



Transbordamentos tecnológicos intersetoriais na economia brasileira

Caio Murilo Santos Cruz¹;
Marcelo dos Santos da Silva²;
Pedro Lopes Marinho³;
Marianne Costa Oliveira⁴;
Priscila de Queiroz Leal⁵

Resumo: O conhecimento tecnológico impulsiona o aprendizado e a inovação, consolidando-se como motor essencial para o progresso técnico-econômico e a superação de gargalos estruturais em economias emergentes. No Brasil, os transbordamentos tecnológicos intersetoriais (*technological spillovers*), derivados de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), representam um mecanismo fundamental para difundir inovações e fortalecer a competitividade das firmas, mitigando a heterogeneidade produtiva. O objetivo geral deste estudo foi mapear e analisar, setorialmente, esses transbordamentos no contexto brasileiro em 2017. A metodologia adotou uma abordagem quantitativa aplicada e exploratória, utilizando dados secundários da Pesquisa de Inovação (PINTEC) para dispêndios internos em P&D, bem como dados do *Agricultural Science and Technology Indicators* (ASTI), compatibilizados com uma matriz insumo-produto com 57 setores. A estratégia empírica envolveu o cálculo de matrizes de fluxo e coeficientes de Leontief modificados para capturar os efeitos de transbordamentos tecnológicos indiretos (*rent spillovers*). Os resultados revelaram dispêndios totais em P&D de 29,6 bilhões de reais, com a Indústria de Transformação respondendo por 57,61% do total, seguida pelos Serviços (25,41%) e Agropecuária (13,44%). Em termos de efeitos de recebimento (*receiving effects*), destacaram-se os setores de construção, a fabricação de produtos alimentícios e a administração pública, evidenciando que setores tradicionais operam como receptores de tecnologia externa. Inversamente, os efeitos de envio (*sending effects*) foram liderados pelos Serviços de P&D e Análises Técnicas, Desenvolvimento de *Software* e Fabricação de Outros Equipamentos de Transporte, caracterizando-os como os motores da difusão tecnológica. Conclui-se que a estrutura de inovação brasileira é marcada por profundas assimetrias e uma dependência estrutural de setores tradicionais em relação a ilhas de excelência tecnológica, demandando políticas públicas que fortaleçam a capacidade absorptiva e a integração intersetorial.

Palavras-chave: : Pesquisa e Desenvolvimento; Transbordamentos Tecnológicos; Matriz Insumo-Produto.

¹ Universidade Estadual de Santa Cruz. E-mail: cmscruz.ecn@uesc.br

² Universidade Estadual de Santa Cruz. E-mail: masilva@uesc.br.

³ Universidade Estadual de Santa Cruz. E-mail: pedro@uesc.br.

⁴ Universidade Estadual de Santa Cruz. E-mail: mcoliveira@uesc.br

⁵ Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: pridequeiroz@gmail.com.

Código JEL: O32, C67.

Área Temática: Transferência de tecnologia e processos de aprendizado.

Intersectoral Technological Spillovers in the Brazilian Economy

Abstract: Technological knowledge drives learning and innovation, establishing itself as a key engine of economic progress and of overcoming structural bottlenecks in emerging economies. In Brazil, intersectoral technological spillovers derived from investments in Research and Development (R&D) constitute a fundamental mechanism for diffusing innovations and strengthening firms' competitiveness, while mitigating productive heterogeneity. The main objective of this study is to map and analyze these spillovers at the sectoral level in the Brazilian context in 2017. The methodology adopts a quantitative, applied, and exploratory approach, using secondary data from the Innovation Survey (PINTEC) on internal R&D expenditures, as well as data from the Agricultural Science and Technology Indicators (ASTI), harmonized with a 57-sector input-output matrix. The empirical strategy involves the calculation of flow matrices and modified Leontief coefficients to capture indirect spillover effects (rent spillovers). The results reveal total R&D expenditures of BRL 29.6 billion, with Manufacturing accounting for 57.61% of the total, followed by Services (25.41%) and Agricultural (13.44%). In terms of receiving effects, the construction sector, food manufacturing, and public administration stand out, indicating that traditional sectors operate as recipients of external technology. Conversely, sending effects are led by R&D and technical analysis services, software development, and other transport equipment manufacturing, characterizing them as key drivers of technological diffusion. The study concludes that the Brazilian innovation structure is marked by profound asymmetries and a structural dependence of traditional sectors on islands of technological excellence, highlighting the need for public policies aimed at strengthening absorptive capacity and intersectoral integration.

Keywords: Research and Development; Technological Spillovers; Input-Output Matrix.

1. Introdução

O conhecimento é um dos pilares fundamentais para o progresso da civilização humana desde seus primórdios. Segundo Hayek (1945), o conhecimento está disperso pela sociedade; ou seja, o conhecimento se espalha constantemente entre pessoas, empresas e instituições. Essa fragmentação do conhecimento permite que ele seja refinado e reinterpretado em diferentes contextos, promovendo um ciclo contínuo de aprendizado que, conforme Schumpeter (1934), culmina na inovação, entendida como a introdução de novos produtos, processos ou formas de organização. Nesse contexto, a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) assume papel central no processo inovativo.

O investimento brasileiro em P&D correspondeu a cerca de 1,26% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2017, segundo dados do Instituto de Estatísticas da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2020; 2021). Embora esse percentual ainda seja considerado moderado quando comparado ao observado em países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), há evidências de um fortalecimento gradual da capacidade de inovação no país⁶. Porém, esse processo não ocorre de maneira homogênea entre os setores da economia.

Desse modo, torna-se necessário entender tais efeitos a partir de uma perspectiva setorial. Um deles, por exemplo, os transbordamentos indiretos, manifesta-se quando setores se beneficiam de insumos intensivos em P&D adquiridos a preços que não refletem integralmente o conteúdo tecnológico incorporado (Griliches, 1979). Esse mecanismo, segundo Los e Verspagen (2007), amplia o impacto agregado dos investimentos em inovação.

Do ponto de vista empírico, diversos estudos buscaram mensurar os transbordamentos tecnológicos e efeitos associados aos gastos em P&D na economia. No entanto, a maior parte dos estudos concentram-se em analisar essa dinâmica em países desenvolvidos. Por isso, as evidências do contexto brasileiro são mais limitadas e baseiam-se sobretudo em abordagens de insumo-produto aplicadas à análise intersetorial dos efeitos da P&D (Silva; Gonçalves; Perobelli, 2010; Gonçalves; Perobelli; Araújo, 2017).

Diante dessa lacuna presente no cenário brasileiro, este artigo busca responder à seguinte pergunta: como se comportaram os transbordamentos tecnológicos intersetoriais no Brasil no ano de 2017? Com esse propósito, o objetivo geral do trabalho consiste em analisar os transbordamentos tecnológicos intersetoriais na economia brasileira por meio da abordagem de insumo-produto, a partir dos dispêndios setoriais em P&D. Esse método permite identificar a magnitude e a direção dos fluxos tecnológicos entre os setores produtivos, reforçando a importância da mensuração de *rent spillovers* em economias mais distantes da fronteira tecnológica. Ao adotar essa perspectiva, o estudo não apenas contribui para o aprofundamento da compreensão dos mecanismos de difusão tecnológica em economias em desenvolvimento, como também oferece um panorama intersetorial dos transbordamentos associados aos investimentos em P&D.

Além desta introdução, o artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta um referencial teórico e revisão de literatura breves; a seção 3 descreve a metodologia empregada; a seção 4 discute os principais resultados obtidos; e, por fim, a seção 5 reúne as considerações finais.

2. A P&D e os transbordamentos tecnológicos intersetoriais

A incorporação sistemática da ciência ao processo produtivo só se consolidou no final do século XIX, com o surgimento dos primeiros laboratórios empresariais de P&D voltados a fins comerciais (Tigre, 2006). Nesse contexto, segundo o Manual de Frascati, a P&D passa a ser compreendida como atividades que envolvem esforços criativos e sistemáticos destinados tanto à ampliação do conhecimento quanto à sua aplicação em novas soluções econômicas e sociais (OCDE, 2002).

O processo resultante do investimento em P&D e do acúmulo prévio de conhecimento permite que as empresas se beneficiem de *spillovers* tecnológicos e acelerem seus processos inovativos (Cohen; Levinthal, 1989). Assim, o investimento em P&D não apenas amplia o estoque interno de conhecimento ao nível da firma, mas também influencia o grau de absorção dos fluxos externos de conhecimento.

⁶ Essa tendência para estimular o ambiente de inovação é reforçada pelo avanço do Brasil no Global Innovation Index (GII), que passou da 69ª posição em 2017 para a 49ª em 2023 (Cornell University; Institut Européen D'administration Des Affaires; WIPO, 2017; WIPO, 2023).

Esses fluxos de conhecimento raramente permanecem restritos às unidades que os geram. Como destacam Gonçalves, Perobelli e Araújo (2017), o conhecimento é intrinsecamente dinâmico e percorre canais intersetoriais tanto de forma intencional, por meio de acordos formais de transferência, quanto de forma não intencional, quando setores se apropriam de avanços tecnológicos sem compensação proporcional. Griliches (1979) define esses processos como transbordamentos tecnológicos, exemplificados por situações em que equipes de pesquisa se beneficiam gratuitamente de descobertas realizadas por outras, ou quando melhorias tecnológicas incorporadas aos insumos não são plenamente refletidas em seus preços.

A literatura ressalta que a propagação desses transbordamentos não depende exclusivamente das relações diretas de insumo-produto. Branstetter (2000) argumenta que a proximidade tecnológica entre setores desempenha papel central na absorção de inovações. Dessa forma, setores sem vínculos comerciais evidentes podem se beneficiar mutuamente por compartilharem competências tecnológicas próximas. Além dos fluxos espontâneos, os transbordamentos tecnológicos também se materializam por meio de canais estruturados e deliberados.

