indústria química se justifica por ser um setor mais intensivo em tecnologia e de alta agregação, compreendendo uma grande gama de produtos. Já a indústria de refino de petróleo compreende a Petrobras, uma das empresas mais inovadoras do Brasil. Logo, além de serem setores que investiram proporcionalmente muito em P&D, também são setores com muitas ligações a jusante para a maioria dos setores industriais em termos de consumo intermediário.

⁵⁷ Ver Tabela A 6, no Anexo.

Duas outras observações devem ser feitas quanto a Tabela 4.1. Primeiro, como a agropecuária, a construção civil e os serviços em geral não possuem dados de gastos em P&D, os mesmos apenas absorvem e não disseminam tecnologia. Como discutido na subseção 3.5.3, essa hipótese é razoável dada a característica desses setores serem mais voltados para a demanda final. De qualquer forma, a análise para estes setores deve se concentrar nas proporções de tecnologia incorporada e não nas suas possíveis disseminações de inovações. Segundo, a transferência intrasetorial é muitas vezes interpretada na literatura como o gasto em inovações de processo, pois destacaria inovações incorporadas dentro de um mesmo setor, distinguindo-se das vendas de produtos destinados a outros setores, que seriam interpretados como inovações de produtos⁵⁸. No entanto, qualquer interpretação como inovação de produto ou processo é altamente arbitrária dado o nível de agregação e da falta de informações sobre o tipo de tecnologia envolvida. Dessa maneira, interpreta-se os fluxos tecnológicos como transferências e absorções tecnológicas incorporadas apenas como do tipo intrasetorial ou intersetorial.

Para uma visão mais sintética dos dados apresentados na Tabela 4.1, a Tabela 4.2 apresenta algumas estatísticas para os fluxos tecnológicos de P&D incorporado. A coluna A apresenta o total gasto em P&D por cada grupo de setores em 2011, enquanto que a coluna B apresenta a proporção do gasto em P&D pelo valor bruto da produção (VBP). Este tipo de dado já foi destacado na Tabela 2.11, na subseção 2.3, evidenciando a baixa proporção do gasto em P&D dos setores industriais no Brasil, com um maior destaque para os setores mais intensivos em tecnologia⁵⁹. Já a coluna C apresenta o valor total do P&D absorvido incorporado na compra de produtos, enquanto que a coluna D e a operação C-D apresentam, respectivamente, o quanto desta absorção de P&D é intrasetorial e intersetorial. Por fim, as operações C/A, (C-D)/A e (C-D)/C indicam, respectivamente, a proporção do total de P&D absorvido sobre o total de P&D gerado, a proporção do P&D absorvido intersetorialmente (por meio de outros setores) sobre o total de P&D gasto, e a proporção do P&D absorvido intersetorialmente sobre o total de P&D absorvido, chamado de taxa de absorção intersetorial.

⁵⁸ Ver, por exemplo, Marengo e Sterlacchini (1990).

⁵⁹ O valor de P&D pelo VBP setorial possui uma alta correlação com o valor de P&D pela receita líquida de vendas (dado fornecido pela Pintec). Na amostra de 35 setores, o coeficiente de correlação para as duas variáveis em 2011 é de 0,99. Dados de gastos em P&D sobre VBP e gastos em atividades inovativas sobre VBP em níveis setoriais para todos os anos da Pintec são apresentados, respectivamente, na Tabela A 7 e Tabela A 8, no Anexo.

Tabela 4.2 - Fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário por grupos setoriais, Estrutural nominal, 2011

	P&D	P&D/ VBP	P&D Absorvido	P&D Intra	P&D Inter	% P&D Aborvido	% P&D Absorvido Inter	Taxa de absorção Inter
Operações	A*	B	C*	D*	C-D*	C/A	(C-D)/A	(C-D)/C
1 Agropecuária	-	-	302	-	302	-	-	100%
2 Indústria Extrativa	437	0,2%	446	219	227	102%	52%	51%
3 Commodities industriais	4.711	0,6%	2.036	1.681	355	43%	8%	17%
4 Commodities agroind.	350	0,4%	264	170	95	76%	27%	36%
5 Indústria tradicional	2.315	0,3%	2.913	1.883	1.030	126%	45%	35%
6 Indústria intensiva tec.	7.344	1,2%	7.089	6.001	1.088	97%	15%	15%
7 SIUP	321	0,2%	294	134	160	92%	50%	54%
8 Construção civil	-	-	1.394	-	1.394	-	-	100%
9 Comun. e Informação	1.968	0,7%	1.156	1.047	109	59%	6%	9%
10 Eng, testes e P&D	2.508	4,5%	878	862	16	35%	1%	2%
11 Serviços	-	-	3.182	-	3.182	-	-	100%
Total	19.955	0,3%	19.955	11.996	7.959	100%	40%	40%

Nota: * valores em milhões de R\$. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A Tabela 4.2 mostra que a proporção de P&D absorvido na compra de produtos sobre o total de P&D gerado é maior para a indústria tradicional (126%) e para a indústria extrativa (102%) e menor para os serviços de engenharia, testes e P&D (35%) e para o grupo de *commodities* industriais (43%). Esta proporção também pode ser considerada alta para a indústria intensiva em tecnologia (97%), no entanto, verifica-se que a maior parte da absorção de P&D para esta indústria vem dela mesma, pois a taxa de absorção de P&D intersetorial cai para 15%, a menor de todos os grupos industriais. Esta mesma taxa também é baixa para o grupo de *commodities* industriais (17%) e, principalmente, para os serviços intensivos em conhecimento, enquanto apresenta proporções maiores para a indústria extrativa (51%) e SIUP (50%). Evidentemente, a taxa de absorção intersetorial se torna 100% para os setores que não apresentam gastos em P&D.

Os dados apresentados na Tabela 4.2 confirmam as relações mais detalhadas da matriz apresentada na Tabela 4.1, no qual não apenas os setores industriais e de serviços mais intensivos em conhecimento absorvem mais P&D incorporado de seus próprios produtos, como também o grupo de *commodities industriais* tem papel relevante neste aspecto na economia brasileira. Por outro lado, a indústria tradicional, a indústria baseada em *commodities* agroindustriais e a indústria extrativa mineral são mais dependentes do P&D incorporado em produtos de outros setores. Isso acontece devido às próprias características setoriais, já que os produtos típicos da indústria de *commodities* industriais (químicos, petróleo, aço, minerais, plástico, etc.), da indústria intensiva em tecnologia (máquinas, equipamentos, eletrônicos, materiais elétricos, caminhões, etc.) e dos

serviços intensivos em conhecimento (desenvolvimento de *softwares*, etc.) são muito mais voltados para o consumo intermediário de vários outros setores do que os produtos típicos da agropecuária, das *commodities* agroindustriais (celulose, madeira, fumo) e da indústria tradicional (roupas, calçados, alimentos, etc.). Estes são mais voltados para a demanda final ou para setores mais específicos.

Os resultados apresentados na Tabela 4.1 e na Tabela 4.2 também são encontrados de forma generalizada nas pesquisas empíricas de outros países que analisaram os fluxos tecnológicos por meio de matrizes insumo-produto ou por métodos de padrões setoriais de inovação à la Pavitt (1984), discutidos na subseção 1.1.3 do Capítulo 1. Entre os estudos de fluxos tecnológicos por meio de matrizes de insumo-produto, Scherer (1982a) destacava a dominância dos setores da manufatura como disseminadores de inovações sobre os setores não industriais nos EUA. Já Marengo e Sterlacchini (1990) e De Bresson et al. (1994), com dados da Itália, e Drejer (1999), com dados da Dinamarca, também ressaltaram a maior absorção de P&D incorporado em bens de consumo intermediário dos setores menos intensivos em tecnologia. Inclusive, setores classificados aqui como de *commodities* industriais também apareceram como setores importantes em termos de transferência tecnológica, principalmente a indústria química.

Quanto aos trabalhos empíricos que buscaram definir padrões setoriais de inovação, os mesmos apresentaram critérios mais amplos de mudança tecnológica, como fontes de tecnologia empregadas, formas de apropriabilidade e características estruturais e de desempenho. Foge do escopo desta tese a busca de taxonomias setoriais relacionadas a inovação, mas algumas características relacionadas a fontes de inovação por meio de outros setores evidenciam similaridades com os trabalhos baseados em matrizes de insumo-produto. Por exemplo, Pavitt (1984) e Archibugi (1991) também destacaram o maior uso de inovações de indústrias menos intensivas em tecnologia, sobretudo setores da indústria tradicional (vestuário, calçados, alimentos, etc.), enquanto que as maiores transferências tecnológicas por meio de inovações de produtos vinham de setores mais intensivos em tecnologia, principalmente de indústrias de bens de capital (máquinas e equipamentos, eletrônicos, etc.) e de alguns setores de *commodities* industriais (química, minerais não-metálicos, etc.).

Pavitt (1984) identificou ainda ligações tecnológicas intersetoriais da indústria de transformação de acordo com distintas características setoriais (setores dominados por fornecedores, intensivos em escala, fornecedores especializados e baseados em ciência). Neste caso, os setores

dominados por fornecedores se enquadram nas indústrias de maior taxa de absorção tecnológica intersetorial destacadas na última coluna da Tabela 4.2. Como em Pavitt (1984) esses setores são representados principalmente pela indústria tradicional e por *commodities* agroindustriais, que são impactados pelos fornecedores especializados (bens de capital), intensivos em escala (bens de consumo duráveis, produtos intermediários) e baseados em ciência (eletrônico, química). Em uma adaptação da taxonomia de Pavitt (1984) para a economia brasileira, Campos e Urraca (2009), com dados da Pintec, também classificaram a indústria extrativa como um setor dominado por fornecedores, o que se assemelha com a alta taxa de absorção de P&D intersetorial apresentada na Tabela 4.2. Os autores também identificaram na economia brasileira o predomínio de setores de *commodities* industriais classificados como intensivos em escala, possuindo principalmente fontes internas de inovação, o que se assemelha com a baixa absorção intersetorial desses setores apresentado na penúltima coluna da Tabela 4.2. Dessa maneira, os resultados encontrados, mesmo que voltados apenas para os aspectos de fluxos tecnológicos, assemelham-se aos padrões de inovação e características industriais ressaltados na literatura.

Para uma visão mais desagregada, a Tabela 4.3 mostra os mesmos dados da Tabela 4.2 para o nível de classificação em 35 setores. Esta tabela mostra ainda uma desagregação do setor de “máquinas e equipamentos, eletrônicos e diversos” em quatro setores, que precisou ser agregado para a construção da série uniforme entre 2000 e 2014: equipamentos de informática e eletrônica, máquinas e equipamentos (M&E), instalação de máquinas e equipamentos, e móveis e diversos. Para estes, foram utilizadas as matrizes mais desagregadas entre 2010 e 2014 que estão disponíveis a partir da nova classificação do SCN referência 2010. O mesmo processo foi feito com “serviços de engenharia, testes e P&D”, que já vinha sendo analisado separadamente, mas que na matriz ao nível de 35 setores está inserido em “serviços para empresas e famílias”.

Tabela 4.3 - Fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário por setor, Estrutural nominal (2011)

	VBP	P&D Próprio	P&D/ VBP	P&D Absorvido	P&D Absorvido Intrasetorial	P&D Absorvido Intersetorial	% P&D Absorvido	% P&D Absorvido Intersetorial	Taxa de absorção Intersetorial
Operações	A*	B*	B/A	C*	D*	C-D*	C/B	(C-D)/B	(C-D)/C
1 Agropecuária	327.147	-	-	428	-	428	-	-	100%
2 Indústria Extrativa	263.888	437	0,2%	425	219	206	97%	47%	48%
3 Alimentos e Bebidas	448.053	605	0,1%	1.400	492	908	232%	150%	65%
4 Fumo	13.087	65	0,5%	96	64	31	148%	48%	33%
5 Têxtil	43.173	92	0,2%	86	41	45	94%	49%	52%
6 Vestuário	54.296	61	0,1%	145	54	91	239%	150%	63%
7 Calçados e Couros	32.619	150	0,5%	221	146	76	148%	50%	34%
8 Madeira	22.210	57	0,3%	30	17	13	53%	23%	44%
9 Celulose e Papel	58.510	228	0,4%	166	95	70	73%	31%	43%
10 Impressão e Gravações	19.091	10	0,1%	2	0	2	24%	20%	85%
11 Refino de Petróleo e Biocombustíveis	277.164	2.418	0,9%	1.295	1.108	187	54%	8%	14%
12 Química	183.432	2.243	1,2%	826	716	110	37%	5%	13%
13 Farmacêutica	42.790	921	2,2%	788	711	78	86%	8%	10%
14 Borracha e Plástico	79.842	344	0,4%	151	79	73	44%	21%	48%
15 Minerais não-metálicos	72.361	141	0,2%	48	20	28	34%	20%	59%
16 Aço	96.034	295	0,3%	151	84	67	51%	23%	45%
17 Metalurgia metais não-ferrosos	40.031	294	0,7%	166	125	41	56%	14%	25%
18 Produtos de Metal	80.782	276	0,3%	157	89	68	57%	25%	43%
19 M&E, Eletrônicos e Diversos	277.675	1.823	0,7%	1.727	1.324	403	95%	22%	23%

	Informática e Eletrônica	68.505	953	1,4%	940	843	97	99%	10%	10%
	Máquinas e equipamentos (M&E)	107.999	751	0,7%	826	601	225	110%	30%	27%
	Manutenção e instalação de M&E	45.446	20	0,0%	28	4	25	139%	122%	87%
	Móveis e Diversos	55.725	99	0,2%	176	78	98	178%	99%	56%
20	Máquinas e equipamentos elétricos	62.609	661	1,1%	512	387	125	77%	19%	24%
21	Automóveis	164.711	2.372	1,4%	2.838	2.171	667	120%	28%	23%
22	Autopeças	88.005	1.007	1,1%	729	547	182	72%	18%	25%
23	Outros Transportes	37.397	659	1,8%	687	615	72	104%	11%	10%
24	SIUP	211.205	321	0,2%	257	134	124	80%	38%	48%
25	Construção Civil	507.895	-	-	1.025	-	1.025	-	-	100%
26	Comércio	744.911	-	-	753	-	753	-	-	100%
27	Transporte Armazenagem	359.240	-	-	398	-	398	-	-	100%
28	Alojamento e Alimentação	168.924	-	-	226	-	226	-	-	100%
29	Comunicação e Informação	277.715	1.968	0,7%	1.214	1.045	169	62%	9%	14%
30	Intermediação Financeira	398.032	-	-	289	-	289	-	-	100%
31	Atividades imobiliárias e aluguéis	340.359	-	-	65	-	65	-	-	100%
32	Serviços para Empresas e Famílias	625.927	2.508	0,4%	1.423	1.102	321	57%	13%	23%
	Serviços de engenharia, testes e P&D	55.932	2.508	4,5%	878	862	16	35%	1%	2%
33	Educação privada	63.272	-	-	76	-	76	-	-	100%
34	Saúde privada	125.360	-	-	196	-	196	-	-	100%
35	Serviços Públicos	830.260	-	-	958	-	958	-	-	100%
	Total	7.438.007	19.955	0,3%	19.955	11.384	8.571	100%	43%	43%

Nota: * valores em milhões de R\$. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A Tabela 4.3 mostra algumas características setoriais específicas importantes. Como já destacado, os setores que compõem a indústria tradicional são aqueles que mais absorvem P&D incorporado em proporção ao P&D gerado, sobretudo as indústrias de vestuário (239%), alimentos e bebidas (232%) e calçados e couro (148%). No entanto, alguns setores da indústria intensiva em tecnologia também absorvem proporções altas de P&D, como é o caso da indústria automotiva (120%) e de outros transportes (104%)⁶⁰. Assim como normalmente acontece com os setores ditos tradicionais, a indústria automotiva e de outros transportes também possuem bastante relações a montante, ou seja, demandam muitos insumos de produção, o que reflete em uma grande absorção de P&D incorporado nesses insumos. No entanto, a taxa de absorção intersetorial é bem mais baixa do que nos setores tradicionais. Enquanto 65% de todo o P&D absorvido da indústria de alimentos e bebidas vem de outros setores, essa mesma taxa é de apenas 23% para a indústria de automóveis e 10% para outros transportes. Essa característica do setor automotivo e outros transportes também é evidenciada em Marengo e Sterlacchini (1990), Drejer (1999) e Pavitt (1984).

A desagregação do setor de “M&E, eletrônicos e diversos” também mostra especificidades importantes. O setor de instalação e manutenção de M&E e o setor de móveis e diversos apresentam comportamentos bem distintos dos setores de M&E e de informática e eletrônica. Enquanto os primeiros possuem uma alta taxa de absorção de P&D intersetorial, os segundos possuem taxas bem mais baixas. Isso acontece devido as características distintas de intensidade tecnológica destes setores: enquanto a indústria de informática e eletrônica possui uma proporção de gastos em P&D de 1,3% do VBP, o setor de manutenção e instalação de M&E possui um gasto inferior a 0,05%. No entanto, o peso dos setores de M&E e informática e eletrônica é maior na agregação de todos estes setores, representando 64% do VBP de “M&E, eletrônicos e diversos”, o que o faz apresentar uma característica setorial de alta absorção de P&D (95%), mas baixa taxa de absorção de P&D intersetorial (23%).

Quanto aos setores que compõe o grupo de *commodities* industriais, a Tabela 4.3 mostra a grande heterogeneidade em termos de absorção de P&D na compra de produtos intermediários. Como já destacado anteriormente, há uma clara diferença entre os setores da química e de refino de petróleo. Percebe-se que estes dois setores possuem uma alta participação do gasto em P&D em relação ao VBP e uma baixa taxa de absorção intersetorial. Logo, são setores que no Brasil

⁶⁰ A indústria de outros transportes é composta pela fabricação de aeronaves, veículos ferroviários, embarcações, entre outros.

investem muito em P&D comparativamente aos outros setores, e que possuem a característica setorial de fornecerem produtos para vários outros setores. Já as outras indústrias do grupo de *commodities industriais*, como borracha e plástico, aço, minerais não metálicos e produtos de metal, possuem características bem semelhantes, com uma taxa de absorção intersetorial entre 43% e 59%.

Como já discutido, o maior poder de disseminação tecnológica dos setores de *commodities industriais* também aparece em outros estudos sobre o tema, principalmente no que se refere a indústria química. No entanto, os altos índices de gasto em P&D e disseminação de tecnologia da indústria de refino de petróleo parece ser uma característica ainda mais forte na economia brasileira. Isso ocorre dada a especificidade de ser uma indústria altamente concentrada e dominado pela Petrobras, reconhecida pelos seus altos investimentos em inovação. Essa particularidade também é encontrada em Campos e Urraca (2009), no qual o setor de refino de petróleo foi integrado em *clusters* com características mais inovativas com padrões setoriais de inovação semelhantes às indústrias intensivas em tecnologia.

Outro destaque é a indústria farmacêutica, que possui o maior valor de gasto em P&D em proporção ao VBP em 2011 (2,2%) e baixa absorção intersetorial (10%). Característica esta semelhante aos outros setores mais intensivos em tecnologia, como informática e eletrônica e outros transportes, bem como os serviços intensivos em conhecimento (comunicação e informação; engenharia, testes e P&D). Esses setores são caracterizados por possuírem fontes mais internas de inovação, com altas taxas de P&D absorvido intrasetorial, mas com as menores taxas de P&D absorvido intersetorial. Na classificação proposta por Pavitt (1984) se enquadram nos setores baseados em ciência.

A mesma análise feita por meio das tabelas anteriores também podem ser realizadas para a matriz de fluxos tecnológicos de Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário. Como destacado na subseção 3.5.3, o gasto em atividades inovativas constitui um leque bem mais amplo de esforços inovativos por parte das empresas, compreendendo não apenas o gasto em P&D, mas também outros esforços como projetos industriais, introdução de inovações no mercado, treinamento e aquisição de máquinas para inovar, etc. A Tabela 4.4 apresenta os fluxos tecnológicos de AI incorporadas no consumo intermediário por grandes grupos setoriais para o ano de 2011.

Tabela 4.4 - Matriz de fluxos tecnológicos, Gastos em Atividades Inovativas incorporado no consumo intermediário por grupos setoriais, Estrutura nominal, 2011

Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário (milhões de R\$)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
1 Agropecuária	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Indústria Extrativa	14,5	385,0	124,5	3,6	41,4	46,9	9,7	72,6	2,4	0,4	67,5	768,5
3 Commodities industriais	648,6	251,8	5.978,1	139,7	1.797,3	2.161,0	151,9	2.675,7	93,0	15,0	2.843,9	16.756,0
4 Commodities agroindustriais	19,9	8,3	49,6	919,9	295,7	115,6	8,0	124,7	19,8	2,8	329,1	1.893,2
5 Indústria tradicional	166,5	36,5	185,8	28,2	12.063,0	245,7	22,1	175,0	86,9	9,6	1.814,6	14.833,7
6 Indústria intensiva em tec.	84,1	161,2	232,7	45,4	337,9	13.598,6	87,4	557,7	90,1	15,1	1.431,8	16.642,0
7 SIUP	51,8	19,9	93,2	19,5	146,7	92,4	742,4	63,0	21,3	2,0	522,4	1.774,7
8 Construção civil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 Comunicação e Informação	30,6	42,3	105,8	24,1	314,3	342,5	32,7	160,9	4.236,9	10,3	2.668,4	7.968,9
10 Engenharia, testes e P&D	46,9	107,8	169,7	32,5	325,9	493,0	100,7	426,7	35,2	1.452,7	1.035,5	4.226,8
11 Serviços	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1.063,0	1.012,8	6.939,4	1.213,0	15.322,2	17.095,7	1.154,9	4.256,2	4.585,6	1.507,9	10.713,1	64.863,7

Proporção das Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário (%)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
1 Agropecuária	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Indústria Extrativa	1,4%	38,0%	1,8%	0,3%	0,3%	0,3%	0,8%	1,7%	0,1%	0,0%	0,6%	1,2%
3 Commodities industriais	61,0%	24,9%	86,1%	11,5%	11,7%	12,6%	13,1%	62,9%	2,0%	1,0%	26,5%	25,8%
4 Commodities agroindustriais	1,9%	0,8%	0,7%	75,8%	1,9%	0,7%	0,7%	2,9%	0,4%	0,2%	3,1%	2,9%
5 Indústria tradicional	15,7%	3,6%	2,7%	2,3%	78,7%	1,4%	1,9%	4,1%	1,9%	0,6%	16,9%	22,9%
6 Indústria intensiva em tec.	7,9%	15,9%	3,4%	3,7%	2,2%	79,5%	7,6%	13,1%	2,0%	1,0%	13,4%	25,7%
7 SIUP	4,9%	2,0%	1,3%	1,6%	1,0%	0,5%	64,3%	1,5%	0,5%	0,1%	4,9%	2,7%
8 Construção civil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 Comunicação e Informação	2,9%	4,2%	1,5%	2,0%	2,1%	2,0%	2,8%	3,8%	92,4%	0,7%	24,9%	12,3%
10 Engenharia, testes e P&D	4,4%	10,6%	2,4%	2,7%	2,1%	2,9%	8,7%	10,0%	0,8%	96,3%	9,7%	6,5%
11 Serviços	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6, exceto o setor de engenharia, testes e P&D, que foi desagregado do setor de Serviços.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A Tabela 4.4 evidencia que os gastos em AI (R\$ 64.863,7 milhões) foram mais do que três vezes os gastos em P&D no ano de 2011. Em comparação com os gastos em P&D destacados na Tabela 4.1, a maior diferença é a proporção do gasto da indústria tradicional, que passa a ser bem mais relevante quando se considera as atividades inovativas totais. Esta indústria passa a ter uma proporção de 22,9% do gasto em AI ante os 11,6% que possuiu com gastos em P&D. Em contrapartida, a proporção da indústria intensiva em tecnologia e dos serviços em P&D caem, evidenciando a concentração em níveis mais complexos de esforços inovativos desses setores. Ao contrário dos fluxos de P&D (Tabela 4.1), a indústria de *commodities* industriais passa a ser o setor que mais investe em AI, com um valor muito próximo ao da indústria intensiva em tecnologia.

Quanto a distribuição dos gastos em atividades inovativas incorporadas nos produtos intermediários, percebe-se que os grupos de setores menos intensivos em tecnologia ganham um pouco mais de destaque quando se compara com os fluxos de P&D incorporado. De maneira geral, os grupos setoriais passam a absorver menos P&D da indústria intensiva em tecnologia e dos serviços de P&D e mais das indústrias de *commodities* industriais e da indústria tradicional. A Tabela 4.5 reforça esse dado, evidenciando que a proporção do gasto em AI sobre o VBP da indústria tradicional (2,2%) é apenas um pouco mais baixa do que a indústria intensiva em tecnologia (2,7%).

Tabela 4.5 - Fluxos tecnológicos, Gastos em Atividades Inovativas incorporado no consumo intermediário por grupos setoriais Estrutura nominal (2011)

	AI	AI/ VBP	AI Absorvido	AI Intra	AI Inter	% AI Aborvido	% AI Absorvido Inter	Taxa de absorção Inter
Operações	A*	B	C*	D*	C-D*	C/A	(C-D)/A	(C-D)/C
1 Agropecuária	-	-	1.063	-	1.063	-	-	100%
2 Indústria Extrativa	768	0,3%	1.013	385	628	132%	82%	62%
3 Commodities industriais	16.756	2,1%	6.939	5.978	961	41%	6%	14%
4 Commodities agroind.	1.893	2,0%	1.213	920	293	64%	15%	24%
5 Indústria tradicional	14.834	2,2%	15.322	12.063	3.259	103%	22%	21%
6 Indústria intensiva tec.	16.642	2,7%	17.096	13.599	3.497	103%	21%	20%
7 SIUP	1.775	0,8%	1.155	742	412	65%	23%	36%
8 Construção civil	-	-	4.256	-	4.256	-	-	100%
9 Comun. e Informação	7.969	2,9%	4.586	4.237	349	58%	4%	8%
10 Eng., testes e P&D	4.227	7,6%	1.508	1.453	55	36%	1%	4%
11 Serviços	-	-	10.713	-	10.713	-	-	100%
Total	64.864	0,9%	64.864	39.377	25.487	100%	39%	39%

Nota: * valores em milhões de R\$. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Em comparação com a Tabela 4.2 sobre os fluxos tecnológicos de P&D incorporado, a Tabela 4.5 mostra que a proporção dos gastos em atividades inovativas incorporadas em produtos intermediários sobre os gastos totais em AI continuam sendo maiores nos grupos da indústria extrativa, indústria tradicional e indústria intensiva em tecnologia. No entanto, a taxa de absorção intersetorial da indústria tradicional (21%) passa a ser menor e equivalente à indústria intensiva em tecnologia (20%). Isso evidencia o maior peso de setores menos intensivos em tecnologia quando se considera graus menos complexo de esforços inovativos, já que estes são mais homogêneos entre os setores. Neste caso, a indústria tradicional passa a ser bem menos dependente em tecnologia quando se considera AI ao invés de P&D. Por outro lado, a taxa de absorção intersetorial das indústrias de *commodities* industriais continua baixa (14%), dado que a proporção do gasto em AI deste setor continua alta em comparação os outros grupos setoriais.

A Tabela 4.6 mostra os mesmos dados da Tabela 4.5 para o nível de classificação em 35 setores. De maneira geral, a principal mudança quando se compara com os fluxos tecnológicos de P&D incorporado (Tabela 4.3) surge das menores taxas de absorção intersetorial de AI dos setores pertencentes aos grupos da indústria tradicional e da indústria de *commodities* industriais. A indústria de alimentos e bebidas, por exemplo, passou a apresentar uma taxa de absorção intersetorial de apenas 25% ante os 65% que apresentou nos fluxos de P&D. Isso se explica pelo alto investimento em AI da indústria de alimentos (2% do VBP), muito superior ao gasto em P&D interno (0,2% do VBP). Dessa maneira, pode-se interpretar que esta indústria é muito dependente de esforços inovativos mais complexos de outros setores, mas pouco dependente quando se amplia a complexidade tecnológica. O inverso ocorre com os setores mais intensivos em tecnologia, que ainda apresentam taxas de absorção intersetorial baixas, mas maiores do que quando comparadas com os fluxos de P&D incorporado.

Tabela 4.6 - Fluxos tecnológicos, Gastos em Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário por setor, Estrutural nominal, 2011

	VBP	AI Próprio	AI/ VBP	AI Absorvido	AI Absorvido Intrasetorial	AI Absorvido Intersetorial	% AI Absorvido	% AI Absorvido Intersetorial	Taxa de absorção Intersetorial
Operações	A	B	B/A	C	D	C-D	C/B	(C-D)/B	(C-D)/C
1 Agropecuária	327.147	-	-	1.117	-	1.117	-	-	100%
2 Indústria Extrativa	263.888	768	0,3%	977	386	591	127%	77%	61%
3 Alimentos e Bebidas	448.053	9.088	2,0%	9.920	7.391	2.529	109%	28%	25%
4 Fumo	13.087	220	1,7%	307	219	88	140%	40%	29%
5 Têxtil	43.173	720	1,7%	443	324	119	62%	17%	27%
6 Vestuário	54.296	601	1,1%	918	531	387	153%	64%	42%
7 Calçados e Couro	32.619	643	2,0%	911	626	285	142%	44%	31%
8 Madeira	22.210	585	2,6%	211	173	38	36%	7%	18%
9 Celulose e Papel	58.510	1.089	1,9%	653	455	198	60%	18%	30%
10 Impressão e Gravações	19.091	921	4,8%	39	33	7	4%	1%	17%
11 Refino de Petróleo e Biocombustíveis	277.164	4.543	1,6%	2.646	2.081	565	58%	12%	21%
12 Química	183.432	4.584	2,5%	1.800	1.463	338	39%	7%	19%
13 Farmacêutica	42.790	1.849	4,3%	1.640	1.428	212	89%	11%	13%
14 Borracha e Plástico	79.842	2.193	2,7%	683	504	180	31%	8%	26%
15 Minerais não-metálicos	72.361	1.278	1,8%	258	177	81	20%	6%	32%
16 Aço	96.034	2.445	2,5%	898	695	203	37%	8%	23%
17 Metalurgia metais não-ferrosos	40.031	1.717	4,3%	850	727	123	50%	7%	14%
18 Produtos de Metal	80.782	1.839	2,3%	883	594	290	48%	16%	33%

19	M&E, Eletrônicos e Diversos	277.675	5.793	2,1%	5.778	4.208	1.570	100%	27%	27%
	Informática e Eletrônica	68.505	2.213	3,2%	2.269	1.958	311	102%	14%	14%
	Máquinas e equipamentos (M&E)	107.999	2.174	2,0%	2.593	1.739	853	119%	39%	33%
	Manutenção e instalação de M&E	45.446	387	0,9%	155	68	87	40%	23%	56%
	Móveis e Diversos	55.725	1.019	1,8%	1.254	801	453	123%	44%	36%
20	Máquinas e equipamentos elétricos	62.609	1.813	2,9%	1.535	1.061	474	85%	26%	31%
21	Automóveis	164.711	4.772	2,9%	6.440	4.367	2.073	135%	43%	32%
22	Autopeças	88.005	1.946	2,2%	1.752	1.057	695	90%	36%	40%
23	Outros Transportes	37.397	1.488	4,0%	1.667	1.389	278	112%	19%	17%
24	SIUP	211.205	1.775	0,8%	1.099	739	360	62%	20%	33%
25	Construção Civil	507.895	-	-	4.076	-	4.076	-	-	100%
26	Comércio	744.911	-	-	2.291	-	2.291	-	-	100%
27	Transporte Armazenagem	359.240	-	-	956	-	956	-	-	100%
28	Alojamento e Alimentação	168.924	-	-	1.199	-	1.199	-	-	100%
29	Comunicação e Informação	277.715	7.969	2,9%	4.755	4.232	523	60%	7%	11%
30	Intermediação Financeira	398.032	-	-	913	-	913	-	-	100%
31	Atividades imobiliárias e aluguéis	340.359	-	-	218	-	218	-	-	100%
32	Serviços para Empresas e Famílias	625.927	4.227	0,7%	3.149	1.856	1.293	74%	31%	41%
	Serviços de engenharia, testes e P&D	55.932	4.227	7,6%	1.509	1.452	56	36%	1%	4%
33	Educação privada	63.272	-	-	229	-	229	-	-	100%
34	Saúde privada	125.360	-	-	565	-	565	-	-	100%
35	Serviços Públicos	830.260	-	-	3.086	-	3.086	-	-	100%
Total		7.438.007	64.864	0,9%	64.864	36.714	28.149	100%	43%	43%

Nota: * valores em milhões de R\$. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

4.1.2 Fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos

Os fluxos tecnológicos incorporados em bens de capital se referem ao P&D incorporado nas transações intersetoriais de investimentos: máquinas, construção, *softwares*, produtos de propriedade intelectual, etc. Duas características principais distinguem os fluxos de investimentos dos fluxos de produtos intermediários: i) os fluxos de bens de capital são mais voláteis, pois estão inseridos em um contexto de investimentos e expansão da capacidade produtiva, logo, enquanto os fluxos de consumo intermediário se mantêm menos voláteis ao longo do tempo, os coeficientes de capital podem variar de maneira significativa; e ii) o vetor de FBCF é um dos componentes da demanda final da matriz de insumo-produto, o que obriga a análise dos fluxos de investimentos a ser apresentada sob a estrutura padrão sem levar em consideração a estrutura e o tamanho da demanda final, ou seja, a uma análise dos fluxos diretos e não dos fluxos diretos e indiretos (ver equação 24, na subseção 3.2). Assim, apresenta-se os dados dos fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos em bens de capital apenas sob os coeficientes técnicos de capital e não em uma distribuição dos valores nominais como foi feito para os fluxos tecnológicos sob o consumo intermediário.

A Tabela 4.7 apresenta esses dados por grandes grupos setoriais para os fluxos tecnológicos de P&D incorporado nos investimentos diretos (Parte 1) e para os fluxos tecnológicos de gastos em atividades inovativas (AI) também nos investimentos diretos (Parte 2). Ao contrário dos fluxos de consumo intermediário, os serviços de engenharia, testes e P&D estão incluídos em serviços totais, pois as matrizes de absorção de investimentos (MAIs) não possuem esse setor desagregado. Dessa maneira, os dados de serviços de engenharia, teste e P&D foram excluídos, pois estes representam uma parcela muito pequena dos serviços totais. Deve-se chamar atenção também para uma limitação desses dados a respeito da construção civil, que é o setor com o maior valor de transferência de investimentos da economia brasileira. Como este possui um valor igual a zero de gastos em P&D e atividades inovativas, a sua contribuição tecnológica para outros setores é impossível de ser mensurada. Como já destacado anteriormente, a análise apresentada aqui coloca em evidência o ponto de vista da absorção e não da transferência de tecnologia.

Tabela 4.7 - Matriz de fluxos tecnológicos, P&D e Atividades Inovativas incorporadas diretamente nos investimentos em bens de capital por grupos setoriais, Estrutura padrão, 2011

Parte 1 - Proporção de P&D incorporado diretamente nos investimentos em bens de capital por grupos setoriais (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
1 Agropecuária	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Indústria Extrativa	0,0%	13,5%	0,2%	0,1%	0,2%	0,2%	3,7%	0,1%	0,0%	0,3%	2,0%
3 Commodities industriais	2,8%	1,0%	6,3%	0,9%	5,8%	1,6%	8,2%	1,4%	0,2%	0,5%	2,5%
4 Commodities agroindustriais	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%	0,3%	0,1%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%
5 Indústria tradicional	0,5%	0,6%	1,5%	0,9%	1,1%	1,6%	1,2%	0,8%	0,8%	1,2%	0,8%
6 Indústria intensiva em tecnologia	96,5%	75,7%	51,5%	76,5%	64,5%	50,9%	52,4%	97,5%	75,4%	95,4%	82,0%
7 SIUP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
8 Construção civil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 Comunicação e Informação	0,0%	9,0%	40,4%	21,4%	28,0%	45,7%	34,5%	0,0%	23,6%	2,6%	12,6%
10 Serviços	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Parte 2 - Proporção de Atividades Inovativas (AI) incorporadas diretamente nos investimentos em bens de capital por grupos setoriais (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
1 Agropecuária	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%
2 Indústria Extrativa	0,0%	9,9%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	2,1%	0,1%	0,0%	0,2%	1,4%
3 Commodities industriais	4,3%	1,5%	7,2%	1,2%	7,1%	1,8%	9,7%	2,2%	0,2%	0,7%	3,5%
4 Commodities agroindustriais	0,5%	0,1%	0,1%	0,3%	0,5%	0,1%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,3%
5 Indústria tradicional	1,3%	1,6%	3,1%	2,2%	2,5%	3,3%	2,6%	2,1%	2,0%	3,1%	2,1%
6 Indústria intensiva em tecnologia	93,9%	71,5%	37,3%	64,2%	50,5%	36,4%	39,3%	95,2%	62,7%	91,4%	72,8%
7 SIUP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
8 Construção civil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%
9 Comunicação e Informação	0,0%	15,3%	52,3%	32,1%	39,2%	58,3%	46,3%	0,0%	35,0%	4,5%	20,0%
10 Serviços	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6. Dados de P&D e atividades inovativas incorporados estão incluídos em Serviços.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A Tabela 4.7 mostra que para ambas as matrizes a absorção tecnológica é altamente predominante das indústrias intensivas em tecnologia. Ao contrário das matrizes de consumo intermediário, os elementos da diagonal principal, ou seja, da absorção de P&D ou AI incorporado intrasetorialmente, é bastante baixa para todos os grupos setoriais. Isso se deve pelo fato dos produtos classificados como bens de capital serem fornecidos, em sua grande maioria, pelos setores intensivos em tecnologia. Esse grupo de setores representa 82% da transferência de P&D incorporado nos bens de capital. Destes, como será visto adiante, 54% são provenientes das indústrias de “M&E, eletrônicos e diversos” e de automóveis. Já a transferência de AI incorporado nos bens de capital tem uma representação de 72,8% para esse grupo setorial. Para os fluxos de P&D, os grupos setoriais que mais absorveram tecnologia incorporada nos bens de capital da indústria intensiva em tecnologia foram a construção civil (97,5%), agropecuária (96,5%) e os serviços (95,4%), seguidos das *commodities* agroindustriais (76,5%), da indústria extrativa mineral (75,7%) e dos serviços de comunicação e informação (75,4%).

A Tabela 4.7 mostra também a grande contribuição dos serviços de comunicação e informação, que possuem alta transferência tecnológica incorporada nos seus bens de capital e absorvidos por outros grupos setoriais em 2011, especialmente pela indústria intensiva em tecnologia (45,7% para P&D e 58,3% para AI) e pelas *commodities* industriais (40,4% para P&D e 52,3% para AI). Produtos de bens de capital associados aos serviços de comunicação e informação se referem a ativos intangíveis como *softwares*, banco de dados e serviços ligados a pesquisa, que foram proporcionalmente bastante demandados pelos setores industriais e pouco demandados pelos serviços, agricultura e construção. Interessante notar que nos fluxos tecnológicos de bens e serviços intermediários (Tabela 4.1 e Tabela 4.4), o setor de serviços absorveu uma proporção alta de P&D e AI incorporados do setor de comunicação e informação, indicando uma relação mais voltada pela prestação de serviços do que pela venda de ativos intangíveis.

Como poucos setores são responsáveis pela transferência tecnológica incorporada nos produtos de bens de capital, identificou-se que quase 96% de toda a absorção de P&D nos investimentos em 2011 são originadas de cinco setores que compõe a indústria intensiva em tecnologia (máquinas e equipamentos, automóveis, autopeças, máquinas e equipamentos elétricos e outros transportes) mais os serviços de comunicação e informação. A Tabela 4.8 apresenta a

proporção de P&D incorporado nos investimentos originados destes seis setores principais para o total de 35 setores.