A coexistência de mecanismos espontâneos e mediados por agentes especializados reforça a distinção entre transbordamentos de conhecimento (*knowledge spillovers*) e transbordamentos indiretos (*rent spillovers*). Estes últimos estão associados às interdependências produtivas e às imperfeições de mensuração de preços, especialmente quando os ganhos tecnológicos incorporados aos insumos não são plenamente captados por índices de preços não hedônicos. Nesse caso, os chamados *rent spillovers* emergem das relações fornecedor-usuário, e estão intrinsecamente ligados à estrutura de interdependências produtivas das economias modernas que podem, indiretamente, ampliar os efeitos de difusão tecnológica ao longo das cadeias produtivas (Griliches, 1979; Guilhoto, 2011).

Por fim, a literatura aponta que a mensuração desses transbordamentos exige instrumentos capazes de capturar tanto os efeitos diretos quanto os indiretos das interações intersetoriais. Nesse sentido, Griliches (1979) e Gonçalves, Perobelli e Araújo (2017) destacam a adequação das matrizes de insumo-produto como ferramenta analítica para mapear os fluxos tecnológicos.

2.1. Revisão de literatura

A literatura sobre transbordamentos tecnológicos tem evoluído de formulações conceituais iniciais para abordagens empíricas e metodológicas cada vez mais sofisticadas, voltadas à compreensão de como os investimentos P&D ultrapassam os limites das firmas e setores (Griliches, 1990).

Os estudos pioneiros concentraram-se na mensuração de *spillovers* em nível internacional e setorial. Verspagen (1997), ao analisar 14 países da OCDE entre 1974 e 1992, distinguiu *rent spillovers* e *knowledge spillovers*, evidenciando que ambos contribuem significativamente para a produtividade total dos fatores (PTF), embora apresentem padrões distintos de difusão. Enquanto os *spillovers* de conhecimento tendem a ser mais localizados, os *rent spillovers* se disseminam de forma mais ampla entre setores e países. Avançando nessa agenda, Verspagen e De Loo (1999) incorporaram explicitamente a dimensão temporal, mostrando que os efeitos dos *spillovers* atingem seu pico após alguns anos e se dissipam gradualmente.

Hongxia e Xiuli (2007), ao estudarem a economia chinesa entre 1997 e 2002, demonstraram que os *spillovers* interindustriais de P&D se intensificaram ao longo do tempo, com setores científicos atuando como principais emissores de conhecimento. De forma semelhante, Silva, Gonçalves e Perobelli (2010), ao analisarem o Brasil entre 1990 e 2005, encontraram evidências de que os investimentos em P&D elevam significativamente a produtividade setorial, sendo os *spillovers* um importante canal de transmissão tecnológica.

No contexto internacional mais recente, Wolff (2011), ao examinar os Estados Unidos no período de 1958 a 2007, confirmou que os *spillovers* de P&D exercem impacto relevante sobre a produtividade, variando conforme os canais de transmissão associados aos fluxos de insumos, vendas e investimentos. Complementarmente, Aldieri, Sena e Vinci (2018) enfatizaram o papel da capacidade de absorção e da distância em relação à fronteira tecnológica, mostrando que economias e firmas mais próximas da fronteira se beneficiam mais de *knowledge spillovers*, enquanto aquelas mais distantes tendem a capturar predominantemente *rent spillovers*.

No caso brasileiro, Gonçalves, Araújo e Perobelli (2017) contribuíram ao mapear os fluxos intersetoriais de P&D e inovação a partir da matriz de coeficientes técnicos de insumo-produto, identificando setores de média intensidade tecnológica e serviços intensivos em conhecimento (*KIBS*) como principais doadores de *spillovers*, enquanto setores tradicionais figuram como grandes receptores.

3. Metodologia

3.1. Estratégia para mensuração dos transbordamentos tecnológicos

Conforme Hongxia e Xiuli (2007), a metodologia de análise de transbordo de P&D intersetorial pode ser aplicada utilizando o modelo insumo-produto. Os autores propõem a utilização de uma matriz de coeficientes de fluxo de P&D ($C_{P\&D}$), definida como:

$$C_{P\&D} = \langle P\&D \rangle \langle X \rangle^{-1} (I - A)^{-1} \quad (1)$$

em que $C_{P\&D}$ é uma matriz composta por coeficientes de fluxo de P&D, $\langle P\&D \rangle$ é uma matriz diagonal dos gastos setoriais em P&D, $\langle X \rangle^{-1}$ é a matriz diagonal inversa do valor bruto da produção (VBP), $(I - A)^{-1}$ corresponde matriz à inversa de Leontief, que é utilizada para medir o impacto indireto dos insumos na produção. Cada elemento de $C_{P\&D}$, c_{ij} , indica a contribuição dos esforços de P&D do setor i para a produção de uma unidade do produto final do setor j . Cada coluna da matriz $C_{P\&D}$ expressa a contribuição dos esforços de P&D de diversos setores para a produção de uma unidade de produto final em um setor específico. Esse valor é utilizado como uma medida do benefício recebido pelo setor em termos de transbordamentos de P&D. Segundo Hongxia e Xiuli (2007), o efeito total de recebimento de P&D de um setor, $MC_{P\&D}$, pode ser obtido conforme a seguinte expressão:

$$MC_{P\&D} = iC_{P\&D} \quad (2)$$

Nesta fórmula, i representa um vetor coluna de uns, de dimensão $n \times 1$, onde n é o número de setores. O valor $MC_{P\&D}$ é denominado "efeito de recebimento" e representa o efeito multiplicador reverso (Dietzenbacher; Los, 2002). Portanto, $C_{P\&D}$ é conhecido como a matriz de coeficientes de fluxo de P&D de retorno, indicando como os esforços de P&D de diversos setores afetam a produção de outros setores. Com o objetivo de compreender a origem dos transbordamentos que um setor recebe, Hongxia e Xiuli (2007) sugerem que a matriz $C_{P\&D}$ pode ser padronizada por coluna, resultando na matriz padronizada de coeficientes de fluxo de P&D ($SC_{P\&D}$). A padronização é realizada pela seguinte expressão:

$$SC_{P\&D} = C_{P\&D} \langle MC_{P\&D} \rangle^{-1} \quad (3)$$

A matriz $SC_{P\&D}$ representa a padronização dos coeficientes de fluxo de P&D. Cada elemento s_{ij} indica o peso relativo do setor i na contribuição para os transbordamentos de P&D recebido pelo setor j . A matriz $\langle MC_{P\&D} \rangle^{-1}$ é uma matriz diagonal inversa com os valores dos elementos de $MC_{P\&D}$ na diagonal principal. Além disso, Hongxia e Xiuli (2007) destacam que também é possível calcular os transbordamentos que um setor envia para outros setores. Nesse contexto, a matriz de coeficientes de fluxo de P&D para frente ($D_{P\&D}$) é definida como:

$$D_{P\&D} = \langle P\&D \rangle \langle X \rangle^{-1} (I - A_C)^{-1} \quad (4)$$

onde A_C é a matriz de coeficientes de produção na tecnologia insumo-produto. A matriz A_C é definida por:

$$A_C = \langle X \rangle^{-1} W \quad (5)$$

em que $\langle X \rangle^{-1}$ é a matriz diagonal inversa do VBP setorial e W é a matriz das entregas intermediárias domésticas. A linha correspondente da matriz $D_{P\&D}$ pode ser utilizada para mostrar a dedicação dos esforços de P&D de um setor j (onde $j = (1, \dots, n)$) a outros setores e a si mesmo como fornecedor, quando

sua demanda final aumenta em uma unidade. Por fim, Hongxia e Xiuli (2007) explicam que o efeito total de envio de P&D de um setor, $MD_{P\&D}$, pode ser calculado como:

$$MD_{P\&D} = D_{P\&D} i^T \quad (6)$$

Nesta equação, $MD_{P\&D}$ é denominado "efeito de envio". Cada elemento de $MD_{P\&D}$ representa o total de transbordamentos de P&D enviados pelo setor i para todos os outros setores, incluindo ele mesmo. O vetor i é composto por uns e sua transposta (i^T) é utilizada para somar as contribuições dos setores de P&D em termos de envio de tecnologia.

Neste artigo, as diagonais principais de $C_{P\&D}$ e $D_{P\&D}$ foram substituídas por zeros para remover o efeito de transbordamento intrasetorial.

3.2 Bases de dados

O estudo utilizou as seguintes fontes de dados secundários: i) Pesquisa de Inovação (PINTEC), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), para coletar informações sobre os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) setoriais, nas indústrias de transformação, extrativas e de serviços; ii) *Agricultural Science and Technology Indicators* (ASTI, 2013), para os investimentos em agricultura e atividades correlatas, as quais não entram presentes na PINTEC, mas são importantes para o arcabouço inovativo brasileiro; e iii) matriz insumo produto (MIP).

Dadas as diferenças estruturais entre a base da PINTEC (IBGE, 2017) e a MIP elaborada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NEREUS, 2017), tornou-se necessário realizar um procedimento de compatibilização entre as duas bases. A MIP original é composta por 68 setores de atividade econômica, dos quais 57 foram compatibilizados com as informações da PINTEC, resultando em uma cobertura aproximada de 83,82% do total setorial. Empregou-se, nas fórmulas acima, apenas os valores referentes à aquisição interna⁷ de P&D, por conta de limitações de disponibilidade.

Individualmente, os setores foram categorizados de acordo com a classificação mais atual de intensidade tecnológica em P&D, proposta pela OCDE, a qual é muito utilizada em pesquisas de economia da inovação e da tecnologia⁸ (Galindo-Rueda; Verger, 2016; Morceiro, 2019). Em termos de agregação, os setores econômicos foram agrupados com base na metodologia proposta por Pio (2016)⁹.

4. Resultados e discussão

4.1. Panorama dos dispêndios em P&D no Brasil

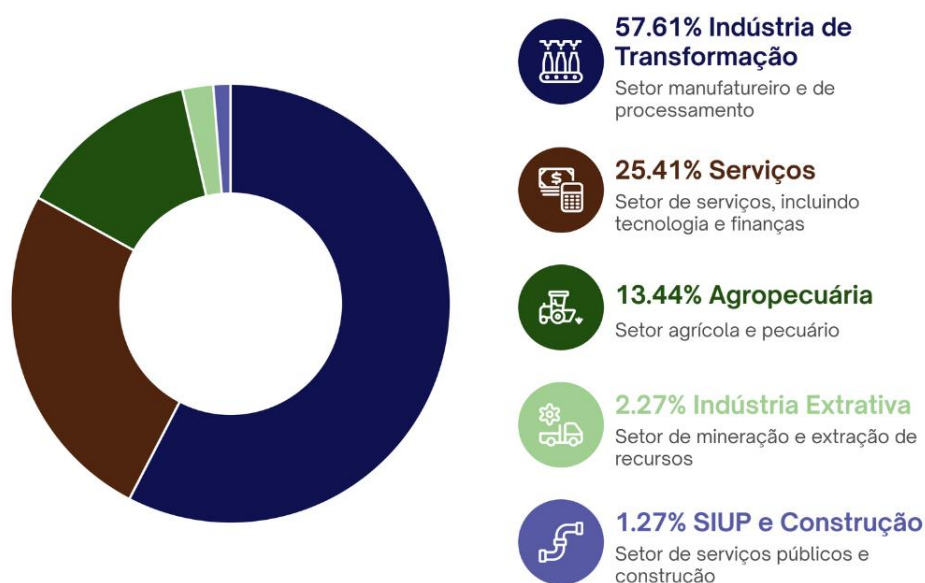
Os dados presente na Figura 1 evidenciam que a Indústria de Transformação se consolidou como o segmento mais expressivo, respondendo por 57,61% do total aplicado, o que correspondeu a cerca de R\$ 17,05 bilhões, de um total de R\$ 29,60 bilhões.

Figura 1 - Distribuição setorial dos dispêndios nacionais em P&D, Brasil, 2017

⁷ A PINTEC distingue as atividades de P&D conforme sua origem, classificando-as como internas quando realizadas sistematicamente pela própria empresa, e como externas quando essas mesmas atividades são desenvolvidas por outras organizações e posteriormente adquiridas pela firma (IBGE, 2017).

⁸ Apesar do uso e da relevância da taxonomia da OCDE para a classificação dos setores de acordo com suas intensidades tecnológicas, algumas diferenças podem aparecer na classificação de alguns setores da economia brasileira com relação àquela mais comum para os países que compõem o bloco. Um exemplo é a agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita, que é classificada como de baixa intensidade tecnológica, mas que, no Brasil, possui grande relevância setorial no investimento em P&D. Assim, a classificação utilizada aqui tem como objetivo principal oferecer uma visão geral da intensidade tecnológica setorial, não sendo determinante, portanto, para abarcar fielmente a realidade brasileira ou de outras nações economicamente emergentes.

⁹ O procedimento adotado possibilita a identificação de padrões tecnológicos agregados a partir do agrupamento de atividades produtivas semelhantes: (I) Agropecuária; (II) Indústrias Extrativas; (III) Indústrias de Transformação; (IV) Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP), acrescidos do setor da Construção; e (V) Serviços (ver Apêndice A).



Fonte: Elaborado pelos autores.

A predominância da Indústria de Transformação alinha-se aos resultados de Morceiro, Tessarin e Guilhoto (2022), conferindo coerência empírica ao papel estratégico atribuído a este setor. A concentração de investimentos sugere capacidade de impulsionar ganhos de produtividade sistêmicos.

O setor de Serviços ocupa a segunda posição, com participação de 25,41% (R\$ 7,52 bilhões). Este volume expressivo refuta a visão tradicional (Gershuny, 1978; Barras, 1986) que limitava os serviços à adoção passiva de tecnologias (*Reverse Product Cycle*). A evidência corrobora as abordagens da "Síntese" (Gallouj; Weinstein, 1997), que compreendem indústria e serviços como esferas potencialmente colaboradoras na inovação, perspectiva reforçada pela atualização do Manual de Oslo (OCDE, 1997).

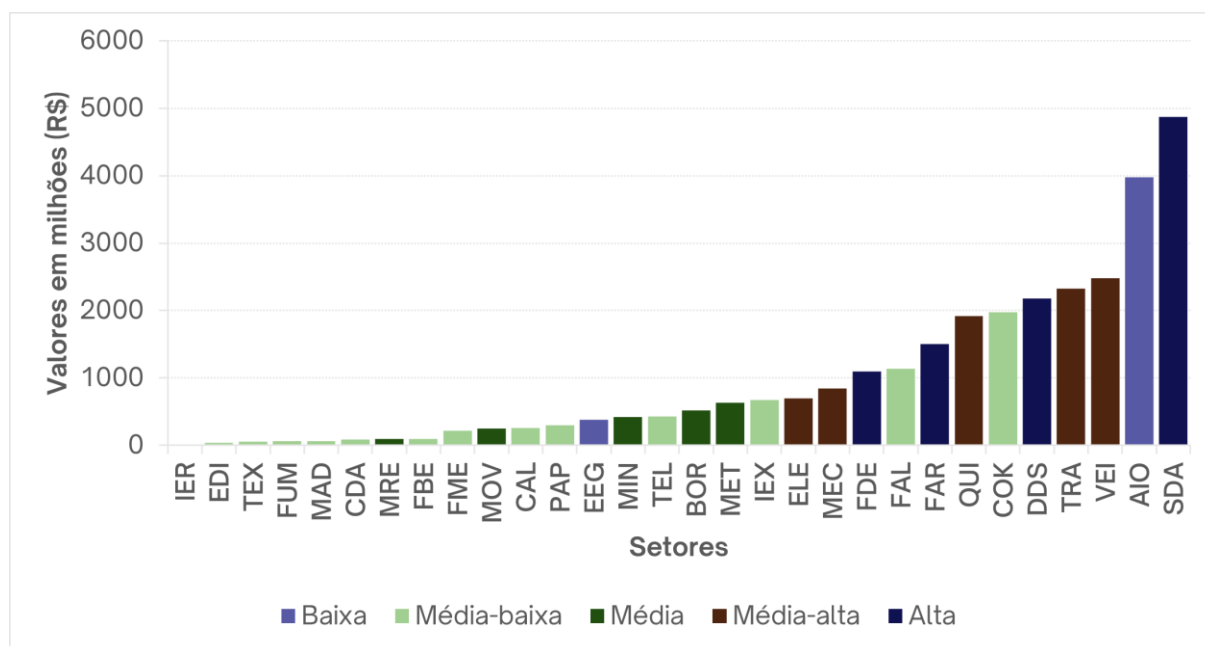
O setor agrícola respondeu por 13,44% dos investimentos (R\$ 3,98 bilhões), resultado no qual reflete a necessidade de elevar a produtividade para atender à demanda interna e ao mercado global a partir de investimentos em inovação (Pereira; Castro, 2022). A participação da indústria extrativa, 2,27% do total investido em P&D, deve ser interpretada conforme a taxonomia de Pavitt (1984), na qual afirma que atividades baseadas em recursos naturais tendem a ser "dominadas por fornecedores", onde a modernização ocorre via aquisição de tecnologia incorporada (máquinas e equipamentos) em detrimento do esforço interno em P&D (tecnologia desincorporada).

O agrupamento formado por Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP) e Construção registrou a menor participação (1,27%). Esse resultado está em consonância com evidências internacionais que apontam a construção como um dos setores com menor intensidade de investimentos formais em P&D, geralmente situados em torno de 1% da receita líquida de vendas, conforme destacado pelo World Economic Forum (2016). Com relação ao setor elétrico, trata-se de um setor com arcabouço regulatório específico, no qual parte relevante dos investimentos em P&D ocorre por meio de mecanismos próprios, como o Programa de P&D da ANEEL. Contudo, por se basear em informações declaradas em levantamento amostral, a PINTEC tende a não captar integralmente esses dispêndios, podendo subestimar os valores efetivamente investidos (Castro et al., 2020). No caso do saneamento, o baixo investimento reflete características de monopólio natural e forte regulação, fatores inibidores da inovação (Venditti et al., 2017).

4.2. Dispendios em P&D no Brasil por setores específicos

A desagregação dos dados permite observar a concentração dos esforços de inovação em setores estratégicos. A Figura 2 apresenta uma visão consolidada e comparativa dos esforços de inovação tecnológica entre os setores.

Figura 2 - Panorama de dispêndios em P&D setorial, 30 setores mais representativos, Brasil, 2017



Fonte: Elaborado pelos autores.

Liderando os investimentos internos, o setor de Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D (SDA) respondeu por 16,46% (R\$ 4,87 bilhões). Este resultado reflete o papel dos Serviços Intensivos em Conhecimento (*KIBS*) como elos centrais da dinâmica contemporânea. Conforme Kubota (2009), isso sinaliza um aprofundamento da divisão do trabalho inovativo, onde a tecnologia passa a ser desenvolvida por firmas especializadas.

Conforme visto anteriormente na Figura 1, a agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita (AIO) aparece com 13,44% de P&D setorial, sendo tradicionalmente classificado como um setor de baixa intensidade tecnológica. Entretanto, esse setor assume um papel relevante no país. Flaherty et al. (2016) indicam que 77% dos dispêndios concentram-se em recursos humanos, evidenciando o peso do capital humano qualificado no desempenho tecnológico e produtivo do setor. Iniciativas como a “Aliança para Inovação”, decorrente do processo de transformação do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) sob a liderança da Embrapa, reforçam empiricamente a perspectiva de sistemas de inovação (Lundvall, 1992).