Tabela 4.8 - Proporção de P&D incorporado diretamente nos investimentos em bens de capital por setores, Estrutura padrão, 2011 (%)

	(19) M&E	(21) Autom.	(29) Infomação	(22) Autopeças	(20) Elétrico	(23) Transp.	Total
1 Agropecuária	84,4	1,2	0,0	2,4	4,4	1,4	93,9
2 Indústria Extrativa	15,0	1,8	8,4	1,7	3,3	56,3	86,4
3 Alimentos e Bebidas	38,5	5,2	31,2	3,6	8,4	0,3	87,2
4 Fumo	16,1	0,6	68,2	0,5	13,9	0,0	99,4
5 Têxtil	26,3	2,1	55,9	1,8	11,8	0,3	98,2
6 Vestuário	38,5	1,8	45,8	1,8	10,0	0,3	98,2
7 Calçados e Couros	32,7	1,1	52,6	1,3	11,2	0,1	99,0
8 Madeira	19,3	8,4	50,7	9,3	10,6	0,1	98,5
9 Celulose e Papel	63,9	1,4	23,9	2,1	6,2	0,4	97,8
10 Impressão e Gravações	12,7	1,4	70,0	1,3	14,2	0,0	99,6
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	9,5	18,1	45,5	1,2	8,1	0,2	82,7
12 Química	10,1	2,6	53,5	1,4	12,3	0,2	80,0
13 Farmacêutica	10,2	1,0	54,1	0,5	13,3	0,2	79,3
14 Borracha e Plástico	46,2	2,0	37,9	2,3	8,7	0,3	97,4
15 Minerais não-metálicos	52,7	8,7	23,2	7,4	5,8	0,2	98,1
16 Aço	20,2	1,1	63,1	1,1	12,9	0,1	98,4
17 Metalurgia não-ferrosos	12,9	1,0	69,3	0,9	14,1	0,0	98,2
18 Produtos de Metal	12,0	6,2	64,3	3,9	13,0	0,0	99,4
19 M&E, Eletrônico e Diversos	21,5	2,1	59,7	1,8	12,3	0,3	97,8
20 M&E Elétricos	3,5	72,1	18,4	1,6	3,7	0,1	99,3
21 Automóveis	23,6	1,1	59,6	0,6	12,4	0,3	97,7
22 Autopeças	23,2	2,0	59,7	1,3	12,4	0,1	98,7
23 Outros Transportes	50,0	0,8	37,2	1,4	8,6	0,2	98,2
24 SIUP	5,8	44,3	32,0	3,9	0,2	0,0	86,2
25 Construção Civil	71,0	10,1	0,0	6,2	6,4	3,4	97,1
26 Comércio	27,9	33,8	0,0	18,2	16,2	0,1	96,2
27 Transporte Armazenagem	1,3	56,4	3,7	29,8	0,9	7,7	99,8
28 Alojamento e Alimentação	57,3	1,5	0,0	1,8	23,4	0,2	84,2
29 Comunicação e Informação	44,7	16,9	31,0	0,5	6,1	0,1	99,3
30 Intermediação Financeira	96,8	0,0	0,0	0,4	1,1	0,1	98,4
31 Atividades imobiliárias	38,7	20,8	0,0	22,5	16,9	0,1	98,9
32 Serviços Empresas e Famílias	4,8	88,3	0,0	2,2	4,4	0,0	99,7
33 Educação privada	41,4	16,5	0,9	15,9	19,8	0,9	95,5
34 Saúde privada	85,1	9,0	0,0	0,9	2,4	0,2	97,5
35 Serviços Públicos	23,2	45,3	0,0	15,5	1,0	0,1	85,1
Total	30,3	23,7	21,2	9,2	5,8	5,6	95,9

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A Tabela 4.8 mostra que o setor de “M&E, eletrônicos e diversos” foi responsável por 30,3% do P&D incorporado na compra de bens de capital de toda a economia em 2011. Os setores que proporcionalmente mais absorveram esse tipo de P&D incorporado dessa indústria em 2011 foram a agropecuária (84,4%), os serviços de intermediação financeira (96,8%), os serviços de

saúde privada (85,1%) e a indústria de celulose e papel (63,9%). Destaca-se que a grande agregação do setor de “M&E, eletrônicos e diversos” fez com que uma gama muito grande de produtos de bens de capital fosse relacionada: máquinas, computadores, equipamentos eletrônicos, móveis, instrumentos médico-hospitalares, etc. Ao contrário das matrizes de insumo-produto, não há MAIs disponíveis com o nível de classificação do SCN referência 2010, o que impede uma desagregação deste setor como foi feito na subseção anterior para o ano de 2011.

A Tabela 4.8 apresenta outras características setoriais importantes para os fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos em 2011. Por exemplo, o grande peso da absorção de P&D de automóveis (que inclui caminhões) pela indústria de máquinas e equipamentos elétricos (72,1%) e pelos serviços em geral; o grande peso da absorção de P&D de outros transportes pela indústria extrativa mineral (53,6%), muito provavelmente adquirido de produtos de transportes ferroviários e embarcações, que são comuns para o transporte de produtos minerais; e o grande peso da absorção de P&D de serviços de comunicação e informação por todos os setores industriais. Inclusive, a maioria dos setores industriais possuíram uma maior proporção de absorção tecnológica incorporada em ativos do setor de comunicação e informação do que da indústria de máquinas e equipamentos. A exceção acontece nos setores que no ano de 2011 investiram mais na ampliação da capacidade instalada no Brasil, como a agropecuária, a indústria extrativa mineral e setores da manufatura como alimentos e bebidas, celulose e papel, borracha e plástico, minerais não metálicos e outros transportes. Conseqüentemente, estes setores absorveram uma proporção maior de P&D incorporado em máquinas e equipamentos em 2011.

Como discutido no início desta subseção, os fluxos de investimentos são mais voláteis e podem apresentar características distintas para outros períodos. A Tabela A 9 e a Tabela A 10, no Anexo, mostram essas peculiaridades para os fluxos de P&D incorporado nos investimentos nos anos de 2005 e 2008. Como a produção de produtos de bens de capital está muito concentrada em poucos setores, no geral as variações temporais não são tão grandes, embora bem maiores do que nas matrizes de consumo intermediário. Para citar algumas diferenças, verifica-se que em 2008 a indústria automotiva foi o setor que mais transferiu P&D incorporado em seus produtos de bens de capital, com grande absorção se setores industriais específicos, como alimentos e bebidas e refino de petróleo. Percebe-se também que, ao contrário de 2011, a absorção de P&D de outros transportes pela indústria extrativa é muito pequena nos anos de 2005 e 2008.

A Tabela 4.9 apresenta a mesma estrutura de dados da Tabela 4.8, mas agora para as proporções de gastos em atividades inovativas incorporadas nos investimentos em bens de capital. A principal mudança quando se compara com o P&D incorporado é o maior destaque dado ao setor de comunicação e informação em detrimento da indústria automotiva e de autopeças, que passa a representar o segundo setor que proporcionalmente mais transfere tecnologia incorporada em seus produtos. Para o restante dos setores não há mudanças significativas.

Tabela 4.9 - Proporção de Atividades Inovativas (AI) incorporadas diretamente nos investimentos em bens de capital por setores, Estrutura padrão, 2011 (%)

	(19)	(21)	(29)	(22)	(20)	(23)	Total
	M&E	Autom.	Infomação	Autopeças	Elétrico	Transp.	
1 Agropecuária	82,4	0,8	0,0	1,4	3,7	1,0	89,3
2 Indústria Extrativa	18,8	1,4	13,5	1,3	3,6	50,4	89,0
3 Alimentos e Bebidas	33,9	2,9	35,0	1,9	6,4	0,2	80,3
4 Fumo	13,8	0,3	74,7	0,3	10,3	0,0	99,4
5 Têxtil	23,4	1,2	63,4	1,0	9,0	0,2	98,2
6 Vestuário	34,9	1,0	52,9	1,0	7,8	0,2	97,9
7 Calçados e Couros	29,1	0,6	59,6	0,7	8,6	0,1	98,7
8 Madeira	18,2	5,0	60,8	5,3	8,6	0,1	97,9
9 Celulose e Papel	60,6	0,8	28,9	1,2	5,1	0,3	96,9
10 Impressão e Gravações	10,9	0,8	76,7	0,7	10,6	0,0	99,6
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	8,1	9,8	49,5	0,6	6,0	0,1	74,1
12 Química	8,0	1,3	53,9	0,7	8,4	0,1	72,4
13 Farmacêutica	8,0	0,5	53,9	0,2	9,0	0,1	71,8
14 Borracha e Plástico	42,6	1,2	44,6	1,3	6,9	0,2	96,8
15 Minerais não-metálicos	52,4	5,5	29,4	4,5	5,0	0,2	96,9
16 Aço	17,5	0,6	69,5	0,6	9,7	0,0	97,8
17 Metalurgia não-ferrosos	11,0	0,6	75,4	0,5	10,4	0,0	97,9
18 Produtos de Metal	10,7	3,5	73,2	2,1	10,0	0,0	99,5
19 M&E, Eletrônico e Diversos	18,9	1,2	66,9	1,0	9,3	0,2	97,5
20 M&E Elétricos	4,5	58,9	30,2	1,3	4,1	0,1	99,0
21 Automóveis	20,6	0,6	66,3	0,3	9,4	0,2	97,4
22 Autopeças	20,3	1,1	66,6	0,7	9,3	0,1	98,2
23 Outros Transportes	45,8	0,5	43,4	0,8	6,8	0,1	97,3
24 SIUP	6,0	28,6	41,7	2,4	0,2	0,0	78,9
25 Construção Civil	75,5	6,8	0,0	4,0	5,9	2,6	94,7
26 Comércio	34,7	26,6	0,0	13,8	17,4	0,1	92,6
27 Transporte Armazenagem	2,0	53,7	7,0	27,3	1,1	8,2	99,4
28 Alojamento e Alimentação	53,0	0,9	0,0	1,0	18,7	0,1	73,8
29 Comunicação e Informação	44,2	10,6	39,0	0,3	5,2	0,1	99,3
30 Intermediação Financeira	96,4	0,0	0,0	0,2	0,9	0,1	97,6
31 Atividades imobiliárias	47,5	16,1	0,0	16,8	17,9	0,1	98,4
32 Serviços Empresas e Famílias	7,3	84,3	0,0	2,1	5,7	0,0	99,3
33 Educação privada	48,8	12,3	1,4	11,4	20,1	0,8	94,7
34 Saúde privada	87,0	5,8	0,0	0,5	2,1	0,2	95,7
35 Serviços Públicos	31,0	38,3	0,0	12,6	1,1	0,1	83,1
Total	32,7	16,1	29,0	6,0	5,4	4,3	93,6

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A análise de fluxos tecnológicos com base nas matrizes de investimentos é mais difícil de ser encontrada na literatura devido a dificuldade de se obter esses dados. Scherer (2003) e Wolff (2012) estimam essas matrizes para a economia dos EUA, mas as utilizam para estimações econométricas entre fluxos tecnológicos e produtividade, que será analisada nesta tese no Capítulo 5. Já as análises de padrões setoriais de inovação ao estilo Pavitt (1984) não fazem uma distinção entre os fluxos de bens intermediários e bens de capital, embora ressaltem as indústrias de bens de capital como setores fornecedores de tecnologia. Nesse aspecto, dada a alta concentração dos setores intensivos em tecnologia como provedores de bens de capital, os mesmos também surgem como importantes fornecedores de tecnologia incorporada. Cabe assinalar que além da indústria de máquinas e equipamentos, a indústria de automóveis e os serviços de comunicação e informação também se destacam na absorção de P&D e AI incorporados nos investimentos de outros setores. Esses aspectos voltarão a ser abordados nas análises de rede na seção 4.3.

4.2 Análise de multiplicadores: 2000-2014

O objetivo desta subseção é fazer uma análise dos multiplicadores a montante (*backward linkages*) e a jusante (*forward linkages*) dos fluxos tecnológicos entre 2000 e 2014 na economia brasileira. A metodologia e as limitações de interpretações dos resultados dos multiplicadores foram abordadas com detalhes na seção 3.3. Por envolver os efeitos de ligações diretos e indiretos, a análise de multiplicadores é feita sobre a matriz de Leontief, que leva em consideração as relações de consumo intermediário. Uma análise de multiplicadores sobre os investimentos é mais complicada dadas as características mais voláteis e menos estruturais dos bens de capital, bem como da dificuldade de se criar um modelo de requerimentos de capital (ver subseção 3.1.1). A seção 4.3 voltará a focar as ligações de investimentos com mais detalhes ao longo do tempo. Por fazer uma análise entre 2000 e 2014, a classificação utilizada nesta seção é a de 35 setores (ver Tabela A 6, no Anexo). As próximas subseções apresentam os resultados dos efeitos de *backward linkage* e *forward linkage* do ponto de vista dos fluxos tecnológicos.

4.2.1 Backward linkage

Como apresentado na subseção 3.3.1, os efeitos de *backward linkages* em uma abordagem de insumo-produto permitem analisar o impacto de variações em uma unidade na demanda final de um determinado setor j sobre toda a economia, ou, em outras palavras, mensura a produção de todos os setores da economia que é necessária para satisfazer uma unidade da demanda final do setor j . Em termos de fluxos tecnológicos, e supondo que os gastos em P&D e atividades inovativas são proporcionais ao valor da produção⁶¹, os efeitos de “*backward linkages* tecnológicos” podem indicar o total de P&D ou outras atividades inovativas geradas por toda a economia dado o aumento de uma unidade na demanda final do setor j . Como discutido na subseção 3.3.1, essa interpretação precisa, no entanto, deve ser vista com cautela, já que os mecanismos de propagação de P&D ou outras atividades inovativas são mais complexos e incertos do que qualquer outro fator de produção. Em todo caso, o *backward linkage* tecnológico busca mensurar mais as fontes setoriais das inovações puxadas pelo aumento da demanda, ignorando o papel da ciência no processo de criação e difusão de inovações.

A Tabela 4.10 apresenta os valores de *backward linkages* das matrizes de fluxos tecnológicos de P&D incorporado⁶² para o nível de 35 setores e para os seis anos disponíveis entre 2000 e 2014. Os valores foram multiplicados por 100 para melhorar a visualização dos dados, já que o gasto em P&D em proporção ao valor bruto de produção apresenta valores bem baixos nos setores da economia brasileira. A interpretação tradicional dos multiplicadores de *backward linkages* tecnológicos indicam, por exemplo, que um aumento de R\$ 100,00 na demanda final (por meio do consumo, investimento ou exportações) dos produtos da indústria extrativa mineral para o ano de 2014 gera um aumento de R\$ 0,55 no gasto em P&D de toda a economia. Por esta ótica, os efeitos de *backward linkages* apresentam os possíveis setores capazes de aumentarem em maior intensidade, direta e indiretamente, o gasto em P&D de toda a economia por meio de algum estímulo em sua demanda final.

⁶¹ A Tabela 2.11, na subseção 2.3, mostra que a proporção do gasto em P&D e atividades inovativas sobre a receita líquida de vendas não variou muito entre 2000 e 2014 no Brasil.

⁶² Ver equação 29, na subseção 3.3.1.

Tabela 4.10 - *Backward linkages* de P&D, 2000-2014

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
1 Agropecuária	0,16	0,22	0,17	0,18	0,25	0,21
2 Indústria Extrativa	0,28	0,38	0,35	0,30	0,53	0,55
3 Alimentos e Bebidas	0,38	0,37	0,37	0,47	0,45	0,49
4 Fumo	0,75	0,62	0,46	0,95	0,78	0,84
5 Têxtil	0,47	0,55	0,40	0,31	0,49	0,35
6 Vestuário	0,31	0,44	0,34	0,26	0,35	0,40
7 Calçados e Couros	0,55	0,57	0,63	0,68	0,98	1,25
8 Madeira	0,33	0,40	0,34	0,30	0,58	0,46
9 Celulose e Papel	0,60	0,57	0,42	0,45	0,56	0,54
10 Impressão e Gravações	0,32	0,37	0,33	0,32	0,27	0,42
11 Refino de Petróleo e Biocombustíveis	1,00	0,90	0,98	1,18	1,50	1,26
12 Química	1,00	1,12	0,98	1,05	1,75	1,27
13 Farmacêutica	0,90	0,68	0,79	1,17	1,88	1,96
14 Borracha e Plástico	0,74	0,90	0,82	0,82	1,00	1,01
15 Minerais não-metálicos	0,53	0,63	0,64	0,43	0,57	0,76
16 Aço	0,79	0,90	0,72	0,75	0,81	0,85
17 Metalurgia não-ferrosos	0,56	0,47	0,32	0,43	1,11	0,81
18 Produtos de Metal	0,54	0,54	0,45	0,50	0,65	0,51
19 M&E, Eletrônico e Diversos	1,40	1,40	0,98	0,73	0,85	1,06
20 M&E Elétricos	2,05	1,06	1,51	1,34	1,56	2,58
21 Automóveis	1,49	2,95	2,19	2,39	2,06	1,83
22 Autopeças	0,85	1,29	1,09	1,35	1,79	1,80
23 Outros Transportes	3,12	5,62	3,75	1,56	1,36	1,71
24 SIUP	0,11	0,17	0,16	0,15	0,32	0,35
25 Construção Civil	0,19	0,29	0,22	0,20	0,22	0,23
26 Comércio	0,10	0,18	0,19	0,19	0,20	0,20
27 Transporte Armazenagem	0,23	0,40	0,33	0,33	0,36	0,32
28 Alojamento e Alimentação	0,11	0,17	0,14	0,15	0,16	0,16
29 Comunicação e Informação	0,06	0,11	0,79	0,79	0,74	0,66
30 Intermediação Financeira	0,03	0,05	0,13	0,12	0,11	0,10
31 Atividades imobiliárias	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
32 Serviços para Empresas e Famílias	0,07	0,13	0,75	0,69	0,51	0,58
33 Educação privada	0,04	0,07	0,13	0,13	0,11	0,11
34 Saúde privada	0,12	0,25	0,15	0,13	0,16	0,17
35 Serviços Públicos	0,05	0,08	0,11	0,11	0,12	0,13

Nota: Valores foram multiplicados por 100. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A Tabela 4.10 mostra que os setores com os maiores valores de *backward linkages* tecnológicos são, principalmente, os que compõem o grupo classificado como indústrias intensivas em tecnologia. Para todos os anos, os setores de maior destaque foram as indústrias de M&E elétricos, outros transportes, automóveis, autopeças, “M&E, eletrônicos e diversos” e farmacêutica. Fora da indústria intensiva em tecnologia, os setores da química e de refino de petróleo também se destacaram. Por exemplo, para a indústria de M&E elétricos em 2014, um aumento de R\$ 100,00 em sua demanda final gera um aumento de R\$ 2,58 no gasto em P&D de toda a economia. Este aumento vem diretamente tanto do próprio setor de M&E elétricos, quanto

indiretamente de setores a montante desta (fornecedores), que também precisam aumentar a sua produção, e, conseqüentemente, seus gastos em P&D.

Esse resultado era esperado, pois um aumento da demanda por produtos de indústrias mais intensivas em tecnologia ou que investem mais em P&D gera proporcionalmente um aumento maior do gasto em P&D de toda a economia. Além disso, a maioria desses setores também demandam insumos de outros setores intensivos em tecnologia, o que aumenta mais ainda os efeitos de encadeamento tecnológicos a montante. Por exemplo, os principais setores que transbordam P&D incorporado para a indústria de M&E elétricos além dela mesma é a indústria química, “M&E, eletrônicos e diversos” e metalurgia de metais não ferrosos. Setores estes que também possuem uma proporção alta de gastos em P&D em proporção ao VBP.

Por outro lado, os setores que apresentaram os menores valores de *backward linkages* são compostos por aqueles que compõem a indústria tradicional, a agropecuária, a indústria extrativa mineral e os serviços não intensivos em conhecimento. Por mais que esses setores demandem tecnologia incorporada de outros setores mais intensivos em tecnologia, como foi visto no capítulo anterior, os seus baixos gastos internos em P&D estimulam um aumento menor do mesmo em toda a economia. Como foi visto na seção anterior (Tabela 4.1), os fluxos tecnológicos intrasetoriais sob os bens intermediários possuem proporções muito maiores para todos os grupos setoriais do que os fluxos intersetoriais. A Tabela 4.10 mostra algumas exceções para determinados períodos, como o alto efeito de ligação para trás da indústria de calçados e couros em 2014 e da indústria de metalurgia de metais não ferrosos em 2011. No entanto, a identificação dos setores de maiores efeitos de *backward linkages* fica mais clara ao se analisar todos os períodos, no qual, mesmo que com variações significativas, o *ranking* setorial costuma ser o mesmo.

Em termos gerais, o mesmo pode ser verificado para os indicadores de *backward linkages* nos fluxos tecnológicos de Atividades Inovativas (AI). A Tabela 4.11 apresenta estes resultados. Os maiores valores continuam sendo apresentados pelos setores que compõem a indústria intensiva em tecnologia, sobretudo o setor de outros transportes e autopeças. Os serviços de comunicação e informação e as indústrias de *commodities* industriais também passam a apresentar valores mais significativos. Logo, os efeitos de *backward linkages* tecnológicos são mais homogêneos entre os setores quando se considera níveis menos complexos de esforços inovativos. Essa característica mais ampla dos gastos em atividades inovativas também já foi ressaltada na seção anterior.

Tabela 4.11 - *Backward linkages* de Atividades Inovativas (AI), 2000-2014

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
1 Agropecuária	0,91	1,05	0,70	0,66	0,66	0,57
2 Indústria Extrativa	1,54	2,05	1,72	1,19	1,20	1,53
3 Alimentos e Bebidas	3,09	3,15	2,65	2,99	3,25	3,02
4 Fumo	2,08	2,15	2,17	2,26	2,51	2,00
5 Têxtil	4,92	5,14	3,37	2,46	2,50	2,41
6 Vestuário	2,70	3,32	2,33	2,14	2,24	2,48
7 Calçados e Couros	3,68	4,69	4,34	3,62	3,99	3,56
8 Madeira	5,45	3,76	2,81	3,95	4,12	3,66
9 Celulose e Papel	5,66	4,01	3,49	2,61	2,23	2,05
10 Impressão e Gravações	7,76	4,19	5,26	3,12	4,32	2,33
11 Refino de Petróleo e Biocombustíveis	2,18	2,77	2,26	2,28	3,07	2,61
12 Química	5,83	4,94	3,96	4,17	3,81	3,15
13 Farmacêutica	6,06	4,12	4,04	3,87	3,91	3,78
14 Borracha e Plástico	6,47	5,03	4,96	4,17	4,47	3,79
15 Minerais não-metálicos	6,16	4,91	4,33	3,33	3,07	4,30
16 Aço	10,56	4,85	4,58	5,75	4,94	3,72
17 Metalurgia não-ferrosos	3,93	3,07	3,94	4,72	5,75	2,40
18 Produtos de Metal	5,37	3,84	4,14	4,17	3,66	3,37
19 M&E, Eletrônico e Diversos	5,58	6,03	4,87	3,28	2,85	2,78
20 M&E Elétricos	7,71	5,15	4,69	4,15	4,67	4,64
21 Automóveis	11,00	8,11	7,28	5,74	4,65	4,08
22 Autopeças	8,76	5,57	6,24	4,91	4,27	5,08
23 Outros Transportes	7,35	12,64	7,54	4,22	3,31	7,59
24 SIUP	0,57	0,82	0,56	0,48	1,40	1,07
25 Construção Civil	1,55	1,70	1,11	0,99	0,89	0,90
26 Comércio	0,66	0,82	0,67	0,57	0,60	0,61
27 Transporte Armazenagem	0,87	1,40	0,95	0,81	0,86	0,79
28 Alojamento e Alimentação	0,82	1,24	0,76	0,76	0,85	0,78
29 Comunicação e Informação	0,48	0,60	3,16	3,31	2,90	4,42
30 Intermediação Financeira	0,20	0,27	0,37	0,34	0,34	0,37
31 Atividades imobiliárias	0,06	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06
32 Serviços para Empresas e Famílias	0,45	0,65	1,25	1,12	1,14	1,12
33 Educação privada	0,23	0,33	0,38	0,35	0,32	0,36
34 Saúde privada	0,64	1,23	0,61	0,47	0,45	0,45
35 Serviços Públicos	0,30	0,40	0,37	0,35	0,39	0,42

Nota: Valores foram multiplicados por 100. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Para evidenciar os efeitos intersetoriais, os efeitos de *backward linkages* tecnológicos podem ser analisados por meio dos impactos de P&D de toda a economia dado um aumento em uma unidade na demanda final do setor j , exceto o efeito diretamente gerado pelo próprio setor j . Em outras palavras, zeram-se os elementos da diagonal principal da matriz de fluxos tecnológicos a fim de mensurar os efeitos de *spillover* intersetorial de P&D ou outros gastos em atividades inovativas. A Tabela 4.12 apresenta esses dados para os fluxos tecnológicos de P&D incorporado, no qual os valores em parênteses representam a porcentagem do gasto em P&D que é gerado por outros setores que não no setor j , dado um aumento e uma unidade na demanda final do setor j .

Tabela 4.12 - *Backward linkages*, efeito *spillover* de P&D, 2000-2014

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
2 Indústria Extrativa	0,20 (71,2%)	0,34 (88,4%)	0,26 (73,4%)	0,24 (79,3%)	0,25 (47,0%)	0,23 (42,4%)
3 Alimentos e Bebidas	0,17 (44,5%)	0,26 (70,8%)	0,25 (65,5%)	0,24 (51,9%)	0,28 (63,5%)	0,29 (59,1%)
4 Fumo	0,14 (18,1%)	0,21 (33,4%)	0,25 (53,4%)	0,24 (25,1%)	0,24 (30,3%)	0,22 (26,5%)
5 Têxtil	0,18 (39,4%)	0,33 (60,5%)	0,21 (52,8%)	0,19 (61,8%)	0,26 (52,3%)	0,21 (59,7%)
6 Vestuário	0,20 (64,6%)	0,32 (72,4%)	0,23 (66,3%)	0,19 (74,4%)	0,22 (62,7%)	0,19 (48,9%)
7 Calçados e Couros	0,24 (43,3%)	0,383 (67,7%)	0,28 (44,0%)	0,26 (37,5%)	0,33 (33,8%)	0,29 (23,2%)
8 Madeira	0,17 (50,7%)	0,28 (69,7%)	0,20 (58,5%)	0,19 (63,1%)	0,24 (41,8%)	0,23 (50,1%)
9 Celulose e Papel	0,18 (30,0%)	0,30 (52,5%)	0,22 (50,7%)	0,20 (44,8%)	0,23 (41,4%)	0,21 (38,8%)
10 Impressão e Gravações	0,19 (59,4%)	0,31 (82,3%)	0,21 (63,1%)	0,20 (61,7%)	0,23 (85,0%)	0,21 (49,7%)
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	0,12 (11,8%)	0,20 (22,7%)	0,15 (15,2%)	0,13 (11,1%)	0,22 (14,8%)	0,23 (18,0%)
12 Química	0,15 (14,6%)	0,29 (25,6%)	0,24 (24,2%)	0,23 (21,5%)	0,23 (13,2%)	0,22 (17,7%)
13 Farmacêutica	0,11 (12,2%)	0,19 (27,9%)	0,19 (24,4%)	0,18 (15,6%)	0,18 (9,8%)	0,17 (8,8%)
14 Borracha e Plástico	0,31 (42,6%)	0,54 (59,7%)	0,35 (42,4%)	0,33 (40,9%)	0,49 (48,9%)	0,41 (40,3%)
15 Minerais não-metálicos	0,24 (44,8%)	0,37 (59,4%)	0,30 (46,0%)	0,28 (65,7%)	0,33 (58,8%)	0,34 (45,3%)
16 Aço	0,29 (36,3%)	0,48 (52,7%)	0,35 (48,2%)	0,32 (43,5%)	0,34 (41,8%)	0,33 (39,4%)
17 Metalurgia não-ferrosos	0,21 (37,1%)	0,33 (71,4%)	0,23 (73,7%)	0,22 (51,5%)	0,25 (22,8%)	0,28 (34,3%)
18 Produtos de Metal	0,23 (43,4%)	0,35 (64,4%)	0,25 (55,3%)	0,24 (48,0%)	0,28 (42,6%)	0,27 (52,3%)
19 M&E, Eletrônico e Diversos	0,14 (9,8%)	0,32 (22,9%)	0,19 (19,7%)	0,18 (24,5%)	0,19 (22,7%)	0,18 (17,3%)
20 M&E Elétricos	0,24 (11,7%)	0,43 (40,2%)	0,30 (19,6%)	0,30 (22,2%)	0,38 (24,1%)	0,32 (12,5%)
21 Automóveis	0,24 (16,3%)	0,50 (16,8%)	0,35 (16,2%)	0,35 (4,5%)	0,47 (22,9%)	0,46 (25,4%)
22 Autopeças	0,35 (41,3%)	0,67 (51,9%)	0,41 (38,1%)	0,42 (31,0%)	0,42 (23,5%)	0,40 (22,4%)
23 Outros Transportes	0,11 (3,5%)	0,25 (4,5%)	0,14 (3,8%)	0,13 (8,0%)	0,14 (10,4%)	0,14 (8,5%)
24 SIUP	-	-	-	-	0,15 (46,7%)	0,20 (55,9%)
29 Comunicação e Informação	-	-	0,14 (17,9%)	0,13 (16,2%)	0,11 (14,3%)	0,10 (15,3%)
32 Serviços para Empresas e Famílias	-	-	0,11 (14,7%)	0,11 (15,5%)	0,12 (22,7%)	0,11 (19,7%)

Nota: Valores foram multiplicados por 100. Valores em parêntese em porcentagem. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A Tabela 4.12 apresenta apenas os setores que possuem dados de P&D, pois para os setores que hipoteticamente não investiram em P&D (ex.: agropecuária), o efeito *spillover* é 100% do efeito de *backward linkage* total. A tabela indica que a maior parte do impacto do aumento da demanda final dos setores intensivos em tecnologia são gerados pelos próprios setores. Por exemplo, na Tabela 4.10 foi verificado que para a indústria farmacêutica em 2014, um aumento de R\$ 100,00 em sua demanda final geraria um aumento de R\$ 1,96 no gasto em P&D de toda a economia brasileira. Destes, no entanto, apenas R\$ 0,17 seria gerado em gastos de P&D de outros setores que não a indústria farmacêutica, ou seja, apenas 8,8% seria um efeito multiplicador (*spillover*) de outros setores. Isso mostra que, por mais que o aumento da demanda por produtos da indústria farmacêutica aumente muito o gasto em P&D do país, o seu efeito de *spillover* é proporcionalmente baixo se comparado a outros setores. Isso ocorre porque as fontes de P&D da indústria farmacêutica são muito mais internas (intra-setorial) do que externas (inter-setorial), sendo um setor de baixa dependência tecnológica inter-setorial comparada aos outros.

Para todos os anos e especificamente para 2014 os maiores efeitos de *spillover* foram da indústria automotiva (0,46), borracha e plástico (0,41), autopeças (0,40), minerais não metálicos (0,34), aço (0,33) e M&E elétricos (0,31). Já a proporção do multiplicador *spillover* de P&D incorporado sobre o multiplicador total é maior na indústria extrativa e na indústria tradicional, como têxtil, alimentos e bebidas, madeira e impressão e gravação. Em 2008, por exemplo, 79,3% do aumento do gasto em P&D de toda a economia dado um aumento de R\$ 100,00 na demanda final da indústria extrativa mineral era para outros setores que não a indústria extrativa. Porém, como o multiplicador da indústria extrativa é baixo, essa proporção maior de *spillover* não resulta em valores altos para a economia se comparada a outros setores.

A Tabela 4.13 apresenta os efeitos de *spillover* de atividades inovativas incorporadas por meio dos multiplicadores de *backward linkages*. Novamente, os maiores efeitos de *spillovers* para todos os anos foram da indústria automotiva, autopeças e M&E elétricos. No geral, os setores que compõem a indústria tradicional e a indústria extrativa continuam apresentando as maiores proporções de *spillover*, mas num valor muito semelhante às outras indústrias. Assim como nos efeitos de *backward linkages*, os efeitos de *spillovers* dos *backward linkages* são mais homogêneos entre os setores quando se considera níveis menos complexos de esforços inovativos, dado que a proporção dos gastos em AI dos setores menos intensivos em tecnologia aumenta consideravelmente em comparação aos seus gastos de P&D interno.

Tabela 4.13 - *Backward linkages*, efeito *spillover* de Atividades Inovativas (AI), 2000-2014

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
2 Indústria Extrativa	1,02 (66,0%)	1,46 (71,0%)	0,90 (52,4%)	0,77 (64,8%)	0,71 (59,2%)	0,62 (40,8%)
3 Alimentos e Bebidas	1,03 (33,2%)	1,22 (38,7%)	0,91 (34,4%)	0,81 (27,1%)	0,80 (24,6%)	0,82 (27,2%)
4 Fumo	0,98 (47,0%)	1,1 (51,4%)	0,91 (41,9%)	0,77 (34,0%)	0,67 (26,6%)	0,61 (30,5%)
5 Têxtil	1,10 (22,3%)	1,52 (29,6%)	0,84 (24,8%)	0,71 (28,9%)	0,67 (26,8%)	0,59 (24,4%)
6 Vestuário	1,63 (60,3%)	2,30 (69,4%)	1,44 (61,9%)	1,09 (50,9%)	0,94 (41,8%)	0,93 (37,6%)
7 Calçados e Couros	1,76 (47,8%)	2,33 (49,8%)	1,39 (32,0%)	1,15 (31,7%)	1,22 (30,5%)	1,10 (31,0%)
8 Madeira	0,98 (17,9%)	1,31 (34,8%)	0,82 (29,3%)	0,71 (17,9%)	0,69 (16,8%)	0,66 (18,1%)
9 Celulose e Papel	1,01 (17,9%)	1,35 (33,6%)	0,81 (23,3%)	0,70 (26,9%)	0,65 (29,4%)	0,59 (28,6%)
10 Impressão e Gravações	1,19 (15,3%)	1,52 (36,2%)	1,00 (19,0%)	0,87 (27,8%)	0,72 (16,7%)	0,67 (28,8%)
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	0,76 (35,0%)	1,22 (43,9%)	0,73 (32,1%)	0,57 (24,9%)	0,67 (21,9%)	0,74 (28,3%)
12 Química	0,74 (12,7%)	1,28 (25,9%)	0,81 (20,4%)	0,67 (16,0%)	0,71 (18,5%)	0,64 (20,2%)
13 Farmacêutica	0,63 (10,5%)	0,89 (21,6%)	0,60 (14,7%)	0,52 (13,3%)	0,50 (12,9%)	0,47 (12,4%)
14 Borracha e Plástico	1,87 (28,8%)	2,45 (48,8%)	1,35 (27,2%)	1,23 (29,6%)	1,20 (26,9%)	1,08 (28,6%)
15 Minerais não-metálicos	1,34 (21,8%)	1,71 (34,8%)	1,16 (26,9%)	0,99 (29,7%)	0,96 (31,2%)	0,97 (22,4%)
16 Aço	1,36 (12,8%)	2,17 (44,8%)	1,47 (32,1%)	1,19 (20,7%)	1,03 (20,9%)	0,96 (26,0%)
17 Metalurgia não-ferrosos	1,11 (28,1%)	1,55 (50,5%)	0,90 (23,0%)	0,78 (16,5%)	0,76 (13,2%)	0,77 (32,3%)
18 Produtos de metal	2,35 (43,8%)	1,79 (46,6%)	1,28 (30,9%)	1,36 (32,7%)	1,18 (32,3%)	0,92 (27,3%)
19 M&E, Eletrônico e Diversos	1,14 (20,5%)	1,61 (26,8%)	0,86 (17,7%)	0,82 (25,0%)	0,75 (26,4%)	0,63 (22,7%)
20 M&E Elétricos	1,78 (23,1%)	2,18 (42,3%)	1,45 (31,0%)	1,44 (34,6%)	1,42 (30,4%)	1,05 (22,6%)
21 Automóveis	2,14 (19,5%)	2,45 (30,3%)	1,76 (24,1%)	1,40 (24,4%)	1,45 (31,3%)	1,46 (35,6%)
22 Autopeças	2,78 (31,7%)	3,09 (55,6%)	2,03 (32,5%)	1,95 (39,7%)	1,62 (37,9%)	1,34 (26,3%)
23 Outros Transportes	0,81 (11,0%)	1,32 (10,4%)	0,73 (9,7%)	0,61 (14,6%)	0,55 (16,6%)	0,52 (6,9%)
24 SIUP	-	-	-	-	0,44 (31,7%)	0,54 (51,1%)
29 Comunicação e Informação	-	-	0,43 (13,7%)	0,32 (9,7%)	0,33 (11,3%)	0,20 (4,6%)
32 Serviços para Empresas e Famílias	-	-	0,55 (44,0%)	0,50 (44,3%)	0,47 (41,2%)	0,59 (52,7%)

Nota: Valores foram multiplicados por 100. Valores em parêntese em porcentagem. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A proporção maior dos efeitos de *spillover* de P&D e AI incorporados dos setores menos intensivos em tecnologia possui uma razão lógica já destacada nas estruturas das matrizes de fluxos tecnológicos apresentadas na seção anterior. Por serem setores com grandes fluxos de consumo intermediário, que investem menos em esforços inovativos e que possuem dependência tecnológica, espera-se que os seus efeitos a montante ou para trás na cadeia produtiva (*backward linkages*) resultem em proporções maiores de geração de inovações pelos seus fornecedores dado um aumento em sua demanda final. Isso não quer dizer que os efeitos de *spillover* das indústrias menos intensivas em tecnologia são maiores, mas sim a sua proporção. Em outras palavras, os seus efeitos de geração ou transbordamento de P&D em toda economia puxados por um aumento da demanda final são baixos, mas grande parte deste baixo efeito é multiplicado para outros setores. Por outro lado, setores com muitas ligações a montante e de maior conteúdo tecnológico, como a indústria automotiva, conseguem impulsionar mais a geração de P&D de seus fornecedores dado um aumento de sua demanda final, mesmo que uma proporção maior seja transbordada intrasetorialmente.

Este tipo de resultado pode indicar algumas observações para políticas públicas de inovação. Países em desenvolvimento como o Brasil podem possuir dificuldades de desenvolver indústrias altamente intensivas em tecnologia, como a indústria farmacêutica e a indústria eletrônica. Assim, uma maneira de aumentar o gasto em P&D de toda a economia seria por meio do aumento da demanda final (por exemplo, compras do Governo ou estímulo às exportações) de setores tradicionais ou mais consolidados na economia brasileira que possuem altos multiplicadores de *spillover* de P&D ou AI incorporados, como é o caso da indústria automotiva, autopeças, M&E elétricos e borracha e plástico. No entanto, como já foi ressaltado, a análise de multiplicadores por meio dos efeitos de *backward linkages* busca apenas mensurar as fontes de inovação puxadas pelo aumento da demanda. Evidentemente, uma política de inovação também deve considerar as características mais complexas de criação e difusão de inovações impulsionadas pela ciência (estrutura técnico-científica) e pelo lado da oferta.

4.2.2 *Forward linkage*

Como discutido na subseção 3.3.2 a interpretação dos efeitos de *forward linkage* na abordagem de insumo-produto é um pouco mais problemática. Ao contrário dos efeitos de

backward linkage, geralmente os efeitos de ligações para frente são representados na literatura pelos coeficientes de produção ao invés dos coeficientes técnicos. A interpretação tradicional é dada pelo aumento da produção total de uma economia para utilizar uma unidade adicional da produção do setor *i*. Dessa maneira, os impactos de *forward linkage* dos fluxos tecnológicos poderiam ser interpretados por meio da seguinte pergunta: qual o aumento dos gastos em P&D ou atividades inovativas incorporados nos bens intermediários de toda uma economia para utilizar, direta e indiretamente, uma unidade adicional da produção de um determinado setor *i*? Dessa maneira, os efeitos de *forward linkages* indicam aqueles setores que mais geram efeitos de encadeamento para frente.

A Tabela 4.14 apresenta os valores de *forward linkages* das matrizes de fluxos tecnológicos de P&D incorporado⁶³ para o nível de 35 setores e para os seis anos disponíveis entre 2000 e 2014. Os valores foram multiplicados por 100 para melhorar a visualização dos dados. Por relacionar ligações para frente, são apresentados apenas os setores que possuem dados de P&D. Dada a grande agregação do setor de “serviços para empresas e famílias”, os multiplicadores dos serviços de “engenharia, testes e P&D” foram ignorados dada a sua baixa representatividade neste. No entanto, é de se esperar que os serviços de P&D tenham grande impacto nas relações de fluxos tecnológicos para outros setores. Já os resultados de serviços de comunicação e informação são apresentados a partir de 2005 e SIUP a partir de 2011, quando há dados disponíveis.

Assim como ocorreu com os efeitos de *backward linkage* tecnológicos, a Tabela 4.14 mostra que os setores com maiores efeitos de ligações para frente em todos os períodos foram aqueles relacionados à indústria intensiva em tecnologia, sobretudo os setores de M&E elétricos, outros transportes, indústria farmacêutica e “M&E, eletrônicos e diversos”. Como já vem sendo destacado nas seções anteriores, os setores da química, refino de petróleo e os serviços de comunicação e informação também apresentaram valores altos devido aos altos investimentos em P&D e poder de disseminação dos mesmos. Quanto a interpretação dos valores, pode-se dizer, por exemplo, que um aumento em R\$ 100,00 na produção da indústria química para o ano de 2014 geraria um aumento do gasto em P&D incorporado em bens intermediários de toda a economia em R\$ 2,41. Este aumento ocorreria por meio da própria indústria química e de seus principais setores usuários, como celulose e papel, têxtil, alimentos e bebidas, calçados e couros, entre outros.

⁶³ Ver equação 32, na subseção 3.3.2.

Dessa maneira, os efeitos de *forward linkages* são maiores para setores que investem proporcionalmente mais em P&D e que possuem um número maior de ligações a jusante.

Tabela 4.14 - *Forward linkages* de P&D, 2000-2014

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
2 Indústria Extrativa	0,17	0,17	0,20	0,13	0,57	0,66
3 Alimentos e Bebidas	0,35	0,23	0,21	0,36	0,26	0,31
4 Fumo	0,62	0,41	0,22	0,71	0,54	0,62
5 Têxtil	0,41	0,36	0,28	0,18	0,34	0,20
6 Vestuário	0,11	0,13	0,12	0,07	0,14	0,21
7 Calçados e Couros	0,32	0,18	0,36	0,43	0,65	0,97
8 Madeira	0,18	0,14	0,15	0,12	0,36	0,25
9 Celulose e Papel	0,63	0,50	0,32	0,37	0,48	0,48
10 Impressão e Gravações	0,16	0,08	0,14	0,14	0,05	0,23
11 Refino de Petróleo e Biocombustíveis	1,75	2,29	1,83	2,24	2,55	2,14
12 Química	2,24	3,41	1,92	1,98	3,52	2,46
13 Farmacêutica	0,86	0,59	0,65	1,06	1,82	1,91
14 Borracha e Plástico	0,68	0,74	0,75	0,74	0,77	0,91
15 Minerais não-metálicos	0,37	0,36	0,43	0,18	0,28	0,50
16 Aço	0,80	0,89	0,61	0,67	0,71	0,76
17 Metalurgia não-ferrosos	0,45	0,23	0,11	0,27	1,08	0,67
18 Produtos de Metal	0,45	0,37	0,30	0,39	0,53	0,34
19 M&E, Eletrônico e Diversos	2,51	3,22	1,56	1,09	1,21	1,58
20 M&E Elétricos	2,11	0,95	1,46	1,22	1,36	2,56
21 Automóveis	1,40	2,94	2,05	2,30	1,77	1,51
22 Autopeças	0,62	0,91	0,85	1,15	1,72	1,70
23 Outros Transportes	3,06	5,77	3,70	1,47	1,25	1,60
24 SIUP	-	-	-	-	0,37	0,33
29 Comunicação e Informação	-	-	1,34	1,36	1,26	1,16

Nota: Valores foram multiplicados por 100. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A Tabela 4.15 apresenta os efeitos de *forward linkages* para os fluxos tecnológicos de gastos em atividades inovativas. Como era esperado, os valores dos multiplicadores aumentaram consideravelmente para todos os setores devido aos gastos mais homogêneos entre os mesmos para este tipo de esforço inovativo mais amplo. Com exceção de alguns casos isolados, como a indústria de aço em 2000, os setores com maiores efeitos para frente continuam sendo as indústrias intensivas em tecnologia, os serviços de comunicação e informação e química. Para 2014 a indústria de outros transportes e os serviços de comunicação e informação apresentaram valores bem expressivos em comparação com os outros setores.