Na indústria, destacam-se a fabricação de veículos (VEI) com 8,39% e outros equipamentos de transporte (TRA) com 7,84%. Setores de média-alta tecnologia, como fabricação de coque, de derivados de petróleo e de biocombustíveis (COK) e químicos (QUI), também mantêm posições relevantes, 6,68% e 6,48% respectivamente. O setor de desenvolvimento de sistemas (DDS) sinaliza o dinamismo da TI com 7,36% dos dispêndios.

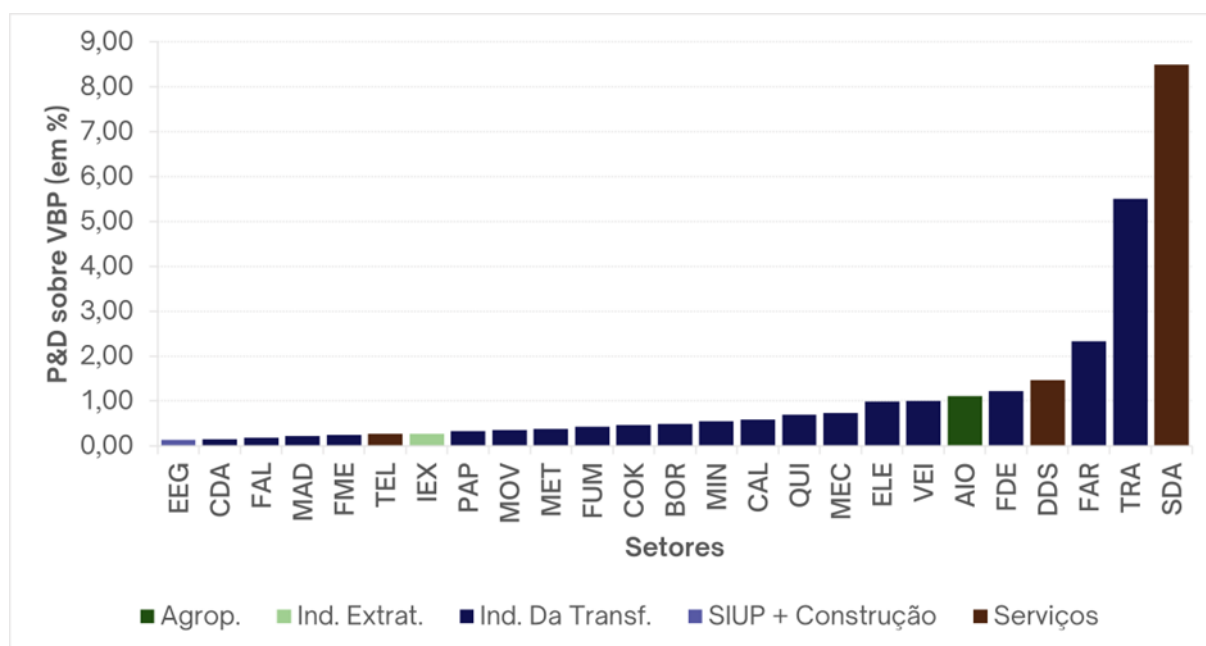
O retrato da intensidade tecnológica no Brasil revela uma assimetria expressiva entre os setores produtivos. Apenas quatro setores são classificados como de alta intensidade tecnológica, enquanto cinco se enquadram na categoria de média-alta intensidade e outros cinco na de média intensidade. Em contraste, observa-se uma forte concentração de atividades com menor dinamismo inovativo: 21 setores são classificados como de média-baixa intensidade tecnológica e 22 como de baixa intensidade. Esse padrão sugere que a estrutura produtiva brasileira está ancorada em atividades pouco intensivas em P&D, o que faz com que os processos de difusão tecnológica e os transbordamentos de conhecimento dependam, em grande medida, de um número restrito de setores mais intensivos em tecnologia.

4.3. Intensidade tecnológica setorial brasileira

Uma alternativa para avaliar o esforço tecnológico setorial é a intensidade em P&D, definida como

a razão entre os dispêndios em P&D e o VBP¹⁰. conforme A Figura 3 apresenta os 25 setores da economia brasileira que mais se destacaram em termos de intensidade de P&D em 2017.

Figura 3 - Intensidade tecnológica por setor, 25 setores mais representativos, Brasil, 2017



Fonte: Elaborado pelos autores.

O grande grupo da Indústria de Transformação aparece com mais setores intensivos em P&D, ocupando 19 das 25 primeiras posições. Contudo, a liderança em intensidade recai sobre um setor que não é da Indústria manufatureira: o setor de serviços de arquitetura e engenharia (SDA), que destina 8,49% de sua produção à P&D, corroborando sua natureza de *KIBS*.

O setor de fabricação de outros produtos de transporte (TRA) direciona 5,50% de seus esforços para atividades de inovação, percentual elevado quando comparado à média dos setores classificados como de média-alta intensidade tecnológica. Esse desempenho reflete a presença de segmentos com elevado conteúdo tecnológico, como a indústria aeroespacial e de defesa, com destaque para a atuação da Embraer e para programas estratégicos militares (Morceiro; Tessarin; Guilhoto, 2022).

Em contraste, o setor farmacêutico (FAR) e o de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (FDE), embora classificados como de alta intensidade tecnológica, apresentam esforços inovativos substancialmente menores, de 2,33% e 1,22%, respectivamente. No caso da indústria farmacêutica, a literatura indica que a elevada dependência de tecnologias incorporadas em insumos importados tende a reduzir os incentivos ao investimento doméstico em P&D (De Negri, Salerno, 2005; Morceiro; Guilhoto, 2020). Já no setor de informática e eletrônicos, a ausência de empresas nacionais de grande porte e a inserção predominantemente como montadoras em cadeias globais de valor limitam a internalização de atividades intensivas em P&D.

4.4. Transbordamentos tecnológicos intersetoriais na economia brasileira

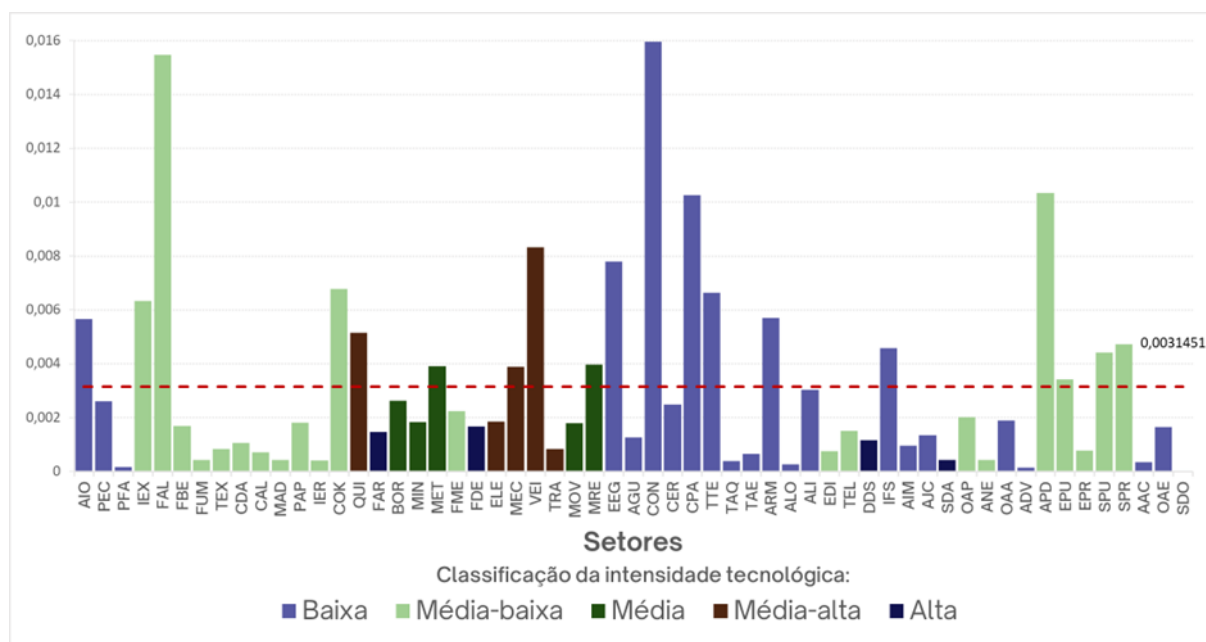
4.4.1. Efeito de transbordamento de recebimento

A Figura 4 apresenta os resultados de $MC_{P\&D}$, que refletem os efeitos de recebimento de transbordamentos de P&D em cada setor da economia. Esse indicador expressa a absorção de dispêndios em P&D por unidade de demanda final setorial. Em termos interpretativos, o valor do $MC_{P\&D}$ indica que, para cada unidade de produto final demandada de um determinado setor, é mobilizada uma quantidade

¹⁰ Ver Hatzichronoglou (1997) e OCDE (2003).

correspondente de gastos em P&D originários de todos os demais setores da economia brasileira.

Figura 4 - Efeitos de recebimento para cada como beneficiário, Brasil, 2017



Nota: A linha vermelha tracejada se refere à média de $MC_{P\&D}$.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O setor de construção (CON) apresentou o maior efeito de recebimento (0,016). Embora possua baixos investimentos internos, o setor absorve intensamente transbordamentos tecnológicos indiretos, superando índices observados em economias como a chinesa (Hongxia; Xiuli, 2007). Isso sugere uma transformação gradual impulsionada pela necessidade de industrialização e sustentabilidade, onde a inovação ocorre via aquisição de insumos e equipamentos, o que está de acordo com a taxonomia de Pavitt (1984), na qual classifica este setor como "dominado por fornecedores", ou seja, esse setor tende a modernizar seus processos a partir da aquisição de tecnologias incorporadas em insumos, equipamentos e sistemas produtivos.