Tabela 4.15 - *Forward linkages* de Atividades Inovativas (AI), 2000-2014

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
2 Indústria Extrativa	1,09	2,27	1,77	0,87	1,01	1,89
3 Alimentos e Bebidas	3,38	4,04	2,88	3,49	3,96	3,42
4 Fumo	1,11	1,05	1,26	1,50	1,85	1,39
5 Têxtil	5,55	6,07	3,82	2,59	2,67	2,60
6 Vestuário	1,12	1,08	0,93	1,10	1,35	1,60
7 Calçados e Couros	1,94	2,38	2,97	2,49	2,79	2,47
8 Madeira	4,88	2,90	2,17	3,50	3,69	3,23
9 Celulose e Papel	7,02	4,95	4,02	2,86	2,31	2,11
10 Impressão e Gravações	7,75	3,38	5,00	2,61	4,14	1,86
11 Refino de Petróleo e Biocombustíveis	2,81	5,11	3,39	3,63	4,79	3,87
12 Química	13,33	14,97	8,18	8,43	7,20	5,94
13 Farmacêutica	5,88	3,89	3,76	3,62	3,66	3,56
14 Borracha e Plástico	7,38	5,27	5,76	4,52	4,90	4,05
15 Minerais não-metálicos	6,01	4,48	3,92	2,87	2,57	4,03
16 Aço	14,59	5,57	5,03	7,21	5,93	4,05
17 Metalurgia não-ferrosos	3,62	2,56	3,97	5,07	6,29	2,04
18 Produtos de Metal	4,45	3,92	4,31	4,14	3,50	3,48
19 M&E, Eletrônico e Diversos	8,81	13,19	8,00	4,84	3,83	3,89
20 M&E Elétricos	6,92	4,44	3,88	3,18	3,73	4,07
21 Automóveis	9,94	6,78	6,17	4,88	3,57	2,91
22 Autopeças	7,38	3,60	5,31	3,65	3,32	4,55
23 Outros Transportes	6,64	12,16	6,99	3,69	2,83	7,23
24 SIUP	-	-	-	-	2,06	1,09
29 Comunicação e Informação	-	-	5,63	6,16	5,10	8,78

Nota: Valores foram multiplicados por 100. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Da mesma maneira como foi feito com os efeitos de *backward linkages*, a Tabela 4.16 apresenta os efeitos de *forward linkages* com os elementos da diagonal principal da matriz de fluxos tecnológicos de P&D zeradas. Os valores representam os efeitos para frente totais (aumento de P&D incorporado) para toda economia, exceto para o setor i , dado o aumento em uma unidade da produção deste mesmo setor i .⁶⁴ Busca-se mensurar assim os efeitos de *spillover* intersetorial de P&D incorporado. Os valores em parênteses representam a porcentagem do gasto em P&D que é transbordado para outros setores que não o setor i , dado um aumento em uma unidade da produção do setor i .

⁶⁴ Ver equação 33, na subseção 3.3.2.

Tabela 4.16 - *Forward linkages*, efeito *spillover* de P&D, 2000-2014

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
2 Indústria Extrativa	0,09 (52,1%)	0,12 (73,8%)	0,11 (53,9%)	0,07 (51,9%)	0,29 (51,2%)	0,34 (52,0%)
3 Alimentos e Bebidas	0,13 (39,1%)	0,12 (52,3%)	0,08 (39,5%)	0,14 (37,5%)	0,10 (38,1%)	0,11 (35,9%)
4 Fumo	0,00 (0,2%)	0,00 (0,1%)	0,00 (0,0%)	0,00 (0,0%)	0,00 (0,1%)	0,00 (0,1%)
5 Têxtil	0,13 (31,1%)	0,15 (40,3%)	0,10 (33,6%)	0,06 (32,5%)	0,11 (31,5%)	0,06 (30,2%)
6 Vestuário	0,00 (4,4%)	0,01 (5,6%)	0,00 (4,0%)	0,00 (4,4%)	0,00 (3,5%)	0,01 (3,3%)
7 Calçados e Couros	0,00 (0,8%)	0,00 (1,2%)	0,00 (0,8%)	0,00 (0,7%)	0,00 (0,7%)	0,01 (0,8%)
8 Madeira	0,01 (8,2%)	0,02 (15,4%)	0,01 (8,3%)	0,01 (7,2%)	0,03 (7,1%)	0,02 (7,1%)
9 Celulose e Papel	0,21 (33,8%)	0,23 (46,3%)	0,11 (33,6%)	0,12 (33,4%)	0,15 (32,0%)	0,15 (30,5%)
10 Impressão e Gravações	0,02 (15,3%)	0,02 (21,0%)	0,02 (14,8%)	0,02 (13,8%)	0,01 (13,0%)	0,03 (10,7%)
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	0,87 (49,6%)	1,59 (69,6%)	0,10 (54,7%)	1,18 (53,0%)	1,28 (50,0%)	1,11 (51,7%)
12 Química	1,38 (61,8%)	2,57 (75,5%)	1,18 (61,5%)	1,16 (58,4%)	2,00 (56,9%)	1,42 (57,6%)
13 Farmacêutica	0,07 (7,8%)	0,10 (16,9%)	0,05 (8,2%)	0,08 (7,4%)	0,13 (7,0%)	0,13 (6,8%)
14 Borracha e Plástico	0,26 (37,7%)	0,38 (51,0%)	0,28 (37,2%)	0,26 (35,0%)	0,26 (33,3%)	0,30 (33,2%)
15 Minerais não-metálicos	0,07 (19,8%)	0,10 (28,6%)	0,08 (19,2%)	0,03 (18,5%)	0,05 (17,6%)	0,09 (17,3%)
16 Aço	0,29 (36,9%)	0,46 (51,9%)	0,23 (38,1%)	0,24 (36,7%)	0,24 (34,1%)	0,24 (32,1%)
17 Metalurgia não-ferrosos	0,10 (21,9%)	0,09 (40,6%)	0,03 (23,6%)	0,06 (22,35)	0,22 (20,6%)	0,14 (20,5%)
18 Produtos de Metal	0,14 (32,1%)	0,18 (47,7%)	0,10 (33,5%)	0,12 (32,2%)	0,15 (29,2%)	0,10 (29,5%)
19 M&E, Eletrônico e Diversos	1,24 (49,6%)	2,14 (66,5%)	0,78 (49,8%)	0,54 (49,2%)	0,55 (45,2%)	0,71 (44,8%)
20 M&E Elétricos	0,30 (14,3%)	0,32 (33,2%)	0,24 (16,6%)	0,18 (14,7%)	0,18 (12,9%)	0,30 (11,8%)
21 Automóveis	0,15 (10,9%)	0,49 (16,7%)	0,21 (10,4%)	0,25 (11,1%)	0,19 (10,6%)	0,15 (9,6%)
22 Autopeças	0,12 (19,0%)	0,28 (31,3%)	0,18 (20,7%)	0,21 (18,7%)	0,34 (20,0%)	0,30 (17,7%)
23 Outros Transportes	0,05 (1,6%)	0,40 (6,9%)	0,10 (2,6%)	0,03 (2,4%)	0,03 (2,5%)	0,04 (2,3%)
24 SIUP	-	-	-	-	0,20 (53,8%)	0,17 (52,1%)
29 Comunicação e Informação	-	-	0,69 (51,5%)	0,70 (51,5%)	0,63 (49,6%)	0,60 (51,9%)

Nota: Valores foram multiplicados por 100. Valores em parêntese em porcentagem. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

A Tabela 4.16 mostra que os maiores efeitos de *spillovers* para outros setores foram das indústrias de química, refino de petróleo, “M&E, eletrônicos e diversos” e dos serviços de comunicação e informação. Já os setores de outros transportes e farmacêutica, que apresentaram grandes efeitos de *forward linkages* totais (Tabela 4.14), possuem baixos efeitos de *spillovers* para outros setores que não sejam eles mesmos. Na indústria de outros transportes, por exemplo, apenas 2,3% de seu efeito de *forward linkage* em 2014 é transbordado para outros setores do sistema econômico. Esse resultado se explica pelo fato dos setores de outros transportes e farmacêutica serem mais voltados para a demanda final, enquanto que a indústria química, de refino de petróleo e M&E são muito mais voltados para o consumo intermediário de outros setores, aumentando os seus efeitos de disseminação tecnológica na economia.

A Tabela 4.17 apresenta os mesmos resultados de *spillovers* intersetoriais para os valores de *forward linkages* sob as matrizes de fluxos tecnológicos de gastos em atividades inovativas. Percebe-se que os setores em destaque não mudam muito em comparação com efeitos sobre a matriz de P&D. A indústria química, de refino de petróleo, “M&E, eletrônicos e diversos” e os serviços de comunicação e informação continuam apresentando os maiores valores de ligações para frente. No entanto, outros setores como aço, produtos de metal e alimentos e bebidas passam a apresentar valores mais significativos, já que os gastos em AI para estes são mais representativos.

De certa maneira, os resultados de *spillover* de *forward linkages* mostram o outro lado de um mesmo fenômeno dos resultados de *spillover* de *backward linkages*. Já que um aumento na demanda final de alguns setores gera proporcionalmente maiores gastos em P&D e AI na economia por meio da compra de produtos de fornecedores com maiores esforços inovativos, então são estes mesmos fornecedores que geram maiores transbordamentos tecnológicos para seus usuários. Neste cenário, identificou-se que as indústrias automotivas, de autopeças, M&E elétricos e algumas *commodities* industriais como borracha e plástico, aço e minerais não metálicos estimulam maiores gastos de P&D e AI em outros setores a partir de variações em suas demandas finais. Ao mesmo tempo, isso ocorre porque um aumento na demanda final desses setores também demandaria mais insumos com maiores esforços inovativos incorporados. Estes insumos viriam principalmente das indústrias química, de refino de petróleo, “M&E, eletrônicos e diversos” e serviços de comunicação e informação.

Tabela 4.17 - *Forward linkages*, efeito *spillover* de Atividades Inovativas (AI), 2000-2014

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
2 Indústria Extrativa	0,57 (52,1%)	1,68 (73,8%)	0,96 (53,9%)	0,45 (51,9%)	0,51 (51,2%)	0,98 (52,0%)
3 Alimentos e Bebidas	1,32 (39,1%)	2,11 (52,3%)	1,14 (39,5%)	1,31 (37,5%)	1,51 (38,1%)	1,23 (35,9%)
4 Fumo	0,00 (0,2%)	0,00 (0,1%)	0,00 (0,0%)	0,00 (0,0%)	0,00 (0,1%)	0,00 (0,1%)
5 Têxtil	1,72 (31,1%)	2,45 (40,3%)	1,28 (33,6%)	0,84 (32,5%)	0,84 (31,5%)	0,79 (30,2%)
6 Vestuário	0,05 (4,4%)	0,06 (5,6%)	0,04 (4,0%)	0,05 (4,4%)	0,05 (3,5%)	0,05 (3,3%)
7 Calçados e Couros	0,01 (0,8%)	0,03 (1,2%)	0,02 (0,8%)	0,02 (0,7%)	0,02 (0,7%)	0,02 (0,8%)
8 Madeira	0,04 (8,2%)	0,45 (15,4%)	0,18 (8,3%)	0,25 (7,2%)	0,26 (7,1%)	0,23 (7,1%)
9 Celulose e Papel	2,37 (33,8%)	2,29 (46,3%)	1,35 (33,6%)	0,95 (33,4%)	0,74 (32,0%)	0,64 (30,5%)
10 Impressão e Gravações	1,18 (15,3%)	0,71 (21,0%)	0,74 (14,8%)	0,36 (13,8%)	0,54 (13,0%)	0,20 (10,7%)
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	1,39 (49,6%)	3,55 (69,6%)	1,85 (54,7%)	1,92 (53,0%)	2,40 (50,0%)	2,00 (51,7%)
12 Química	8,24 (61,8%)	11,31 (75,5%)	5,03 (61,5%)	4,92 (58,4%)	4,09 (56,9%)	3,42 (57,65%)
13 Farmacêutica	0,4 (7,8%)	0,66 (16,9%)	0,31 (8,25%)	0,27 (7,4%)	0,26 (7,0%)	0,24 (6,8%)
14 Borracha e Plástico	2,78 (37,7%)	2,69 (51,0%)	2,14 (37,2%)	1,58 (35,0%)	1,63 (33,3%)	1,35 (33,2%)
15 Minerais não-metálicos	1,19 (19,8%)	1,28 (28,6%)	0,75 (19,2%)	0,53 (18,5%)	0,45 (17,6%)	0,70 (17,3%)
16 Aço	5,38 (36,9%)	2,89 (51,9%)	1,91 (38,1%)	2,65 (36,7%)	2,02 (34,1%)	1,30 (32,1%)
17 Metalurgia não-ferrosos	0,79 (21,9%)	1,04 (40,6%)	0,93 (23,6%)	1,13 (22,3%)	1,30 (20,6%)	0,42 (20,5%)
18 Produtos de Metal	1,43 (32,1%)	1,87 (47,7%)	1,44 (33,5%)	1,33 (32,2%)	1,02 (29,2%)	1,03 (29,5%)
19 M&E, Eletrônico e Diversos	4,36 (49,6%)	8,77 (66,5%)	3,98 (49,8%)	2,38 (49,2%)	1,73 (45,2%)	1,74 (44,8%)
20 M&E Elétricos	0,99 (14,3%)	1,47 (33,2%)	0,65 (16,6%)	0,47 (14,7%)	0,48 (12,9%)	0,48 (11,85)
21 Automóveis	1,08 (10,9%)	1,13 (16,7%)	0,64 (10,4%)	0,54 (11,1%)	0,38 (10,6%)	0,28 (9,6%)
22 Autopeças	1,41 (19,0%)	1,12 (31,3%)	1,10 (20,7%)	0,68 (18,7%)	0,66 (20,0%)	0,80 (17,7%)
23 Outros Transportes	0,10 (1,6%)	0,84 (6,9%)	0,18 (2,6%)	0,09 (2,4%)	0,07 (2,5%)	0,17 (2,3%)
24 SIUP	-	-	-	-	1,11 (53,8%)	0,57 (52,1%)
29 Comunicação e Informação	-	-	2,90 (51,5%)	3,17 (51,5%)	2,53 (49,6%)	4,56 (51,9%)

Nota: Valores foram multiplicados por 100. Valores em parêntese em porcentagem. Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Mostrou-se também que os setores da indústria tradicional e da indústria extrativa geram mais efeitos de *spillovers* tecnológicos a montante em outros setores no que neles mesmos, no entanto, estes efeitos são, em termos absolutos, menores do que dos setores citados no parágrafo anterior. Estes resultados complementam as análises apresentadas na seção anterior. De fato, os setores da indústria tradicional, extrativa mineral e de *commodities* agroindustriais absorvem mais tecnologia incorporada nos produtos da indústria intensiva em tecnologia, de *commodities* industriais e dos serviços de comunicação e informação. No entanto, os primeiros possuem menores efeitos de *spillovers* a montante dado um aumento na demanda final de seus produtos do que alguns setores específicos como automóveis, autopeças, M&E elétricos e algumas *commodities* industriais. Estes parecem possuir um número maior de ligações tecnológicas a montante mais intensas. A próxima seção visa detalhar melhor as relações intersetoriais por meio de análises de redes.

4.3 Análise de rede: 2000-2014

As seções anteriores apresentaram um quadro abrangente da estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira do ponto de vista de uma estrutura matricial e de impactos a montante e a jusante. As análises de redes propostas para esta seção, por outro lado, visam sistematizar e consolidar a estrutura dos fluxos tecnológicos para o Brasil entre 2000 e 2014. Para isto, leva-se em consideração tanto os fluxos tecnológicos incorporados nos bens intermediários, quanto os fluxos incorporados nos bens de capital. A metodologia aplicada a análises de redes foi apresentada na seção 3.4, no qual a mesma fornece uma visualização prática entre os padrões de ligações diretos e indiretos de transmissão entre os setores. Este tipo de análise é útil para a identificação de mudanças estruturais de uma economia ao longo do tempo.

Por fazer uma análise entre 2000 e 2014, a classificação utilizada nesta seção é a de 35 setores (ver Tabela A 6, no Anexo), a mesma utilizada na seção anterior. No entanto, como os dados de esforços inovativos de serviços de comunicação e informação estão disponíveis apenas a partir de 2005, os mesmos foram ignorados quanto a suas relações a jusante para dar uniformidade à série. Foram feitos testes para este setor para os anos disponíveis, no qual foi constatado que o mesmo possui relações de fluxos tecnológicos relevantes para outros setores de serviços, como intermediação financeira e serviços para empresas e famílias. Para o setor industrial

é possível observar uma aproximação tecnológica maior apenas com a indústria de impressão e gravação. As próximas subseções apresentam, respectivamente, as redes de fluxos tecnológicos incorporados nos bens intermediários e nos bens de capital. Uma análise sobre os filtros a serem utilizados para o processo de binarização das matrizes é apresentado para cada um desses fluxos tecnológicos.

4.3.1 Fluxos tecnológicos incorporados no consumo intermediário

4.3.1.1 *Análise de filtro*

Como apresentado na seção 3.4, a maior limitação das análises qualitativas de insumo-produto é a escolha do parâmetro ou filtro de seleção que transformarão os valores de uma matriz em números binários. Esse processo de binarização é feito de maneira arbitrária, mas deve possuir o objetivo de combinar suficientemente a abrangência da estrutura da economia ao mesmo tempo em que a reduza para a sua parte substancial e analítica. Como esta seção visa uma análise da estrutura de fluxos tecnológicos da economia brasileira ao longo de 2000 a 2014, um mesmo valor de filtro deve ser selecionado para manter um mesmo padrão de comparação. Devido ao grande volume de dados e para manter a mesma coesão com a seção 4.1, esta seção faz uma análise da escolha do filtro para os fluxos tecnológicos de 2011. Em contrapartida, encontra-se no Anexo tabelas referentes para os outros anos analisados neste estudo. Verifica-se que o perfil de fluxos tecnológicos por valores distintos de filtros é similar entre todos os anos.

A Tabela 4.18 apresenta os valores de *output* (*out*), ou seja, de ligações a jusante, e *input* (*in*), ou seja, de ligações a montante, das matrizes de fluxos tecnológicos binárias⁶⁵ de P&D para 2011, por nível de classificação de 35 setores e para seis valores distintos de filtros entre 0,00005 e 0,0005. Esses valores foram selecionados empiricamente por mostrar uma abrangência significativa entre as ligações setoriais. Quanto mais próximo de zero, maior é o número de ligações da rede. Ligações intrasetoriais foram ignoradas, pois além de serem bastante presentes em todos os setores, o foco da análise é de identificar as relações intersetoriais. No final da tabela

⁶⁵ Ver equação 42, na subseção 3.4.1.

é apresentado o número total de ligações, os valores de centralidade da rede *out e in*⁶⁶ e os valores de densidade da rede⁶⁷.

Tabela 4.18 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2011

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	5	0	4	0	2	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	31	3	12	3	2	1	1	0	1	0	1	0
3 Alimentos e Bebidas	3	6	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	6	0	3	0	2	0	1	0	0	0	0
5 Têxtil	2	3	2	2	1	2	1	1	1	1	0	1
6 Vestuário	0	5	0	4	0	2	0	2	0	2	0	0
7 Calçados e Couros	0	9	0	3	0	2	0	1	0	1	0	0
8 Madeira	0	5	0	3	0	2	0	1	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	7	4	2	4	2	2	0	1	0	1	0	1
10 Impressão e Gravações	0	7	0	5	0	4	0	2	0	1	0	1
11 Refino de Petróleo e Bioc.	31	5	27	2	15	1	2	1	2	1	1	1
12 Química	31	4	27	2	16	1	12	1	9	1	5	0
13 Farmacêutica	8	5	2	2	1	2	1	1	1	0	0	0
14 Borracha e Plástico	13	5	4	3	1	2	0	1	0	1	0	1
15 Minerais não-metálicos	1	6	1	4	0	2	0	1	0	1	0	0
16 Aço	10	6	6	4	2	2	1	1	1	0	1	0
17 Metalurgia não-ferrosos	12	5	6	4	2	2	2	0	1	0	1	0
18 Produtos de Metal	7	6	2	4	0	3	0	1	0	1	0	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	28	8	14	4	4	0	2	0	0	0	0	0
20 M&E Elétricos	6	8	4	6	0	3	0	2	0	2	0	1
21 Automóveis	3	10	2	6	1	3	1	1	1	1	1	1
22 Autopeças	3	10	2	8	1	3	1	2	1	1	1	1
23 Outros Transportes	0	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	6	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	9	0	5	0	1	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	5	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	5	0	4	0	2	0	1	0	1	0	0
35 Serviços Públicos	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	196	196	114	114	49	49	24	24	18	18	11	11
Centralidade da Rede	0,79	0,14	0,74	0,15	0,46	0,08	0,35	0,04	0,26	0,05	0,15	0,02
Densidade da Rede	0,1647		0,0958		0,0412		0,0202		0,0151		0,0092	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

⁶⁶ Ver equações 46 e 47, na subseção 3.4.2.

⁶⁷ Ver equação 45, na subseção 3.4.2.

A Tabela 4.18 mostra a perda do número de ligações entre os fluxos tecnológicos intersetoriais quanto maior é o valor do filtro, mostrando ligações cada vez mais intensas. Para um filtro de 0,00005, a matriz binária de fluxos tecnológicos apresentou 196 ligações intersetoriais, um total de 16,47% de ligações possíveis (valor de densidade da rede). Já um filtro de 0,0005, a mesma matriz apresentou apenas 11 ligações, uma densidade de 0,92%, evidenciando as ligações de P&D incorporado mais intensas.

Analisando-se os filtros mais “frouxos” e particularmente o filtro de 0,00005, percebe-se grandes destaques de setores com ligações tecnológicas a jusante, ou seja, setores fornecedores de tecnologia incorporada. É o caso da indústria extrativa, refino de petróleo e bicombustíveis, indústria química, “M&E, eletrônicos e diversos”, e, em número um pouco menor de ligações: aço, minerais não-metálicos e borracha e plástico. Já as ligações a montante são mais equilibradas, com uma participação mais homogênea entre os setores que absorvem tecnologia, destacando-se um pouco mais as indústrias automotiva, autopeças e a construção civil. Essa hierarquia maior das ligações a jusante é evidenciada pelo índice de centralidade da rede *out*, com um valor de 0,79, bem maior do que o índice de centralidade da rede *in*, de apenas 0,14. Evidentemente, conforme os valores dos filtros são aumentados, os indicadores de centralidade e densidade da rede diminuem.

A Tabela 4.18 também mostra que, conforme se aumenta o valor do filtro, alguns setores reduzem drasticamente o número de suas ligações. Este é o caso, por exemplo, das indústrias extrativas e de refino de petróleo. A indústria extrativa que possui um número de 31 ligações a jusante com o filtro de 0,00005, cai para apenas duas ligações com um valor de filtro de 0,0002. O mesmo acontecendo para a indústria de refino de petróleo com um filtro de 0,0003⁶⁸. Percebe-se que essa redução é bem mais suave com a indústria química, que isoladamente possui um número de ligações a jusante (12) muito superior aos outros setores com um filtro de 0,0003. Quanto as ligações a montante, os seus decrescimentos ao longo do aumento do valor do filtro acontecem de maneira mais suave para todos os setores.

A Tabela 4.18 já fornece a estrutura dos maiores fornecedores e usuários de P&D incorporado para o ano de 2011 em vários níveis de intensidade. Mas qual seria o nível (filtro) adequado para uma análise mais robusta da interdependência tecnológica setorial e para uma

⁶⁸ A queda de ligações da indústria de refino de petróleo é maior com filtros menores para os anos de 2000 e 2003 (ver anexos). A intensidade de suas ligações passam a ser maiores a partir de 2005. A justificativa deve estar por trás dos aumentos de gastos em P&D da Petrobras durante este período mais recente.

análise intertemporal? Como já vem sendo apresentado e discutido nas seções anteriores, claramente a indústria de química e refino de petróleo apresentam grandes relações tecnológicas a jusante, já que, além da característica setorial de serem fornecedores comerciais para vários outros setores, também apresentam proporções altas de gastos em P&D na economia brasileira. A intensidade das relações tecnológicas da indústria de refino de petróleo, no entanto, parece ser mais fraca do que da indústria química, já que as suas ligações caem drasticamente com filtros maiores.

A indústria de refino de petróleo ainda possui duas peculiaridades importantes, uma devida sua própria característica setorial e outra devida as estatísticas para essa indústria para o Brasil. A característica setorial da indústria de refino de petróleo e biocombustíveis é de que os seus principais produtos são combustíveis (gasolina, diesel, etanol, querosene de aviação, gás liquefeito de petróleo) e óleos lubrificantes. Produtos estes de alto uso tanto para o consumo intermediário de todos os outros setores, quanto para a demanda final. Neste caso, até que ponto o P&D incorporado em combustíveis e óleos lubrificantes é significativo para outras indústrias? Combustíveis e óleos de melhor qualidade devem aumentar a eficiência energética no processo produtivo de outros setores, mas também são produtos com características homogêneas indispensáveis como fonte de energia para o consumo intermediário. Isso deve justificar as altas ligações tecnológicas a jusante para filtros “frouxos” na Tabela 4.18, mas que desaparecem para filtros mais “rígidos”, já que a ampla utilização dos produtos da indústria de refino de petróleo deve se dar mais pelas características energéticas essenciais do que por características tecnológicas. O mesmo não acontece com a indústria química, que continua apresentando ligações intensas mais específicas com a seleção de filtros mais rígidos, demonstrando a real interdependência tecnológica que a mesma possui com determinados setores.

Já a característica estatística da indústria de refino de petróleo para o Brasil é de que a Petrobras responde por 98% de sua produção (ANP, 2016). Dessa maneira, os dados de P&D para este setor estão em sua grande maioria concentrados em apenas uma empresa. Sabe-se, no entanto, dos crescentes esforços de P&D da Petrobras direcionados para outras áreas da cadeia de produção do petróleo que não o refino, sobretudo nas fases de exploração e produção de petróleo bruto (E&P). Descobertas de novos poços de petróleo em águas ultraprofundas a partir dos anos 2000, como o pré-sal, encaminharam grandes esforços inovativos da empresa para as áreas de E&P. Como os dados da Pintec de P&D estão classificados por empresa e não em unidades produtivas,

suspeita-se que grande parte dos gastos em P&D da Petrobras estejam classificados em refino de petróleo, enquanto deveriam estar classificados na indústria extrativa. Isso faz com que os dados de refino provavelmente estejam superestimados, mesmo que alguma parcela significativa dos esforços inovativos da empresa de fato estejam voltados para essa área.

Dessa maneira, na busca de uma visualização mais representativa dos fluxos tecnológicos de P&D incorporado nos bens intermediários, que ressalte as relações mais intensas, decidiu-se escolher um valor de filtro intermediário, representado pelo valor de 0,0003. Segundo a Tabela 4.18, para 2011 este filtro representou as 23 maiores ligações de interdependência tecnológica setorial, suavizando os efeitos da indústria de refino de petróleo por todos os seus problemas descritos. Essa escolha não deixa de ser arbitrária e *ad hoc*, porém, os números de ligações e densidade da rede de fluxos tecnológicos para vários filtros podem ser verificados pela própria Tabela 4.18 e no Anexo para os outros anos de estudo⁶⁹. De maneira geral, os setores mais representativos continuam sendo os mesmos independentemente do filtro escolhido, variando mais a quantidade de ligações.

A Tabela 4.19 faz a mesma análise da Tabela 4.18, mas para os fluxos tecnológicos de gastos em atividades inovativas (AI) incorporadas nos bens intermediários. Como os valores de AI são bem superiores aos valores de P&D, utilizou-se uma escala de filtros um pouco maior entre 0,0002 e 0,0007. No geral, os mesmos setores que se destacaram nos fluxos de P&D também se destacam nos fluxos de AI, no entanto, algumas outras indústrias também passaram a apresentar relações mais intensas, como é o caso das indústrias de aço, borracha e plástico, minerais não-metálicos, produtos de metal e alimentos e bebidas. Como já ressaltado nas seções anteriores, os gastos em AI são mais homogêneos entre os setores do que o gasto em esforços inovativos mais complexos (P&D), ressaltando-se mais os setores das indústrias de *commodities* industriais.

Dado que os gastos em P&D representaram cerca de 20% a 40% dos gastos totais em AI para os anos estudados, decidiu-se um valor de filtro que também representasse essas proporções quanto ao número de ligações. Dessa maneira, o valor de filtro que mais se encaixou foi o de 0,0006, que para 2011 representou as 58 maiores ligações de interdependência tecnológica setorial. Assim como nos fluxos de P&D, o número de ligações e densidade da rede dos fluxos tecnológicos de AI para vários filtros podem ser verificados pela própria Tabela 4.19 para o ano de 2011 e no

⁶⁹ Ver Tabela A 11, Tabela A 12, Tabela A 13, Tabela A 14 e Tabela A 15 no Anexo.

Anexo para os outros anos de estudo⁷⁰. As próximas subseções apresentam as redes de fluxos tecnológicos de P&D e AI incorporados no consumo intermediário para os filtros escolhidos a fim de avaliar a evolução da interdependência tecnológica setorial na economia brasileira entre 2000 e 2014.

Tabela 4.19 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, AI incorporado no consumo intermediário, 2011

	0,0002		0,0003		0,0004		0,0005		0,0006		0,0007	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	7	0	5	0	3	0	3	0	2	0	1
2 Indústria Extrativa	12	6	8	5	1	1	1	1	1	1	1	0
3 Alimentos e Bebidas	15	7	10	3	4	3	4	2	4	1	3	1
4 Fumo	0	4	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
5 Têxtil	3	4	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1
6 Vestuário	0	6	0	4	0	3	0	2	0	2	0	2
7 Calçados e Couros	0	6	0	5	0	5	0	4	0	3	0	3
8 Madeira	1	7	1	5	1	2	0	2	0	1	0	1
9 Celulose e Papel	12	9	5	4	2	3	2	3	2	1	2	1
10 Impressão e Gravações	3	8	3	7	1	5	1	5	1	4	0	4
11 Refino de Petróleo e Bioc.	31	4	25	3	16	3	13	3	2	3	2	3
12 Química	31	6	28	4	24	2	20	1	18	1	17	1
13 Farmacêutica	2	7	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1
14 Borracha e Plástico	18	8	15	3	10	2	7	2	4	1	4	1
15 Minerais não-metálicos	1	10	1	9	1	4	1	4	1	1	1	1
16 Aço	22	7	16	6	9	3	8	1	8	1	7	1
17 Metalurgia não-ferrosos	20	7	10	7	8	5	5	3	3	1	2	0
18 Produtos de Metal	9	7	7	5	7	4	6	4	5	1	2	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	26	9	15	8	8	7	7	3	4	2	3	1
20 M&E Elétricos	4	8	4	7	3	6	0	6	0	5	0	4
21 Automóveis	2	9	1	8	1	6	1	5	1	4	1	4
22 Autopeças	2	11	1	9	1	6	1	6	1	6	1	5
23 Outros Transportes	0	8	0	7	0	5	0	5	0	3	0	2
24 SIUP	17	9	3	7	2	4	1	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	12	0	9	0	6	0	3	0	3	0	3
26 Comércio	0	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	11	0	5	0	1	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	3	0	3	0	3	0	2	0	2	0	2
29 Comunicação e Inform.	0	8	0	3	0	2	0	2	0	2	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	6	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
35 Serviços Públicos	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	231	231	157	157	102	102	81	81	58	58	49	49
Centralidade da Rede	0,76	0,17	0,73	0,14	0,66	0,13	0,55	0,11	0,51	0,14	0,49	0,11
Densidade da Rede	0,1941		0,1319		0,0857		0,0681		0,0487		0,0412	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

⁷⁰ Ver Tabela A 16, Tabela A 17, Tabela A 18, Tabela A 19 e Tabela A 20 no Anexo.

4.3.1.2 Fluxos tecnológicos de P&D incorporado

A Tabela 4.20 apresenta os valores de *output* (*out*) e *input* (*in*) das matrizes de fluxos tecnológicos binárias de P&D incorporado para os seis períodos analisados entre 2000 e 2014 e com valor de filtro selecionado de 0,0003. No final da tabela é apresentado o número total de ligações, os valores de centralidade da rede *out* e *in* e os valores de densidade da rede.

Tabela 4.20 - Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2000-2014 (filtro = 0,0003)

	2000		2003		2005		2008		2011		2014	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
3 Alimentos e Bebidas	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
5 Têxtil	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
6 Vestuário	0	3	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0
7 Calçados e Couros	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
8 Madeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9 Celulose e Papel	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
10 Impressão e Gravações	0	1	0	1	0	1	0	0	0	2	0	2
11 Refino de Petróleo e Bioc.	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	2	1
12 Química	7	0	4	0	6	0	6	1	12	1	5	1
13 Farmacêutica	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
14 Borracha e Plástico	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
15 Minerais não-metálicos	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
16 Aço	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17 Metalurgia não-ferrosos	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
18 Produtos de Metal	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	9	0	5	0	3	0	1	0	2	0	2	0
20 M&E Elétricos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1
21 Automóveis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22 Autopeças	1	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
23 Outros Transportes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
25 Construção Civil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	23	23	14	14	14	14	13	13	24	24	16	16
Centralidade da Rede	0,26	0,07	0,14	0,05	0,17	0,05	0,18	0,02	0,35	0,04	0,14	0,05
Densidade da Rede	0,0193		0,0118		0,0118		0,0109		0,0202		0,0134	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6. Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 4.20 mostra que os anos 2000 e 2011 tiveram os maiores números de ligações intersetoriais, respectivamente, 23 e 24 ligações. Já os anos de 2003, 2005, 2008 e 2014 obtiveram valores similares e abaixo dos dois anos mencionados, respectivamente, com 14, 14, 13 e 16 ligações. Isso se traduz na densidade da rede de fluxos tecnológicos, que passou de 1,9% em 2000 para 1,3% em 2014. Dado um período de 14 anos, pode-se dizer que os fluxos tecnológicos da economia brasileira se mantiveram basicamente estáveis. O ano de 2000 se destaca pelo alto valor da proporção dos gastos em P&D em relação ao valor bruto da produção ou da receita líquida de vendas para todos os setores em comparação aos outros anos. Este dado foi verificado por meio da Tabela 2.11, na seção 2.3, no qual as proporções de gastos em P&D foram maiores para todos os grupos setoriais analisados em 2000 do que para os períodos subsequentes da Pintec⁷¹. De qualquer forma, a densidade da rede não se modificou muito ao longo do tempo, mantendo-se praticamente idêntica entre 2003 e 2008.

A maior diferença se encontra para o ano de 2011, no qual o valor da proporção dos gastos em P&D em relação ao VBP para a economia brasileira cresce mais aceleradamente. Este período é marcado por um maior crescimento da economia brasileira entre 2010 e 2011⁷², que deve ter impulsionado um aumento dos gastos em esforços inovativos por parte das empresas. Em contrapartida, 2014 já é marcado por um período de desaceleração econômica⁷³, voltando ao patamar de fluxos tecnológicos verificados entre 2003 e 2008. Em uma visão de longo prazo, não é possível afirmar que os fluxos tecnológicos aumentaram ou diminuíram ao longo dos anos 2000, mantendo-se basicamente estáveis nesse período.

A Tabela 4.20 também mostra que em 2000 e 2011, para os anos onde os fluxos tecnológicos foram maiores, a centralidade da rede a jusante (*output*) aumenta de maneira significativa. Em 2000 este dado chega ao valor de 0,26 e em 2011 a 0,35, ante os valores estáveis entre 0,14 e 0,18 para os outros anos. Isso mostra que o maior número de ligações nesses dois anos se deve a uma maior hierarquização a jusante da rede, ou seja, ao maior transbordamento de alguns setores específicos. Analisando as ligações a jusante, percebe-se que em 2000 o maior número de ligações se deu por causa do setor de “M&E, eletrônicos e diversos” com 9 ligações, enquanto que

⁷¹ A Tabela A 7, no Anexo, apresenta a evolução dos gastos em P&D por VBP por setor.

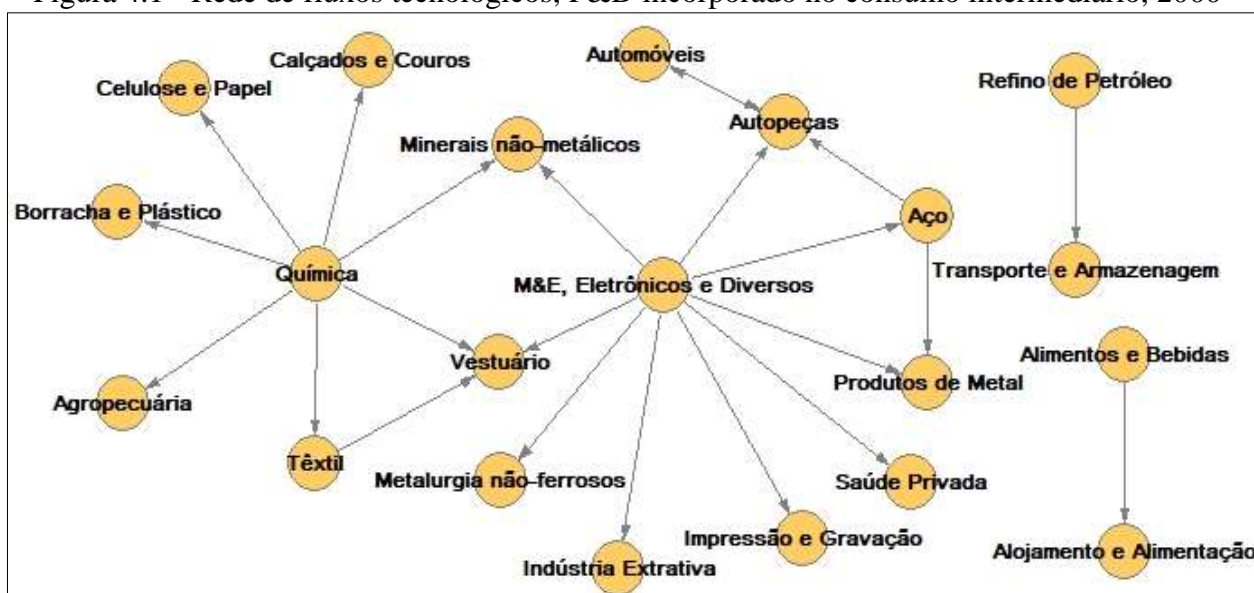
⁷² A evolução da taxa de crescimento do PIB pode ser verificada pela Figura 2.1, na subseção 2.1. A taxa de crescimento do PIB no Brasil em 2010 foi de 7,5% e em 2011 de 4,0% em dados revisados pelos IBGE (2017).

⁷³ A taxa de crescimento do PIB em 2014 no Brasil foi de apenas 0,5%, seguido por taxas negativas em 2015 e 2016 (IBGE, 2017).

em 2011 o maior número de ligações se deu por causa da indústria química, com 12 ligações. Já os valores de centralidade da rede a montante (*input*) praticamente não mudaram ao longo do tempo, evidenciando-se que a absorção tecnológica é menos hierárquica e mais estável.

A Tabela 4.20, no entanto, não fornece com detalhes para qual setor determinada indústria transborda ou absorve P&D incorporado. As trocas de fluxos tecnológicos são melhores observadas por redes gráficas de ligações intersetoriais. A Figura 4.1 apresenta a rede de fluxos tecnológicos de P&D incorporado no consumo intermediário para o ano 2000.

Figura 4.1 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2000



Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

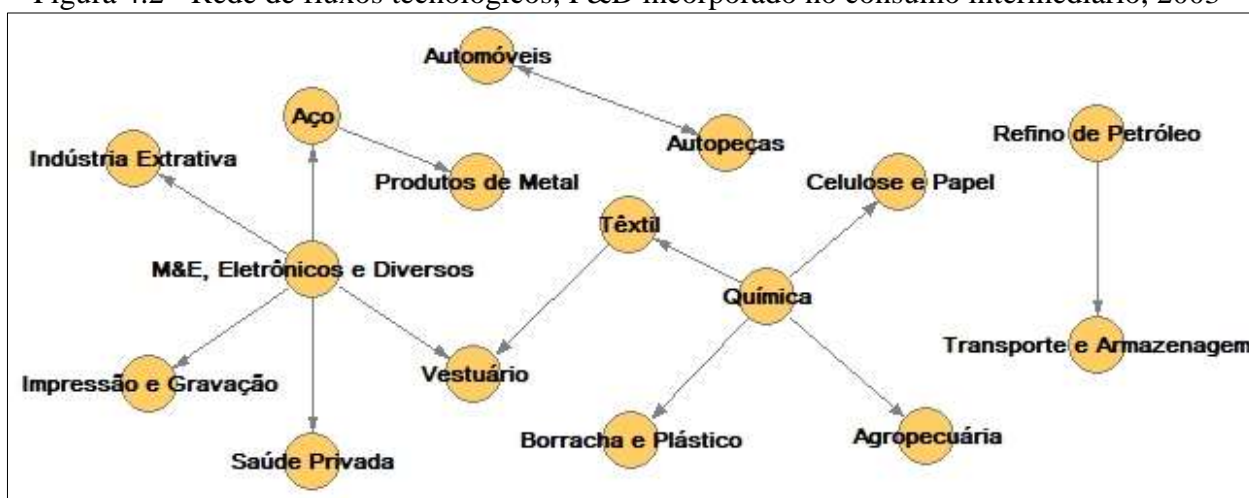
Fonte: Elaboração própria.

Como já era possível identificar pela Tabela 4.20, a indústria química e o setor de “M&E, eletrônicos e diversos” são centrais nos *spillovers* de P&D para este ano. Enquanto a indústria química possui mais relações com a indústria tradicional (calçados e couro, têxtil e vestuário) e *commodities* agroindustriais (celulose e papel, agronegócio), o setor de M&E, eletrônicos e diversos possui uma ligação maior com as *commodities* industriais (aço, produtos de metal, metalurgia de metais não-ferrosos) e a indústria extrativa. O setor de saúde privada também aparece como usuário dado os produtos ópticos e médico-hospitalares inseridos dentro do agregado de “M&E, eletrônicos e diversos”. Destaca-se também a relação bidirecional entre a indústria automotiva e de autopeças, mostrando a forte relação de *feedback* tecnológico entre os dois setores na economia brasileira. A relação da indústria de refino de petróleo com serviços de

transporte e armazenagem e da indústria de alimentos e bebidas com os serviços de alojamento e alimentação aparecem como ligações isoladas com forte interdependência específica.

Como já se presumiu com a Tabela 4.20, a Figura 4.2 mostra que os fluxos tecnológicos de P&D incorporado diminuíram em 2003 na comparação com 2000. Essa diminuição se dá principalmente por meio dos menores fluxos proporcionados pela indústria química e de “M&E, eletrônicos e diversos”. No entanto, essas indústrias continuam como centrais na rede, possuindo as maiores ligações a jusante. Como a proporção dos gastos em P&D cai de maneira geral para o ano de 2003, apenas as relações intersetoriais mais intensas se sobrepõem. Neste caso, os maiores usuários de P&D incorporado da indústria química são representados pela agropecuária, celulose e papel, têxtil e borracha e plástico. Já a indústria de autopeças continua apresentando uma relação bidirecional com a indústria automotiva, mas deixa de apresentar uma relação forte como usuária do setor de M&E, eletrônicos e diversos. De maneira geral, as principais ligações não mudaram, havendo mais uma diminuição da densidade da rede pelos gastos em P&D serem menores.

Figura 4.2 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2003



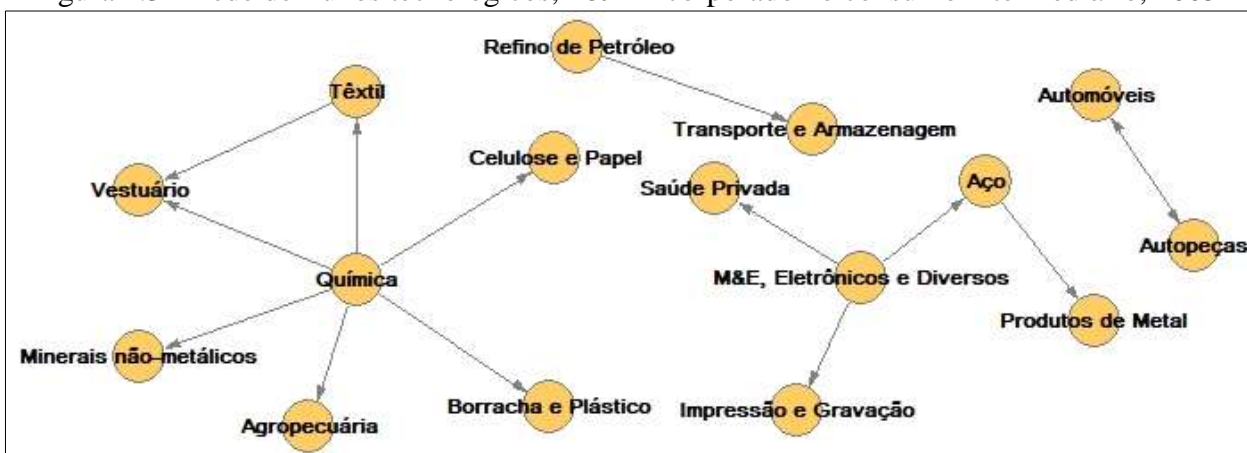
Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 4.3 e a Figura 4.4 apresentam as redes de fluxos tecnológicos de P&D incorporado nas transações de bens intermediários, respectivamente, para os anos de 2005 e 2008. As duas redes são bem parecidas, no qual é possível perceber mais uma vez a centralidade da indústria química e a perda gradual dos fluxos tecnológicos do setor de “M&E, eletrônicos e diversos”, que deixa de ser central em comparação com as redes de 2000 e 2003. Dois fatores

estatísticos explicam a perda dos *spillovers* de P&D incorporado nos bens intermediários desta indústria. Primeiro, há uma redução da proporção dos gastos em P&D sobre o VBP ao longo do tempo nesse setor. Em 2003 essa proporção era de 0,73%, passando para 0,55% em 2008⁷⁴. Segundo, há uma queda nos fluxos de consumo intermediário desse setor na economia brasileira ao longo do tempo. Isto pode ser verificado pelos efeitos de *forward linkages* apresentados na Tabela 4.14, na subseção 4.2.2. No entanto, grande parte dos bens do setor de “M&E, eletrônicos e diversos” é demandada como FBCF, logo, a importância desse setor será ressaltada mais adiante na subseção 4.3.2 sobre os fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos.

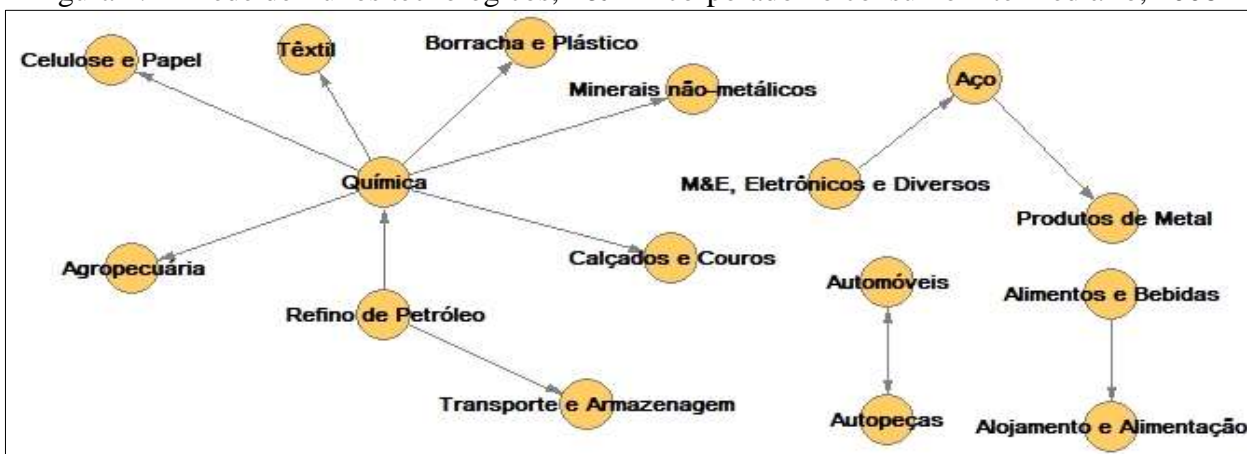
Figura 4.3 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2005



Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.4 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2008



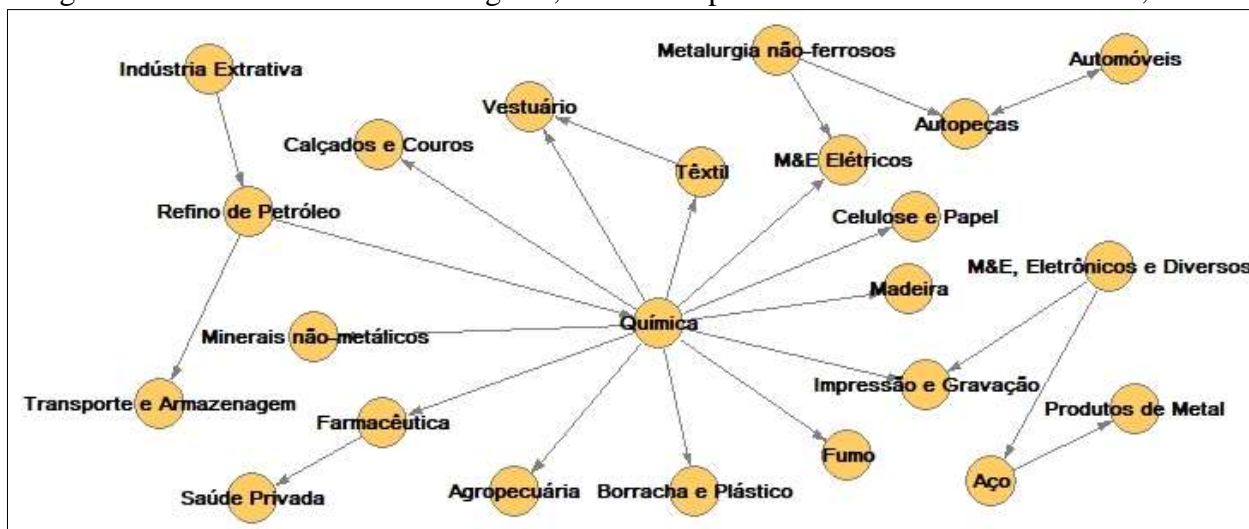
Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

⁷⁴ Ver Tabela A 7, no Anexo.

A Figura 4.5 mostra as redes de fluxos tecnológicos de P&D incorporado nas transações de bens intermediários para o ano de 2011. Como já ressaltado, há um aumento considerável da densidade da rede para esse ano, principalmente por causa da maior centralização da indústria química, que apresenta 12 ligações mais intensas de P&D incorporado nesse período. Os setores de transbordamento da indústria química continuam os mesmos, com a incorporação de *commodities* agroindustriais (fumo e madeira) e da indústria farmacêutica, que ainda não havia aparecido nos fluxos tecnológicos de maior destaque. Ao contrário do ano 2000, o setor de “M&E, eletrônicos e diversos” possui apenas duas ligações a jusante: indústria de impressão e gravação e aço. Acrescenta-se também uma ligação mais intensa de P&D incorporado entre a indústria extrativa e o setor de refino de petróleo em um período de bastantes esforços inovativos advindos da Petrobras.

Figura 4.5 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2011

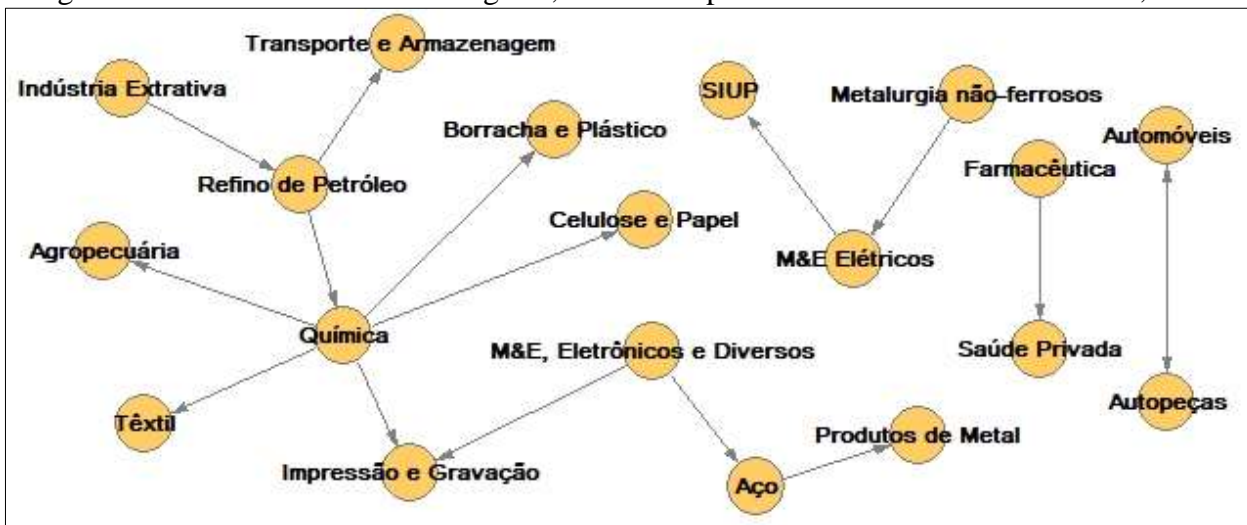


Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, a Figura 4.6 apresenta as redes de fluxos tecnológicos de P&D incorporado nas transações de bens intermediários para o ano de 2014. As ligações intersetoriais são bastante semelhantes com a rede apresentada para 2011, com a diferença da perda de fluxos da indústria química, que passa de 12 ligações a jusante para apenas 6, voltando ao patamar que apresentava em 2008. Logo, essa volatilidade das ligações da indústria química parece estar mais relacionada com o aumento da demanda dos outros setores em um período conjuntural de maior crescimento econômico do que de interdependência tecnológica setorial.

Figura 4.6 - Rede de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2014



Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Ao longo dos períodos analisados, verifica-se uma consolidação da interdependência tecnológica setorial com base em P&D da indústria química para a agropecuária e para as indústrias de celulose e papel, borracha e plástico e têxtil. De fato, estas possuem os produtos químicos (defensivos agrícolas, solventes, resinas, branqueadores, alvejantes, corantes, reagentes químicos, etc.) como insumos de produção fundamentais para o seu processo produtivo e para as melhorias de desempenho. Por outro lado, verificou-se uma perda de dinamismo da indústria de “M&E, eletrônicos e diversos” nos fluxos de P&D a jusante sobre os bens intermediários, mantendo uma interdependência tecnológica mais estável ao longo do tempo com a indústria siderúrgica (aço) e impressão e gravação. Como será visto adiante, produtos-chaves desta indústria como computadores e máquinas de bens de capital são classificados como FBCF e serão analisados com mais detalhes nas próximas subseções.

Outro aspecto importante foi a relação bidirecional entre as indústrias automotiva e de autopeças, que se manteve consistente ao longo do tempo. A relação tecnológica entre estes dois setores na economia brasileira já foi amplamente estudada na literatura, já que o setor de autopeças representa uma cadeia produtiva fundamental para as montadoras automotivas, não apenas em encomendas de peças e equipamentos, mas também em desenvolvimentos tecnológicos realizados em parcerias. Chama-se atenção também mais uma vez para os serviços de informação e comunicação, que não foi colocado na análise para dar uniformidade a série. No entanto, testes deste setor para os anos disponíveis mostraram que o mesmo não recebeu nenhuma ligação a

montante e forneceu ligações a jusante aos serviços para empresas e famílias em todos os anos e para a intermediação financeira para os anos de 2008 e 2011. Dessa maneira, os fluxos de P&D mais intensos dos serviços de informação e comunicação se restringiram a outros serviços, sem ligações relevantes com os setores industriais.

Os resultados apresentados mostraram algumas semelhanças e diferenças com os trabalhos empíricos de outros autores que também analisaram os fluxos tecnológicos por meio de análises de redes. Drejer (1999), por exemplo, também constatou que os setores fornecedores de tecnologia são bem mais concentrados do que os setores usuários na Dinamarca. Porém, a autora percebeu que a grande maioria dos usuários de inovação eram setores relacionados a serviços, fato este não verificado para a economia brasileira recente. Percebe-se pelas figuras anteriores o maior predomínio de setores industriais como usuários de inovação, principalmente a indústria tradicional e de *commodities* industriais. Isso ocorre devido ao predomínio da indústria química como fornecedora de P&D incorporado, que possui várias indústrias como principal destino.

Drejer (1999), Düring e Schnabl (2000) e Leoncini, Maggioni e Montresor (1996), em estudos na Alemanha, Japão e Itália, também verificaram o papel chave das indústrias químicas e de máquinas e equipamentos como disseminadoras de inovação. No entanto, os autores também identificaram a importância deste último como usuário de inovação, característica esta não identificada nos fluxos tecnológicos mais intensos da economia brasileira. Como apresentado, o setor de máquinas e equipamentos brasileiro veio diminuindo o seu número de ligações ao longo do tempo, mostrando um menor dinamismo pelo menos no que se refere ao P&D incorporado nos bens de consumo intermediário. Este aspecto voltará em pauta nas análises dos fluxos de P&D incorporado nos investimentos.

4.3.1.3 Fluxos tecnológicos de Atividades Inovativas incorporadas

A Tabela 4.21 apresenta os valores de *output* (*out*) e *input* (*in*) das matrizes de fluxos tecnológicos binárias de atividades inovativas incorporadas para os seis períodos analisados entre 2000 e 2014 e com valor de filtro selecionado de 0,0006. Da mesma maneira como foi analisado os fluxos de P&D incorporado, apresenta-se também o número total de ligações, os valores de centralidade da rede *out e in* e os valores de densidade da rede. Como os gastos em AI são bem maiores e mais homogêneos entre os setores, o número de ligações também é bem maior. Neste

caso, o número de ligações para o ano 2000 (100) é bem maior do que para os outros anos (entre 47 e 70). Ao contrário dos fluxos de P&D, no entanto, o número de ligações para o ano de 2011 não é maior do que para os outros anos, mas também ocorre uma queda maior em 2014.

Tabela 4.21 - Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2000-2014 (filtro = 0,0006)

	2000		2003		2005		2008		2011		2014	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	2	0	1	0	1	0	1	0	2	0	1
2 Indústria Extrativa	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	4	1
3 Alimentos e Bebidas	2	2	2	1	2	2	2	1	4	1	2	1
4 Fumo	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	1
5 Têxtil	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
6 Vestuário	0	4	0	3	0	3	0	3	0	2	0	2
7 Calçados e Couros	0	5	0	3	0	4	0	3	0	3	0	3
8 Madeira	1	4	0	2	0	2	0	1	0	1	0	1
9 Celulose e Papel	6	3	2	2	3	2	2	2	2	1	2	1
10 Impressão e Gravações	3	5	0	4	1	4	0	4	1	4	0	4
11 Refino de Petróleo e Bioc.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1
12 Química	27	0	19	0	19	0	18	0	18	1	15	2
13 Farmacêutica	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14 Borracha e Plástico	9	2	4	1	7	1	5	1	4	1	3	1
15 Minerais não-metálicos	1	5	1	2	1	4	1	3	1	1	1	1
16 Aço	16	3	6	1	7	1	7	1	8	1	4	2
17 Metalurgia não-ferrosos	2	3	1	1	2	2	2	2	3	1	2	1
18 Produtos de Metal	6	3	4	3	6	2	5	1	5	1	3	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	15	6	13	0	15	2	8	2	4	2	4	0
20 M&E Elétricos	4	6	0	6	0	6	0	5	0	5	0	4
21 Automóveis	1	5	1	5	1	6	1	4	1	4	1	4
22 Autopeças	1	8	1	6	1	7	1	6	1	6	1	5
23 Outros Transportes	0	4	0	2	0	3	0	2	0	3	0	1
24 SIUP	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	7	0	4	0	5	0	4	0	3	0	2
26 Comércio	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2
28 Alojamento e Alimentação	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
29 Comunicação e Inform.	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2	0	1
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	100	100	59	59	70	70	57	57	58	58	47	47
Centralidade da Rede	0,75	0,16	0,54	0,13	0,53	0,16	0,51	0,14	0,51	0,14	0,43	0,11
Densidade da Rede	0,0840		0,0496		0,0588		0,0479		0,0487		0,0395	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

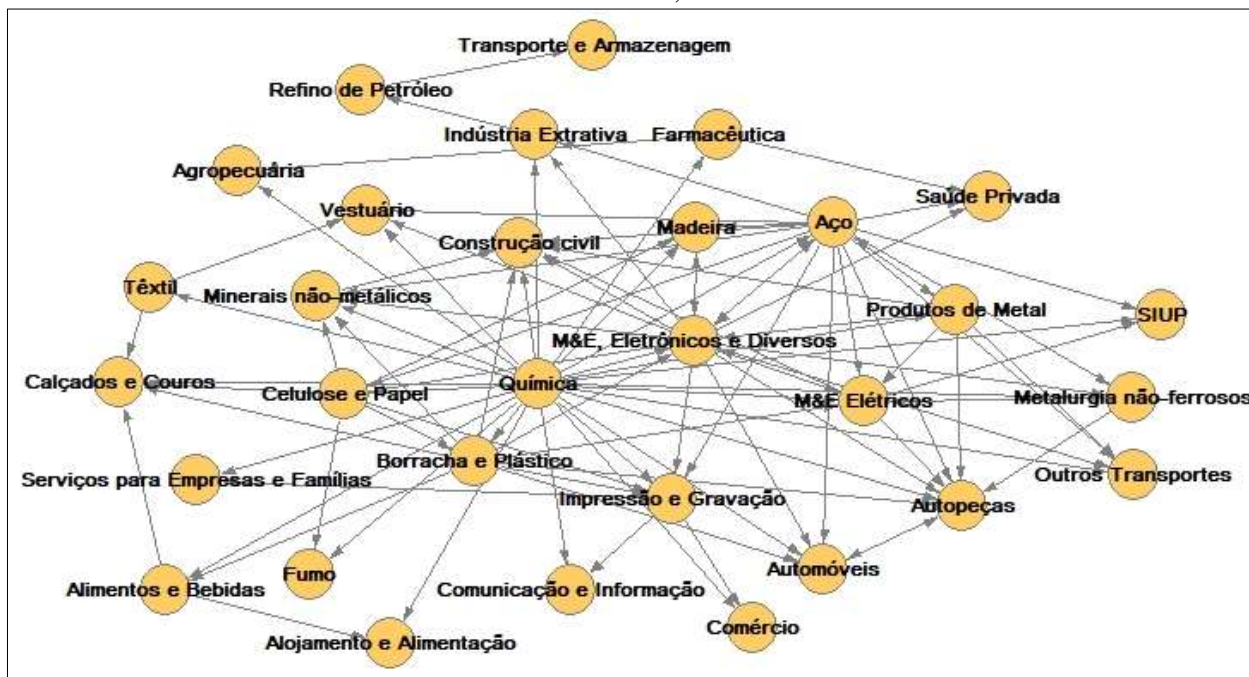
O grande número de ligações em 2000 é marcado por uma intensidade bem maior nas relações a jusante das indústrias química, de aço, borracha e plástico e celulose e papel. Da mesma maneira como ocorreu com o gasto em P&D, a justificativa para o alto número de ligações desses setores se deve ao nível bem maior da proporção do gasto em AI sobre o VBP ou da receita líquida de vendas⁷⁵. Dada a evolução dos gastos em esforços inovativos disponibilizados pela Pintec, acredita-se que os valores de 2000 estejam relativamente superestimados por ter sido a primeira publicação da pesquisa. Já para os outros anos, há uma diferença um pouco maior pela baixa densidade da rede em 2014 e maior densidade em 2005. No entanto, não há grandes setores específicos que expliquem essas mudanças, já que, com exceção de 2000, os níveis de centralidade da rede variam muito pouco ao longo do tempo. Logo, as variações de densidade estão mais bem distribuídas entre os setores, não indicando ascensões ou quedas relevantes de setores específicos. Isso indica, mais uma vez, a maior homogeneidade setorial nos dados de AI comparado aos dados de P&D, bem como a estabilidade dos fluxos tecnológicos ao longo do período analisado.

A Figura 4.7 apresenta a rede de fluxos tecnológicos de AI incorporadas no consumo intermediário para o ano 2000. Ao contrário dos fluxos de P&D, a densidade da rede é muito maior, compondo não só um maior número de ligações mas também de setores⁷⁶. A figura indica que quanto mais visualmente centralizado é o setor, maior é o seu número de ligações. Neste aspecto, a indústria química, o setor de “M&E, eletrônicos e diversos” e aço se destacam como fornecedores de produtos com AI incorporadas. Este último, ao contrário da indústria química, também absorve um número relevante de fluxos tecnológicos, principalmente de *commodities* industriais (aço, produtos de metal, borracha e plástico). Entre os setores que mais absorvem tecnologia, percebe-se o maior número de ligações a montante das indústrias de automóveis, autopeças e da construção civil. Mais uma vez, os produtos de *commodities* industriais são os maiores fornecedores para esses setores.

⁷⁵ Ver Tabela 2.11, na subseção 2.3. Como mostra esta tabela, a proporção do gasto em AI sobre a receita líquida de vendas das indústrias de *commodities* industriais (química, aço, borracha e plástico, etc) chega a ser 50% maior do que o mesmo dado para 2003. A Tabela A 8, no Anexo, mostra esses dados por setor.

⁷⁶ Como discutido na subseção 4.3.1.1, a densidade da rede varia conforme o valor do filtro. Um valor de filtro de 0,0003 utilizado para os fluxos de P&D indicaria uma densidade de fluxos de AI muito maior do que a apresentada na Figura 4.7, apresentando 194 ligações ao invés de 100 (ver Tabela A 16, no Anexo). No entanto, como o valor dos gastos em P&D representou cerca de 20% do gasto em AI em 2000, escolheu-se um valor de filtro (0,0006) que representasse essa mesma proporção para o número de ligações (23 ligações em P&D e 100 ligações em AI), mantendo-se esse valor para as redes dos outros anos.

Figura 4.7 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2000

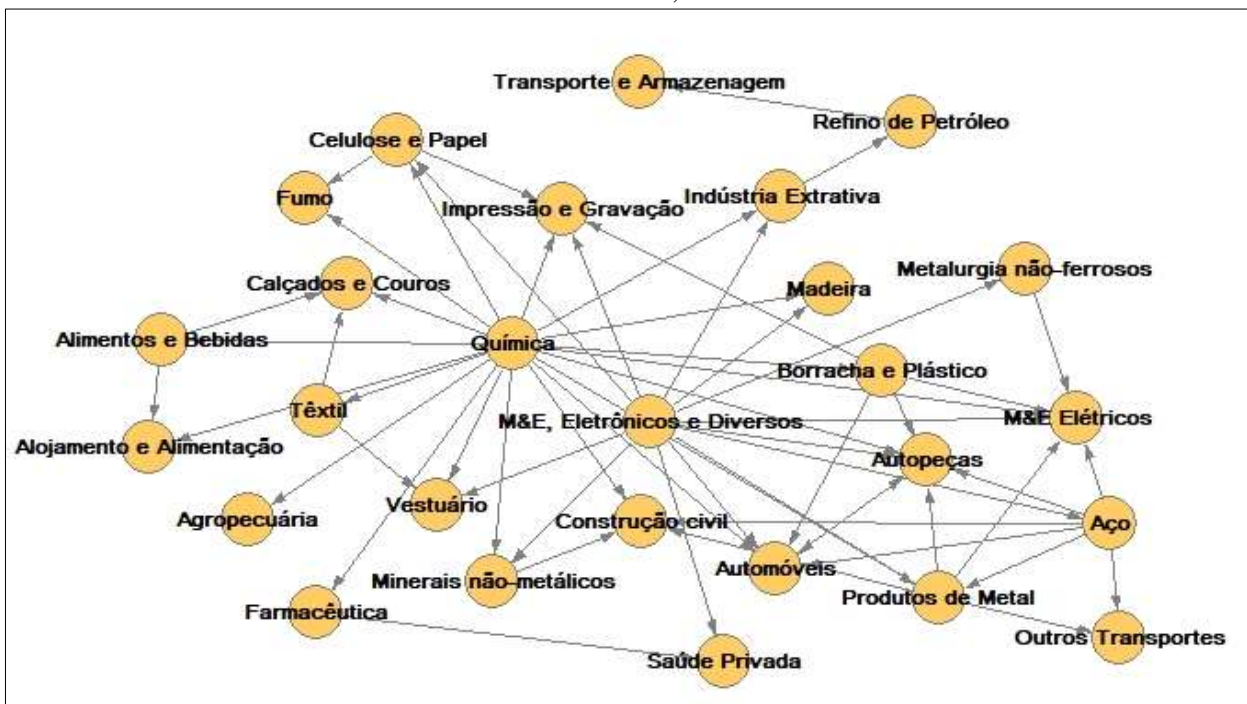


Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

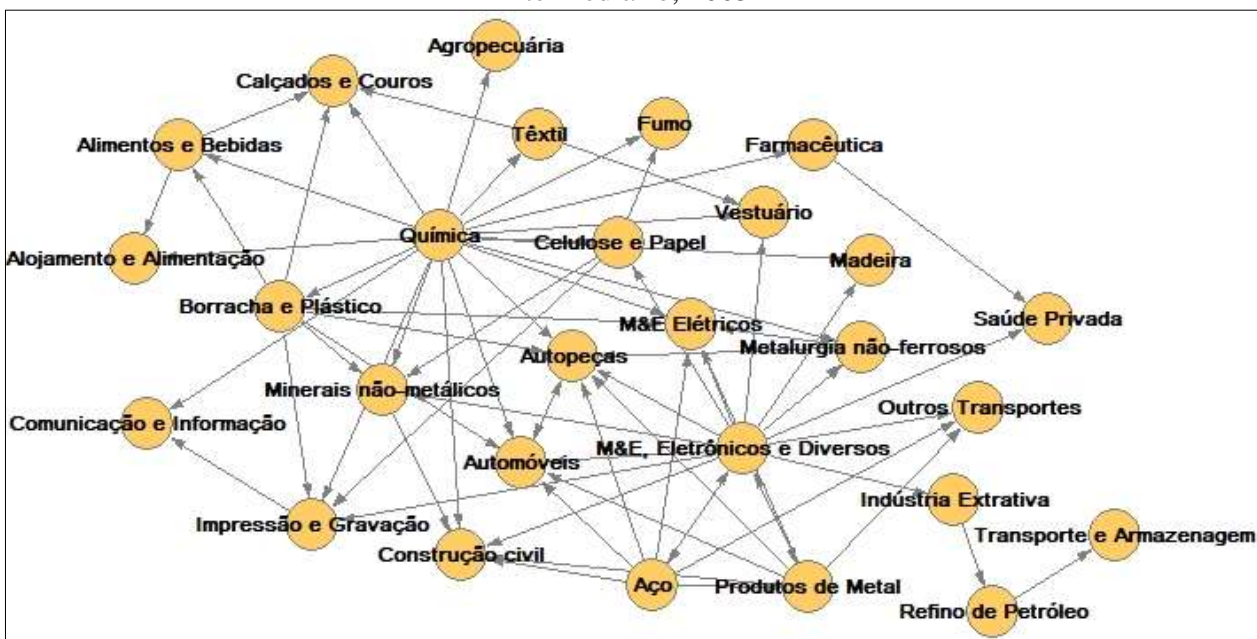
A Figura 4.8, a Figura 4.9, a Figura 4.10, a Figura 4.11 e a Figura 4.12 apresentam as redes de fluxos tecnológicos de AI incorporadas no consumo intermediário, respectivamente, para os anos 2003, 2005, 2008, 2011 e 2014. Nota-se visualmente que a densidade da rede é muito similar entre as figuras, destacando a centralidade da indústria química em suas relações a jusante, do maior fluxo a montante das indústrias automotivas e de autopeças, da maior participação dos setores de *commodities* industriais (sobretudo, aço, borracha e plástico, e produtos de metal) e do setor de M&E elétricos. Assim como nos fluxos de P&D incorporado, verifica-se também a maior centralidade do setor de “M&E, eletrônicos e diversos” até 2008, diminuindo-se os seus fluxos ao longo do tempo, mesmo que ainda representativo.

Figura 4.8 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2003



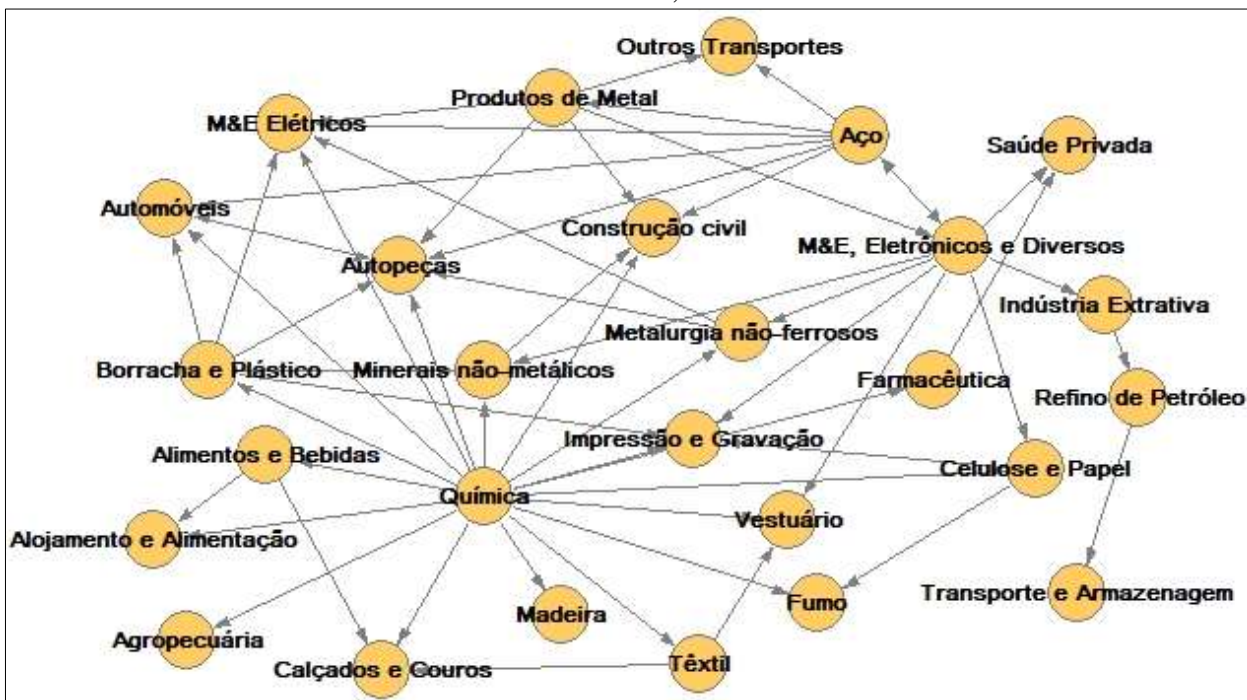
Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.
Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.9 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2005



Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.
Fonte: Elaboração própria.

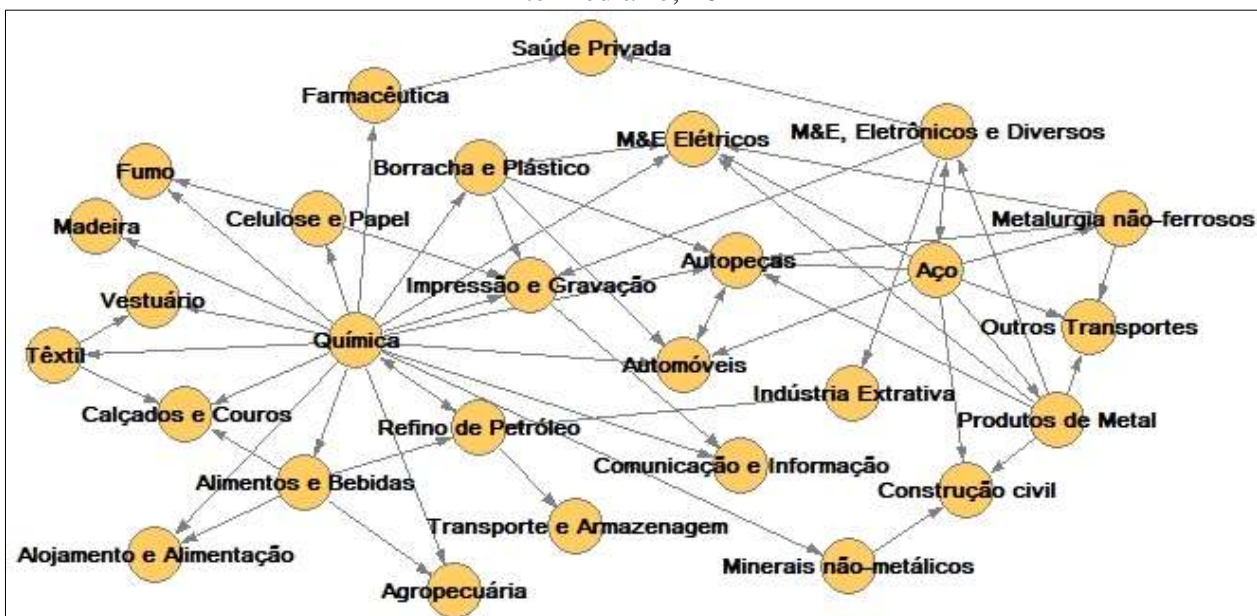
Figura 4.10 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2008



Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

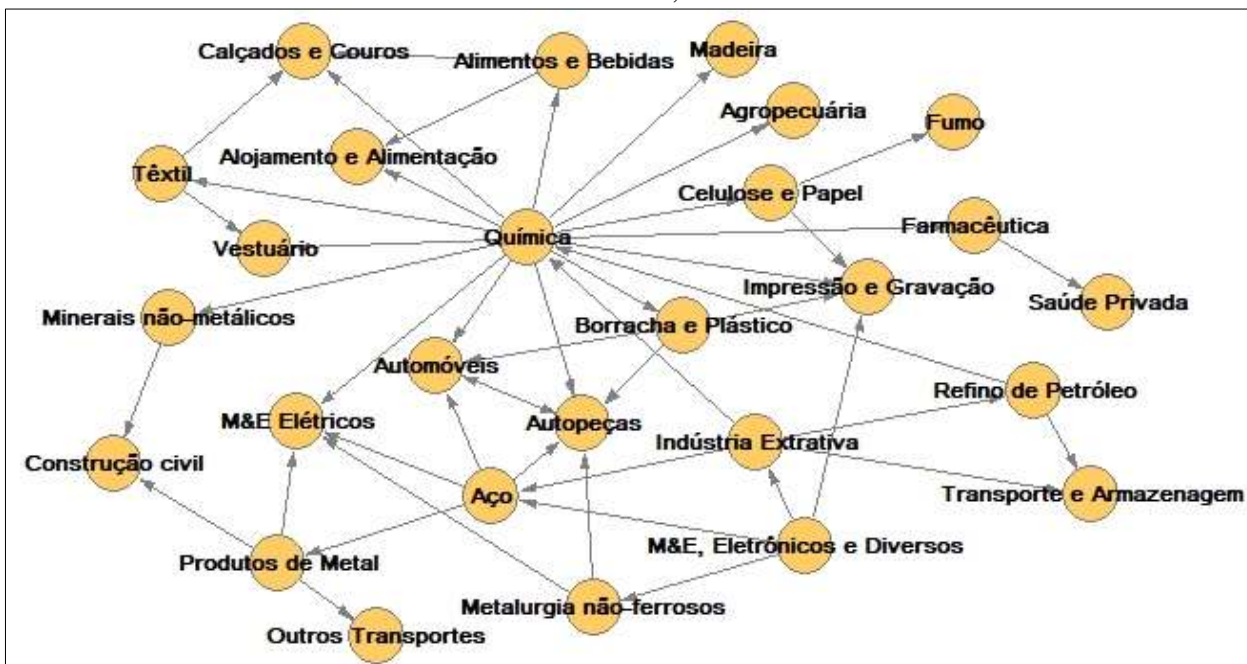
Figura 4.11 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2011



Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.12 - Rede de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas (AI) incorporadas no consumo intermediário, 2014



Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Outro ponto importante quanto aos fluxos de AI incorporados nos bens intermediário é de que o número de ligações da indústria de refino de petróleo é bastante baixo, mesmo com filtros mais “frouxos” (ver Tabela 4.21). Isso mostra que os esforços da Petrobras se concentram em proporções bem maiores de gastos em P&D do que níveis de esforços inovativos menos complexos. Os fluxos tecnológicos sobre o consumo intermediário, no entanto, fornecem apenas uma parte da interdependência tecnológica setorial. Em se tratando de esforços inovativos incorporados em produtos transacionados, as absorções de investimentos (bens de capital) devem ser ainda mais relevantes, já que possuem características mais voltadas para a capacidade e eficiência produtiva de setores usuários de inovação.

4.3.2 Fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos

4.3.2.1 Análise de filtro

Assim como foi feito para os fluxos tecnológicos incorporados no consumo intermediário, esta subseção faz uma análise de filtro das matrizes binárias de fluxos tecnológicos incorporados

nos investimentos. A Tabela 4.22 apresenta os valores de *output (out)* e *input (in)* das matrizes de P&D para 2011, por nível de classificação de 35 setores e para seis valores distintos de filtros. Encontra-se no Anexo as tabelas referentes para os outros anos analisados neste estudo, no qual o perfil de fluxos tecnológicos por valores distintos de filtros é similar entre todos os anos. Naturalmente, os fluxos de investimentos apresentam um número bem menor de ligações intersetoriais, já que são poucos os setores que produzem e transferem bens de capital.

Tabela 4.22 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2011

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
3 Alimentos e Bebidas	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Vestuário	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Calçados e Couros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Madeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
10 Impressão e Gravações	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Química	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Farmacêutica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Minerais não-metálicos	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16 Aço	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Metalurgia não-ferrosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 M&E, Eletrônicos e Div.	11	0	7	0	4	0	2	0	2	0	1	0
20 M&E Elétricos	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
21 Automóveis	4	0	4	0	3	0	2	0	1	0	1	0
22 Autopeças	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
23 Outros Transportes	2	1	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	3	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
28 Alojamento e Alimentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	18	18	14	14	9	9	6	6	4	4	3	3
Centralidade da Rede	0,33	0,08	0,21	0,08	0,12	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,03	0,06
Densidade da Rede		0,0151		0,0118		0,0076		0,0050		0,0034		0,0025

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6. Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 4.22 mostra que são basicamente dois setores responsáveis pelas ligações mais intensas de fluxos de P&D incorporado nos investimentos: “M&E, eletrônicos e diversos” e a indústria automotiva. Deve-se chamar atenção que o primeiro é bastante agregado, envolvendo máquinas e equipamentos mecânicos (máquinas industriais, motores, tratores, máquinas-ferramenta, etc.), equipamentos de informática (computadores, impressoras, etc.), equipamentos de transmissão e comunicação, entre outros. Logo, é natural que este setor domine as ligações a jusante dos fluxos tecnológicos nos investimentos. Já a indústria automotiva é historicamente relevante na indústria brasileira, pois os investimentos em caminhões como meio de transporte comercial têm grande peso nas taxas de investimentos no Brasil. Por outro lado, assim como nos fluxos de bens intermediários, as ligações a montante dos investimentos são mais homogêneas entre os setores industriais. Naturalmente, quanto maior o valor do filtro, maior é a intensidade dos fluxos de P&D incorporado e menor é o número de ligações.