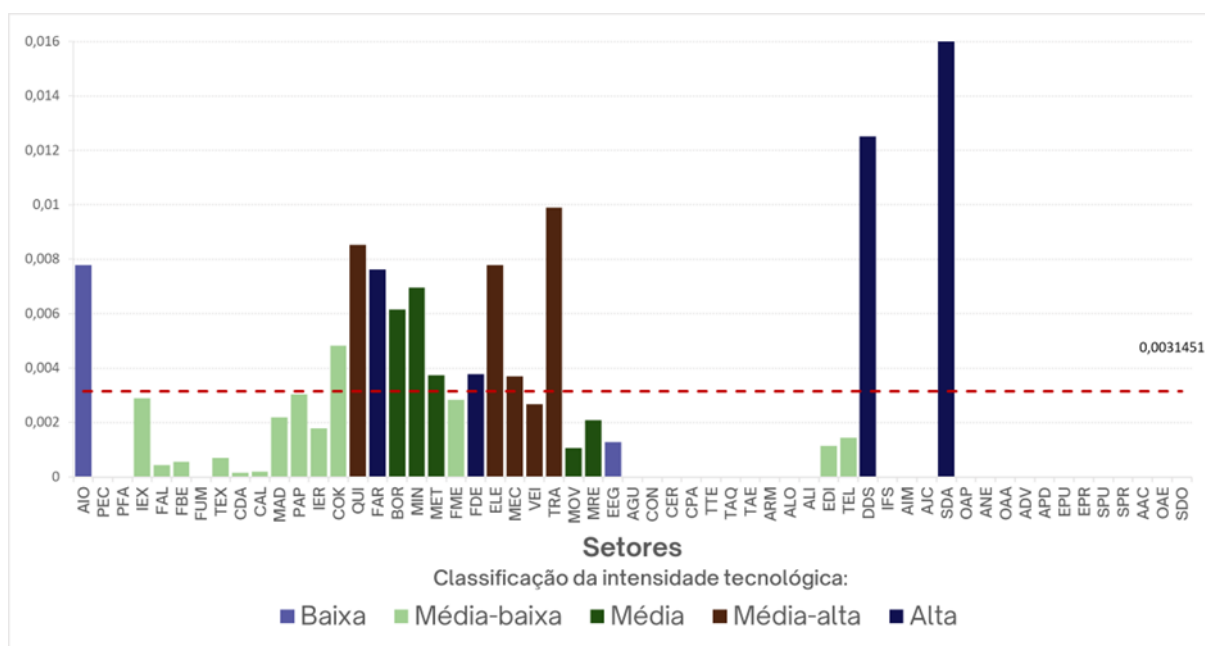
A fabricação de produtos alimentícios (FAL) aparece em segundo lugar. Diferente de Gonçalves, Araújo e Perobelli (2017), que identificaram o setor como produtor de conhecimento, os resultados presentes neste estudo indicam uma dependência de esforços externos, refletindo a fase de difusão schumpeteriana: a inovação extrapola seus setores de origem e permeia atividades tradicionais.

A administração pública direta e indireta (APD) e o comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas (CPA) também figuram como receptores relevantes. A heterogeneidade dos receptores, abrangendo desde serviços até a indústria automobilística (VEI), mostra que os transbordamentos permeiam toda a estrutura produtiva.

4.4.2. Efeito de transbordamento de envio

A Figura 5 apresenta os resultados de $MD_{P\&D}$, que refletem os efeitos de envio de transbordamentos de P&D para cada setor da economia. Os resultados de $MD_{P\&D}$ expressam os efeitos de entrega de transbordamentos de P&D por setor, mensurando a quantidade de dispêndios em pesquisa e desenvolvimento gerados em um determinado setor e incorporados na produção dos demais setores da economia, por unidade de demanda final. Valores mais elevados de $MD_{P\&D}$ indicam maior capacidade de difusão tecnológica.

Figura 5 - Efeitos de envio para cada setor por unidade de sua demanda final, Brasil, 2017



Nota: A linha vermelha tracejada se refere à média de $MD_{P\&D}$.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O setor SDA lidera isoladamente o envio de transbordamentos (0,0714), confirmando a literatura sobre *KIBS* (Gonçalves; Perobelli; Araújo, 2017). Desenvolvimento de *software* (DDS) e outros equipamentos de transporte (TRA) aparecem na sequência. Esse padrão é coerente com a abordagem proposta por Pavitt (1984), segundo a qual os setores classificados como *science-based* e *specialized suppliers* tendem a ocupar posições centrais na geração e difusão das atividades inovativas.

A agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita (AIO) e a indústria farmacêutica (FAR) também se destacam como emissores. No caso agrícola, isso reflete a posição ocupada pela economia brasileira, a razão P&D sobre PIB é superior à média dos países da OCDE (Morceiro, 2019), posicionando, no Brasil, o setor de forma ativa na difusão tecnológica para alguns setores, como as indústrias extrativas, diferentemente do padrão observado em outras economias, onde a agricultura é passiva e com baixo dinamismo tecnológico.

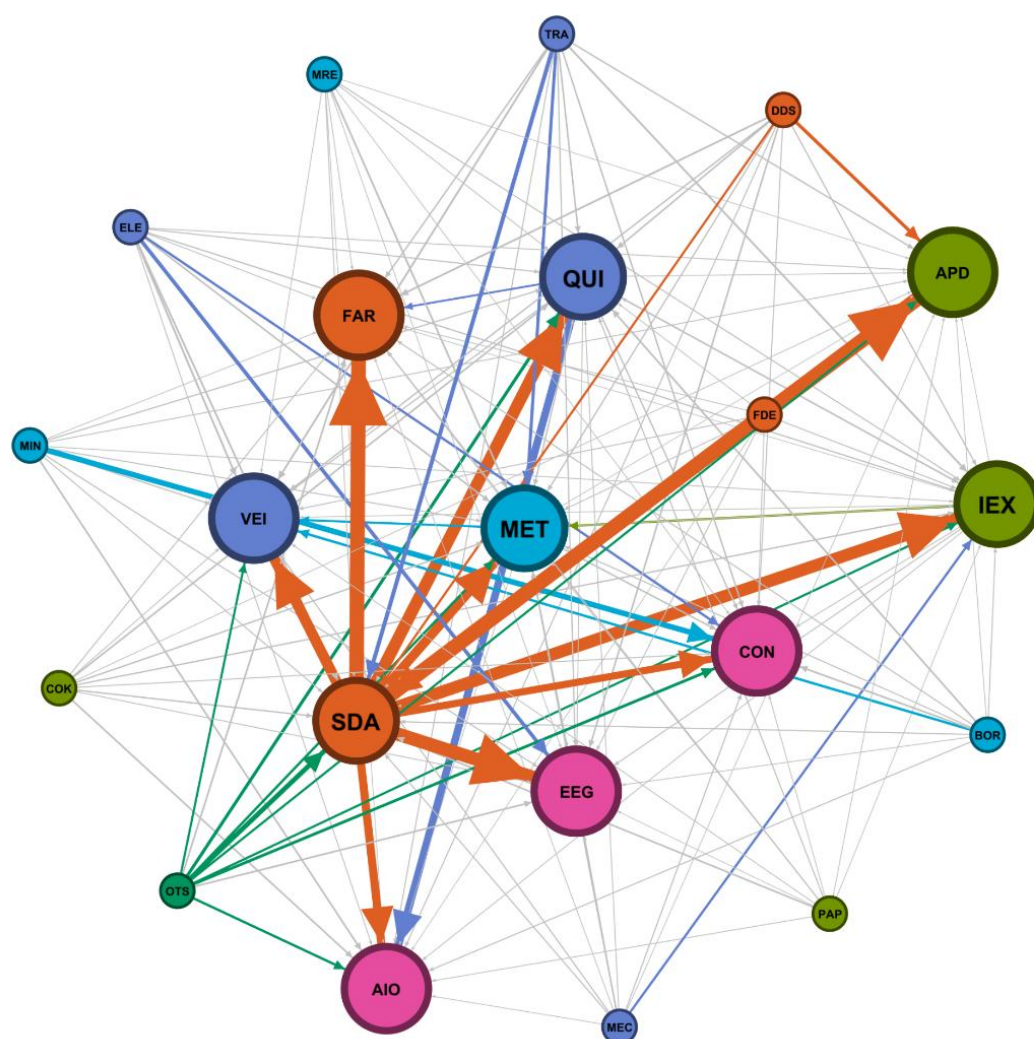
No caso agrícola, esse protagonismo reflete a consolidação de um sistema nacional de inovação agropecuário, ancorado em uma forte base de capital humano especializado e liderado por instituições de pesquisa, como a Embrapa (Cunha; Espíndola, 2023). Esse aparato institucional posiciona o setor de forma ativa na geração e difusão tecnológica, rompendo com o padrão histórico e com a dinâmica observada em outras economias, onde a agricultura costuma assumir um papel passivo e de baixo dinamismo inovativo. No setor farmacêutico, os efeitos de envio observados são compatíveis com o padrão inovativo descrito pela literatura, caracterizado pela elevada intensidade tecnológica e científica.

No geral, nota-se uma forte assimetria na capacidade de envio de transbordamentos entre os serviços intensivos em conhecimento e os segmentos industriais de maior densidade tecnológica. Enquanto os serviços avançados se consolidam como polos centrais de difusão, apenas alguns ramos manufatureiros, especialmente os ligados à química, farmacêutica e bens de capital, desempenham papel semelhante, evidenciando um sistema nacional de inovação ainda fragmentado. Observa-se, portanto, que a concentração da disseminação do conhecimento em poucos setores reforça a necessidade de maior integração entre os serviços avançados e a manufatura, para o fortalecimento da base tecnológica.