A Tabela 4.23 mostra a mesma estrutura de dados para os fluxos tecnológicos de atividades inovativas incorporadas nos investimentos. A estrutura é parecida com a Tabela 4.22, mas com um número maior de ligações entre os setores para os filtros selecionados, já que os gastos em AI são maiores do que em P&D. No entanto, ao contrário do que ocorreu com os fluxos de bens intermediários (ver Tabela 4.18 e Tabela 4.19), as diferenças entre o número de ligações das matrizes de P&D e AI são bem menores quando selecionado um mesmo valor de filtro. Por exemplo, para um filtro de 0,0003, os fluxos tecnológicos de P&D e AI incorporados no consumo intermediário apresentaram, respectivamente, 24 e 157 ligações. Para este mesmo filtro, os fluxos tecnológicos de P&D e AI incorporados nos investimentos apresentam, respectivamente, 6 e 15 ligações. Isso ocorre devido ao maior peso dos gastos em P&D do setor de “M&E, eletrônicos e diversos” em seus gastos totais de AI. A proporção maior dos gastos de AI é uma característica da maioria dos setores de *commodities* industriais e da indústria tradicional. Como a maioria destes não fornecem produtos classificados como bens de capital, o transbordamento dos fluxos de atividades inovativas incorporadas nos investimentos apresentam uma similaridade maior com os transbordamentos de P&D incorporado.

Tabela 4.23 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas nos investimentos, 2011

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	3	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	0	3	0	2	0	2	0	1	0	1	0	1
3 Alimentos e Bebidas	0	3	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0
4 Fumo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Vestuário	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
7 Calçados e Couros	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Madeira	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
10 Impressão e Gravações	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Química	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Farmacêutica	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
15 Minerais não-metálicos	0	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
16 Aço	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Metalurgia não-ferrosos	7	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 M&E, Eletrônicos e Div.	23	0	16	0	11	0	9	0	5	0	5	0
20 M&E Elétricos	11	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
21 Automóveis	10	1	4	1	4	0	3	0	3	0	2	0
22 Autopeças	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
23 Outros Transportes	2	2	2	1	2	1	2	1	1	0	1	0
24 SIUP	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
26 Comércio	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	5	0	3	0	3	0	3	0	2	0	2
28 Alojamento e Alimentação	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	54	54	29	29	18	18	15	15	10	10	9	9
Centralidade da Rede	0,67	0,11	0,47	0,07	0,33	0,08	0,27	0,08	0,15	0,05	0,15	0,05
Densidade da Rede		0,0454		0,0244		0,0151		0,0126		0,0084		0,0076

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Dada a grande similaridade entre os fluxos tecnológicos de P&D e AI incorporados nos investimentos, propõe-se apresentar na próxima subseção apenas a evolução detalhada dos fluxos de P&D para um filtro de valor igual a 0,0001, que para 2011 correspondeu as 14 ligações mais intensas. Para todos os anos, verificou-se que esse filtro de 0,0001 para P&D corresponde aos

filtros 0,0004 ou 0,0005 para os fluxos tecnológicos de AI, o que demonstra a similaridade entre as duas medidas, variando apenas o grau de intensidade que se deseja mostrar.

4.3.2.2 Fluxos tecnológicos de P&D e Atividades Inovativas incorporados

A Tabela 4.24 apresenta os valores de *output* (*out*) e *input* (*in*) das matrizes de fluxos tecnológicos binárias de P&D incorporado nos investimentos para cinco períodos entre 2000 e 2011⁷⁷ e com valor de filtro selecionado de 0,0001⁷⁸. A tabela mostra que os fluxos tecnológicos sobre os investimentos se mantiveram basicamente estáveis durante todo o período. As densidades das redes entre 2003 e 2008, por exemplo, possuem praticamente os mesmos valores. As redes de 2000 e 2014 são levemente mais densas, mas sem grandes destaques em comparação com os outros anos. Como já mencionado, a indústria de automóveis e, principalmente, “M&E, eletrônicos e diversos” são chaves nas relações a jusante de tecnologia incorporado nos bens de capital.

Esperava-se que estes fluxos fossem mais suscetíveis às flutuações econômicas, dado ao caráter mais incerto dos investimentos. Uma parte dessa observação pode ser explicada pela baixa taxa de investimento da economia brasileira, que segundo o IBGE (2017) não variou muito ao longo do período estudado (entre 17,9% e 20,6% do PIB). Outra parte pode ser explicada pela restrição quanto aos setores provedores de bens de capital, que nesta análise fica ainda mais limitada dada a necessária agregação dos setores de máquinas e equipamentos e de equipamentos de informática e eletrônicos. Vale ressaltar também que os fluxos a jusante da construção civil, responsável pela maior proporção da absorção de investimentos da economia brasileira, é descartada da análise dada a falta de dados de P&D para este setor.

⁷⁷ Como apresentado na subseção 3.5 sobre a base de dado, não há matrizes de absorção de investimentos disponíveis para o ano de 2014.

⁷⁸ Tabelas com outros valores de filtros se encontram no Anexo.

Tabela 4.24 - Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2000-2011
(filtro = 0,0001)

	2000		2003		2005		2008		2011	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
3 Alimentos e Bebidas	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0
4 Fumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Vestuário	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7 Calçados e Couros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Madeira	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
10 Impressão e Gravações	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Química	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Farmacêutica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Minerais não-metálicos	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
16 Aço	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17 Metalurgia não-ferrosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 M&E, Eletrônicos e Diversos	9	0	5	0	6	0	5	0	7	0
20 M&E Elétricos	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
21 Automóveis	2	0	4	0	2	0	3	0	4	0
22 Autopeças	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
23 Outros Transportes	0	1	1	0	1	0	1	0	2	1
24 SIUP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
25 Construção Civil	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
26 Comércio	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	2	0	3	0	3	0	3	0	3
28 Alojamento e Alimentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Informação	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	12	12	11	11	10	10	10	10	14	14
Centralidade da Rede	0,27	0,05	0,15	0,08	0,18	0,08	0,15	0,08	0,21	0,08
Densidade da Rede	0,0101		0,0092		0,0084		0,0084		0,0118	

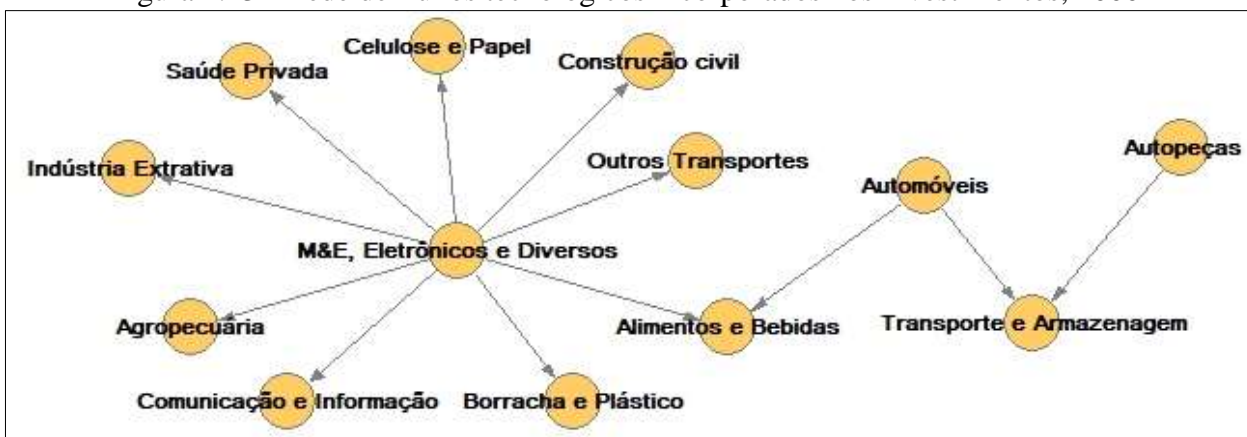
Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

A estabilidade dos fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos ocorre até mesmo para os setores usuários. É possível verificar que a agropecuária, a indústria de celulose e papel, a

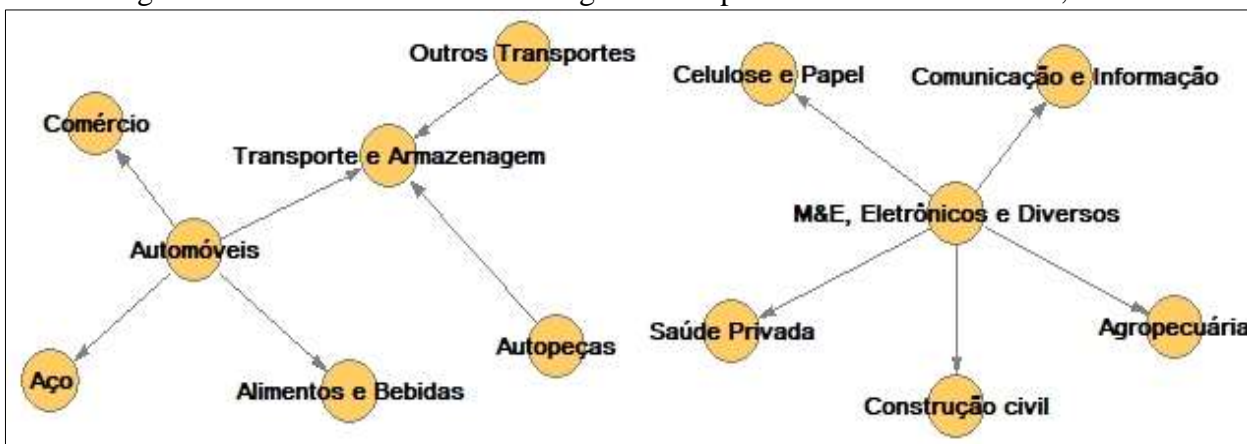
construção civil, os serviços de transporte e armazenagem e os serviços de saúde privada foram setores usuários de tecnologia incorporada em bens de capital para todos os anos analisados. Em menor grau também aparecem a indústria de alimentos e bebidas, a indústria extrativa e os serviços de comunicação e informação. A Figura 4.13, a Figura 4.14, a Figura 4.15, a Figura 4.16 e a Figura 4.17 apresentam as redes de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, respectivamente, para os anos 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011.

Figura 4.13 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2000



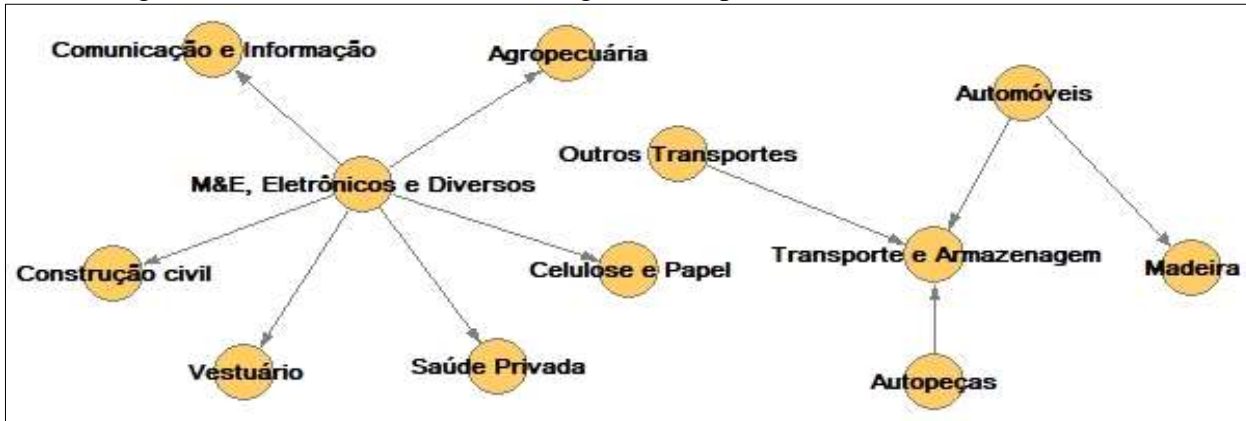
Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.
Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Figura 4.14 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2003



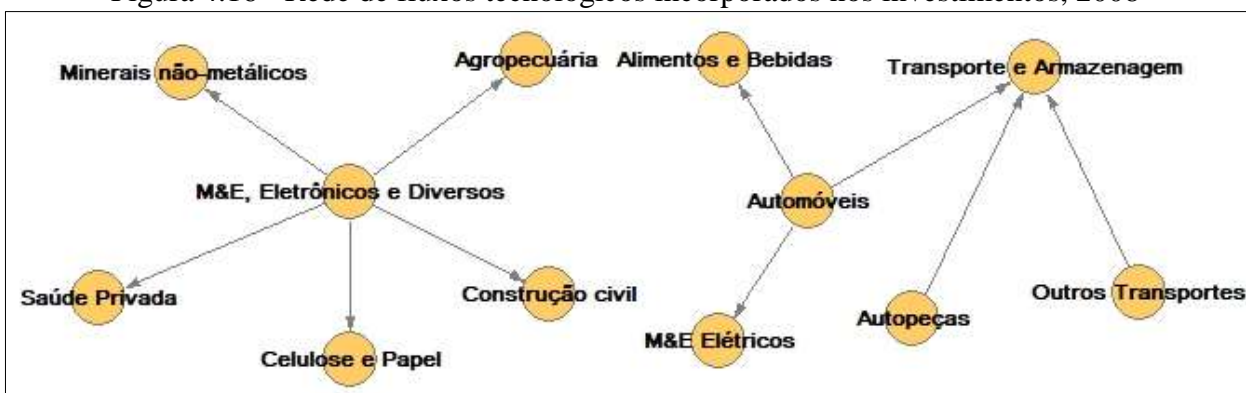
Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.
Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Figura 4.15 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2005



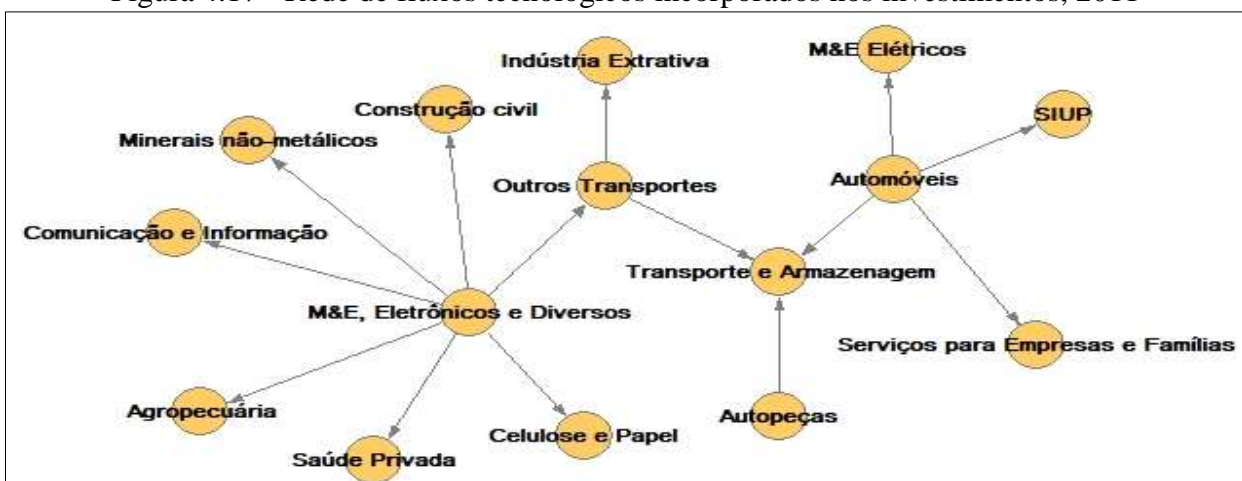
Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.
 Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Figura 4.16 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2008



Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.
 Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Figura 4.17 - Rede de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, 2011



Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.
 Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

De modo geral, as redes de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos apresentaram densidades similares e mostraram algumas relações estáveis de interdependência tecnológica setorial. Algumas dessas relações foram esperadas, como os contínuos fluxos de investimentos da indústria automotiva, de autopeças e outros transportes para os serviços de transporte e armazenagem. A transferência de tecnologia incorporada em bens de capital do setor de “M&E, eletrônicos e diversos” com a saúde privada provavelmente está relacionada com os equipamentos e instrumentos médico-hospitalares. Já as fortes relações da indústria de máquinas e equipamentos com a agropecuária, a indústria de celulose e papel e a construção civil devem ser explicados pelo forte crescimento desses setores nos anos 2000 na economia brasileira.

A indústria de celulose e papel, por exemplo, aumentou de forma significativa sua produção e seus investimentos no Brasil após os anos 2000. O país deixou de ser o sexto maior produtor de celulose do mundo em 2000 para o quarto maior em 2011, sendo o maior produtor e exportador de celulose do tipo fibra curta (eucalipto) (FAO, 2017). A indústria de celulose e papel no Brasil também possui grandes fornecedores de bens de capital e centros tecnológicos instaladas no país. Por exemplo, a empresa Voith, de capital alemão, que possui um centro de tecnologia de processos em papéis sanitários em São Paulo. Já a indústria de máquinas e equipamentos voltada para a agropecuária é bastante consolidada na economia brasileira e vem crescendo de forma sistemática, principalmente devido ao processo cada vez mais intenso de mecanização e automação do plantio e colheita de culturas como soja e cana-de-açúcar. Por fim, o maior crescimento econômico e programas governamentais de investimentos em infraestrutura e construção residencial nos anos 2000 trouxeram uma maior demanda por máquinas e equipamentos voltados para a construção civil.

4.4 Considerações finais

Este capítulo propôs mapear estruturalmente a interdependência tecnológica setorial da economia brasileira a fim de identificar o seu perfil e os setores-chaves do ponto de vista da tecnologia ou do conhecimento. Para isso, foram estimados os fluxos tecnológicos de P&D e outras atividades inovativas incorporadas nos bens intermediários e nos bens de capital adquiridos pelos setores da economia brasileira entre 2000 e 2014. As análises apresentadas nas seções anteriores mostraram algumas evidências conjunturais de fluxos tecnológicos para alguns determinados anos, porém, foram ainda mais ressaltadas as características estruturais de interdependência tecnológica setorial ao longo dos anos. As principais evidências são compiladas a seguir.

Em primeiro lugar, a estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira entre 2000 e 2014 apresentou mais estabilidade do que modificações ao longo do tempo. Isso é evidenciado por meio da densidade das redes de fluxos tecnológicos, que pouco variaram entre os anos. Isso acontece por dois motivos. Primeiro, como também concluído no capítulo 2, isso é sinal de baixa mudança estrutural da economia brasileira durante esse período, com estabilidade nos fluxos comerciais representados pelas matrizes de insumo-produto. Segundo, pelo baixo crescimento na intensidade dos gastos em P&D e outras atividades inovativas de toda a economia, o que não permite o aumento da densidade (complexidade) da rede de fluxos tecnológicos.

Em segundo lugar, os fluxos tecnológicos parecem ser mais voláteis quando se considera o gasto em P&D ou outras atividades inovativas incorporadas nos bens de capital, o que faz todo sentido dada a característica deste tipo de produto. Um exemplo é a alta absorção de P&D incorporado nos produtos de outros transportes para a indústria extrativa apenas em 2011. No entanto, quando se analisa as redes mais intensas de fluxos tecnológicos incorporados nos investimentos, verifica-se uma estabilidade ao longo dos anos. Pelo lado da oferta, isso ocorre pelo baixo número de setores fornecedores de bens de capital (“M&E, eletrônico e diversos” e automóveis), ainda menor devido ao nível de classificação exposto. Já pelo lado da demanda, foi possível identificar setores que absorvem tecnologia incorporada nos investimentos de forma contínua e mais intensa, como a agropecuária, a indústria de celulose e papel e a construção civil. Setores estes que de fato possuíram um alto crescimento nos anos 2000.

Em terceiro lugar, foi identificado que os setores menos intensivos em tecnologia, principalmente a indústria tradicional e os setores que compõe as *commodities* agroindustriais, absorveram mais tecnologia incorporada na compra de seus bens intermediários e de capital do que os setores intensivos em tecnologia e os serviços de informação e comunicação, que absorveram mais tecnologia intrasetorialmente. A indústria de *commodities* industriais também se destaca em suas ligações a jusante na economia brasileira, principalmente a indústria química e de refino de petróleo e biocombustíveis. No geral, isso acontece porque esses setores que transbordam mais tecnologia incorporada possuem altos gastos em esforços inovativos e altos encadeamentos produtivos a jusante. Setores como aço, borracha e plástico e produtos de metal passam a ser mais representativos nos fluxos tecnológicos somente quando é considerado níveis menos complexos

de esforços inovativos, ou seja, gastos em atividades inovativas que não sejam somente o gasto em P&D.

Em quarto lugar, foi possível identificar, tanto por meio da análise de *forward linkage*, quanto das análises de redes, que os setores-chaves do ponto de vista da transferência de tecnologia incorporada foram os setores da química, de “M&E, eletrônicos e diversos” e o refino de petróleo, principalmente após 2011. No entanto, o setor de refino de petróleo deve ser tratado com ressalvas, já que os seus produtos (combustíveis) são amplamente disseminados na economia e é difícil mensurar até que ponto o P&D investido pela Petrobras é classificado em áreas que não compreendem a parte de refino. Ao selecionar relações tecnológicas mais intensas, verificou-se que o setor de refino possuiu menor poder de disseminação. Já alguns setores de *commodities* industriais, como aço, borracha e plástico, e produtos de metal ganham um maior poder de disseminação tecnológica ao considerar os gastos em atividades inovativas incorporados nos bens intermediários. Os serviços de comunicação e informação também possuem relevância na transferência tecnológica, mas alguns testes sinalizaram que esta transferência está muito mais voltada para outros setores de serviços do que para setores industriais no Brasil.

Por fim, foi possível identificar, também por meio das análises de redes e pelos multiplicadores de *backward linkage*, que os setores-chaves do ponto de vista da absorção de tecnologia incorporada foram, principalmente, a indústria de automóveis, autopeças, construção civil e M&E elétricos. Além desses setores possuírem um número maior de ligações mais intensas a montante, também aparentam possuir maiores efeitos de *spillovers* tecnológicos para toda a economia dado um aumento de suas demandas finais. Estímulos na demanda desses produtos poderiam aumentar o investimento em P&D e outras atividades inovativas de toda a economia, já que suas relações intersetoriais demandariam tecnologia incorporada de uma gama maior de outros setores. No entanto, os canais de transmissão de aumento em esforços inovativos de uma economia são mais complexos e incertos e devem também depender da estrutura técnico científica e de políticas pelo lado da oferta. O próximo capítulo visa analisar até que ponto essas relações intersetoriais estão impactando na produtividade setorial no Brasil.

5 FLUXOS TECNOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE NO BRASIL: 2000-2013

Como apresentado no Capítulo 1, a relação entre inovação e produtividade é uma discussão antiga na literatura econômica. Vários autores já testaram empiricamente a relação causal de *proxies* e inovação (notadamente gastos em P&D ou patentes) sobre várias técnicas de mensuração da produtividade (produtividade do trabalho, PTF, eficiência técnica, etc.). No entanto, verificou-se que, por mais que haja um consenso acadêmico sobre os impactos positivos da inovação sobre a produtividade, muitos destes estudos apresentaram relações não esperadas, como o baixo ou negativo impacto das inovações de processo sobre o desempenho produtivo de empresas.

A hipótese levantada para esse baixo nível de evidência é de que um importante aspecto do processo inovativo esteja sendo ignorada nesses estudos: os fluxos tecnológicos entre empresas ou entre setores. Neste caso, inovações de produto ganham destaque, já que novos produtos de uma empresa ou setor muitas vezes é incorporado como um novo processo produtivo para outras empresas ou setores. Assim, grande parte das inovações de processo devem ser explicadas pelos fluxos tecnológicos. Voltando aos trabalhos de Schmookler (1966), Scherer (1982a) e outros, percebeu-se que há evidências teóricas e empíricas fortes de que esforços inovativos incorporados na compra de bens e serviços por meio do consumo intermediário e dos investimentos de um setor possuem um papel até mais relevante para explicar o crescimento da produtividade do que os próprios esforços inovativos. Aliado ao contexto da economia brasileira atual de crescimento negativo da produtividade do trabalho na indústria inovativa, tradicional e de *commodities* industriais, e de crescimento positivo da agropecuária, indústria extrativa e *commodities* agroindustriais⁷⁹, este capítulo possui o objetivo de responder a seguinte questão: qual é o impacto do fluxo intersetorial de tecnologia ou conhecimento sobre a produtividade setorial no Brasil?

Para responder essa questão, o capítulo utiliza a base de dados dos fluxos tecnológicos apresentada nos capítulos anteriores entre intervalos de 2000 a 2013 para uma estimação econométrica destes sobre a produtividade setorial. O capítulo está dividido em três seções. A seção 5.1 apresenta a metodologia econométrica e detalhes dos modelos e bases de dados utilizadas para a análise da relação entre esforço inovativo (P&D ou atividades inovativas próprias e incorporadas nos bens de consumo e de capital) e produtividade dos setores da economia brasileira.

⁷⁹ Ver Tabela 2.6 no Capítulo 2.

A seção 5.2 apresenta a análise dos resultados encontrados, enquanto a seção 5.3 faz as considerações finais.

5.1 Metodologia

5.1.1 Metodologia econométrica

A estimação econométrica entre os fluxos de tecnologia intersetorial e a produtividade dos setores da economia brasileira é realizada por meio de modelos de dados em painel dinâmico. Os modelos são estimados pelo Método dos Momentos Generalizados (GMM), nas especificações desenvolvidas por Arellano e Bond (1991), Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bover (1998). Uma descrição detalhada desses modelos pode ser verificada em Cameron e Trivedi (2005) e Baltagi (2008).

Os modelos de dados em painel são uma combinação de dados transversais (*cross section*) de alguma unidade de análise, neste caso os setores da economia brasileira, observadas durante algum período de tempo. A grande vantagem dos dados em painel em comparação com dados em apenas um período no tempo é o aumento na precisão das estimações, já que os mesmos aumentam o número de observações de uma amostra ao combinar vários períodos de uma mesma unidade. Dados em painel também possibilitam a identificação de efeitos fixos da unidade de análise ao longo do tempo, permitindo captar a heterogeneidade individual não observada que pode estar correlacionada com os regressores. Essa heterogeneidade não observada leva a problemas de variáveis omitidas nos modelos *cross section*. Por outro lado, os modelos em painel oferecem alternativas mais eficientes de controlar os efeitos de características omitidas ou mal especificadas (CAMERON; TRIVEDI, 2005).

Alguns dos modelos de painel tradicionalmente mais utilizados que controlam por efeitos fixos e estimados por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), chamados de painel estático, necessitam que os regressores que variam no tempo sejam exógenos, ou seja, não correlacionados com o termo de erro (variáveis omitidas). No entanto, muitos dos problemas econômicos são identificados por meio de relações endógenas. Por exemplo, a relação entre a variável explicativa inovação (utilizando *proxies* como gastos em P&D) e a variável dependente produtividade é caracterizada por variáveis omitidas que afetam a produtividade e podem estar correlacionadas

com a inovação, traduzindo-se em um problema de endogeneidade nas estimações econométricas. Neste caso, a causalidade pode ocorrer em ambas as direções, ou seja, tanto um maior esforço inovativo (gastos em P&D) podem levar a um aumento da produtividade, quanto setores com maiores níveis de produtividade podem levar a uma maior propensão a investir em inovação. O uso de variáveis instrumentais, ou seja, alguma variável que for correlacionada com gastos em P&D, mas que não for correlacionado com o termo de erro, poderia resolver esse problema. No entanto, variáveis instrumentais válidas podem ser difíceis de serem obtidas na prática.

Uma forma de buscar resolver o problema da endogeneidade em dados de painel é por meio dos modelos dinâmicos, estimados por GMM. Os modelos de painel dinâmicos permitem tratar as variáveis explicativas e dependente defasadas (períodos $t - 1$, $t - 2$, etc.) como endógenas, utilizando-as como instrumentos. Isso permite o fornecimento de estimadores não viesados, ao contrário dos modelos de painel estático, em que ocorre viés nos coeficientes estimados quando se incluem variáveis dependentes defasadas. Ainda, do ponto de vista econômico, o uso de variáveis defasadas permite um entendimento mais apurado das relações dinâmicas entre as variáveis, que em muitas situações apresentam forte correlação com seus valores passados.

Assumindo-se que as variáveis de interesse (medidas de gastos em P&D e P&D incorporado nos bens de consumo e de capital) sejam endógenas em um modelo de crescimento da produtividade, o uso dos modelos de painel dinâmico é justificado pela sua capacidade de fornecer estimativas consistentes e assintoticamente eficientes dos parâmetros de interesse. Os modelos de painel dinâmicos estimados por GMM vem sendo amplamente utilizado na literatura econômica, inclusive em modelos de crescimento. Conforme Baltagi (2008), esses modelos podem ser representados com uma defasagem da variável dependente da seguinte maneira:

$$y_{it} = \delta y_{i,t-1} + \beta x_{it} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (48)$$

Onde y_{it} é a variável dependente; x_{it} é uma variável explicativa, δ e β são parâmetros; e u_{it} é o termo de erro, estruturado como: $u_{it} = \eta_i + \mu_{it}$. $\eta_i \sim iid(0, \sigma^2)$ representa os efeitos fixos individuais e invariantes no tempo e $\mu_{it} \sim iid(0, \sigma^2)$ são choques individuais e correlacionados no tempo dentre os indivíduos. Assume-se que os componentes de erro são independentes uns dos outros e entre eles, e que o componente μ_{it} não seja serialmente autocorrelacionado:

$$E(\eta_i) = E(\mu_{it}) = E(\eta_i \mu_{it}) = 0 \quad (49)$$

$$E(\mu_{it} \mu_{is}) = 0 \quad i = 1, \dots, N; s \neq t \quad (50)$$

Ao contrário da restrição forte de exogeneidade estrita dos modelos de painel estático, a variável dependente defasada como regressor ($y_{i,t-1}$) e o efeito fixo individual específico (η_i) são correlacionados por construção na própria equação 48, ou seja, $E(y_{i,t-1} \eta_i) \neq 0$. No entanto, segundo Baltagi (2008), essa especificação apresenta duas fontes de persistência no tempo: a autocorrelação, dada pela inserção da variável dependente defasada entre os regressores; e a heterogeneidade, devido a presença de efeitos individuais específicos a cada indivíduo. Isso faz com que o estimador δ de MQO torna-se viesado e inconsistente. Uma maneira de solucionar esses problemas seria por meio do uso de variáveis instrumentais em uma estimação de mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E) e, semelhante ao método de painel estático, a transformação da equação 48 em primeira diferença para eliminar os efeitos individuais (η_i):

$$y_{it} - y_{i,t-1} = \delta(y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + \beta(x_{it} - x_{i,t-1}) + (\mu_{it} - \mu_{i,t-1}) \quad (51)$$

Nesse caso, facilmente a correlação entre $y_{i,t-1}$ e η_i é superada. Já a superação da correlação entre $y_{i,t-1}$ e μ_{it} seria por meio do uso de defasagens (*lags*) de $y_{i,t-1}$ como instrumentos ($y_{i,t-2}$, $y_{i,t-3}$, etc.). Esses instrumentos não serão correlacionados com $\Delta\mu_{it} = \mu_{it} - \mu_{i,t-1}$ desde que os próprios μ_{it} não sejam serialmente correlacionados. No entanto, Baltagi (2008) ressalta que por mais que este método leve a estimativas consistentes dos parâmetros, não necessariamente as mesmas são eficientes, pois não utilizam todas as condições de momento disponíveis e não levam em consideração a estrutura diferenciada sobre os distúrbios residuais ($\Delta\mu_{it}$). Além do mais, para modelos simples de componentes de erros dinâmicos, o estimador que usa diferenças ($\Delta y_{i,t-2}$) ao invés de níveis ($y_{i,t-2}$) como instrumentos possui um ponto de singularidade e valores de variâncias muito grandes (BALTAGI, 2008).

Essas dificuldades foram superadas por Arellano e Bond (1991) na proposição de um método de GMM em primeira diferença (*GMM difference*) mais eficiente do que o método descrito no parágrafo anterior. Neste caso, a especificação do modelo é a mesma da equação 51, mas com um método de estimação que utiliza todos os momentos disponíveis e instrumentos em

nível⁸⁰. Deve-se chamar atenção que, embora o método GMM em diferença resolva o problema de endogeneidade via variáveis instrumentais defasadas, estes podem ser fracos para variáveis que não são estritamente exógenas se essas defasagens estiverem próximas de um passeio aleatório.

Uma outra técnica de estimação GMM desenvolvida por Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998) é conhecida como *GMM system*. Este método é composto por um sistema de equações com melhores propriedades de amostras finitas do que o *GMM difference*, sendo mais adequado para estimar modelos autorregressivos com dados em painel persistentes (BOND et al., 2001). O *GMM system* possui uma hipótese adicional de que as primeiras diferenças das variáveis instrumentais não são correlacionadas com os efeitos fixos e combina dois conjuntos de equações: equações em primeira diferença com níveis adequados de instrumentos defasados e equações em níveis com as primeiras diferenças defasadas como instrumentos. Isso permite o uso de mais instrumentos, o que pode aumentar a eficiência da estimação.

A consistência dos estimadores *GMM difference* e *GMM system* e a validade dos instrumentos utilizados podem ser avaliados por meio de testes estatísticos. Para verificar a exogeneidade dos instrumentos, utiliza-se o teste de Hansen e o teste de diferença de Hansen. O primeiro é a estatística J de Hansen para restrições sobreidentificadoras, que avalia a validade do conjunto de instrumentos, sendo que a hipótese nula é de que o conjunto de instrumentos é válido, ou seja, não correlacionados com o termo de erro. Já o segundo diz como hipótese nula que os instrumentos em nível são válidos e não correlacionados com o termo de erro da equação de diferença. Este teste permite também verificar qual o estimador GMM é mais adequado. Caso a hipótese nula seja aceita (alto p-valor) o viés de endogeneidade seria eliminado, no qual o método *GMM system* deve ser considerado, pois acrescenta informações válidas ao *GMM difference* (ROODMAN, 2009).

Outro teste estatístico importante é o teste de ausência de autocorrelação de segunda ordem, conhecido como AR(2), que busca mostrar se existe correlação das variáveis explicativas com os resíduos. Ademais, outro problema que pode ocorrer nas estimações GMM é um excesso na proliferação de instrumentos, já que os modelos utilizam um número grande de variáveis dependente e explicativas defasadas. Segundo Roodman (2009), um excesso de instrumentos não compromete a consistência das estimativas, mas pode invalidar alguns resultados assintóticos e testes de especificação. Esse problema pode ser resolvido ao se utilizar um número menor de

⁸⁰ Para detalhes da estimação GMM ver Baltagi (2008) e Cameron e Trivedi (2005).

defasagens como instrumentos ao invés de todas as defasagens possíveis e/ou combinar instrumentos por meio da adição em conjuntos menores. Segundo Roodman (2009), um número de instrumentos ideal seria em torno do número de observações em um período de tempo.

Os modelos de painel dinâmico GMM aplicados nesta tese foram estimados por meio do *software* Stata 14 sob o comando “*xtabond2*” desenvolvido por Roodman (2009). Utilizou-se as opções “*small*”, “*orthog*”, “*twostep*” e “*laglimits* ou *collapse*” apresentadas no comando. Estas especificações permitem, respectivamente, o uso de estatísticas mais adequadas para amostras pequenas; o uso de diferenciação ortogonal das equações em nível, que aproveita um maior número de informações da amostra; o uso de estimação em dois estágios proposto por Arellano e Bond (1991); e o uso de controles de proliferação de instrumentos.

5.1.2 Modelos estimados e estatísticas descritivas

Os efeitos dos esforços inovativos (P&D ou atividades inovativas próprias e incorporadas nos bens de consumo e de capital) sobre a produtividade dos setores da economia brasileira são estimados por meio da base de dados apresentada na seção 3.5 do Capítulo 3. Como apresentado, há algumas limitações da série entre os anos 2000 e 2014, principalmente no que se refere aos dados de P&D e atividades inovativas. Como esses dados são provenientes da Pintec, os fluxos tecnológicos são estimados apenas para os anos 2000, 2003, 2005, 2008, 2011 e 2014, enquanto os dados de produtividade são extraídos das matrizes de insumo-produto a 35 setores estimadas entre 2000 e 2014.

Alguns estudos empíricos já mostraram que os esforços em P&D demoram alguns anos para surtirem efeito no desempenho produtivo de empresas (e.g. RAVENSCRAFT e SCHERER, 1982; GEROSKI, 1991). Por exemplo, Carvalho e Avellar (2017), com dados da Pintec, verificaram que os efeitos dos gastos em P&D para o ano de 2005 é maior do que os efeitos dos gastos em P&D para o ano de 2008 sobre a produtividade do trabalho no ano de 2008. Dessa maneira, como o objetivo é estimar os efeitos dos esforços inovativos sobre a taxa de crescimento da produtividade, o ano de 2014 é descartado, já que se deve verificar o impacto da inovação sobre anos posteriores, no qual ainda não há MIPs disponíveis. Isso também é reforçado pelo fato das matrizes de absorção de investimentos (MAIs), utilizadas para dados de investimentos e P&D incorporado nos bens de capital, estarem disponíveis apenas para o período entre 2000 e 2013.

Outra característica da Pintec é que, ao contrário de todas as suas publicações que são elaboradas a cada três anos, a Pintec 2005 tem uma diferença temporal de 2 anos em relação a sua antecessora. Dessa maneira, para manter uma padronização, optou-se por verificar os efeitos dos esforços inovativos sobre a taxa de crescimento da produtividade a cada dois anos. Por exemplo, os efeitos dos esforços inovativos de 2000 sobre a taxa de crescimento da produtividade entre 2000 e 2002 até chegar nos efeitos dos esforços inovativos de 2011 sobre a taxa de crescimento da produtividade entre 2011 e 2013. Totaliza-se, assim, um modelo em painel de 5 períodos no tempo.

No entanto, a maior limitação da amostra disponível se refere aos setores contemplados pela Pintec. Como já ressaltado nos capítulos anteriores, apenas a indústria de transformação e a indústria extrativa apresentam dados de gastos em P&D e atividades inovativas (AI) para todos os anos. Já os serviços de comunicação e informação e os serviços de engenharia, testes e P&D são contemplados a partir de 2005, enquanto os serviços industriais de utilidade pública (SIUP) apenas a partir de 2011. Dessa maneira, dos 35 setores disponíveis, apenas 25 possuem dados de gastos em P&D ou AI próprios. Dado esse problema, a estratégia de estimação levou em consideração dois conjuntos de amostras: i) amostra de setores com dados próprios de P&D e AI, que contempla toda a indústria de transformação, a indústria extrativa e alguns anos dos serviços de comunicação e informação, serviços de engenharia, testes e P&D e SIUP; e ii) amostra total, que além desses, também contempla a agropecuária, a construção civil e os demais serviços (maioria voltados para a demanda final: educação, saúde, etc.). Ver Tabela A 6 no Anexo para a classificação setorial.

Como as estimações abrangem cinco períodos no tempo, isso faz com que a primeira amostra atinja um número de 117 observações e a segunda um número de 175 observações, consideradas baixas para estimações econométricas, mas possíveis de serem estimadas e avaliadas em testes estatísticos. Na primeira amostra é possível verificar o impacto tanto do P&D ou AI próprio, quanto dos fluxos tecnológicos intersetoriais, sobre a produtividade, enquanto na segunda amostra é possível verificar apenas o impacto dos fluxos tecnológicos. Como já discutido na subseção 3.5.3, pode-se hipotetizar que os setores em que não há dados de esforços inovativos disponíveis, ou seja, que não são contemplados pela Pintec, não investem ou investem muito pouco em P&D. No entanto, manter um valor igual zero para essa variável em uma amostra total, além de muito restritivo, não é possível no tipo de estimação econométrica proposta.

Por fim, ressalta-se que não há dados de estoque de capital em nível setorial para a economia brasileira, o que impede uma mensuração da produtividade total dos fatores. Logo,

utiliza-se a mensuração da produtividade do trabalho, calculada pelo valor bruto da produção (VBP) sobre o número de trabalhadores. Preferiu-se utilizar o valor bruto da produção do que o valor adicionado (VA) por conta da metodologia de dupla deflação das MIPs discutida na subseção 3.1.2 no Capítulo 3⁸¹. Para um melhor ajustamento do modelo estatístico, utiliza-se também uma medida de taxa de crescimento do investimento como regressor, calculado pelo valor da FBCF pelo número de trabalhadores. Espera-se, neste caso, que o efeito da taxa de crescimento do investimento sobre a taxa de crescimento da produtividade do trabalho seja positivo.

O modelo da relação entre esforço inovativo (P&D ou atividades inovativas próprias e incorporadas nos bens de consumo e de capital) e produtividade dos setores da economia brasileira é representado pela equação geral a seguir:

$$\Delta \ln(\text{Produt}_{i,t}) = \beta_1 \ln(\text{Produt}_{i,t_0}) + \beta_2 \Delta \ln(\text{Invest}_{i,t}) + \beta_3 \ln(\text{Inov}_{i,t_0}) + \beta_4 D + \eta_i + \mu_{it} \quad (52)$$

Onde:

$i = 1, 2, \dots, 25$ ou 35 setores.

$t = 1, 2, \dots, 5$ períodos de tempo. Taxas de crescimento (Δ) de dois em dois anos: 2000-2002, 2003-2005, 2005-2007, 2008-2010 e 2011-2013. Períodos iniciais (t_0): 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011.

$D = Dummies$ temporais;

$\Delta \ln(\text{Produt}_{i,t})$: taxa de crescimento em logaritmo da produtividade do trabalho, representado pelo valor bruto da produção pelo número de pessoal ocupado.

$\ln(\text{Produt}_{i,t_0})$: logaritmo da produtividade do trabalho no período inicial. Analisa-se se setores com maiores níveis de produtividade do trabalho apresentam maiores taxas de crescimento da mesma variável. Setores com altos níveis de produtividade do trabalho geralmente são mais intensivos em capital, como, por exemplo, a indústria extrativa mineral. Um valor negativo do coeficiente dessa variável poderia indicar que setores com maiores níveis de produtividade do trabalho possuam retornos marginais decrescentes de capital, enquanto que um sinal positivo

⁸¹ A correlação entre o VBP dos setores deflacionados com índices de preços por produtos e do VA dos setores deflacionados com índices de preços por atividades apresentadas no Capítulo 2 foi acima de 0,92 para todos os anos, mostrando grande semelhança entre as variáveis. Preferiu-se, no entanto, usar os valores de VBP para manter a mesma estrutura e os mesmos índices de preços utilizados nas matrizes de insumo-produto, que é a base para as estimações das matrizes de fluxos tecnológicos.

representaria retornos marginais crescentes de capital. Os modelos de crescimento macroeconômicos neoclássicos geralmente insiram essa variável entre países em uma maneira de mensurar se há convergência no crescimento econômico entre os mesmos, no qual se hipotetiza que países com menores níveis de PIB *per capita* possuem taxas de crescimento maiores do que países com níveis maiores de PIB *per capita*. No caso colocado aqui, testa-se uma espécie de convergência entre a produtividade dos setores de uma mesma economia.

$\Delta \ln(Invest_{it})$: taxa de crescimento em logaritmo do investimento (FBCF) sobre o número de pessoal ocupado;

$\ln(Inov_{it_0})$: conjunto de *proxies* de esforços inovativos baseados em P&D ou em Atividades Inovativas (AI) no período inicial. As variáveis de esforços inovativos buscam testar tanto os efeitos dos gastos em P&D e AI próprios dos setores sobre a sua produtividade, que é a abordagem padrão utilizada na grande maioria dos trabalhos empíricos, quanto os efeitos de P&D e AI incorporados em bens de consumo intermediário (matrizes M e H) e bens de capital (matriz K). São sete variáveis de esforços inovativos para cada tipo (P&D ou AI)⁸²:

1. *P&D ou AI Próprio*: Intensidade do gasto em P&D ou AI $\left(\frac{P\&D\ ou\ AI}{VBP}\right)$;
2. *P&D ou AI Absorvido A*: Intensidade dos gastos em P&D ou AI totais absorvidos (intra e intersetorial) diretamente em bens de consumo intermediário por meio da matriz A de coeficientes técnicos ($\sum_j m_{ij} = \hat{r}\hat{x}^{-1}A$);
3. *P&D ou AI Intersetorial A*: Intensidade dos gastos em P&D ou AI absorvidos de outros setores (intersetorial) diretamente em bens de consumo intermediário por meio da matriz A de coeficientes técnicos ($\sum_j m_{ij} - m_{ij}^0 = \hat{r}\hat{x}^{-1}A^0$);
4. *P&D ou AI Absorvido L*: Intensidade dos gastos em P&D ou AI totais absorvidos (intra e intersetorial) direta e indiretamente em bens de consumo intermediário por meio da matriz L de Leontief ($\sum_j h_{ij} = \hat{r}\hat{x}^{-1}L$);
5. *P&D ou AI Intersetorial L*: Intensidade dos gastos em P&D ou AI absorvidos de outros setores (intersetorial) direta e indiretamente em bens de consumo intermediário por meio da matriz L de Leontief ($\sum_j h_{ij} - h_{ij}^0 = \hat{r}\hat{x}^{-1}L^0$);

⁸² Ver seção 3.2 sobre os detalhes da incorporação dos gastos em P&D ou AI nos fluxos das matrizes de insumo-produto para a construção das matrizes M, H e K.

6. *P&D ou AI Absorvido B*: Intensidade dos gastos em P&D ou AI totais absorvidos (intra e intersetorial) diretamente em bens de capital por meio da matriz B de coeficientes técnicos de investimentos ($\sum_j k_{ij} = \hat{r}\hat{x}^{-1}B$);
7. *P&D ou AI Intersectorial B*: Intensidade dos gastos em P&D ou AI absorvidos de outros setores (intersectorial) diretamente em bens de capital por meio da matriz B de coeficientes técnicos de investimentos ($\sum_j k_{ij} - k_{ij}^0 = \hat{r}\hat{x}^{-1}B^0$).

Como discutido na subseção anterior, toda as variáveis são consideradas endógenas no modelo, com a utilização de suas defasagens como instrumentos. Preferiu-se não inserir a variável dependente defasada entre os regressores para não perder um número maior de observações, no entanto, como é característico dos modelos em painel dinâmico, as suas defasagens também são utilizadas como instrumentos para controlar o viés de endogeneidade. A Tabela 5.1 apresenta os detalhes das variáveis da amostra por meio de algumas estatísticas descritivas: número de observações, média, desvio padrão, valores de mínimo e máximo. Como todas as variáveis se encontram em logaritmo, a maioria dos valores apresentam sinais negativos.

Tabela 5.1 - Estatísticas descritivas das variáveis de interesse da amostra

	Observações	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Δ Produt	175	-0,004	0,0727	-0,1989	0,2189
Produt	175	-2,730	1,2154	-5,2231	0,2434
Δ Invest	175	0,099	0,4429	-1,8330	2,7461
P&D Próprio	117	-5,674	0,9655	-7,8990	-3,4308
P&D Absorvido A	175	-6,941	0,9257	-10,6944	-4,9914
P&D Inter A	175	-7,267	0,8103	-10,6944	-5,9334
P&D Absorvido L	175	-5,659	1,1849	-9,7074	-3,1869
P&D Inter L	175	-6,453	0,7102	-9,7074	-5,3189
P&D Absorvido B	175	-9,039	1,0870	-14,3986	-5,9047
P&D Inter B	175	-9,066	1,0966	-14,3986	-5,9047
AI Próprio	117	-3,820	0,6171	-5,5416	-2,4965
AI Absorvido A	175	-5,370	0,8828	-8,6488	-3,8670
AI Inter A	175	-5,722	0,7724	-8,6488	-4,0457
AI Absorvido L	175	-4,052	1,1841	-7,8654	-2,2077
AI Inter L	175	-4,969	0,6879	-7,8654	-3,5826
AI Absorvido B	175	-7,750	1,0580	-13,2522	-4,9638
AI Inter B	175	-7,783	1,0673	-13,2522	-4,9638

Nota: todas as variáveis estão em logaritmo.

Fonte: elaboração própria.

Já a Tabela 5.2 e a Tabela 5.3 apresentam a correlação, respectivamente, para as variáveis de P&D e para as variáveis de AI. Percebe-se que os vários tipos de variáveis de P&D possuem uma correlação maior com a taxa de crescimento da produtividade do que as variáveis de AI. Como foi apresentado no capítulo anterior, a intensidade dos gastos em atividades inovativas são mais homogêneas entre os setores industriais do que a intensidade dos gastos em P&D, o que impede uma maior diferenciação entre os setores industriais. As variáveis de P&D ou AI Próprio possuem uma correlação muito alta com as variáveis de P&D ou AI Absorvido. Isso decorre devido ao fato de que grande parte dos esforços inovativos absorvidos são realizados dentro dos próprios setores (intra-setorial), diferentemente do que ocorre com as variáveis de P&D ou AI inter-setorial, possuindo uma correlação baixa com estas.

Tabela 5.2 - Correlação entre as variáveis de interesse da amostra, P&D

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Δ Produt	1,000									
2 Produt t_0	0,077	1,000								
3 Δ Investimento	0,264	-0,038	1,000							
4 P&D Próprio	0,181	0,439	-0,100	1,000						
5 P&D Absorvido A	0,104	0,342	-0,120	0,722	1,000					
6 P&D Inter A	0,048	-0,176	-0,153	0,090	0,472	1,000				
7 P&D Absorvido L	0,177	0,455	-0,125	0,973	0,831	0,194	1,000			
8 P&D Inter L	0,010	-0,096	-0,194	0,029	0,417	0,897	0,151	1,000		
9 P&D Absorvido B	0,026	0,050	-0,288	0,013	0,231	0,368	0,093	0,469	1,000	
10 P&D Inter B	0,027	0,048	-0,280	-0,017	0,210	0,370	0,065	0,491	0,985	1,000

Nota: todas as variáveis estão em logaritmo.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 5.3 - Correlação entre as variáveis de interesse da amostra, Atividades Inovativas (AI)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Δ Produt	1,000									
2 Produt t_0	0,077	1,000								
3 Δ Investimento	0,264	-0,038	1,000							
4 AI Próprio	0,014	0,092	-0,294	1,000						
5 AI Absorvido A	-0,066	-0,123	-0,214	0,654	1,000					
6 AI Inter A	-0,040	-0,289	-0,173	0,336	0,769	1,000				
7 AI Absorvido L	0,011	0,071	-0,296	0,972	0,794	0,491	1,000			
8 AI Inter L	-0,037	-0,193	-0,187	0,318	0,752	0,934	0,492	1,000		
9 AI Absorvido B	0,043	0,061	-0,321	-0,051	0,064	0,056	-0,012	0,115	1,000	
10 AI Inter B	0,038	0,056	-0,316	-0,051	0,063	0,062	-0,010	0,139	0,982	1,000

Nota: todas as variáveis estão em logaritmo.

Fonte: elaboração própria.

As correlações apresentadas, no entanto, não levam em consideração os efeitos causais das variáveis, os problemas de endogeneidade, e não consideram todas as correlações ou efeitos cruzados entre as mesmas e os controles de demais fatores. A próxima seção busca apresentar essas nuances por meio de uma análise do modelo especificado pela equação 52, estimado pela metodologia de painel dinâmico GMM.

5.2 Análise dos Resultados

Como apresentado na seção anterior, a análise dos impactos dos fluxos tecnológicos sobre a produtividade é abordada por meio de uma amostra de setores que possuem dados de P&D e AI próprios e pela amostra total de setores da economia. A Tabela 5.4 apresenta os resultados das estimações econométricas de painel dinâmico GMM *system* sobre a relação entre as variáveis de P&D e taxa de crescimento da produtividade do trabalho para a amostra de setores que possuem dados de P&D próprio. Estimou-se um total de doze modelos: um para cada uma das sete variáveis de P&D de interesse, e cinco modelos com as variáveis de P&D próprio e P&D intersetorial em conjunto. Dada a alta correlação entre P&D próprio e P&D absorvido total, modelos estimados com esses dois tipos de variáveis foram descartados devido a um provável problema de multicolinearidade. Na parte inferior da tabela são apresentados os p-valores dos testes de autocorrelação AR (2), e de validade dos instrumentos (Teste de Hansen e Teste de diferença de Hansen). Para todos os modelos, os p-valores foram altos acima de 10%, portanto, aceita-se a hipótese nula de ausência de correlação serial de segunda ordem, confirmando a consistência das estimações; e aceita-se a hipótese nula de que o conjunto dos instrumentos são válidos e não correlacionados com o termo de erro, eliminando-se o viés de endogeneidade. O teste de diferença de Hansen ainda indica que o método GMM *system* é mais adequado do que o método GMM *difference*. Dessa maneira, as estimações por este último método não foram reportadas.

Tabela 5.4 - Estimacões painel dinâmico GMM *system*, Amostra setores com dados de P&D – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Product_{t0}	-0,015 (0,016)	-0,040** (0,014)	-0,004 (0,016)	-0,030** (0,011)	-0,016 (0,017)	-0,024 (0,018)	-0,025 (0,018)	-0,005 (0,016)	-0,001 (0,016)	-0,007 (0,018)	-0,014 (0,012)	-0,038 (0,026)
Δ Invest	0,056*** (0,011)	0,060*** (0,013)	0,071*** (0,015)	0,070*** (0,014)	0,075*** (0,015)	0,080*** (0,017)	0,080*** (0,017)	0,069*** (0,010)	0,077*** (0,011)	0,094*** (0,013)	0,077*** (0,074)	0,081*** (0,011)
P&D_{t0}												
Próprio	0,057*** (0,015)							0,054*** (0,013)	0,051*** (0,013)	0,053*** (0,014)	0,061*** (0,013)	0,052*** (0,011)
Abs A		0,091*** (0,023)										
Inter A			0,074*** (0,020)					0,055** (0,021)			0,024 (0,015)	
Abs L				0,104*** (0,019)								
Inter L					0,062** (0,023)				0,077*** (0,022)			0,061** (0,026)
Abs B						0,034*** (0,010)						
Inter B							0,031*** (0,010)			0,044*** (0,010)	0,024*** (0,008)	0,015** (0,008)
AR (2)	0,913	0,166	0,169	0,196	0,155	0,513	0,550	0,413	0,352	0,431	0,424	0,571
Hansen	0,119	0,246	0,295	0,397	0,318	0,173	0,166	0,319	0,392	0,553	0,472	0,366
Dif Hansen	0,930	0,156	0,568	0,236	0,452	0,116	0,062	0,423	0,524	0,208	0,278	0,198
Nº inst.	19	19	19	19	19	19	19	21	21	21	26	26
Nº obs.	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
Nº setores	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

Nota: Os símbolos *, ** e *** indicam p-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos em parênteses. São reportados os p-valores das estatísticas de teste AR (2), Teste de Hansen e Teste de diferença de Hansen para os instrumentos GMM em nível. Variáveis dependente e explicativas se encontram em logaritmos (ln). *Dummies* temporais e constante foram estimadas nos modelos e não estão reportadas. Os modelos estimados foram realizados a partir do comando “*xtabond2*” do *software* Stata 14, desenvolvido por Roodman (2009), e controlam para o excesso de instrumentos (comandos “*laglimits*” ou “*collapse*”), possuem ajustes para amostras pequenas (comando “*small*”) e desvios ortogonais (comando “*orthogonal*”). Estimacão GMM *system* em dois estágios. Fonte: elaboracão própria.

Antes da análise das variáveis de P&D, as estimações mostraram para todos os modelos um sinal negativo para a variável de produtividade inicial, ou seja, que em média os setores com os menores níveis de produtividade apresentaram uma maior variação da produtividade do trabalho. Este tipo de resultado poderia indicar algum grau de convergência da produtividade entre os setores por meio da hipótese de retornos marginais decrescentes de capital. Isso significaria que os setores com os maiores níveis de produtividade do trabalho, geralmente àqueles com uma alta intensidade de capital (ex.: indústria extrativa), tendem a crescer a sua produtividade do trabalho em uma intensidade menor do que os setores com uma baixa intensidade de capital (ex.: *commodities* agroindustriais, indústria tradicional e algumas indústrias inovativas). No entanto, essa variável foi estatisticamente significativa apenas para os modelos 2 e 4, além de possuírem valores muito baixos de seus coeficientes. Dessa maneira, não se pode verificar uma relação causal entre o nível e a taxa de crescimento da produtividade do trabalho para o período de análise.

Já a taxa de crescimento do investimento por trabalhador possui um efeito positivo e estatisticamente significativo à 1% com a produtividade do trabalho para todos os modelos. A taxa de retorno dos investimentos sobre a produtividade girou em torno 5,6% a 9,4% em média dependendo da especificação do modelo. Este resultado era esperado, dada a importância dos investimentos para a produtividade e o crescimento econômico. Alguns setores industriais que apresentaram taxas mais elevadas de investimento nesse período de análise, como a indústria extrativa e a indústria de celulose e papel, destacaram-se justamente por apresentarem taxas de produtividade do trabalho maiores em comparação aos outros setores.

Com relação às variáveis de interesse de P&D e P&D incorporado, verifica-se que, com exceção da variável “P&D intersetorial A” no modelo 11, as mesmas apresentaram sinais positivos e estatisticamente significativos para todos os modelos (a grande maioria a 1%). A Tabela 5.4 mostra ainda que, em média, para os modelos estimados separadamente, o retorno das variáveis de P&D incorporado em bens de consumo intermediário de outros setores sobre a produtividade foram maiores do que o retorno do P&D próprio. Enquanto o coeficiente de P&D próprio apresentou um valor de 5,7%, os coeficientes de P&D intersetorial A e intersetorial L apresentaram, respectivamente, valores de 7,4% e 6,2%. Como esperado, os coeficientes de P&D total absorvidos A e L apresentaram retornos ainda maiores (9,1% e 10,4%, respectivamente), já que os mesmos levam em consideração não apenas o P&D intersetorial, como também o P&D incorporado intrasetorial. As estimações não mostraram uma distinção muito clara das variáveis de P&D

incorporado por meio das matrizes de coeficientes técnicos diretos A e diretos e indiretos L, no qual ambas apresentaram valores similares de seus coeficientes.

As variáveis de P&D incorporado nos bens de capital também apresentaram retornos positivos e estatisticamente significativos a 1% sobre a produtividade. No entanto, os valores dos coeficientes foram menores do que as outras variáveis de P&D. Inicialmente, esperava-se que o P&D incorporado em bens de capital fossem ainda mais importantes para o crescimento da produtividade do que o P&D incorporado em bens de consumo. Isso pode ser explicado pelo o que foi apresentado no capítulo anterior. As transferências de capital estão restritas a poucos setores, principalmente máquinas e equipamentos, que no Brasil investem proporcionalmente menos em P&D do que setores chaves do ponto de vista das transferências de insumos de produção, como a indústria química e de refino de petróleo. Como foi visto nas análises de rede do capítulo anterior, a indústria química parece ter um papel importante nos fluxos tecnológicos da economia brasileira, o que deve ter influenciado nos valores em média mais altos dos coeficientes para bens de consumo.

Para os modelos em que a variável de P&D próprio foi estimada em conjunto com um tipo de P&D intersetorial (modelos 8, 9 e 10), verifica-se que os valores dos coeficientes se mantiveram mais ou menos iguais para todas as variáveis. Pôde-se perceber um coeficiente um pouco menor para o P&D intersetorial A, mas um pouco maiores para o P&D intersetorial L e B. Já os modelos 11 e 12, que inserem dois tipos de P&D intersetorial, mostraram-se menos adequados, já que o P&D intersetorial A perde sua significância estatística, enquanto que os coeficientes das outras variáveis diminuem seus valores. Esses últimos resultados podem indicar problemas de colinearidade entre as variáveis explicativas de P&D intersetorial. Nessas especificações, porém, persiste-se um impacto do P&D intersetorial L sobre a produtividade do trabalho maior do que o P&D próprio, dando maior destaque aos fluxos tecnológicos incorporados direta e indiretamente.

Os resultados da Tabela 5.4 indicam os impactos dos fluxos tecnológicos para os setores que em tese investem ou são mais representativos em P&D, compreendendo toda a indústria (menos construção) e os serviços mais intensivos em conhecimento. Por outro lado, a Tabela 5.5 apresenta os resultados das estimações econométricas de painel dinâmico GMM *system* sobre a relação entre as variáveis de P&D e taxa de crescimento da produtividade do trabalho para a amostra total da economia. Neste caso, são acrescentados a agropecuária, a construção civil e, principalmente, os demais serviços. Como não há dados de P&D próprio desses setores, a mesma é descartada da estimação. Na parte inferior da tabela, apresenta-se os testes de autocorrelação e

de validade dos instrumentos. Mais uma vez, todos os modelos apresentaram p-valores acima de 10% para estes testes, o que valida a consistência e o conjunto de instrumentos utilizados.

Tabela 5.5 - Estimções painel dinâmico GMM *system*, Amostra total – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Produt_{t0}	0,013 (0,012)	0,011 (0,008)	0,010 (0,009)	0,003 (0,007)	0,022*** (0,003)	0,024*** (0,004)	0,005 (0,007)	0,007 (0,005)
Δ Invest	0,052*** (0,006)	0,052*** (0,007)	0,047*** (0,004)	0,049*** (0,007)	0,049*** (0,005)	0,050*** (0,005)	0,039*** (0,004)	0,042*** (0,004)
P&D_{t0}								
Abs A	0,021** (0,008)							
Inter A		0,030*** (0,009)					0,015*** (0,003)	
Abs L			0,009** (0,004)					
Inter L				0,023** (0,010)				0,006 (0,005)
Abs B					0,011*** (0,003)			
Inter B						0,012*** (0,003)	0,002 (0,003)	0,005** (0,002)
AR (2)	0,914	0,949	0,550	0,853	0,938	0,956	0,903	0,820
Hansen	0,200	0,269	0,387	0,176	0,356	0,358	0,663	0,148
Dif Hansen	0,634	0,663	0,627	0,484	0,678	0,676	0,849	0,228
Nº inst.	25	25	25	25	33	33	41	41
Nº obs.	175	175	175	175	175	175	175	175
Nº setores	35	35	35	35	35	35	35	35

Nota: Os símbolos *, ** e *** indicam p-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos em parênteses. São reportados os p-valores das estatísticas de teste AR (2), Teste de Hansen e Teste de diferença de Hansen para os instrumentos GMM em nível. Variáveis dependente e explicativas se encontram em logaritmos (ln). *Dummies* temporais e constante foram estimadas nos modelos e não estão reportadas. Os modelos estimados foram realizados a partir do comando “*xtabond2*” do *software* Stata 14, desenvolvido por Roodman (2009), e controlam para o excesso de instrumentos (comandos “*laglimits*” ou “*collapse*”), possuem ajustes para amostras pequenas (comando “*small*”) e desvios ortogonais (comando “*orthogonal*”). Estimção GMM *system* em dois estágios. Fonte: elaboração própria.

A Tabela 5.5 mostra que, no geral, as variáveis de P&D incorporado apresentaram uma relação positiva e estatisticamente significativa com a produtividade do trabalho. Nos modelos 7 e 8, no qual são inseridos mais de um tipo de P&D intersetorial, elimina-se a significância estatística de algum deste, muito provavelmente devido ao problema de colinearidade. No entanto, numa comparação com os resultados da Tabela 5.4, a Tabela 5.5 mostra que todos os coeficientes apresentaram valores menores, ou seja, os fluxos tecnológicos, em média, impactam positivamente

a produtividade de todos os setores da economia, mas numa intensidade menor do que nos setores industriais e nos serviços mais intensivos em conhecimento.

Esse resultado era esperado, pois dos dez setores acrescentados na análise, oito pertencem a serviços que em sua maioria são voltados para a demanda final. Verificou-se nas análises de redes do capítulo anterior que a maioria dos serviços possuem relações menos intensas de interdependência tecnológica setorial, logo, a incorporação desses setores faz com que a relação estatística entre fluxos tecnológicos e produtividade seja menor do que entre os setores industriais. Para realçar este resultado, fez-se um teste dessas mesmas estimações com a amostra dos setores que possuem dados de gastos em P&D próprio acrescentando apenas a agropecuária e a construção civil (ver Tabela A 25, no Anexo). Chegou-se a resultados muito semelhantes aos da Tabela 5.4, já que a agropecuária e a construção civil são setores bastante dependentes de tecnologia incorporada nos produtos que consome. Isso indica que de fato é a incorporação de serviços voltados para a demanda final que diminui os valores dos coeficientes apresentados na Tabela 5.5.

Analisando-se de maneira geral os fluxos de P&D incorporado na Tabela 5.4 e na Tabela 5.5, os resultados foram esperados: não só o P&D próprio dos setores industriais são importantes para explicar uma maior taxa de crescimento da produtividade do trabalho, como também os fluxos tecnológicos são relevantes para o aumento da produtividade dos setores de toda a economia. Se o P&D intersetorial é mais importante do que o P&D próprio é uma questão mais delicada, já que os valores dos coeficientes foram relativamente próximos entre as distintas variáveis de P&D. Pelos resultados dos modelos estimados, parece que os fluxos tecnológicos intersetoriais baseados em P&D de bens de consumo têm um peso maior para o crescimento da produtividade no Brasil do que os fluxos intersetoriais de capital.

Esses resultados foram semelhantes às pesquisas que estimaram fluxos tecnológicos e produtividade, apesar das significativas diferenças de métodos de estimação. Dentre os trabalhos mais relevantes que abordaram esse assunto, Verspagen (1997a), para países europeus, e Los e Verspagen (2000), Scherer (2003) e Wolff (2012), para os EUA, também encontraram valores positivos e estatisticamente significativos para P&D próprio e P&D intersetorial, no qual todos verificaram que o P&D incorporado em bens de consumo possuem coeficientes maiores do que o P&D próprio. Wolff (2012) e Scherer (2003), que também estimaram matrizes de investimentos, no entanto, verificaram um valor do coeficiente de P&D incorporado nos bens de capital maior do que o P&D incorporado nos bens de consumo. Isso pode indicar a maior intensidade tecnológica

dos setores fornecedores de bens de capital dos EUA e sua maior capacidade de impactar a produtividade de outras indústrias em comparação ao Brasil. Outro ponto importante é que os fluxos tecnológicos internacionais não são analisados neste estudo, devendo-se chamar atenção que parte importante dos bens de capital adquiridos pelas empresas brasileiras são importados.

Ao contrário da maioria dos estudos sobre fluxos tecnológicos, estima-se também uma *proxy* mais ampla de inovação: gastos totais em atividades inovativas (AI). A Tabela 5.6 apresenta esses resultados também por meio do método de estimação GMM *system* para a amostra de setores que possuem dados de P&D próprio. Como nas tabelas anteriores, apresentam-se os testes de autocorrelação e de validade dos instrumentos, que foram satisfatórios. Assim como nas estimações com o uso de P&D, a variável de produtividade do trabalho no período inicial foi estatisticamente significativa em poucos modelos nas estimações com o uso de AI, embora agora ela apareça com o sinal positivo em metade destes, inclusive nos que foram significativos estatisticamente. Dessa maneira, mais uma vez a influência de setores com níveis maiores de produtividade do trabalho sobre a variação desta é imprecisa, parecendo não haver uma relação estatística consistente dessa relação. Por outro lado, confirma-se o impacto positivo e estatisticamente significativo a 1% da taxa de crescimento dos investimentos sobre a produtividade, apresentando valores de coeficientes mais ou menos semelhantes com as regressões da Tabela 5.4.

Com relação às variáveis de interesse de AI próprio e AI incorporado nos bens de consumo e de capital da Tabela 5.6, os resultados apresentaram diferenças significativas em comparação com as variáveis de P&D da Tabela 5.4. Primeiramente, apesar de todas as variáveis apresentarem sinais positivos, o gasto em AI próprio não apresentou um efeito estatisticamente significativo nos modelos estimados, bem como os valores dos coeficientes foram muito baixos. Esperava-se que estes resultados fossem estatisticamente significativos, embora a maior homogeneidade desses dados entre os setores industriais discutido no capítulo anterior já indicassem que isso poderia não ocorrer. Como foi visto na Tabela 4.5 e na Tabela 4.6 para dados de 2011, o valor dos gastos em AI sobre o VBP dos distintos grupos setoriais são muito próximos, ao contrário do que ocorre com o valor dos gastos em P&D sobre o VBP (Tabela 4.2 e Tabela 4.3). Essa menor variabilidade dos dados de AI não conseguiu diferenciar os setores quanto aos possíveis impactos sobre o crescimento da produtividade. Neste caso, as variáveis de P&D próprio, ou seja, níveis mais complexos de esforços inovativos, são mais precisas para explicar um melhor desempenho produtivo.

Tabela 5.6 - Estimacões painel dinâmico GMM *system* – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho - AI

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Product_{t0}	-0,015 (0,009)	-0,002 (0,005)	0,028*** (0,008)	-0,016 (0,011)	0,041*** (0,008)	-0,006 (0,013)	-0,004 (0,013)	0,030 (0,020)	0,033* (0,018)	0,024 (0,022)	0,030 (0,020)	0,037* (0,026)
Δ Invest	0,050*** (0,008)	0,052*** (0,006)	0,066*** (0,008)	0,053*** (0,007)	0,069*** (0,007)	0,095*** (0,007)	0,093*** (0,008)	0,063*** (0,015)	0,068*** (0,015)	0,011*** (0,017)	0,090*** (0,015)	0,087*** (0,015)
AI_{t0}												
Próprio	0,002 (0,010)							0,007 (0,016)	0,007 (0,016)	0,026 (0,023)	0,004 (0,016)	0,003 (0,016)
Abs A		0,003 (0,010)										
Inter A			0,016*** (0,005)					0,033 (0,026)			0,024 (0,020)	
Abs L				0,013 (0,012)								
Inter L					0,028*** (0,006)				0,077** (0,034)			0,020 (0,027)
Abs B						0,051*** (0,008)						
Inter B							0,045*** (0,008)			0,052*** (0,010)	0,055*** (0,008)	0,052*** (0,008)
AR (2)	0,955	0,777	0,512	0,585	0,602	0,293	0,364	0,820	0,675	0,468	0,675	0,571
Hansen	0,224	0,241	0,284	0,274	0,295	0,379	0,452	0,148	0,201	0,405	0,341	0,366
Dif Hansen	0,674	0,454	0,212	0,573	0,463	0,790	0,811	0,228	0,215	0,796	0,220	0,198
Nº inst.	25	25	25	25	25	25	25	21	21	21	26	26
Nº obs.	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
Nº setores	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

Nota: Os símbolos *, ** e *** indicam p-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos em parênteses. São reportados os p-valores das estatísticas de teste AR (2), Teste de Hansen e Teste de diferença de Hansen para os instrumentos GMM em nível. Variáveis dependente e explicativas se encontram em logaritmos (ln). *Dummies* temporais e constante foram estimadas nos modelos e não estão reportadas. Os modelos estimados foram realizados a partir do comando “*xtabond2*” do *software* Stata 14, desenvolvido por Roodman (2009), e controlam para o excesso de instrumentos (comandos “*laglimits*” ou “*collapse*”), possuem ajustes para amostras pequenas (comando “*small*”) e desvios ortogonais (comando “*orthogonal*”). Estimacão GMM *system* em dois estágios. Fonte: elaboracão própria.

O mesmo ocorreu com as variáveis de AI absorvido A e L, ou seja, sobre as atividades inovativas totais incorporadas nos bens de consumo intermediário. Como a correlação dessas variáveis com o AI próprio é alta, no qual a maior parte de seu componente é intrasetorial, deve ter ocorrido o mesmo indicativo de baixa variabilidade entre os setores. No entanto, um resultado diferente surge sobre as variáveis de AI intersetorial A, L e B, no qual as mesmas apresentaram uma influência estatisticamente significativa com a taxa de crescimento da produtividade. Esse resultado é ainda maior por meio das atividades inovativas incorporadas nos bens de capital (AI inter B), que apresentou uma taxa de retorno de 4,5% quando estimada de forma isolada e de 5,2% quando estima em conjunto com a variável de AI próprio (modelo 10). A variável AI absorvido B também foi estatisticamente significativo a 1% com um valor do coeficiente de 5,1%. Os modelos 11 e 12, que inserem mais de uma variável de AI intersetorial, mostram que o coeficiente de AI incorporado nos bens de capital continua alto e estatisticamente significativo, embora os coeficientes das variáveis de AI intersetorial A e L passam a perder suas significâncias estatísticas.

A importância dos fluxos de atividades inovativas incorporadas nos investimentos para o crescimento da produtividade do trabalho também é verificada para a amostra com todos os setores da economia. A Tabela 5.7 apresenta esses resultados das estimações econométricas de painel dinâmico GMM *system*. Assim como ocorreu com os dados de P&D, percebe-se que os valores dos coeficientes também diminuíram para todas as variáveis ao incorporar os setores que não possuem dados de AI próprio, notadamente os serviços. Ademais, os únicos fluxos que apresentaram uma relação estatisticamente significativa com a produtividade foram os de atividades inovativas incorporadas nos bens de capital.

Ao contrário dos resultados dos gastos em P&D, os gastos em AI apresentaram efeitos estatisticamente significativos apenas para os fluxos tecnológicos para os setores industriais e nos fluxos de investimentos para toda economia. Nestes casos, fica mais claro o maior peso da tecnologia incorporada de outros setores do que os esforços inovativos próprios quando se considera níveis menos complexos de esforços inovativos, principalmente quando se considera os investimentos. Como apresentado nas redes de fluxos tecnológicos no capítulo anterior, as transferências de AI incorporado nos bens de consumo intermediário ganham uma maior participação de setores de *commodities* industriais (aço, metais, etc.), que apresentaram proporcionalmente elevados gasto em AI. Já a influência dos gastos em AI incorporadas nos investimentos sobre a produtividade mostra que os setores fornecedores de bens de capital no Brasil

são marcados por esforços inovativos menos complexos, mas ainda relevantes para explicar o aumento da produtividade de outros setores. De qualquer forma, esses mesmos dados com o uso da *proxy* de P&D também foram positivos e estatisticamente significativos, mostrando a importância dos fluxos tecnológicos para o crescimento da produtividade na economia brasileira.

Tabela 5.7 - Estimções painel dinâmico GMM *system*, Amostra total – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Produt_{t0}	0,011 (0,010)	0,017 (0,011)	0,000 (0,012)	0,007 (0,011)	0,026*** (0,005)	0,028*** (0,005)	0,017*** (0,005)	0,015*** (0,004)
Δ Invest	0,047*** (0,007)	0,049*** (0,007)	0,044*** (0,004)	0,046*** (0,007)	0,050*** (0,005)	0,050*** (0,005)	0,047*** (0,004)	0,047*** (0,003)
P&D_{t0}								
Abs A	0,008 (0,009)							
Inter A		0,012 (0,011)					0,003 (0,003)	
Abs L			0,002 (0,004)					
Inter L				0,003 (0,010)				0,003 (0,004)
Abs B					0,012*** (0,003)			
Inter B						0,013*** (0,003)	0,008** (0,003)	0,010*** (0,003)
AR (2)	0,654	0,912	0,435	0,760	0,865	0,941	0,890	0,887
Hansen	0,129	0,132	0,294	0,071	0,293	0,300	0,723	0,733
Dif Hansen	0,451	0,345	0,587	0,180	0,599	0,598	0,822	0,825
Nº inst.	25	25	25	25	33	33	41	41
Nº obs.	175	175	175	175	175	175	175	175
Nº setores	35	35	35	35	35	35	35	35

Nota: Os símbolos *, ** e *** indicam p-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos em parênteses. São reportados os p-valores das estatísticas de teste AR (2), Teste de Hansen e Teste de diferença de Hansen para os instrumentos GMM em nível. Variáveis dependente e explicativas se encontram em logaritmos (ln). *Dummies* temporais e constante foram estimadas nos modelos e não estão reportadas. Os modelos estimados foram realizados a partir do comando “*xtabond2*” do *software* Stata 14, desenvolvido por Roodman (2009), e controlam para o excesso de instrumentos (comandos “*laglimits*” ou “*collapse*”), possuem ajustes para amostras pequenas (comando “*small*”) e desvios ortogonais (comando “*orthogonal*”). Estimção GMM *system* em dois estágios. Fonte: elaboração própria.

5.3 Considerações finais

Este capítulo teve como objetivo principal analisar o impacto dos fluxos tecnológicos intersetoriais sobre a produtividade setorial no Brasil. A hipótese teórica levantada é de que boa

parte do crescimento da produtividade deve ser explicada pelos gastos de P&D ou outras atividades inovativas incorporadas nos bens de consumo intermediário e de capital adquiridos pelos setores. Como discutido no Capítulo 1, alguns estudos empíricos mostraram uma relação inconsistente entre inovação de processo e produtividade. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de a maioria das inovações de processos serem produtos novos ou melhorados fornecidos por setores fornecedores. Dessa maneira, este capítulo analisou não apenas o efeito de gastos em P&D e outras atividades inovativas de um setor sobre o crescimento de sua produtividade, como também o efeito dos gastos em P&D e outras atividades inovativas incorporados nos produtos adquiridos de outros setores. Esse tipo de questão se torna relevante para a economia brasileira diante do fraco crescimento da produtividade do trabalho para o setor industrial, no qual deve-se chamar atenção para a importância das relações intersetoriais.

Para isso foram estimados modelos econométricos em painel dinâmico por meio do método *GMM system*. Este método, ao contrário dos modelos de painel estático, possui a vantagem de trabalhar com variáveis endógenas, como é o caso da relação entre inovação e produtividade, ao implementar valores defasados das mesmas como instrumentos. Por meio de testes estatísticos, os resultados apresentaram estimativas consistentes, eliminando-se o viés de endogeneidade.

De maneira geral, a hipótese de que os fluxos tecnológicos impactam o crescimento da produtividade do trabalho se confirmou. Tanto para as variáveis de P&D intersetorial, quanto para as variáveis de AI intersetorial, os coeficientes das estimações apresentaram sinais positivos e foram estatisticamente significativos. Para as variáveis de P&D, os fluxos tecnológicos incorporados nos bens de consumo apresentaram valores um pouco superiores aos fluxos tecnológicos incorporados nos bens de capital, enquanto para as variáveis de AI ocorreu o inverso. Isso pode ser explicado pela estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira abordada com mais detalhes no capítulo anterior. Verificou-se, por exemplo, que alguns setores chaves de transferência tecnológica de bens de consumo no Brasil, como a indústria química e de refino de petróleo, investem proporcionalmente muito em P&D e possuem muitas ligações a jusante.

Já as transferências de capital estão restritas a poucos setores da economia, principalmente ao setor de máquinas e equipamentos, que, aparentemente, possui ainda mais impactos sobre a produtividade de outros setores quando considerado fluxos menos complexos de esforços inovativos (AI). Isso pode indicar a princípio uma indústria de bens de capital brasileira com um

enfoque maior em níveis menos complexos de esforços inovativos quando comparado a outros setores. O maior impacto do P&D incorporado nos bens de capital em comparação aos bens de consumo no crescimento da produtividade em outros setores nos trabalhos de Scherer (2003) e Wolff (2012) para os EUA também poderia indicar isso, já que notoriamente a indústria norte-americana de bens de capital possui capacidades tecnológicas maiores do que a economia brasileira. Neste caso, níveis menos complexos de esforços inovativos, mais comuns em países em desenvolvimento como o Brasil, parecem ter um papel importante na questão dos fluxos tecnológicos. De qualquer forma, os valores dos coeficientes de P&D e AI intersetorial sob os investimentos foram similares, positivos e estatisticamente significativos nos modelos estimados, mostrando a importância de ambos para o crescimento da produtividade de outros setores.

Os resultados também mostraram que no geral os fluxos tecnológicos são até mais importantes do que os esforços tecnológicos próprios para explicar o crescimento da produtividade dos setores industriais. Esse resultado é um pouco mais ambíguo para os dados de P&D, no qual pode-se verificar um efeito maior das variáveis de P&D incorporado nos bens de consumo quando se compara com os efeitos do P&D próprio, mas um efeito menor nos bens de capital quando se compara com esta. Já para os dados de AI, a influência dos fluxos é muito mais importante, pois os gastos em atividades inovativas próprias não mostraram relações estatisticamente significativas com a taxa de crescimento da produtividade. Isso pode ser explicado pela baixa variabilidade entre os setores para esta variável.

Como os poucos estudos empíricos sobre o tema utilizaram dados de P&D ou dados de patentes, uma comparação com dados em níveis menos complexos de esforços inovativos como os gastos em AI não é possível. Na comparação com dados de P&D, o presente trabalho para dados setoriais da economia brasileira apresentou resultados semelhantes com os dados de outros países, confirmando a importância dos fluxos tecnológicos para o crescimento da produtividade setorial. Isso pode explicar os resultados inconsistentes da fraca relação entre inovação de processo e produtividade nos trabalhos em nível da empresa discutidos no Capítulo 1. No entanto, trabalhos empíricos sobre fluxos tecnológicos também em nível da empresa deveriam ser testados para confirmar com mais precisão esse resultado, o que requer uma base de dados mais complexa e não disponível pelo menos para empresas brasileiras.

CONCLUSÃO

Nesta tese, analisou-se a interdependência tecnológica setorial e o impacto dos fluxos tecnológicos intersetoriais sobre a produtividade no Brasil durante o período de 2000 a 2014. Para isso, utilizou-se a abordagem metodológica de insumo-produto na construção de matrizes de fluxos tecnológicos entre os setores da economia. Essas matrizes incorporaram dados de gastos em P&D e atividades inovativas como estimativas de esforços inovativos incorporados na aquisição de bens de consumo intermediário e bens de capital dos setores econômicos. Especificamente, objetivou-se responder três perguntas de pesquisa: i) Qual é a estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira? ii) Quais seriam os setores-chaves do ponto de vista da tecnologia para a economia brasileira? iii) Qual é o impacto do fluxo intersetorial de tecnologia sobre a produtividade setorial no Brasil? Os principais resultados referentes à estas perguntas são ressaltadas a seguir.

No que se refere à primeira pergunta, as análises de redes apresentadas no Capítulo 4 mostraram que a estrutura de interdependência tecnológica setorial da economia brasileira entre 2000 e 2014 apresentou certa estabilidade ao longo do tempo. Isso ocorreu por dois motivos principais. Primeiro, os dados de intensidade dos gastos em P&D e atividades inovativas cresceram pouco durante o período para a maioria dos setores. Segundo, os dados dos fluxos comerciais apresentados nas matrizes de insumo-produto se mantiveram estáveis, o que sugere baixa mudança estrutural da economia brasileira nos anos 2000. A característica de relativa estabilidade estrutural na economia brasileira também foi evidenciada no Capítulo 2. Destacou-se uma perda da produção industrial diante de um aumento do valor adicionado dos serviços, principalmente após a crise financeira de 2008, no entanto, sem uma perda na composição das ocupações industriais pelo menos até 2014. Constatou-se também que o fraco desempenho da produtividade agregada da economia brasileira se deu menos por um fator de mudança estrutural, ou seja, de uma diminuição da participação de setores industriais de maior intensidade tecnológica na economia (desindustrialização), e mais por uma questão da própria perda da eficiência produtiva do setor industrial brasileiro (menor crescimento da produtividade).