4.5. Análise da participação relativa intersetorial dos transbordamentos

A Figura 6 apresenta a estrutura dos fluxos intersetoriais de transbordamentos de P&D na economia brasileira em 2017, destacando a direcionalidade, a intensidade e a posição estrutural dos setores.

Figura 6 - Mapeamento do fluxo de transbordamentos tecnológicos, Brasil, 2017



Classificação de intensidade tecnológica

■ Baixa ■ Média-baixa ■ Média ■ Média-alta ■ Alta ■ Outros setores

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados indicam que os serviços intensivos em conhecimento (SDA) ocupam posição central na rede de transbordamentos de P&D, caracterizando-se como o principal nó articulador do sistema produtivo. O setor estabelece conexões intensas e amplamente distribuídas com diversos segmentos da economia, incluindo indústrias extrativas, química, farmacêutica, veículos e administração pública, o que confirma seu papel transversal na circulação do conhecimento tecnológico. Esse padrão reforça a interpretação dos *KIBS* como agentes fundamentais na mediação entre atividades científicas, técnicas e organizacionais, viabilizando a difusão de capacidades inovativas ao longo da estrutura produtiva (Hertog, 2000).

Além dessa centralidade transversal, a rede revela relações verticais específicas que refletem mecanismos setoriais diferenciados de absorção tecnológica. Na agricultura (AIO), embora os serviços especializados constituam a principal fonte de transbordamentos, observa-se também a presença de conexões relevantes com setores industriais como química e mecânica, associadas ao uso intensivo de insumos químicos, máquinas e soluções técnicas. Esse padrão sugere uma estrutura de difusão mais diversificada, distinta da observada em economias com pesquisa formal de maior peso relativo. De fato, tecnologias referentes à agricultura digital, por exemplo, que reúnem tecnologias digitais e soluções sustentáveis serão cada vez mais relevantes para o desenvolvimento agrícola, aliadas às tecnologias já existentes, entre elas, a agricultura de precisão (Pereira, Castro, 2022).

A indústria química e o segmento farmoquímico-farmacêutico apresentaram elevada densidade de

conexões com os serviços especializados, evidenciando a centralidade de atividades de engenharia, testes, análises técnicas e P&D no suporte aos seus processos inovativos. No caso da indústria farmacêutica, destaca-se ainda a presença de vínculos relevantes com setores associados à tecnologia da informação e ao desenvolvimento de *software*, o que é coerente com a crescente digitalização das etapas de pesquisa, produção, controle de qualidade e logística (Troncoso, 2023).

No caso das Indústrias Extrativas (IEX), a configuração da rede evidencia forte interdependência com setores industriais de base técnica, como metalurgia, mecânica e eletrônicos. Essas conexões refletem a incorporação de soluções de engenharia, automação e equipamentos especializados ao longo da cadeia produtiva, indicando que os transbordamentos de P&D nesse setor se manifestam predominantemente por meio de vínculos técnicos e operacionais.

Na indústria automotiva (VEI), a estrutura da rede revela forte interdependência com setores fornecedores de insumos intermediários e componentes técnicos, em especial borracha e plásticos, mecânica e metalurgia. Essas conexões refletem a centralidade de pneus, peças técnicas e sistemas mecânicos na dinâmica produtiva do setor, além de indicarem a importância dos transbordamentos associados à engenharia de processos, ao *design* de componentes e à integração de sistemas produtivos.

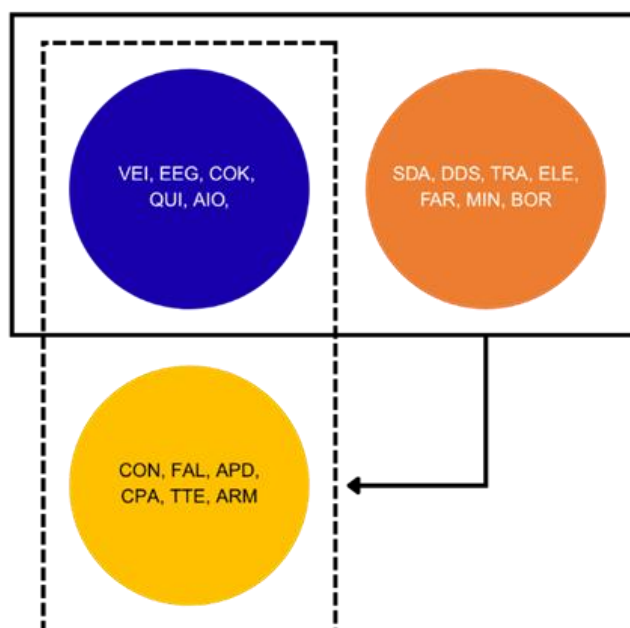
Por fim, a construção (CON) apresentou elevada dependência de fluxos provenientes de setores industriais intermediários, como minerais não metálicos, mecânica e eletrônicos. A configuração da rede evidencia que os transbordamentos absorvidos pela construção estão associados, sobretudo, à incorporação de insumos básicos, equipamentos, sistemas elétricos e soluções técnicas (World Economic Forum, 2016).

Em conjunto, a análise da rede de transbordamentos de P&D revela uma estrutura produtiva marcada pela centralidade dos serviços intensivos em conhecimento, pela presença de interdependências técnicas verticais e pela heterogeneidade dos mecanismos de difusão tecnológica entre setores.

4.6. Análise integrada dos efeitos de transbordamento de P&D

A integração dos indicadores permite mapear as direções de fluxo e classificar os setores. A Figura 7 apresenta essas direções para os principais setores de envio e recebimento de transbordamentos tecnológicos. Os setores contidos no retângulo de linha contínua e no tracejado representam aqueles que possuem efeitos simultâneos de envio e recebimento de transbordamentos de P&D. Os setores localizados apenas no retângulo com linha contínua apresentam elevado efeito de envio, enquanto aqueles situados exclusivamente no retângulo tracejado demonstram elevado efeito de recebimento.

Figura 7 - Principais direções de fluxo dos efeitos de transbordamentos de P&D



Fonte: Elaborados pelos autores.

Os resultados evidenciaram uma clara heterogeneidade setorial nos padrões de envio e recebimento de transbordamentos tecnológicos. Setores como veículos automotores (VEI), energia elétrica e utilidades (EEG), coque e derivados do petróleo (COK), produtos químicos (QUI) e agricultura (AIO) apresentam efeitos elevados tanto de envio quanto de absorção de P&D, indicando uma posição intermediária e estratégica na rede de difusão tecnológica. Em contraste, serviços intensivos em conhecimento, como arquitetura, engenharia e P&D (SDA), desenvolvimento de *software* (DDS), bem como segmentos industriais como farmoquímico-farmacêutico (FAR), máquinas e equipamentos elétricos (ELE) e outros equipamentos de transporte (TRA), destacam-se sobretudo como emissores de transbordamentos.

Por outro lado, setores classificados como de baixa ou média-baixa intensidade tecnológica, como construção (CON), alimentos (FAL), administração pública (APD), comércio (CPA) e transportes (TTE e ARM), figuram predominantemente como receptores de conhecimento. Esse padrão reflete a menor intensidade de investimento próprio em P&D desses setores, o que os torna altamente dependentes da difusão tecnológica gerada externamente e pode limitar a competitividade de longo prazo. Essa vulnerabilidade é reforçada por Cohen e Levinthal (1989), ao afirmarem que a escassez de P&D interno compromete não apenas a geração de inovações, mas também a habilidade de identificar, assimilar e explorar o conhecimento externo (*absorptive capacity*), levando setores excessivamente dependentes de transbordamentos a posições subordinadas nas cadeias de valor.

De modo geral, os resultados estão em consonância com evidências internacionais, como as da OCDE (1996) e de Hongxia e Xiuli (2007), que identificaram setores de média e baixa intensidade tecnológica como os principais beneficiários de transbordamentos em economias emergentes. Resultados semelhantes também são reportados por Gonçalves, Perobelli e Araújo (2017), ressaltando o papel estratégico dos serviços intensivos em conhecimento como conectores do sistema produtivo, reforçando a robustez empírica dos padrões observados no caso brasileiro.

5. Considerações finais

Este artigo analisou os dispêndios setoriais em P&D no Brasil, com o objetivo de quantificar e avaliar os fluxos de transbordamentos tecnológicos entre os diferentes setores da economia. Partindo da premissa de que a inovação resulta de interações intersetoriais, o estudo contribuiu para ampliar a compreensão sobre os mecanismos de geração e difusão do conhecimento tecnológico no país, evidenciando como os investimentos em P&D se articulam no sistema produtivo brasileiro.

Os resultados indicam a centralidade da indústria de transformação como eixo estratégico tanto para a geração quanto para a difusão de inovações, destacando-se setores como fabricação de produtos químicos, veículos automotores e outros equipamentos de transporte como importantes emissores de conhecimento tecnológico. Em contrapartida, atividades como construção civil, administração pública e fabricação de alimentos figuram como principais receptoras de transbordamentos. Adicionalmente, os serviços intensivos em conhecimento (*KIBS*), em especial os serviços de arquitetura, engenharia, testes e análises técnicas, P&D, desenvolvimento de *software* e serviços de informação, assumem papel proeminente como difusores de inovação, corroborando a literatura que os caracteriza como “transportadores de inovação”.

Os resultados reforçam a heterogeneidade do processo de difusão tecnológica, no qual setores com menor intensidade de P&D próprio se beneficiam de inovações externas, padrão recorrente em economias em desenvolvimento. Ao evidenciar a existência de uma rede complexa de interações intersetoriais, o estudo contribui para o debate acadêmico sobre transbordamentos tecnológicos e oferece subsídios relevantes para a formulação de políticas públicas mais direcionadas, voltadas não apenas ao estímulo da geração, mas também à disseminação do conhecimento tecnológico na economia nacional.

Apesar da robustez da abordagem adotada, algumas limitações devem ser consideradas. O uso da matriz insumo-produto de 2017 restringe a análise a um recorte temporal específico, e a limitação de dados sobre gastos em P&D em alguns setores limita a abrangência dos resultados, como o verificado na P&D externa. Ademais, a utilização da intensidade de P&D pode não ser suficiente para determinar o desempenho inovador de empresas ou setores, uma vez que existem indicadores complementares, como aqueles relacionados à intensidade de habilidades, patenteamento e inovação por indústrias, que podem oferecer uma perspectiva mais abrangente dessas dinâmicas. Nesse sentido, pesquisas futuras podem

avançar por meio da ampliação da disponibilidade de dados, da incorporação de séries temporais mais longas e da inclusão de dimensões qualitativas e regionais.

Referências

ALDIERI, L.; SENA, V.; VINCI, C. P. Domestic P&D spillovers and absorptive capacity: some evidence for US, Europe and Japan. **International Journal of Production Economics**, v. 198, p. 38-49, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527318300458>>. Acesso em: 28 maio 2025.

AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY INDICATORS (ASTI). **Total agricultural P&D spending (excl. private for-profit sector): Brazil**, 2013. Disponível em: <<https://asti.cgiar.org/brazil>>. Acesso em: 02 jun. 2025.

BARRAS, R. Towards a theory of innovation in services. **Research Policy**, v. 15, n. 4, p. 161-173, 1986.

BRANSTETTER, L. G. Looking for international knowledge spillovers: a review of the literature with suggestions for new approaches. In: ENCAOUA, D. et al. (Ed.). **The Economics and Econometrics of Innovation**. Boston: Springer, 2000, p. 495-518. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3194-1_20.

CASTRO, N. J. et al. **Programa de P&D da ANEEL: avaliação e perspectivas**. Rio de Janeiro: Publit, 2020. 424 p. Disponível em: https://gesel.ie.ufjf.br/wp-content/uploads/2022/07/29_livro_ped_aneel.pdf. Acesso em: 26 jun. 2024.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: the two faces of P&D. **Economic Journal**, v. 99, n. 397, p. 569-596, 1989. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2233763>>. Acesso em: 17 fev. 2026.

CORNELL UNIVERSITY; INSTITUT EUROPÉEN D'ADMINISTRATION DES AFFAIRES; WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). **The Global Innovation Index 2017: innovation feeding the world**. Ithaca, Fontainebleau, Geneva: 2017. Disponível em: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017.pdf>. Acesso em: 27 de ago. 2023.

CUNHA, R. C. C.; ESPÍNDOLA, C. J. Sistema nacional de inovação: agricultura brasileira e suas inovações tecnológicas. **Revista de Geografia**, v. 40, n. 3, p. 185-207, 2023. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/258008/45493>>. Acesso em: 16 mar. 2026.

DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.

DIETZENBACHER, E.; LOS, B. Externalities of P&D expenditures. **Economic Systems Research**, v. 14, n. 4, p. 407-425, 2002.

FLAHERTY, K. et al. **Brazil: agricultural R&D indicators factsheet**. Washington: International Food Policy Research Institute; Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa); Inter-American Development Bank, 2016. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10568/145042>>. Acesso em: 29 ago. 2025.

GALINDO-RUEDA, F.; VERGER, F. OECD taxonomy of economic activities based on R&D intensity. **OECD Science, Technology and Industry Working Papers**, n. 2016/4. Paris: OECD Publishing, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1787/5jlv73sqqp8r-en>>. Acesso em: 12 mar. 2026.

GALLOUJ, F.; WEINSTEIN, O. Innovation in services. **Research Policy**, v. 26, n. 4-5, p. 537-556, 1997. Disponível em: <<https://shs.hal.science/halshs-01133098>>. Acesso em: 13 dez. 2025.

GERSHUNY, J. **After industrial society?: the emerging self-service economy**. London: Macmillan, 1978.

GONÇALVES, E.; PEROBELLI, F. S.; ARAÚJO, I. F. Estimating intersectoral technology spillovers for Brazil. **The Journal of Technology Transfer**, v. 42, p. 1377-1406, 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10961-016-9528-x>>. Acesso em: 15 jun. 2024.

GRILICHES, Z. Patent statistics as economic indicators: a survey. **Journal of Economic Literature**, v. 28, p. 1.661-1.707, 1990.

GRILICHES, Z. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. **Bell Journal of Economics**, v. 10, n. 1, p. 92-116, 1979. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/3003321>>. Acesso em: 19 jun. 2024.

GUILHOTO, J. J. M. Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos. **MPRA Paper**, 2011. Disponível em: <<https://mpra.ub.uni-muenchen.de/32566/>>. Acesso em: 23 mar. 2025.

HATZICHRONOGLOU, T. **Revision of the high-technology sector and product classification**. Paris: OECD, 1997. Disponível em: <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/1997/01/revision-of-the-high-technology-sector-and-product-classification_g17a152c/134337307632.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.

HAYEK, F. A. The use of knowledge in society. **American Economic Review**, v. 35, n. 4, p. 519-530, 1945. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2637774&forceview=1>>. Acesso em: 20 jun. 2024.

HERTOG, den P. Knowledge-intensive business services as co-producers of innovation. **International Journal of Innovation Management**, v. 4, n. 4, p. 491-528, 2000. Disponível em: <https://pure.uva.nl/ws/files/1485808/80526_11.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de inovação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

HONGXIA, Z.; XIULI, L. The P&D inter-industry spillover change in China: on the analysis of 1997 and 2002 IO tables of China. In: International Input-Output Conference, 16., **Anais ...** Istambul: International Input-Output Association, 2007. Disponível em: <<https://www.iioa.org/conferences/16th/files/Papers/ZhangHongxia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

KUBOTA, L. C. As kibs e a inovação tecnológica das firmas de serviço. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 349-369, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ecos/a/8zQsxg7pw9W9BvNKcZQYzch/?lang=pt>>. Acesso em: 17 fev. 2026.

LOS, B.; VERSPAGEN, B. Technology spillovers and their impact on productivity. In: HANUSCH, H.; PYKA, A. (Ed.). **Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics**. Cheltenham: Edward Elgar, 2007, p. 574-596. Disponível em: <<http://digamo.free.fr/elgarneoschump.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2024.

LUNDVALL, B. A. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter Publishers, 1992.

MORCEIRO, P. C. **A indústria brasileira no limiar do século XXI: uma análise de sua evolução estrutural, comercial e tecnológica**. 2018. 216f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12140/tde-07122018-115824/publico/CorrigidoPaulo.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2026.

MORCEIRO, P. C. Nova classificação de intensidade tecnológica da OCDE e a posição do Brasil. **Temas de Economia Aplicada**, n. 8. São Paulo: Fipe, 2019. Disponível em: <<https://downloads.fipe.org.br/publicacoes/bif/bif461-8-13.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2026.

MORCEIRO, P. C.; GUILHOTO, J. J. M. Adensamento produtivo e esgarçamento do tecido industrial brasileiro. **Economia e Sociedade**, v. 29, n. 3, p. 835-860, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ecos/a/bXWQQNdkrCLPRgnK9CzRmVB/?lang=pt>>. Acesso em: 17 fev. 2026.

MORCEIRO, P. C.; TESSARIN, M. S.; GUILHOTO, J. J. M. Produção e uso setorial de tecnologia no Brasil. **Economia Aplicada**, v. 26, n. 4, 2022. Disponível em: <https://revistas.usp.br/ecoa/pt_BR/article/view/172515/204664>. Acesso em: 17 fev. 2026.

NÚCLEO DE ECONOMIA REGIONAL E URBANA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (NEREUS). **Sistema de matrizes de insumo-produto**, Brasil (2010-2018), 2017. Disponível em: <<https://www.usp.br/nereus/?fontes=dados-nereus>>. Acesso em: 15 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Frascati Manual 2002**: Proposed standard practice for surveys on research and experimental development. Paris: OECD Publishing, 2002. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/frascati-manual-2002_9789264199040-en>. Acesso em: 15 nov. 2024.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Manual de Oslo**: diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação. Paris: OCDE, 1997.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **OECD science, technology and industry scoreboard 2003**. Paris: OECD, 2003.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Technology and industrial performance**: technology diffusion, productivity, employment and skills, international competitiveness. Paris: OECD, 1996.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343–373, 1984.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural. **Texto para Discussão**, n. 2765. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/265284/1/1801718016.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2026.

PIO, J. G. **Impactos dos gastos em pesquisa e desenvolvimento sobre a economia brasileira**: uma abordagem EGC. 2016. 133 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016.

SCHUMPETER, J. A. **The theory of economic development**: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. Cambridge: Harvard University Press, 1934.

SILVA, A. R. A.; GONÇALVES, E.; PEROBELLI, F. S. Transbordamentos, P&D e produtividade total dos fatores no Brasil: uma avaliação do período 1990-2005. In: Encontro Nacional de Economia, 38., **Anais...** Salvador: ANPEC, 2010. Disponível em: <<https://www.anpec.org.br/encontro2010/inscricao/arquivos/000-cc89c95d348680a5eca8f290fd254f20.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2025.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

TRONCOSO, W. E. Qual o papel da TI no desenvolvimento do segmento farmacêutico? **Computer Weekly**, 02 mar. 2023. Disponível em: <<https://www.computerweekly.com/br/opinion/Qual-o-papel-da-TI-no-desenvolvimento-do-segmento-farmacutico>>. Acesso em: 08 set. 2025.