Dessa maneira, o baixo crescimento da intensidade dos gastos em P&D e atividades inovativas de toda a economia não permitiram um aumento da densidade ou complexidade da rede de fluxos tecnológicos no Brasil. Este resultado contrasta com os esforços de políticas industriais

e de inovação lançados na economia brasileira entre 2004 e 2014 em programas como a PITCE, PDP e Plano Brasil Maior, que representaram um aumento no financiamento público e incentivos fiscais para inovação. Não é do escopo desta tese a análise do impacto desses planos, que também são afetados por outros fatores como políticas macroeconômicas restritivas e a crise financeira de 2008, mas os mesmos não foram suficientes para aumentar de forma consistente a densidade ou a complexidade da rede de fluxos tecnológicos no Brasil.

No que se refere à segunda pergunta sobre os setores-chaves, as análises apresentadas no Capítulo 4 identificaram que os setores menos intensivos em tecnologia, principalmente a indústria tradicional, os setores que compõem as *commodities* agroindustriais e a agropecuária absorveram proporcionalmente mais tecnologia incorporada na compra de bens intermediários e de capital de outros setores do que as indústrias intensivas em tecnologia, os serviços de informação e comunicação e os setores que compõem as *commodities* industriais. No geral, isso ocorreu porque, além destes últimos possuírem maiores gastos em esforços inovativos, também transbordaram mais tecnologia incorporada na venda de seus produtos por possuírem maiores encadeamentos produtivos a jusante, fornecendo principalmente para os primeiros grupos setoriais citados.

O resultado descrito no parágrafo anterior se refere mais a características setoriais gerais do que propriamente um perfil da economia brasileira, já que estudos empíricos de outros países que levaram em consideração os fluxos tecnológicos também chegaram a conclusões semelhantes (e.g. SCHERER, 1982; PAVITT, 1984, DREJER, 1999). Mesmo que a construção de taxonomias não tenha sido o objetivo de estudo, os resultados apresentaram semelhanças não só com os trabalhos de fluxos tecnológicos baseados em matrizes de insumo-produto, como também trabalhos mais amplos de padrões de inovação baseados em Pavitt (1984). Como grande parte destes trabalhos também focam nas relações intersetoriais, as semelhanças de resultados poderiam ser esperadas. No entanto, o uso de metodologias totalmente distintas indica que a construção de matrizes de fluxos tecnológicos por meio de matrizes de insumo-produto chega a resultados satisfatórios, representando bem o “sistema tecnológico” de uma economia.

Do ponto de vista da transferência de esforços inovativos incorporados em bens intermediários na economia brasileira, a indústria química se destacou como um setor-chave diante do elevado número de ligações tecnológicas mais intensas a jusante com outros setores. Verificou-se, porém, uma perda relativa dos impactos do setor de máquinas e equipamentos no que se refere aos fluxos de bens intermediários ao longo do tempo. Isso se deve ao menor crescimento dos gastos

de P&D e AI deste setor na economia brasileira nos períodos mais recentes em comparação com outros setores, o que pode indicar uma perda de competitividade deste setor no Brasil. Por outro lado, a importância do setor de máquinas e equipamentos é mais relevante nas transferências tecnológicas incorporadas nos investimentos, que foram dominadas por este setor e se mantiveram estáveis ao longo do tempo.

Do ponto de vista da absorção de esforços inovativos incorporados em bens intermediários da economia brasileira, as indústrias de automóveis, autopeças, construção civil e M&E elétricos se destacaram como setores-chaves. Além desses setores possuírem um número maior de ligações mais intensas a montante, também aparentaram possuir maiores efeitos de *spillovers* tecnológicos, já que suas relações intersetoriais demandam tecnologia incorporada de uma gama maior de outros setores. Identificou-se também setores que absorveram tecnologia incorporada nos investimentos de forma contínua e mais intensa, como a agropecuária, a indústria de celulose e papel e a construção civil. Setores estes que possuíram um alto crescimento nos anos 2000 na economia brasileira.

No que se refere à terceira pergunta quanto a relação entre inovação e produtividade, as estimativas econométricas apresentadas no Capítulo 5 mostraram que no geral os fluxos tecnológicos são até mais importantes do que os esforços tecnológicos próprios para explicar o crescimento da produtividade setorial. Para os fluxos tecnológicos baseados nos investimentos, os gastos em AI foram ainda mais importantes do que os gastos em P&D, o que indica a presença de esforços inovativos menos complexos da indústria brasileira de máquinas e equipamentos. Apesar das estimações estarem em nível setorial, os resultados podem ajudar a esclarecer as baixas evidências em nível da firma de outros estudos sobre a relação entre inovação de processo e produtividade, já que os fluxos tecnológicos podem representar uma mensuração mais precisa do que seria inovação de processo. Neste caso, a inovação de produto de um setor se transforma em inovação de processo de outro setor, o que estabelece as relações entre produtores e usuários como um importante processo de criação e difusão de inovações e conseqüente crescimento da produtividade.

Conclui-se, assim, que não só as estimações confirmaram a importância dos fluxos tecnológicos para o crescimento da produtividade, como as análises descritivas, de multiplicadores e de redes já indicavam um padrão setorial de inovação claro entre setores produtores e usuários. Neste aspecto, setores de menor intensidade tecnológica são claramente dependentes

tecnologicamente de setores de maior intensidade tecnológica. Dessa maneira, mesmo que os setores industriais no Brasil tenham apresentado taxas negativas de crescimento da produtividade e tenham contribuído pouco ou negativamente para a produtividade agregada, os seus fluxos tecnológicos foram importantes para explicar o crescimento da produtividade de outros setores na economia brasileira. Logo, boa parte do crescimento da produtividade da agropecuária e da indústria extrativa mineral no Brasil nos últimos anos se devem a transferências tecnológicas dos setores industriais. Isso chama atenção para a importância da indústria manufatureira no crescimento econômico, mesmo que o país se especialize em produtos não industriais ou de menor conteúdo tecnológico.

Os resultados das análises de fluxos tecnológicos também chamam atenção para os formuladores de políticas públicas de inovação. Por mais que os aspectos mais amplos de sistemas nacionais de inovação não tenham sido analisados, os fluxos tecnológicos fornecem uma constatação empírica relevante para a formulação de políticas. Dada a forte relação entre produtores e usuários de inovação e produtividade, indústrias a montante na cadeia produtiva de setores competitivos ou com alto crescimento da produtividade na economia brasileira, como agropecuária, *commodities* agroindustriais e extrativa mineral, poderiam ser alvos de políticas públicas. Por exemplo, grande parte das máquinas agrícolas e produtos químicos (defensivos e fertilizantes) de culturas altamente produtivas no Brasil, como cana-de-açúcar e soja, são importadas. O atual crescimento da demanda e da produtividade dos setores baseados em recursos naturais no Brasil poderia, assim, ser direcionado para o fomento de seus fornecedores, ou seja, as indústrias nacionais mais intensivas em tecnologia. Políticas públicas de inovação que visassem a relação produtor-usuário teriam o potencial efeito de aumentar as capacidades tecnológicas necessárias aos setores a montante para que os mesmos consigam suprir com eficiência o aumento da demanda de seus usuários.

Por fim, cabe ressaltar algumas limitações e recomendações para próximas pesquisas. Como já ressaltado na introdução, os fluxos tecnológicos são representados por meio das relações comerciais, portanto, apenas uma parte do sistema tecnológico brasileiro é ressaltado. Esses fluxos também são baseados em matrizes de insumo-produto que podem esconder características importantes do processo de criação e difusão de inovações. A base de dados utilizada também sofreu de várias limitações, como uma alta agregação setorial, número limitado de observações e o uso de *proxies* de inovação (P&D e AI) que não abrangeram todos os setores econômicos. Outro

aspecto relevante a ser ressaltado é que foram considerados apenas os fluxos tecnológicos nacionais, no qual fluxos tecnológicos importados também devem indicar relações importantes para a economia brasileira. Como a maioria desses problemas decorrem da disponibilidade de dados, os próximos passos da pesquisa seria buscar novas bases e novos métodos de compatibilização que sacrificassem menos as limitações do estudo. A aplicação das ferramentas abordadas nesta tese em matrizes de insumo-produto internacionais abre uma possibilidade de aperfeiçoamento em estudos futuros sobre o tema.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, E. S. Approaching national systems of innovation from the production and linkage structure. In: LUNDEVALL, B. A. **National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. London: Anthem Press: 2010.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Disponível em: <[Http://www.anp.gov.br/wwwanp/](http://www.anp.gov.br/wwwanp/)>. Acesso em: 20 dez. 2017.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: monte carlo evidence and an application to employment equations. **Review of Economic Studies**, v. 58, n. 2, p. 227-297, 1991.

ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. **Journal of Econometrics**, v. 68, n. 1, p. 29-51, 1995.

ARCHIBUGI, D. In search of a useful measure of technological innovation (to make economists happy without discontending technologists). **Technological Forecasting and Social Change**, v. 34, p. 253-277, 1988.

ARCHIBUGI, D.; CESARATTO, S.; SIRILLI, G. Sources of innovative activities and industrial organization in Italy. **Research Policy**, v. 20, n. 4, p. 299-313, 1991.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. 4 ed. England: John Wiley & Sons Ltd, 2008.

BARRO, R.; LEE, J. W. A new data set of educational attainment in the world, 1950-2010. **Journal of Development Economics**, v. 104, p. 184-198, 2013.

BEINTEMA, N. M.; AVILA, A. F. D.; PARDEY, P. G. **P&D agropecuário no Brasil: política, investimentos e perfil institucional**. Washington, D.C.: IFPRI, Embrapa e Fontagro, 2001.

BELL, M.; FIGUEIREDO, P. N. Innovation capability building and learning mechanisms in latecomer firms: recent empirical contributions and implications for research. **Revue Canadienne d'Études du Développement**, v. 33, p. 14-40, 2012.

BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of Econometrics**, v. 87, n. 1, p. 115-143, 1998.

BOND, S.; HOEFFLER, A.; TEMPLE, J. **GMM estimation of empirical growth models**. CEPR Discussion Paper, n. 3048, 2001.

BRASIL. Ministério do desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior>>. Acesso em: 9 set. 2017.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: methods and applications**. New York: Cambridge University Press, 2005.

CAMPOS, B.; URRACA, A. Padrões setoriais de inovação na indústria brasileira. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 8, n. 1, p. 167-210, 2009.

CARVALHO, L.; AVELLAR, A. P. M. de. Innovation and productivity: empirical evidence for Brazilian industrial enterprises. **Revista de Administração**, v. 52, n. 2, p. 134-147, 2017.

CAVALCANTE, L. R.; DE NEGRI, F. Evolução recente dos indicadores de produtividade no Brasil. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. **Produtividade no Brasil: desempenho**. Brasília, DF: IPEA, 2014.

CRÉPON, B.; DUGUET, E.; MAIRESSE, J. 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.

DAHMÉN, E. 'Development blocks' in industrial economics. **Scandinavian Economic History Review**, v. 36, n. 1, p. 3-14, 1988.

DE BRESSON, C. **Economic interdependence and innovative activity: an input-output analysis**. Aldershot e Brookfield: Elgar, 1996.

DE BRESSON, C.; G. SIRILLI, G.; HU, X.; LUK, F. K. Structure and location of innovative activity in the Italian economy, 1981-85. **Economic Systems Research**, v. 6, n. 2, p. 135-158, 1994.

DE JUAN, O.; FEBRERO, E. Measuring productivity from vertically integrated sectors. **Economic System Research**, v. 12, n. 1, p. 65-82, 2000.

DIEWERT, W. E. **Decomposition of productivity growth into sectoral effects**. IARIW-UNSW Conference on productivity: measurement, drivers end trends. Sydney, Austrália, 2013.

DIETZENBACHER, E. In vindication of the ghosh model: a reinterpretation as a price model. **Journal of Regional Science**, v. 37, n. 4, p. 629-651, 1997.

DIETZENBACHER, E. More on multipliers. **Journal of Regional Science**, v. 45, n. 2, p. 421-426, 2005.

DIETZENBACHER, E.; LOS, B. Externalities of R&D expenditures. **Economic System Research**, v. 14, n. 4, p. 407-425, 2002.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Campinas: Editora Unicamp, 2006.

DREJER, I. **Technological change and interindustrial linkages**: introducing knowledge flows in input-output studies. 1999. 224 f. Tese (Phd) – Department of Business Studies, Aalborg University, Aalborg, 1999.

DREJER, I. Comparing patterns of industrial interdependence in national systems of innovation: a study of Germany, the United Kingdom, Japan and the United States. **Economic Systems Research**, v. 12, n. 3, p. 377-399, 2000.

DÜRING, A.; SCHNABL, H. Imputed interindustry technology flows: a comparative SMFA analysis. **Economic System Research**, v. 12, n. 3, p. 363-375, 2000.

ELLERY JR, R. Desafios para o cálculo da produtividade total dos fatores. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. **Produtividade no Brasil**: desempenho. Brasília, DF: IPEA, 2014.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

FEENSTRA, R. C.; INKLAAR, R.; TIMMER, M. P. The next generation of the Penn World Table. **American Economic Review**, v. 105, n. 10, p. 3150-3182, 2015.

FEIJÓ, C. A.; RAMOS, R. L. O. **Contabilidade Social**: a nova referência das contas nacionais do Brasil. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. **A riqueza inovadora da agricultura brasileira**. Revista Finep, Rio de Janeiro, n. 21, p. 50-62, jan. 2017. Disponível em: <<http://finep.gov.br/images/revista/revista21/index.html#p=50>>. Acesso em: 19 set. 2017.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation**. 3 ed. Cambridge: MIT Press, 1997.

GEROSKI, P. Innovation and the Sectoral Sources of UK Productivity Growth. **Economic Journal**, v. 101, p. 1438-1451, 1991.

GOTO, A.; SUZUKI, K. R&D capital, rate of return on R&D investment and spillover of R&D in Japanese manufacturing industries. **The Review of Economics and Statistics**, v. 71, n. 4, p. 555-564, 1989.

GRIJÓ, E. BÊRNI, D.A. Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. **Teoria e evidência econômica**, v. 14, n. 26, p. 9-42, 2006.

GRILICHES, Z.; LICHTENBERG, F. Inter-industry technology flows and productivity growth. **Review of Economics and Statistics**, v. 66, p. 324-9, 1984.

GRILICHES, Z. Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth. **Bell Journal of Economics**, v. 10, n. 1, p. 92-116, 1979.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das Contas Nacionais. **Economia Aplicada**, v. 9, n. 2, p. 277-299, 2005.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das Contas Nacionais: aplicação e análise de indicadores econômicos para o Brasil em 2005. **Economia & Tecnologia**, ano 6, v. 23, 2010.

GUSTAFSON, W. E. Reserch and Development, new products and productivity change. **American Economic Review**, v 52, p. 177-185, 1962.

HAUSMANN, R.; HWANG, J.; RODRIK, D. What you export matters. **Journal of Economic Growth**, v. 12, n. 1, p. 1-25, 2007.

HANEL, P. Interindustry flows of technology: an analysis of the Canadian patent matrix and input-output matrix for 1978-1989. **Technovation**, v. 14, n. 8, p. 529-548, 1994.

HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of The National Academy of Sciences (PNAS)**, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009.

HIRSCHMAN, A. O. **The strategy of economic development**. New Haven: Yale University Press, 1958.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Sistema de Contas Nacionais – Brasil Referência 2010**: Nota Metodológica nº 1 – Implantação da série do SCN 2010. Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2015a.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Sistema de Contas Nacionais – Brasil Referência 2010**: Nota Metodológica nº 17 – Retropolação de séries e tabelas de recursos e usus. Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2015b.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Matriz de Insumo-Produto**: Brasil: 2010. Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Pesquisa de Inovação**: 2014. Coordenação de Indústria. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Comissão Nacional de Classificação (Concla)**, 2017a. Disponível em: < <https://cnae.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 dez. 2017

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**, 2017b. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Sistema de Contas Nacionais**: Brasil: 2010-2015. Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2017c.

IFPRI – INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE. **Agricultural R&D indicators factsheet**. Washington, D. C.: Agricultural Science and Technology Indicators (ASTI), 2016. Disponível em: < <https://www.asti.cgiar.org/brazil>>. Acesso em: 19 set. 2017.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/>>. Acesso em: 19 set. 2017.

JONES, L. P. The measurement of hirshmanian linkages. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 90, n. 2, p. 323-333, 1976.

KUPFER, D. **Trajatórias de reestruturação da indústria brasileira após a abertura e a estabilização**. 1998. 185 f. Tese de Doutorado - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

KUPFER, D.; CARVALHO, L. Estratégia de desenvolvimento industrial. In: CNI. **Rede de estudos de desenvolvimento industrial: desafios da política industrial no Brasil do século XXI**, IEL, Brasília, p. 278-321, 2009.

LEONCINI, R.; MAGGIONI, M. A.; MONTRESOR, S. Intersectoral innovation flows and national technological systems: network analysis for comparing Italy and Germany. **Research Policy**, v. 25, n. 3, p. 415-430, 1996.

LEONCINI, R.; MONTRESOR, S. **Technological systems and intersectoral innovation flows**. Cheltenham: Edward Elgar, 2003.

LEONTIEF, W. **The structure of American economy 1919-1939**. New York: Oxford University Press, 1941.

LEONTIEF, W. The dynamic inverse (1970). In: LEONTIEF, W. **Input-output economics**. 2 ed. New York: Oxford University Press, 1986.

LEONTIEF, W. The economy as a circular flow. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 2, n. 1, p. 181-212, 1991.

LIN, C-L.; LIN, H-L.; LIN, E. S. Is there a complementary relationship between product and process innovation on productivity in Taiwanese manufacturing firms? **Hitotsubashi Journal of Economics**, v. 57, n. 2, p. 139-173, 2016.

LOS, B.; VERSPAGEN, B. R&D spillovers and productivity: evidence form U.S. manufacturing microdata. **Empirical Economics**, v. 25, n. 1, p. 127-148, 2000.

LUNDEVALL, B. A. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G e SOETE, L. **Technical change and economic theory**, Pinter, London, 1988.

LUNDEVALL, B. A. **National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. London: Anthem Press: 2010.

LUNDEVALL, B. A.; JOHNSON, B.; ANDERSEN, E. S.; DALUM, B. National systems of production, innovation and competence building. **Research Policy**, v. 31, p. 213-231, 2002.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis: foundations and extensions**. 2 ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

MAIRESSE, J.; ROBIN, S. The importance of process and product innovation for productivity in French manufacturing and services industries. In: ANDERSON, M.; JOHANSSON, B.; KARLSSON, C.; LÖÖF, H. **Innovation & growth: from R&D strategies of innovation firms to economy-wide technological change**. Oxford: Oxford University Press, 2012.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, v. 31, p. 247-264, 2002.

MARENCO, L.; STERLACCHINI, A. Intersectoral technology flows: methodological aspects and empirical applications. **Metroeconomica**, v. 41, n. 1, p. 19-39, 1990.

MARTINEZ, T. S. **Método RAWS/RAW para estimação anual da Matriz de Insumo-Produto na referência 2000 das Contas Nacionais**. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasília, Rio de Janeiro: IPEA, 2015.

MIGUEZ, T. de H. L. **Evolução da Formação Bruta de Capital Fixo na Economia Brasileira 2000-2013: Uma Análise Multissetorial a partir das Matrizes de Absorção de Investimento (MAIS)**. 2016. 155 f. Tese de Doutorado - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

MOHNEN, P.; HALL, B. H. Innovation and productivity: an update. **Eurasian Business Review**, v. 3, n. 1, p. 47-65, 2013.

MOMIGLIANO, F.; SINISCALCO, D. The growth of service employment: a reappraisal. **BNL Quarterly Review**, n. 142, p. 269-306, 1982.

MOMIGLIANO, F.; SINISCALCO, D. Technology and international specialization. **BNL Quarterly Review**, n. 150, p. 257-284, 1984.

NELSON, R. How new is new growth theory. **Challenge**, v. 40, n. 5, p. 29-58, 1997.

OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Oslo manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data**. Paris: OCDE, 2005.

OOSTERHAVEN, J.; STELDER, D. Net multipliers avoid exaggerating impacts: with a bi-regional illustration for the Dutch transportation sector. **Journal of Regional Science**, v. 42, n. 3, p. 533-543, 2002.

PASINETTI, L. L. The notion of vertical integration in economic analysis. **Metroeconomica**, vol. 25, p. 1-25, 1973.

PASINETTI, L. L. **Structural change and economic growth**: a theoretical essay on the dynamics of the wealth of nations. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.

PAVITT, K. Sectorial patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

PAPACONSTANTINO, G.; SAKURAI, N.; WYCKOFF, A. Domestic and international product-embodied R&D diffusion. **Research Policy**, v. 27, p. 301-314, 1998.

PASSONI, P. A.; FREITAS, F. Estrutura produtiva e indicadores de encadeamento na economia brasileira entre 2010 e 2014: uma análise multissetorial baseada no modelo insumo-produto. In: **45º Encontro Nacional de Economia**. Natal: ANPEC, 2017.

PASSONI, P. A. **Estrutura produtiva e indicadores de encadeamento na economia brasileira entre 2000 e 2014**: uma análise multissetorial baseada no modelo insumo-produto. Tese Doutorado – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. No prelo.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

PSACHAROPOULOS, G. Returns to investment in education: a global update. **World Development**, v. 22, n. 9, p. 1325-1343, 1994.

RASMUSSEN, P. N. **Studies in inter-sectoral relations**. Amsterdam: North-Holland, 1957.

RAVENSCRAFT, D.; SCHERER, F. M. The lag structure of returns to research and development. **Applied Economics**, v. 14, n. 6, p. 603-620, 1982.

ROODMAN, D. How to do xtabons2: an introduction to “difference” and “system” GMM in Stata. **The Stata Journal**, v. 9, n. 1, p. 86-136, 2009.

ROSEN, S. Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. **Journal of Political Economy**, v. 82, n. 1, p. 34-55, 1974.

ROSENBERG, N. Interdependências tecnológicas na economia norte-americana. In: ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa-preta**: tecnologia e economia. Campinas: Editora Unicamp, p. 95-130, 2006a.

ROSENBERG, N. A historiografia do progresso técnico. In: ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa-preta**: tecnologia e economia. Campinas: Editora Unicamp, p.17-65, 2006b.

SANTARELLI, E.; STERLACCHINI, A. Embodied Technological Change in Supplier Dominated Firms, **Empirica**, v. 21, p. 313-327, 1994.

SCHNABL, H. The evolution of production structures, analyzed by a multi-layer procedure. **Economic Systems Research**, v. 6, n. 1, p. 51-68, 1994.

SCHNABL, H. The subsystem-MFA: a qualitative method for analyzing national innovation systems - the case of Germany. **Economics Systems Research**, v. 7, n. 4, p. 383-396, 1995.

SCHMOOKLER, J. **Invention and economic growth**. Harvard: Harvard University Press, 1966.

SCHERER, F. M. Inter-Industry Technology Flows in the United States, **Research Policy**, v. 11, p. 227-245, 1982a.

SCHERER, F. M. Inter-industry technology flows and productivity growth, **Review of Economics and Statistics**, v. 64, p. 627-634, 1982b.

SCHERER, F. M. Using Linked Patent and R&D Data to Measure Inter-Industry Technology Flows. In: GRILICHES, Z. **R&D, Patents, and Productivity**. Chicago: University of Chicago Press, 1984.

SCHERER, F. M. Technology Flows Matrix Estimation Revisited. **Economic Systems Research**, v. 15, n 3, 2003.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultura, 1997.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. **The Review of Economics and Statistics**. v. 39, n. 3, p. 312-320, 1957.

SOLOW, R. M. The neoclassical theory of growth and distribution. **BNL Quarterly Review**. v. 53, n. 215, p. 349-381, 2000.

SQUEFF, G. C.; DE NEGRI, F. Produtividade do trabalho e mudança estrutural no Brasil nos anos 2000. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. **Produtividade no Brasil: desempenho**. Brasília, DF: IPEA, 2014.

SRAFFA, P. **Production of commodities by means of commodities**. Cambridge: Cambridge University Press, 1960.

STERLACCHINI, A. R&D, innovations, and total factor productivity growth in British manufacturing. **Applied Economics**, v. 21, p. 1549-1562, 1989.

TANG, J.; WANG, W. Sources of aggregate labour productivity growth in Canada and United States. **Canadian Journal of Economics**, v. 37, n. 2, p. 421-444, 2004.

TEMURSHOEV, U.; MILLER, R. E.; BOUWMEESTER, M. C. A note on the GRAS method. **Economic Systems Research**, v. 25, n. 3, p. 361-367, 2013.

TERLECKYJ, N. Direct and indirect effects of industrial research and development on productivity growth of industries. In: KENDRICK, J. W.; VACCARA, B. N. **New development in productivity measurement analysis**. Chicago: Chicago Un. Press, 1980.

TORRACCA, J. P. **Coevolução das estruturas de produção e comércio exterior da indústria brasileira: convergência ou desarticulação?** 2017. 140 f. Tese de Doutorado - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

UNCTAD - UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT.
Disponível em: <<http://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=30728>>
Acesso em: 03 set. 2017.

VAN MEIJL, H. Measuring intersectoral spillovers: French evidence. **Economic Systems Research**, v. 9, n. 1, p. 9-23, 1997.

VERSPAGEN, B. Estimating international technology spillovers using technology flow matrices. **Review of World Economics**, v. 133, n. 2, p. 226-248, 1997a.

VERSPAGEN, B. Measuring intersectoral technology spillovers: estimates from European from the European and US patent office databases. **Economic System Research**, v. 9, n. 1, p. 47-65, 1997b.

VELOSO, F.; FERREIRA, P. C.; PESSÔA, S. Experiências comparadas de crescimento econômico no pós-guerra. In: VELOSO, F. et al. **Desenvolvimento econômico: uma perspectiva brasileira**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WOLFF, E. N. Spillover, linkages, and technical change. **Economic Systems Research**, v. 9, n. 1, p. 9-23, 1997.

WOLFF, E. N. Spillover, linkages, and productivity growth in the US economy, 1958 to 2007. In: ANDERSSON, M.; JOHANSSON, B.; KARLSSON, C.; LÖÖF, H. **Innovation & growth: from R&D strategies of innovation firms to economy-wide technological change**. Oxford: Oxford University Press, 2012.

ANEXOS

Tabela A 1 - Correspondência da classificação em grandes grupos setoriais e da classificação das Contas Nacionais em nível de 51 atividades

Classificação proposta	Código CNAE 2.0	Atividades SCN Nível 51 atividades
Agropecuária	01+02+03	Agricultura, silvicultura e exploração florestal Pecuária e pesca
Indústria extrativa mineral	05+06+07+08+09	Petróleo e gás natural Minério de ferro Outros da indústria extrativa
<i>Commodities</i> industriais	191+192+201+ 202+203+204+ 22+23+24+25	Refino de petróleo e coque Produtos químicos Fabricação de resina e elastômeros Artigos de borracha e plástico Fabricação de aço e derivados Metalurgia de metais não-ferrosos Cimento e outros produtos de minerais não-metálicos Produtos de metal, exclusive máquinas e equipamentos
<i>Commodities</i> agroindustriais	12+16+17+193	Produtos do fumo Produtos de madeira, exclusive móveis Celulose e produtos de papel Álcool
Indústria tradicional	10+11+13+14+ 15+18+205+206+ 207+209+31+ 32 (exceto 325)	Alimentos e Bebidas Têxteis Artigos do vestuário e acessórios Artefatos de couro e calçados Jornais, revistas e discos Defensivos agrícolas Perfumaria, higiene e limpeza Tintas, vernizes, esmaltes e lacas Produtos e preparados químicos diversos Móveis e produtos das indústrias diversas
Indústria intensiva em tecnologia	21+26+27+28+29+ 30+325+33	Produtos farmacêuticos Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos Eletrodomésticos e material eletrônico Máquinas para escritório, aparelhos e material eletrônico Automóveis, camionetas, caminhões e ônibus Peças e acessórios para veículos automotores Outros equipamentos de transporte
Serviços industriais de utilidade pública (SIUP)	35+36+37+38+39	Produção e distribuição de eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana
Construção civil	41+42+43	Construção civil
Comércio	45+46+47	Comércio
Transporte e armazenagem	49+50+51+52+53	Transporte, armazenagem e correio
Comunicação e Informação	58+59+60+61+62+63	Serviços de informação
Serviços prestados às empresas	69+70+71+72+73+ 74+75+77+78+80+82	Serviços prestados às empresas
Intermediação financeira	64+65+66	Intermediação financeira, seguros, previdência complementar e serviços relacionados

(Continuação Tabela A 1)

		Atividades imobiliárias e aluguéis
		Serviços de manutenção e reparação
		Serviços de alojamento e alimentação
	55+56+68+79+81+	Serviços prestados às famílias e associativas
Outros serviços	84+85+86+87+88+	Serviços domésticos
	90+91+92+93+94+	Educação mercantil
	95+96+97	Saúde mercantil
		Educação pública
		Saúde pública
		Administração pública e seguridade social

Fonte: Elaboração própria, a partir de classificações do IBGE (2016)

Tabela A 2 - Taxas médias anuais de crescimento da produtividade do trabalho por setor no Brasil (valores constantes), 2000-2014 (%)

	2000-2003	2004-2010	2011-2014	2000-2014
Agricultura, silvicultura e exploração florestal	8,54%	5,45%	3,50%	5,45%
Pecuária e pesca	3,54%	4,88%	2,30%	3,94%
Petróleo e gás natural	-0,81%	-3,06%	-1,14%	-4,15%
Minério de ferro	-0,93%	-4,45%	-4,48%	-4,19%
Outros da indústria extrativa	0,03%	1,96%	1,61%	1,45%
Alimentos e Bebidas	0,24%	-1,81%	-2,78%	-2,30%
Produtos do fumo	0,73%	-1,50%	-4,81%	-0,67%
Têxteis	-3,47%	-0,55%	-6,09%	-2,16%
Artigos do vestuário e acessórios	-8,01%	-1,56%	-1,27%	-3,02%
Artefatos de couro e calçados	0,32%	-2,14%	2,80%	-1,15%
Produtos de madeira, exclusive móveis	0,64%	-2,54%	3,16%	-0,15%
Celulose e produtos de papel	4,62%	0,17%	-1,00%	0,81%
Jornais, revistas e discos	2,50%	0,55%	-2,50%	-0,39%
Refino de petróleo e coque	4,77%	-10,43%	-4,36%	-4,29%
Álcool	7,45%	0,79%	2,31%	0,16%
Produtos químicos	-2,22%	1,72%	-3,53%	-1,01%
Resina e elastômeros	2,65%	-6,24%	0,36%	-3,67%
Produtos farmacêuticos	-2,22%	3,38%	2,61%	1,29%
Defensivos agrícolas	-6,59%	0,26%	10,49%	-1,20%
Perfumaria, higiene e limpeza	-3,21%	0,84%	6,66%	1,59%
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	2,89%	1,05%	0,05%	2,32%
Produtos e preparados químicos diversos	-8,34%	-4,07%	-2,39%	-4,07%
Artigos de borracha e plástico	-1,47%	-2,93%	-4,75%	-2,71%
Cimento e produtos minerais não-metálicos	-1,18%	-0,24%	-3,20%	-1,00%
Aço e derivados	-2,11%	-3,36%	-5,63%	-2,37%
Metalurgia de metais não-ferrosos	3,24%	-5,56%	2,25%	-0,93%
Produtos de metal	3,10%	-1,04%	-2,23%	0,17%
Máquinas e equipamentos	-4,36%	-4,77%	-1,97%	-3,34%
Eletrodomésticos e material eletrônico	3,27%	-2,88%	0,26%	-1,31%
Máquinas, aparelhos e materiais eletrônicos	3,28%	-1,79%	7,97%	2,27%
Automóveis, camionetas, caminhões e ônibus	3,36%	2,61%	-7,74%	0,84%
Peças e acessórios para veículos automotores	-9,55%	-2,11%	-4,85%	-2,33%
Outros equipamentos de transporte	-3,46%	2,57%	-4,14%	-0,88%
Móveis e produtos diversos	-1,23%	1,03%	0,92%	0,74%
SIUP	-1,35%	0,71%	2,06%	0,59%
Construção civil	-2,52%	0,28%	-2,25%	-0,11%
Comércio	-3,93%	2,68%	-0,19%	0,79%
Transporte, armazenagem e correio	-2,64%	2,10%	-0,64%	0,36%

(Continuação Tabela A 2)

Intermediação financeira	-2,40%	7,90%	-2,07%	2,91%
Atividades imobiliárias e aluguéis	4,21%	1,95%	-1,73%	1,88%
Serviços de manutenção e reparação	1,75%	0,85%	-3,77%	-0,48%
Serviços de alojamento e alimentação	-1,88%	2,08%	-0,80%	1,17%
Serviços prestados às empresas	-3,44%	-0,27%	-0,27%	-1,56%
Educação mercantil	2,91%	-3,77%	-0,73%	-1,99%
Saúde mercantil	-0,73%	-0,72%	-5,73%	-2,43%
Serviços prestados às famílias e associativas	-0,92%	1,81%	0,06%	0,34%
Serviços domésticos	0,26%	1,93%	0,84%	0,99%
Educação pública	0,08%	-4,71%	-5,10%	-3,06%
Saúde pública	3,53%	1,89%	-0,50%	1,08%
Administração pública e seguridade social	0,00%	0,00%	1,69%	0,40%

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

Tabela A 3 - Decomposição do crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2000-2003 (%)

	Crescimento	Contribuição	Direto	Trabalho	Preço	Interação
Total	0,05%	0,05%	-0,9%	1,08%	-0,05%	-0,09%
Agropecuária	23,13%	1,68%	1,28%	-0,33%	0,71%	0,03%
Indústria	-0,96%	0,23%	-0,26%	-0,54%	1,05%	-0,03%
Indústria extrativa mineral	18,09%	0,82%	0,25%	0,02%	0,46%	0,09%
<i>Commodities</i> industriais	6,77%	1,46%	0,25%	-0,12%	1,30%	0,03%
<i>Commodities</i> agroindustriais	12,81%	0,16%	0,17%	-0,07%	0,06%	0,00%
Indústria tradicional	-5,96%	-0,32%	-0,35%	-0,04%	0,06%	0,00%
Indústria intensiva em tecnologia	-5,99%	0,32%	-0,27%	0,33%	0,28%	-0,02%
SIUP	-4,00%	0,13%	-0,13%	-0,07%	0,35%	-0,02%
Construção civil	-7,36%	-2,34%	-0,51%	-0,33%	-1,73%	0,23%
Serviços	-2,75%	-1,86%	-1,87%	1,86%	-1,81%	-0,05%
Comércio	-11,33%	1,42%	-0,92%	0,41%	2,13%	-0,19%
Transporte e armazenagem	-7,71%	-0,28%	-0,28%	0,14%	-0,13%	-0,01%
Comunicação e informação	2,47%	-0,16%	0,11%	0,26%	-0,50%	-0,04%
Serviços prestados às empresas	-9,97%	-0,10%	-0,56%	0,29%	0,21%	-0,04%
Intermediação financeira	-7,04%	0,61%	-0,48%	0,19%	0,96%	-0,06%
Outros serviços	1,42%	-3,36%	0,56%	0,41%	-4,23%	-0,10%

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

Tabela A 4 - Decomposição do crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2004-2010 (%)

	Crescimento	Contribuição	Direto	Trabalho	Preço	Interação
Total	13,31%	13,31%	8,65%	5,57%	0,07%	-0,99%
Agropecuária	37,40%	-1,19%	2,50%	-1,51%	-1,52%	-0,66%
Indústria	-4,12%	2,39%	-1,18%	3,70%	0,02%	-0,15%
Indústria extrativa mineral	13,79%	1,32%	0,34%	0,20%	0,61%	0,17%
<i>Commodities</i> industriais	-26,35%	-1,71%	-1,41%	0,88%	-1,11%	-0,07%
<i>Commodities</i> agroindustriais	6,62%	-0,21%	0,09%	-0,11%	-0,19%	0,00%
Indústria tradicional	-3,48%	0,49%	-0,20%	0,25%	0,44%	-0,01%
Indústria intensiva em tecnologia	-7,63%	0,61%	-0,41%	1,61%	-0,39%	-0,20%
SIUP	4,33%	-0,26%	0,15%	0,26%	-0,61%	-0,06%
Construção civil	1,71%	2,16%	0,08%	0,98%	0,88%	0,21%
Serviços	12,07%	12,11%	7,81%	2,34%	1,45%	0,52%
Comércio	17,21%	4,37%	1,70%	0,24%	1,98%	0,44%
Transporte e armazenagem	13,30%	1,40%	0,46%	0,03%	0,79%	0,12%
Comunicação e informação	0,65%	-0,19%	0,03%	0,76%	-0,84%	-0,14%
Serviços prestados às empresas	-1,63%	1,87%	-0,09%	1,41%	0,47%	0,09%
Intermediação financeira	57,80%	1,19%	3,77%	0,05%	-1,68%	-0,96%
Outros serviços	4,69%	3,47%	1,64%	0,50%	1,24%	0,10%

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016)

Tabela A 5 - Decomposição do crescimento da produtividade do trabalho por atividades econômicas no Brasil, 2011-2014 (%)

	Crescimento	Contribuição	Direto	Trabalho	Preço	Interação
Total	-0,87%	-0,87%	-1,33%	0,43%	0,06%	-0,03%
Agropecuária	9,54%	-0,12%	0,49%	-0,36%	-0,22%	-0,04%
Indústria	-5,37%	-3,59%	-1,46%	-0,10%	-2,16%	0,13%
Indústria extrativa mineral	0,36%	-0,69%	0,02%	-0,11%	-0,60%	0,01%
<i>Commodities</i> industriais	-13,32%	-0,27%	-0,32%	-0,07%	0,13%	-0,01%
<i>Commodities</i> agroindustriais	2,09%	-0,06%	0,02%	-0,06%	-0,02%	0,00%
Indústria tradicional	-4,74%	-0,63%	-0,27%	-0,25%	-0,13%	0,02%
Indústria intensiva em tecnologia	-3,92%	-0,99%	-0,19%	-0,24%	-0,62%	0,06%
SIUP	6,29%	-0,79%	0,17%	-0,29%	-0,69%	0,02%
Construção civil	-6,59%	-0,16%	-0,41%	0,42%	-0,13%	-0,03%
Serviços	-0,87%	2,84%	-0,59%	1,13%	2,29%	0,01%
Comércio	-0,57%	0,63%	-0,07%	0,14%	0,57%	0,00%
Transporte e armazenagem	-1,91%	0,09%	-0,09%	0,10%	0,08%	0,00%
Comunicação e informação	3,63%	-0,32%	0,13%	0,25%	-0,64%	-0,06%
Serviços prestados às empresas	-0,81%	0,27%	-0,05%	0,24%	0,09%	0,00%
Intermediação financeira	-6,09%	-0,08%	-0,39%	0,21%	0,11%	-0,02%
Outros serviços	-1,07%	2,25%	-0,36%	0,46%	2,15%	0,00%

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE (2016).

Tabela A 6 - Correspondência da classificação setorial das MIPs 2000-2014 estimadas (35 Setores) com os códigos da CNAE 1.0, CNAE 2.0, SCN ref. 2000 e SCN ref. 2010

Setores	CNAE 1.0	CNAE 2.0	SCN ref. 2000	SCN ref. 2010
1 Agropecuária	01+02	01 a 03	101+102	191+192+280
2 Indústria Extrativa	10 a 14	05 a 09	201 a 203	580+680+791+792
3 Alimentos e Bebidas ¹	15	10+11	301	1091 a 1093+1100
4 Fumo ²	16	12	302	1200
5 Têxtil ¹	17	13	303	1300
6 Vestuário ¹	18	14	304	1400
7 Calçados e Couro ¹	19	15	305	1500
8 Madeira ²	20	16	306	1600
9 Celulose e Papel ²	21	17	307	1700
10 Impressão e Gravação ¹	22	18	308	1800
11 Refino de Petróleo e Biocombustíveis ³	23	19	309+310	1991+1992
12 Química ³	24 (exceto 245)	20	311 a 317	2091 a 2093
13 Farmacêutica ⁴	245	21	313	2100
14 Borracha e Plástico ³	25	22	318	2200
15 Minerais não-metálicos ³	26	23	319+320	2300
16 Aço ³	271 a 273	241 a 243	321	2499
17 Metalurgia não-ferrosos ³	274+275	244+245	322	2492
18 Produtos de Metal ³	28	25	323	2500
19 Máquinas e Equipamentos, Eletrônicos e Diversos ⁴	29+30+32+ 33+36	26+28+ 31 a 33	324 a 326+328+ 329+334	2600+2800+ 3180+3300
20 Máquinas e equipamentos Elétricos ⁴	31	27	327	2700
21 Automóveis ⁴	341+342	291+292	330+331	2991
22 Autopeças ⁴	343 a 345	293 a 295	332	2992
23 Outros Transportes ⁴	35	30	333	3000
24 SIUP	40+41	35 a 39	401	3500+3680
25 Construção Civil	45	41 a 43	501	4180
26 Comércio ⁵	50 a 52	45 a 47	601	4500
27 Transporte e Armazenagem ⁵	60 a 64	49 a 53	701	4900+5000+ 5100+5280
28 Alojamento e alimentação ⁵	55	55+56	1102	5500+5600
29 Comunicação e Informação	642+72+92	58 a 63	801	5800+5980+ 6100+6280
30 Intermediação Financeira ⁵	65 a 67	64 a 66	901	6480
31 Serviços Imobiliários ⁵	70+71	68	1001	6800
32 Serviços prestados às Empresas e Famílias ⁵	502+527+704+ 725+73+74+ 91 a 93+95	69 a 82+ 90 a 97	1101+1103+ 1106	6980+7180+7380+ 7700+7880+8000+ 9080+9480+9700
33 Educação Privada ⁵	80	85	1104	8592
34 Saúde Privada ⁵	85	86 a 88	1105	8692
35 Serviços Públicos ⁵	75+80+85	84 a 87	1201 a 1203	8400+8591+8691

Nota: ¹Indústria tradicional; ²Commodities agroindustriais; ³Commodities industriais; ⁴Indústria intensiva em tecnologia; ⁵Serviços.

Fonte: Elaboração própria, a partir de classificações do IBGE (2016; 2017a).

Tabela A 7 - Gastos em P&D por VBP, 2000-2014 (%)

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
2 Indústria Extrativa	0,08%	0,04%	0,07%	0,04%	0,17%	0,19%
3 Alimentos e Bebidas	0,18%	0,09%	0,11%	0,20%	0,13%	0,14%
4 Fumo	0,54%	0,42%	0,22%	0,72%	0,49%	0,48%
5 Têxteis	0,22%	0,16%	0,17%	0,13%	0,21%	0,12%
6 Vestuário	0,10%	0,14%	0,12%	0,06%	0,11%	0,17%
7 Calçados e Couro	0,26%	0,14%	0,29%	0,37%	0,46%	0,64%
8 Madeira	0,14%	0,09%	0,11%	0,09%	0,26%	0,17%
9 Celulose e Papel	0,34%	0,22%	0,23%	0,30%	0,39%	0,38%
10 Impressão e Gravação	0,12%	0,08%	0,13%	0,15%	0,05%	0,27%
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	0,59%	0,40%	0,51%	0,70%	0,87%	0,67%
12 Química	0,64%	0,45%	0,51%	0,57%	1,22%	0,82%
13 Farmacêutica	0,77%	0,50%	0,67%	1,24%	2,15%	2,17%
14 Borracha e Plástico	0,36%	0,30%	0,39%	0,44%	0,43%	0,45%
15 Minerais não-metálicos	0,26%	0,21%	0,33%	0,14%	0,20%	0,31%
16 Siderurgia	0,45%	0,30%	0,21%	0,22%	0,31%	0,33%
17 Metalurgia não-ferrosos	0,31%	0,10%	0,08%	0,17%	0,73%	0,40%
18 Metal	0,28%	0,18%	0,16%	0,22%	0,34%	0,22%
19 M&E, Eletrônicos e Diversos	1,10%	0,73%	0,71%	0,55%	0,66%	0,85%
Máquinas e equipamentos	-	-	-	-	0,70%	0,77%
Informática e eletrônica	-	-	-	-	1,39%	1,72%
Manutenção e instalação de M&E	-	-	-	-	0,04%	0,30%
Móveis e Diversos	-	-	-	-	0,18%	0,38%
20 M&E Elétricos	1,67%	0,61%	1,15%	1,00%	1,06%	1,91%
21 Automóveis	1,13%	2,07%	1,77%	1,95%	1,44%	1,18%
22 Autopeças	0,47%	0,47%	0,51%	0,77%	1,14%	1,09%
23 Outros Transportes	2,77%	3,78%	3,20%	1,77%	1,76%	2,30%
24 SIUP	-	-	-	-	0,15%	0,13%
29 Comunicação e Informação	-	-	0,64%	0,71%	0,71%	0,71%
32 Serviços para Empresas e Famílias	-	-	0,69%	0,64%	0,40%	0,44%
Engenharia, testes e P&D	-	-	-	-	4,48%	5,15%
Total	0,55%	0,45%	0,50%	0,54%	0,68%	0,67%

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 8 - Gastos em Atividades Inovativas (AI) por VBP, 2000-2014 (%)

	2000	2003	2005	2008	2011	2014
2 Indústria Extrativa	1,47%	0,51%	0,60%	0,28%	0,29%	0,55%
3 Alimentos e Bebidas	2,15%	1,61%	1,52%	1,91%	2,03%	1,56%
4 Fumo	1,14%	1,06%	1,30%	1,51%	1,68%	1,08%
5 Têxteis	3,64%	2,68%	2,29%	1,95%	1,67%	1,56%
6 Vestuário	2,08%	1,17%	0,89%	1,00%	1,11%	1,29%
7 Calçados e Couro	1,77%	1,82%	2,42%	2,13%	1,97%	1,63%
8 Madeira	5,21%	1,91%	1,61%	2,48%	2,63%	2,20%
9 Celulose e Papel	3,89%	2,22%	2,92%	2,29%	1,86%	1,67%
10 Impressão e Gravação	3,30%	3,11%	4,61%	2,76%	4,82%	2,13%
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	1,41%	0,90%	0,95%	1,15%	1,64%	1,21%
12 Química	3,69%	1,99%	2,16%	2,44%	2,50%	1,99%
13 Farmacêutica	5,67%	3,29%	3,86%	4,24%	4,32%	4,03%
14 Borracha e Plástico	4,53%	2,14%	3,01%	2,69%	2,75%	2,03%
15 Minerais não-metálicos	4,88%	2,59%	3,02%	2,15%	1,77%	2,52%
16 Siderurgia	8,02%	1,92%	1,77%	2,36%	2,55%	1,74%
17 Metalurgia não-ferrosos	2,62%	1,17%	2,77%	3,19%	4,29%	1,24%
18 Metal	3,50%	1,92%	2,33%	2,33%	2,28%	2,20%
19 M&E, Eletrônicos e Diversos	4,20%	2,99%	3,65%	2,44%	2,09%	2,10%
Máquinas e equipamentos	-	-	-	-	2,01%	2,09%
Informática e eletrônica	-	-	-	-	3,23%	3,09%
Manutenção e instalação de M&E	-	-	-	-	0,85%	0,88%
Móveis e Diversos	-	-	-	-	1,83%	1,88%
20 M&E Elétricos	5,77%	2,85%	3,07%	2,60%	2,90%	3,05%
21 Automóveis	7,40%	4,78%	5,33%	4,15%	2,90%	2,27%
22 Autopeças	6,54%	1,88%	3,20%	2,44%	2,21%	2,91%
23 Outros Transportes	5,89%	7,97%	6,04%	4,47%	3,98%	10,41%
24 SIUP	-	-	-	-	0,84%	0,43%
29 Comunicação e Informação	-	-	2,70%	3,22%	2,87%	5,35%
32 Serviços para Empresas e Famílias	-	-	0,76%	0,69%	0,68%	0,50%
Engenharia, testes e P&D	-	-	-	-	7,56%	5,90%
Total	3,26%	2,08%	2,36%	2,25%	2,22%	2,22%

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 9 - Proporção de P&D incorporado diretamente nos investimentos em bens de capital por setores, Estrutura padrão, 2005 (%)

	(19) M&E	(21) Autom.	(29) Infomação	(22) Autopeças	(20) Elétrico	(23) Transp.	Total
1 Agropecuária	88,7	1,8	0,0	1,3	4,1	1,8	97,6
2 Indústria Extrativa	53,0	2,8	22,7	1,5	6,8	0,7	87,5
3 Alimentos e Bebidas	38,6	18,2	29,0	2,1	7,8	0,6	96,4
4 Fumo	24,2	0,3	63,5	0,1	11,4	0,2	99,8
5 Têxtil	37,3	1,4	49,8	0,5	9,3	0,7	99,0
6 Vestuário	55,8	5,7	30,0	0,7	6,1	0,8	99,0
7 Calçados e Couros	54,2	1,1	35,7	0,8	7,0	0,6	99,3
8 Madeira	16,5	48,4	27,9	1,4	5,2	0,2	99,5
9 Celulose e Papel	71,3	1,2	20,0	0,8	4,6	0,9	98,8
10 Impressão e Gravações	23,2	0,6	63,8	0,3	11,5	0,2	99,6
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	23,3	2,6	58,4	1,1	7,7	0,6	93,8
12 Química	20,9	7,8	52,5	0,7	11,9	0,6	94,3
13 Farmacêutica	22,1	1,2	55,6	0,4	14,0	0,6	93,9
14 Borracha e Plástico	53,7	4,9	32,0	0,9	6,5	0,8	98,8
15 Minerais não-metálicos	39,1	14,5	35,9	2,2	6,8	0,4	99,0
16 Aço	15,2	36,6	39,5	0,7	7,1	0,1	99,2
17 Metalurgia não-ferrosos	23,8	0,8	61,6	0,3	11,2	0,3	98,1
18 Produtos de Metal	22,7	6,4	59,0	0,4	10,6	0,2	99,2
19 M&E, Eletrônico e Diversos	33,8	2,9	51,6	0,6	9,4	0,6	98,8
20 M&E Elétricos	28,3	1,5	57,4	0,4	10,3	0,6	98,7
21 Automóveis	36,3	1,6	49,6	0,6	9,2	0,8	97,9
22 Autopeças	36,6	1,8	50,7	0,5	9,3	0,3	99,2
23 Outros Transportes	45,6	0,6	43,6	0,4	8,3	0,5	99,1
24 SIUP	17,8	23,8	44,9	0,9	7,5	0,3	95,1
25 Construção Civil	82,5	5,4	0,0	2,9	5,3	2,4	98,6
26 Comércio	55,8	20,9	0,0	4,7	16,6	0,5	98,4
27 Transporte Armazenagem	1,3	51,4	2,5	10,8	0,6	33,3	99,9
28 Alojamento e Alimentação	64,0	1,0	0,0	0,7	29,6	0,5	95,8
29 Comunicação e Informação	66,8	0,5	25,9	0,3	5,7	0,2	99,4
30 Intermediação Financeira	69,1	28,5	0,0	0,3	0,5	0,5	99,1
31 Atividades imobiliárias	70,0	11,2	0,0	3,8	13,7	0,5	99,3
32 Serviços Empresas e Famílias	55,8	15,7	0,0	3,0	24,2	0,5	99,2
33 Educação privada	60,6	20,1	0,7	1,6	13,6	1,4	98,0
34 Saúde privada	93,5	0,2	0,0	0,4	2,6	2,0	98,6
35 Serviços Públicos	25,9	31,9	0,0	3,9	1,1	35,3	98,1
Total	35,6	22,1	19,6	4,2	5,2	11,8	98,5

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Tabela A 10 - Proporção de P&D incorporado diretamente nos investimentos em bens de capital por setores, Estrutura padrão, 2008 (%)

	(19) M&E	(21) Autom.	(29) Infomação	(22) Autopeças	(20) Elétrico	(23) Transp.	Total
1 Agropecuária	81,3	2,0	0,0	2,3	4,2	7,1	96,9
2 Indústria Extrativa	46,5	4,6	28,2	2,7	9,5	0,6	92,2
3 Alimentos e Bebidas	18,7	56,4	16,2	1,9	4,3	0,3	97,7
4 Fumo	19,8	0,5	65,6	0,3	13,4	0,1	99,7
5 Têxtil	29,0	2,4	54,3	1,1	11,4	0,5	98,8
6 Vestuário	37,3	2,5	47,0	1,3	10,1	0,6	98,7
7 Calçados e Couros	34,9	2,7	49,2	1,7	10,4	0,3	99,3
8 Madeira	14,6	11,4	55,6	6,2	11,5	0,1	99,4
9 Celulose e Papel	64,0	3,9	22,4	1,7	5,6	0,8	98,3
10 Impressão e Gravações	17,1	1,2	67,1	0,6	13,7	0,1	99,8
11 Refino de Petróleo e Biocomb.	13,9	18,1	51,1	1,4	8,8	0,4	93,7
12 Química	15,7	3,2	58,7	1,1	13,7	0,4	92,8
13 Farmacêutica	15,8	2,0	59,1	0,8	14,6	0,4	92,7
14 Borracha e Plástico	44,8	3,5	38,7	2,1	8,6	0,6	98,4
15 Minerais não-metálicos	45,3	13,7	25,9	7,5	6,0	0,4	98,8
16 Aço	18,4	1,2	65,3	0,6	13,8	0,1	99,3
17 Metalurgia não-ferrosos	17,2	1,1	66,6	0,6	13,6	0,1	99,3
18 Produtos de Metal	16,3	5,5	62,9	1,5	13,2	0,1	99,4
19 M&E, Eletrônico e Diversos	22,2	4,5	58,3	1,1	12,2	0,4	98,8
20 M&E Elétricos	0,9	93,8	3,5	1,0	0,7	0,0	99,9
21 Automóveis	25,7	1,8	58,0	0,6	12,1	0,5	98,6
22 Autopeças	24,1	10,8	52,1	1,4	10,8	0,2	99,4
23 Outros Transportes	48,7	1,2	38,7	1,2	8,6	0,5	98,8
24 SIUP	16,8	5,3	63,5	3,3	2,4	0,3	91,6
25 Construção Civil	61,7	14,3	0,0	6,2	6,3	9,8	98,3
26 Comércio	25,6	49,2	0,0	8,9	15,2	0,2	99,0
27 Transporte Armazenagem	1,1	67,7	2,5	15,8	0,6	12,1	99,8
28 Alojamento e Alimentação	58,9	2,5	0,0	1,7	30,0	0,4	93,6
29 Comunicação e Informação	40,5	1,3	46,7	0,5	9,7	0,3	99,1
30 Intermediação Financeira	97,5	0,1	0,0	0,3	0,9	0,5	99,2
31 Atividades imobiliárias	52,4	18,3	0,0	9,3	19,1	0,2	99,3
32 Serviços Empresas e Famílias	23,0	57,4	0,0	2,5	16,6	0,1	99,6
33 Educação privada	52,7	13,6	0,9	6,0	22,4	1,2	96,9
34 Saúde privada	81,1	11,6	0,0	1,0	3,3	1,1	98,2
35 Serviços Públicos	26,3	57,0	0,1	6,2	1,4	6,5	97,4
Total	22,9	43,7	17,2	5,8	4,8	4,2	98,7

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do IBGE (2016).

Tabela A 11 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2000

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	5	0	3	0	1	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	14	4	1	3	0	2	0	1	0	1	0	1
3 Alimentos e Bebidas	2	6	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	4	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	2	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
6 Vestuário	0	5	0	4	0	3	0	3	0	1	0	1
7 Calçados e Couros	0	8	0	5	0	2	0	1	0	0	0	0
8 Madeira	0	5	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	6	5	2	3	1	2	0	1	0	0	0	0
10 Impressão e Gravações	0	6	0	5	0	2	0	1	0	1	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	31	3	25	2	2	0	1	0	1	0	1	0
12 Química	31	5	23	2	15	1	7	0	3	0	3	0
13 Farmacêutica	2	5	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	12	6	4	3	0	1	0	1	0	1	0	1
15 Minerais não-metálicos	1	7	1	3	1	2	0	2	0	0	0	0
16 Aço	11	6	4	3	2	1	2	1	1	1	1	1
17 Metalurgia não-ferrosos	2	6	2	3	0	1	0	1	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	7	5	0	4	0	2	0	2	0	1	0	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	31	6	25	3	12	1	9	0	3	0	2	0
20 M&E Elétricos	27	7	4	6	4	2	0	0	0	0	0	0
21 Automóveis	3	8	1	6	1	1	1	1	1	1	0	1
22 Autopeças	3	9	1	8	1	4	1	3	1	1	1	0
23 Outros Transportes	1	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	6	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	9	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	10	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	4	0	3	0	2	0	1	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	5	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0
35 Serviços Públicos	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	186	186	98	98	43	43	23	23	11	11	9	9
Centralidade da Rede	0,80	0,15	0,69	0,16	0,43	0,09	0,26	0,07	0,08	0,02	0,09	0,02
Densidade da Rede		0,1563		0,0824		0,0361		0,0193		0,0092		0,0076

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 12 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2003

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	5	0	3	0	1	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	14	4	1	3	0	2	0	1	0	1	0	1
3 Alimentos e Bebidas	2	6	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	4	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	2	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
6 Vestuário	0	5	0	4	0	3	0	3	0	1	0	1
7 Calçados e Couros	0	8	0	5	0	2	0	1	0	0	0	0
8 Madeira	0	5	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	6	5	2	3	1	2	0	1	0	0	0	0
10 Impressão e Gravações	0	6	0	5	0	2	0	1	0	1	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	31	3	25	2	2	0	1	0	1	0	1	0
12 Química	31	5	23	2	15	1	7	0	3	0	3	0
13 Farmacêutica	2	5	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	12	6	4	3	0	1	0	1	0	1	0	1
15 Minerais não-metálicos	1	7	1	3	1	2	0	2	0	0	0	0
16 Aço	11	6	4	3	2	1	2	1	1	1	1	1
17 Metalurgia não-ferrosos	2	6	2	3	0	1	0	1	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	7	5	0	4	0	2	0	2	0	1	0	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	31	6	25	3	12	1	9	0	3	0	2	0
20 M&E Elétricos	27	7	4	6	4	2	0	0	0	0	0	0
21 Automóveis	3	8	1	6	1	1	1	1	1	1	0	1
22 Autopeças	3	9	1	8	1	4	1	3	1	1	1	0
23 Outros Transportes	1	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	6	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	9	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	10	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	4	0	3	0	2	0	1	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	5	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0
35 Serviços Públicos	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	141	141	79	79	25	25	14	14	9	9	6	6
Centralidade da Rede	0,84	0,16	0,58	0,12	0,29	0,07	0,14	0,05	0,09	0,02	0,03	0,03
Densidade da Rede	0,1185		0,0664		0,0210		0,0118		0,0076		0,0050	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 13 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2005

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	5	0	2	0	2	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	14	3	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0
3 Alimentos e Bebidas	2	5	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	0	1
6 Vestuário	0	4	0	4	0	3	0	2	0	1	0	0
7 Calçados e Couros	0	6	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0
8 Madeira	0	3	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	3	4	2	3	0	2	0	1	0	1	0	0
10 Impressão e Gravações	0	5	0	5	0	3	0	1	0	0	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	31	3	26	1	11	0	1	0	1	0	1	0
12 Química	31	4	24	1	11	1	6	0	4	0	3	0
13 Farmacêutica	2	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	13	4	5	2	0	2	0	1	0	1	0	1
15 Minerais não-metálicos	1	6	1	4	1	3	0	1	0	0	0	0
16 Aço	10	4	4	2	2	1	1	1	1	1	0	0
17 Metalurgia não-ferrosos	0	4	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	5	4	0	4	0	1	0	1	0	1	0	0
19 M&E, Eletrônicos e Div.	29	6	16	3	7	0	3	0	1	0	0	0
20 M&E Elétricos	6	7	4	5	1	2	0	0	0	0	0	0
21 Automóveis	3	7	3	6	1	1	1	1	1	1	1	1
22 Autopeças	3	8	3	7	1	2	1	1	1	1	1	1
23 Outros Transportes	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	9	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	9	0	5	0	1	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	3	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	4	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0
35 Serviços Públicos	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	156	156	94	94	37	37	14	14	10	10	6	6
Centralidade da Rede	0,83	0,14	0,73	0,13	0,31	0,06	0,17	0,05	0,12	0,02	0,09	0,03
Densidade da Rede	0,1311		0,0790		0,0311		0,0118		0,0084		0,0050	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 14 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2008

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	5	0	3	0	2	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	2	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Alimentos e Bebidas	3	4	2	2	1	2	1	0	1	0	0	0
4 Fumo	0	5	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	2	2	1	2	1	2	0	1	0	1	0	1
6 Vestuário	0	4	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
7 Calçados e Couros	0	7	0	3	0	2	0	1	0	0	0	0
8 Madeira	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	6	3	2	3	0	2	0	1	0	1	0	0
10 Impressão e Gravações	0	5	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	30	3	27	1	14	0	2	0	1	0	1	0
12 Química	30	3	22	1	13	1	6	1	4	0	3	0
13 Farmacêutica	3	3	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	13	4	4	2	0	2	0	1	0	1	0	1
15 Minerais não-metálicos	1	5	1	3	0	2	0	1	0	0	0	0
16 Aço	10	3	5	2	2	1	1	1	1	0	1	0
17 Metalurgia não-ferrosos	2	4	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	6	4	1	4	0	1	0	1	0	1	0	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	28	6	13	4	2	0	1	0	0	0	0	0
20 M&E Elétricos	5	7	4	6	0	2	0	0	0	0	0	0
21 Automóveis	3	7	3	6	1	1	1	1	1	1	1	1
22 Autopeças	3	9	3	7	1	2	1	1	1	1	1	1
23 Outros Transportes	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	7	0	3	0	1	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	3	0	3	0	3	0	1	0	1	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	4	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	147	147	92	92	36	36	13	13	9	9	7	7
Centralidade da Rede	0,80	0,15	0,76	0,14	0,40	0,06	0,18	0,02	0,12	0,02	0,09	0,02
Densidade da Rede	0,1235		0,0773		0,0303		0,0109		0,0076		0,0059	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 15 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2014

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	5	0	4	0	2	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	31	4	10	3	5	1	1	0	1	0	1	0
3 Alimentos e Bebidas	2	5	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	6	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	2	4	1	2	1	2	0	1	0	1	0	1
6 Vestuário	0	6	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0
7 Calçados e Couros	0	9	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0
8 Madeira	0	6	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	7	5	2	4	0	3	0	1	0	1	0	0
10 Impressão e Gravações	0	7	0	5	0	4	0	2	0	1	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	31	3	26	2	14	1	2	1	1	1	1	1
12 Química	31	5	25	2	15	2	5	1	4	0	3	0
13 Farmacêutica	4	6	2	2	1	2	1	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	13	6	5	3	2	2	0	1	0	1	0	1
15 Minerais não-metálicos	1	7	1	5	1	3	0	0	0	0	0	0
16 Aço	10	5	5	3	2	2	1	1	1	1	1	0
17 Metalurgia não-ferrosos	10	6	2	4	1	1	1	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	5	7	1	4	0	3	0	1	0	1	0	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	31	8	16	3	8	1	2	0	2	0	0	0
20 M&E Elétricos	24	8	5	6	4	3	1	1	0	0	0	0
21 Automóveis	3	9	1	6	1	3	1	1	1	1	1	1
22 Autopeças	3	10	2	8	1	3	1	1	1	1	1	1
23 Outros Transportes	0	9	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	6	0	4	0	3	0	1	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	10	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	10	0	5	0	2	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	5	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	6	0	2	0	2	0	1	0	0	0	0
35 Serviços Públicos	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	208	208	106	106	57	57	16	16	11	11	8	8
Centralidade da Rede	0,78	0,13	0,72	0,16	0,42	0,07	0,14	0,05	0,11	0,02	0,09	0,02
Densidade da Rede	0,1748		0,0891		0,0479		0,0134		0,0092		0,0067	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 16 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2000

	0,0002		0,0003		0,0004		0,0005		0,0006		0,0007	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	9	0	7	0	3	0	2	0	2	0	1
2 Indústria Extrativa	6	7	5	5	3	3	1	3	1	3	1	3
3 Alimentos e Bebidas	9	8	5	6	3	3	2	2	2	2	2	2
4 Fumo	0	5	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
5 Têxtil	4	6	3	4	3	2	3	1	2	1	2	1
6 Vestuário	0	6	0	5	0	4	0	4	0	4	0	4
7 Calçados e Couros	0	9	0	7	0	7	0	7	0	5	0	5
8 Madeira	2	7	1	5	1	4	1	4	1	4	0	4
9 Celulose e Papel	28	6	24	4	14	3	10	3	6	3	6	3
10 Impressão e Gravações	5	7	3	5	3	5	3	5	3	5	1	5
11 Refino de Petróleo e Bioc.	27	8	2	6	1	4	1	3	1	1	1	1
12 Química	32	9	31	7	30	3	30	1	27	0	23	0
13 Farmacêutica	7	6	2	5	2	2	2	2	2	1	1	1
14 Borracha e Plástico	32	7	28	4	13	4	11	4	9	2	8	2
15 Minerais não-metálicos	4	9	4	5	1	5	1	5	1	5	1	5
16 Aço	32	8	27	6	24	4	19	3	16	3	15	3
17 Metalurgia não-ferrosos	12	9	10	5	2	4	2	3	2	3	2	3
18 Produtos de Metal	17	7	9	6	7	4	7	3	6	3	6	3
19 M&E, Eletrônicos e Div.	32	9	30	8	24	6	20	6	15	6	15	5
20 M&E Elétricos	7	10	4	7	4	6	4	6	4	6	2	6
21 Automóveis	4	11	3	9	3	6	2	6	1	5	1	5
22 Autopeças	4	11	3	10	3	10	2	9	1	8	1	8
23 Outros Transportes	0	9	0	6	0	5	0	4	0	4	0	3
24 SIUP	0	10	0	8	0	4	0	4	0	3	0	0
25 Construção Civil	0	11	0	9	0	7	0	7	0	7	0	5
26 Comércio	0	11	0	9	0	8	0	3	0	2	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	12	0	10	0	7	0	7	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	8	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
29 Comunicação e Inform.	0	6	0	6	0	5	0	3	0	2	0	2
30 Intermediação Financeira	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	7	0	6	0	5	0	3	0	2	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	6	0	5	0	4	0	4	0	3	0	3
35 Serviços Públicos	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	264	264	194	194	141	141	121	121	100	100	88	88
Centralidade da Rede	0,76	0,14	0,79	0,14	0,81	0,19	0,83	0,17	0,75	0,16	0,64	0,17
Densidade da Rede	0,2218		0,1630		0,1185		0,1017		0,0840		0,0739	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 17 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2003

	0,0002		0,0003		0,0004		0,0005		0,0006		0,0007	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	7	0	4	0	2	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	8	5	3	3	3	2	2	2	1	2	1	1
3 Alimentos e Bebidas	7	7	4	2	3	2	2	1	2	1	2	1
4 Fumo	0	5	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
5 Têxtil	4	4	3	2	3	1	3	1	2	1	2	1
6 Vestuário	0	6	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
7 Calçados e Couros	0	8	0	7	0	6	0	3	0	3	0	3
8 Madeira	1	5	1	4	0	3	0	2	0	2	0	1
9 Celulose e Papel	15	4	9	3	6	2	2	2	2	2	2	1
10 Impressão e Gravações	3	6	2	5	1	4	1	4	0	4	0	4
11 Refino de Petróleo e Bioc.	27	4	18	2	2	1	2	1	1	1	1	1
12 Química	31	6	29	3	24	1	21	1	19	0	16	0
13 Farmacêutica	2	6	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1
14 Borracha e Plástico	16	6	12	3	10	2	5	1	4	1	3	1
15 Minerais não-metálicos	4	7	1	5	1	4	1	3	1	2	1	2
16 Aço	26	5	11	5	8	4	7	2	6	1	5	1
17 Metalurgia não-ferrosos	6	5	2	5	2	3	2	2	1	1	1	1
18 Produtos de Metal	10	6	7	4	6	3	5	3	4	3	3	2
19 M&E, Eletrônicos e Div.	30	8	23	6	19	4	15	2	13	0	10	0
20 M&E Elétricos	4	7	4	7	1	6	0	6	0	6	0	5
21 Automóveis	3	8	3	6	2	5	1	5	1	5	1	3
22 Autopeças	3	11	3	10	2	8	1	8	1	6	1	5
23 Outros Transportes	1	6	1	5	0	3	0	3	0	2	0	2
24 SIUP	0	9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	9	0	8	0	7	0	5	0	4	0	3
26 Comércio	0	8	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	10	0	8	0	7	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
29 Comunicação e Inform.	0	6	0	4	0	3	0	2	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	6	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	5	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
35 Serviços Públicos	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	201	201	138	138	94	94	71	71	59	59	50	50
Centralidade da Rede	0,79	0,16	0,78	0,19	0,66	0,17	0,59	0,19	0,54	0,13	0,45	0,11
Densidade da Rede	0,1689		0,1160		0,0790		0,0597		0,0496		0,0420	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 18 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2005

	0,0002		0,0003		0,0004		0,0005		0,0006		0,0007	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	9	0	6	0	3	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	7	6	7	4	6	2	3	2	1	1	1	1
3 Alimentos e Bebidas	6	7	4	7	3	2	2	2	2	2	2	1
4 Fumo	0	7	0	3	0	3	0	2	0	2	0	2
5 Têxtil	3	7	3	4	2	1	2	1	2	1	2	1
6 Vestuário	0	8	0	5	0	3	0	3	0	3	0	3
7 Calçados e Couros	0	9	0	8	0	6	0	5	0	4	0	3
8 Madeira	1	7	0	5	0	3	0	3	0	2	0	2
9 Celulose e Papel	23	6	13	5	7	2	6	2	3	2	2	2
10 Impressão e Gravações	3	8	3	6	3	4	1	4	1	4	1	4
11 Refino de Petróleo e Bioc.	31	5	21	2	3	2	2	1	1	1	1	1
12 Química	31	8	29	6	27	4	22	1	19	0	18	0
13 Farmacêutica	3	7	2	5	2	3	1	1	1	1	1	1
14 Borracha e Plástico	31	6	17	5	12	3	9	2	7	1	5	1
15 Minerais não-metálicos	3	8	1	7	1	6	1	4	1	4	1	3
16 Aço	27	7	25	5	9	3	7	3	7	1	7	1
17 Metalurgia não-ferrosos	12	7	10	5	5	3	2	3	2	2	2	1
18 Produtos de Metal	27	7	10	5	7	3	7	3	6	2	5	2
19 M&E, Eletrônicos e Div.	31	9	29	7	26	6	15	5	15	2	13	2
20 M&E Elétricos	4	8	4	7	3	6	2	6	0	6	0	6
21 Automóveis	3	10	3	7	2	6	1	6	1	6	1	5
22 Autopeças	3	11	3	10	2	7	1	7	1	7	1	7
23 Outros Transportes	1	8	0	6	0	5	0	3	0	3	0	2
24 SIUP	0	8	0	6	0	5	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	10	0	9	0	8	0	7	0	5	0	4
26 Comércio	0	11	0	10	0	3	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	12	0	10	0	8	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	5	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
29 Comunicação e Inform.	0	8	0	6	0	3	0	2	0	2	0	2
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	8	0	6	0	3	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	7	0	4	0	2	0	2	0	2	0	2
35 Serviços Públicos	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	250	250	184	184	120	120	84	84	70	70	63	63
Centralidade da Rede	0,74	0,15	0,74	0,15	0,74	0,14	0,61	0,14	0,53	0,16	0,51	0,16
Densidade da Rede	0,2101		0,1546		0,1008		0,0706		0,0588		0,0529	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 19 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2008

	0,0002		0,0003		0,0004		0,0005		0,0006		0,0007	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	6	0	4	0	2	0	2	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	10	6	2	4	2	3	1	1	1	1	1	1
3 Alimentos e Bebidas	13	7	6	6	4	2	3	2	2	1	2	1
4 Fumo	0	5	0	4	0	2	0	2	0	2	0	2
5 Têxtil	3	4	2	3	2	1	2	1	2	1	2	1
6 Vestuário	0	6	0	4	0	4	0	3	0	3	0	3
7 Calçados e Couros	0	8	0	8	0	4	0	4	0	3	0	3
8 Madeira	2	6	1	5	1	3	0	1	0	1	0	1
9 Celulose e Papel	14	7	9	4	4	3	2	2	2	2	2	1
10 Impressão e Gravações	3	7	1	7	1	5	0	4	0	4	0	4
11 Refino de Petróleo e Bioc.	27	4	26	3	3	3	2	1	1	1	1	1
12 Química	30	6	28	3	25	1	19	1	18	0	16	0
13 Farmacêutica	2	5	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1
14 Borracha e Plástico	17	7	12	3	10	2	7	1	5	1	4	1
15 Minerais não-metálicos	1	8	1	6	1	6	1	3	1	3	1	2
16 Aço	25	6	20	4	16	2	8	2	7	1	7	1
17 Metalurgia não-ferrosos	12	6	10	5	7	4	3	3	2	2	2	1
18 Produtos de Metal	13	6	8	5	7	3	7	2	5	1	5	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	29	8	20	8	15	7	9	2	8	2	7	2
20 M&E Elétricos	4	7	4	7	3	6	0	6	0	5	0	5
21 Automóveis	3	8	2	8	1	7	1	5	1	4	1	4
22 Autopeças	3	10	2	9	1	7	1	6	1	6	1	6
23 Outros Transportes	0	7	0	7	0	6	0	3	0	2	0	2
24 SIUP	0	10	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	10	0	9	0	8	0	4	0	4	0	3
26 Comércio	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	11	0	8	0	1	0	1	0	1	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	3	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
29 Comunicação e Inform.	0	6	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	5	0	5	0	3	0	2	0	2	0	2
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	211	211	156	156	104	104	67	67	57	57	53	53
Centralidade da Rede	0,75	0,16	0,73	0,14	0,69	0,16	0,53	0,13	0,51	0,14	0,45	0,14
Densidade da Rede	0,1773		0,1311		0,0874		0,0563		0,0479		0,0445	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 20 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, Atividades Inovativas incorporadas no consumo intermediário, 2014

	0,0002		0,0003		0,0004		0,0005		0,0006		0,0007	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	7	0	4	0	3	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	25	4	8	1	5	1	4	1	4	1	1	0
3 Alimentos e Bebidas	11	7	4	3	4	2	2	1	2	1	2	1
4 Fumo	0	5	0	2	0	2	0	2	0	1	0	0
5 Têxtil	3	3	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1
6 Vestuário	0	4	0	3	0	3	0	2	0	2	0	2
7 Calçados e Couros	0	8	0	5	0	4	0	3	0	3	0	3
8 Madeira	2	5	1	4	0	2	0	1	0	1	0	0
9 Celulose e Papel	7	6	4	3	2	3	2	2	2	1	1	1
10 Impressão e Gravações	1	6	0	5	0	5	0	4	0	4	0	4
11 Refino de Petróleo e Bioc.	28	4	20	3	13	3	2	1	2	1	1	1
12 Química	28	5	23	2	18	2	16	2	15	2	12	0
13 Farmacêutica	2	5	1	2	1	2	1	1	1	1	0	0
14 Borracha e Plástico	14	5	10	2	6	2	4	1	3	1	3	1
15 Minerais não-metálicos	4	7	1	6	1	4	1	2	1	1	1	1
16 Aço	11	5	7	3	7	3	6	2	4	2	2	1
17 Metalurgia não-ferrosos	7	6	2	4	2	2	2	1	2	1	1	0
18 Produtos de Metal	9	6	7	4	7	3	5	1	3	1	1	1
19 M&E, Eletrônicos e Div.	27	9	15	6	10	3	8	2	4	0	2	0
20 M&E Elétricos	5	8	4	7	2	7	1	5	0	4	0	1
21 Automóveis	1	9	1	6	1	5	1	4	1	4	1	3
22 Autopeças	2	11	1	9	1	6	1	6	1	5	1	4
23 Outros Transportes	1	10	0	6	0	3	0	3	0	1	0	1
24 SIUP	0	9	0	4	0	1	0	1	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	10	0	8	0	3	0	2	0	2	0	1
26 Comércio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	10	0	2	0	2	0	2	0	2	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	4	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
29 Comunicação e Inform.	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	4	0	2	0	2	0	2	0	1	0	0
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	188	188	111	111	82	82	58	58	47	47	31	31
Centralidade da Rede	0,71	0,18	0,62	0,18	0,49	0,15	0,45	0,14	0,43	0,11	0,35	0,10
Densidade da Rede	0,1580		0,0933		0,0689		0,0487		0,0395		0,0261	

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 21 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2000

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Alimentos e Bebidas	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Vestuário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Calçados e Couros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Madeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
10 Impressão e Gravações	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Química	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Farmacêutica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
15 Minerais não-metálicos	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 Aço	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Metalurgia não-ferrosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 M&E, Eletrônicos e Div.	15	0	9	0	4	0	3	0	2	0	1	0
20 M&E Elétricos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 Automóveis	2	1	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0
22 Autopeças	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23 Outros Transportes	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0
28 Alojamento e Alimentação	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	18	18	12	12	5	5	4	4	3	3	1	1
Centralidade da Rede	0,45	0,05	0,27	0,05	0,12	0,03	0,09	0,03	0,06	0,03	0,03	0,03
Densidade da Rede		0,0151		0,0101		0,0042		0,0034		0,0025		0,0008

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 22 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2003

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Alimentos e Bebidas	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Vestuário	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Calçados e Couros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Madeira	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10 Impressão e Gravações	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Química	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Farmacêutica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Minerais não-metálicos	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 Aço	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Metalurgia não-ferrosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 M&E, Eletrônicos e Div.	10	0	5	0	2	0	2	0	1	0	1	0
20 M&E Elétricos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 Automóveis	7	0	4	0	2	0	1	0	1	0	1	0
22 Autopeças	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23 Outros Transportes	2	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
24 SIUP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	3	0	3	0	2	0	2	0	2	0	2
28 Alojamento e Alimentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	20	20	11	11	5	5	4	4	3	3	3	3
Centralidade da Rede	0,29	0,08	0,15	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,03	0,06	0,03	0,06
Densidade da Rede		0,0168		0,0092		0,0042		0,0034		0,0025		0,0025

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 23 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado nos investimentos, 2005

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
2 Indústria Extrativa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Alimentos e Bebidas	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Vestuário	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Calçados e Couros	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Madeira	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
10 Impressão e Gravações	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Química	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Farmacêutica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Minerais não-metálicos	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 Aço	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Metalurgia não-ferrosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 M&E, Eletrônicos e Div.	12	0	6	0	4	0	2	0	1	0	0	0
20 M&E Elétricos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 Automóveis	3	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0
22 Autopeças	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
23 Outros Transportes	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
24 SIUP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	3	0	3	0	3	0	2	0	2	0	2
28 Alojamento e Alimentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	17	17	10	10	7	7	4	4	3	3	2	2
Centralidade da Rede	0,36	0,08	0,18	0,08	0,12	0,09	0,06	0,06	0,03	0,06	0,03	0,06
Densidade da Rede		0,0143		0,0084		0,0059		0,0034		0,0025		0,0017

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 24 - Análise de filtro, Redes de fluxos tecnológicos, P&D incorporado no consumo intermediário, 2008

	0,00005		0,0001		0,0002		0,0003		0,0004		0,0005	
	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In
1 Agropecuária	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2 Indústria Extrativa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Alimentos e Bebidas	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
4 Fumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 Têxtil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Vestuário	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Calçados e Couros	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Madeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Celulose e Papel	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
10 Impressão e Gravações	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 Refino de Petróleo e Bioc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 Química	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 Farmacêutica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Borracha e Plástico	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 Minerais não-metálicos	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16 Aço	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 Metalurgia não-ferrosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Produtos de Metal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 M&E, Eletrônicos e Div.	12	0	5	0	3	0	2	0	1	0	1	0
20 M&E Elétricos	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
21 Automóveis	4	0	3	0	3	0	2	0	2	0	2	0
22 Autopeças	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
23 Outros Transportes	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
24 SIUP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Construção Civil	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26 Comércio	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 Transporte Armazenagem	0	3	0	3	0	3	0	3	0	2	0	1
28 Alojamento e Alimentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 Comunicação e Inform.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 Intermediação Financeira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 Atividades imobiliárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 Serviços para Emp. e Fam.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33 Educação privada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34 Saúde privada	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
35 Serviços Públicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de ligações	18	18	10	10	8	8	6	6	4	4	3	3
Centralidade da Rede	0,36	0,08	0,15	0,08	0,09	0,09	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,03
Densidade da Rede		0,0151		0,0084		0,0067		0,0050		0,0034		0,0025

Nota: Classificação setorial de acordo com a Tabela A 6.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A 25 - Estimacões painel dinâmico GMM *system*, Amostra setores com dados de P&D mais agropecuária e construção – Variável dependente: crescimento da produtividade do trabalho

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Produt_{t0}	-0,143 (0,108)	0,011 (0,029)	-0,077 (0,107)	-0,053 (0,041)	-0,146** (0,061)	-0,199*** (0,072)	0,108 (0,065)	0,095 (0,088)
Δ Invest	0,060*** (0,016)	0,070*** (0,017)	0,060*** (0,014)	0,075*** (0,015)	0,065*** (0,020)	0,070*** (0,021)	0,080*** (0,015)	0,086*** (0,016)
P&D_{t0}								
Abs A	0,095*** (0,025)							
Inter A		0,075*** (0,020)					0,066** (0,026)	
Abs L			0,085*** (0,031)					
Inter L				0,069*** (0,023)				0,107*** (0,037)
Abs B					0,036*** (0,009)			
Inter B						0,033*** (0,009)	0,027** (0,013)	0,015 (0,016)
AR (2)	0,253	0,289	0,383	0,213	0,804	0,777	0,262	0,126
Hansen	0,278	0,178	0,442	0,245	0,196	0,282	0,189	0,246
Dif Hansen	0,583	0,622	0,681	0,661	0,140	0,234	0,326	0,551
Nº inst.	19	19	19	19	19	19	21	21
Nº obs.	127	127	127	127	127	127	127	127
Nº setores	27	27	27	27	27	27	27	27

Nota: Os símbolos *, ** e *** indicam p-valores menores do que 10%, 5% e 1%, respectivamente. Erros-padrão robustos em parênteses. São reportados os p-valores das estatísticas de teste AR (2), Teste de Hansen e Teste de diferença de Hansen para os instrumentos GMM em nível. Variáveis dependente e explicativas se encontram em logaritmos (ln). *Dummies* temporais e constante foram estimadas nos modelos e não estão reportadas. Os modelos estimados foram realizados a partir do comando “*xtabond2*” do *software* Stata 14, desenvolvido por Roodman (2009), e controlam para o excesso de instrumentos (comandos “*laglimits*” ou “*collapse*”), possuem ajustes para amostras pequenas (comando “*small*”) e desvios ortogonais (comando “*orthogonal*”). Estimacão GMM *system* em dois estágios. Fonte: elaboracão própria.