VENDITTI, M. V. R. et al. As atividades inovativas no setor de saneamento básico brasileiro. In: SINGEP - Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 6., **Anais ...** São Paulo: 2017. Disponível em: <<https://singep.org.br/6singep/resultado/9.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2024.

VERSPAGEN, B. Estimating international technology spillovers using technology flow matrices. **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 133, n. 2, p. 226-248, 1997. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/40440578>>. Acesso em: 27 maio 2025.

VERSPAGEN, B.; DE LOO, I. Technology spillovers between sectors and over time. **Technological**

Forecasting and Social Change, v. 60, n. 3, p. 215-235, 1999. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162598000468>>. Acesso em: 26 maio 2025.

WOLFF, E. N. **Spillovers, linkages, and productivity growth in the US economy, 1958 to 2007**. Cambridge: National Bureau of Economic Research (NBER), 2011. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w16864>>. Acesso em: 27 maio 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Shaping the future of construction: a breakthrough in mindset and technology**, 2016. Disponível em: <<https://www.weforum.org/publications/shaping-the-future-of-construction-a-breakthrough-in-mindset-and-technology/>>. Acesso em: 21 ago. 2025.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). **Global Innovation Index 2023: innovation in the face of uncertainty**. Genebra: WIPO, 2023. Disponível em: <<https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-en-main-report-global-innovation-index-2023-16th-edition.pdf>>. Acesso em: 14 de dez. 2023. DOI: 10.34667/tind.48220.2023.

Apêndice A

Quadro 1A - Compatibilização entre os setores da MIP e os da PINTEC/ASTI para o ano de 2017

(continua)

PINTEC E ASTI	Setores da MIP
Agricultura (ASTI)	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita
	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária
	Produção florestal; pesca e aquicultura
Indústrias extrativas	Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos
	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio
	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração
Fabricação de produtos alimentícios	Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos
	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca
	Fabricação e refino de açúcar
Fabricação de bebidas	Outros produtos alimentares
Fabricação de produtos do fumo	Fabricação de bebidas
Fabricação de produtos têxteis	Fabricação de produtos do fumo
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	Fabricação de produtos têxteis
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios
Fabricação de produtos de madeira	Fabricação de calçados e de artefatos de couro
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Fabricação de produtos da madeira
Impressão e reprodução de gravações	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	Impressão e reprodução de gravações
	Refino de petróleo e coquerias
	Fabricação de biocombustíveis
Fabricação de produtos químicos	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros
	Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos
	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
Fabricação de artigos de borracha e plástico	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Fabricação de produtos de minerais não- metálicos
Metalurgia	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura
	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais
Fabricação de produtos de metal	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	
	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos

Quadro 1A - Compatibilização entre os setores da MIP e os da PINTEC/ASTI para o ano de 2017

(conclusão)

PINTEC e ASTI	Setores da MIP
Fabricação de máquinas e equipamentos	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
Fabricação de outros equipamentos de transporte	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
Fabricação de móveis	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas
Fabricação de produtos diversos	
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
Eletricidade e gás	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades
	Água, esgoto e gestão de resíduos
	Construção
	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas
	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores
	Transporte terrestre
	Transporte aquaviário
	Transporte aéreo
	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
	Alojamento
	Alimentação
Edição e gravação e edição de música	Edição e edição integrada à impressão
	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
Telecomunicações	Telecomunicações
Atividades dos serviços de tecnologia da informação	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
Tratamento de dados, hospedagem na internet e outras atividades relacionadas	
	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
	Atividades imobiliárias
	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas
Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D
Pesquisa e desenvolvimento	
	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas
	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual
	Outras atividades administrativas e serviços complementares
	Atividades de vigilância, segurança e investigação
	Administração pública, defesa e seguridade social
	Educação pública
	Educação privada
	Saúde pública
	Saúde privada
	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos
	Organizações associativas e outros serviços pessoais
	Serviços domésticos

Fonte: IBGE (2017), NEREUS (2017) e Pio (2016).

Tabela 1A - P&D (R\$ milhões) e indicadores de envio e recebimento de transbordamentos tecnológicos intersetoriais, Brasil, 2017

ID	Classif.	Descrição setorial	Intensidade tecnológica	MD _{P&D}	MC _{P&D}	P&D
AIO	Agrop.	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	Baixa	0,0078	0,0057	3.977,85
PEC	Agrop.	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	Baixa	–	0,0026	–
PFA	Agrop.	Produção florestal; pesca e aquicultura	Baixa	–	0,0002	–
IEX	Ind. Extrat.	Indústrias extrativas	Média-baixa	0,0029	0,0063	672,30
FAL	Ind. Transf.	Fabricação de produtos alimentícios	Média-baixa	0,0004	0,0155	1.133,95
FBE	Ind. Transf.	Fabricação de bebidas	Média-baixa	0,0006	0,0017	92,57
FUM	Ind. Transf.	Fabricação de produtos do fumo	Média-baixa	0,0000	0,0004	64,54
TEX	Ind. Transf.	Fabricação de produtos têxteis	Média-baixa	0,0007	0,0008	52,33
CDA	Ind. Transf.	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	Média-baixa	0,0002	0,0011	91,35
CAL	Ind. Transf.	Fabricação de calçados e de artefatos de couro	Média-baixa	0,0002	0,0007	254,90
MAD	Ind. Transf.	Fabricação de produtos da madeira	Média-baixa	0,0022	0,0004	64,54
PAP	Ind. Transf.	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Média-baixa	0,0030	0,0018	302,55
IER	Ind. Transf.	Impressão e reprodução de gravações	Média-baixa	0,0018	0,0004	17,43
COK	Ind. Transf.	Fabric. de coque, de prod. deriv. do petró. e de biocomb.	Média-baixa	0,0048	0,0068	1.977,54
QUI	Ind. Transf.	Fabricação de produtos químicos	Média-alta	0,0085	0,0051	1.919,58
FAR	Ind. Transf.	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	Alta	0,0076	0,0015	1.507,00
BOR	Ind. Transf.	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	Média	0,0061	0,0026	518,49
MIN	Ind. Transf.	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Média	0,0070	0,0018	418,41
MET	Ind. Transf.	Metalurgia	Média	0,0037	0,0039	634,35
FME	Ind. Transf.	Fabric. de produtos de metal, exceto máquinas e equip.	Média-baixa	0,0028	0,0022	218,77
FDE	Ind. Transf.	Fabric. de equip. de informát., produt. eletrônic. e ópticos	Alta	0,0038	0,0017	1.098,96
ELE	Ind. Transf.	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	Média-alta	0,0078	0,0018	699,77
MEC	Ind. Transf.	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	Média-alta	0,0037	0,0039	842,37
VEI	Ind. Transf.	Fabric. de veículos automotores, reboques e carrocerias	Média-alta	0,0027	0,0083	2.483,77
TRA	Ind. Transf.	Fabric. de outros equip. de transp., exceto veíc. automot.	Média-alta	0,0099	0,0008	2.322,23
MOV	Ind. Transf.	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	Média	0,0011	0,0018	247,17
MRE	Ind. Transf.	Manu., repar. e instalação de máquinas e equipamentos	Média	0,0021	0,0040	91,63
EEG	SIUP + Constr.	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	Baixa	0,0013	0,0078	376,31
AGU	SIUP + Constr.	Água, esgoto e gestão de resíduos	Baixa	–	0,0013	–
CON	SIUP + Constr.	Construção	Baixa	–	0,0160	–
CER	Serviços	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicl.	Baixa	–	0,0025	–
CPA	Serviços	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automot.	Baixa	–	0,0103	–
TTE	Serviços	Transporte terrestre	Baixa	–	0,0066	–
TAQ	Serviços	Transporte aquaviário	Baixa	–	0,0004	–
TAE	Serviços	Transporte aéreo	Baixa	–	0,0007	–
ARM	Serviços	Armazen., atividades auxiliares dos transportes e correio	Baixa	–	0,0057	–
ALO	Serviços	Alojamento	Baixa	–	0,0003	–
ALI	Serviços	Alimentação	Baixa	–	0,0030	–
EDI	Serviços	Edição e gravação e edição de música	Média-baixa	0,0011	0,0008	37,79
TEL	Serviços	Telecomunicações	Média-baixa	0,0014	0,0015	433,07
DDS	Serviços	Desenv. de sistemas e outros serviços de informação	Alta	0,0125	0,0012	2.178,41
IFS	Serviços	Intermed. finan., seguros e previdência complementar	Baixa	–	0,0046	–
AIM	Serviços	Atividades imobiliárias	Baixa	–	0,0009	–
AJC	Serviços	Ativ. jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	Baixa	–	0,0013	–
SDA	Serviços	Serv. de arquit., engenha., testes/análises técnicas e P&D	Alta	0,0714	0,0004	4.872,33
OAP	Serviços	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	Média-baixa	–	0,0020	–
ANE	Serviços	Alug. não-imobili. e gestão de ativos de propr. intelectual	Média-baixa	–	0,0004	–
OAA	Serviços	Outras atividades administ. e serviços complementares	Baixa	–	0,0019	–
ADV	Serviços	Atividades de vigilância, segurança e investigação	Baixa	–	0,0002	–
APD	Serviços	Administração pública, defesa e seguridade social	Média-baixa	–	0,0103	–
EPU	Serviços	Educação pública	Média-baixa	–	0,0034	–
EPR	Serviços	Educação privada	Média-baixa	–	0,0008	–
SPU	Serviços	Saúde pública	Média-baixa	–	0,0044	–
SPR	Serviços	Saúde privada	Média-baixa	–	0,0047	–
AAC	Serviços	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	Baixa	–	0,0003	–
OAE	Serviços	Organizações associativas e outros serviços pessoais	Baixa	–	0,0016	–
SDO	Serviços	Serviços domésticos	Baixa	–	–	–

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Pio (2016) e Morceiro (2018).