

# Tipologias de intensidade tecnológica: revisão metodológica e aplicação para a análise da estrutura produtiva do estado de São Paulo<sup>1</sup>

## Resumo

**Rogério dos Santos Acca**  
(rogerioacca@seade.gov.br)  
Analista da Fundação Seade

Com a finalidade de contribuir para a análise dos diferentes padrões setoriais de incorporação de P&D na estrutura produtiva brasileira e paulista, este estudo tem como principal objetivo a análise das metodologias voltadas para a construção da tipologia de intensidade tecnológica. O trabalho partiu da revisão das taxonomias presentes na literatura internacional e nos esforços analíticos de agências de desenvolvimento econômico, com destaque para a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O texto está organizado em duas partes. Na primeira, analisa a literatura que explora a conexão entre esforços de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e inovação tecnológica que está no cerne da tipologia de intensidade tecnológica mais difundida internacionalmente. Na segunda parte, valendo-se dessa literatura, o trabalho propõe um novo enfoque em relação à aplicação dessas tipologias, dando corpo a uma visão complementar à da OCDE com base em dados de produção e P&D elaborados em âmbito nacional e estadual.

## Introdução

O objetivo primordial deste estudo é a construção de uma tipologia de intensidade tecnológica aderente à realidade produtiva brasileira e, mais especificamente, ao contexto produtivo do estado de São Paulo. Seguindo os avanços das últimas duas décadas, este trabalho busca conciliar as metodologias desenvolvidas pelos principais institutos de pesquisa internacionais, destacando-se os manuais produzidos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), com os dados atualizados da indústria paulista nas dimensões da produção e da inovação tecnológica. Tal exercício, como será demonstrado ao longo deste texto, abrirá espaço para análises do fenômeno da inovação tecnológica ancoradas nas especificidades produtivas do estado de São Paulo. Posto de outra forma, a construção de uma nova tipologia de intensidade tecnológica orienta-se pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico do país e de São Paulo, em vez de evocar realidades setoriais e tecnológicas que caracterizam os países centrais e não refletem, necessariamente, o contexto setorial das empresas aqui instaladas.

Sob o ângulo de uma agenda metodológica concentrada nas realidades produtivas do estado de São Paulo, ressalte-se que, de acordo com os últimos dados de esforços inovativos divulgados pela Pesquisa de Inovação (Pintec) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as empresas industriais localizadas no estado empreenderam aproximadamente 42% dos investimentos em inovação realizados no país (IBGE, 2020b). Além disso, a indústria paulista apresenta graus de concentração relevantes, principalmente em cadeias produtivas de maior complexidade, com destaque para os setores farmacêutico, químico, automotivo, de informática e outros equipamentos de transporte (que incluem a cadeia produtiva aeroespacial). Os dados da Tabela 1 mostram os elevados níveis de concentração geográfica da produção no

1. Este texto foi produzido no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica entre a Fapesp e o Seade, que tem, entre seus objetivos, a realização de estudos sobre temas associados à construção de indicadores e ao desenvolvimento de novas metodologias sobre a produção científica, tecnológica e inovativa no Estado de São Paulo.

estado de São Paulo em vários setores industriais, como farmoquímico e farmacêuticos (72% do VTI nacional), fabricação de máquinas e equipamentos (53% do VTI nacional), fabricação de outros equipamentos de transporte (incluindo o setor aeroespacial) (52% do VTI nacional), fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (51% do VTI nacional) e fabricação de veículos automotores (50% do VTI nacional).

**Tabela 1 - Valor de Transformação Industrial (VTI) e participação no VTI do Brasil, segundo setores de atividade**  
Estado de São Paulo e Brasil, 2016

CNAE IBGE (2.0)	Setor	VTI SP (em mil R\$) (1)	VTI BR (em mil R\$)	SP/BR (em %)
10	Fabricação de produtos alimentícios	68.448.406	206.520.650	33,14
11	Fabricação de bebidas	7.826.028	37.544.944	20,84
13	Fabricação de produtos têxteis	5.663.189	16.603.105	34,11
14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	5.400.950	25.148.512	21,48
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	2.742.467	18.576.850	14,76
16	Fabricação de produtos de madeira	1.397.366	11.643.794	12,00
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	14.679.761	43.053.863	34,10
18	Impressão e reprodução de gravações	3.823.791	9.565.575	39,97
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	33.526.856	157.452.474	21,29
20	Fabricação de produtos químicos	41.338.138	89.216.777	46,33
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	18.742.469	26.186.214	71,57
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	18.518.971	39.058.355	47,41
23	Fabricação de produtos de minerais não metálicos	11.236.530	35.153.988	31,96
24	Metalurgia	11.395.798	52.452.153	21,73
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	12.855.477	37.021.941	34,72
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	10.085.018	24.831.215	40,61
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	13.218.222	25.863.576	51,11
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	23.082.044	43.904.832	52,57
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	31.528.334	63.092.965	49,97
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	9.156.108	17.735.135	51,63
31	Fabricação de móveis	3.193.896	13.704.260	23,31
<b>Total</b>		<b>347.859.819</b>	<b>994.331.178</b>	<b>34,98</b>

Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – Empresa (2016); Fundação Seade. Seade Municípios.

(1) Não inclui os setores CNAE 12 (Fumo), CNAE 32 (Fabricação de produtos diversos) e CNAE 33 (Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos).

Essas informações reforçam a necessidade da construção de indicadores de intensidade tecnológica que considerem as especificidades setoriais da indústria brasileira e paulista, tendo em vista que tais indicadores baseiam-se em estruturas produtivas presentes nos países mais desenvolvidos, como se verá ao longo deste texto. No caso específico de São Paulo, é importante enfatizar que o estado possui participações relativas setoriais de relevo na maioria dos setores da cadeia produtiva industrial, atingindo 35% do VTI nacional. Em razão da importância e da complexidade do parque industrial paulista, a revisão metodológica aqui tratada busca não somente classificar os setores industriais de acordo com seu grau de intensidade tecnológica, mas também, por meio dessa classificação, realizar uma harmonização metodológica com vistas a permitir a inserção comparativa dos esforços de inovação das empresas brasileiras e paulistas no contexto internacional.

Este relatório metodológico concentra-se nos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) como uma dimensão central nos processos de inovação que, por sua vez, orientam a revisão e a construção de tipologias alternativas de intensidade tecnológica em linha com a teoria econômica e com os manuais metodológicos consagrados na literatura sobre inovação.

Dessa forma, o presente trabalho trilha os caminhos originais da Fundação Seade, de onde surgiram iniciativas importantes no sentido de capturar a dinâmica e a estrutura dos sistemas de inovação no estado de São Paulo. Estas iniciativas, materializadas na Pesquisa da Atividade Econômica Paulista (Paep) 2001, desembocaram na construção de indicadores de intensidade tecnológica a partir do emprego de mão de obra qualificada (alocada em atividades de P&D) ao longo das cadeias produtivas no estado de São Paulo, abarcando todos os setores de atividade (QUADROS *et al.*, 1999, 2001; BERNARDES; BESSA; KALUP, 2005).

Ao adotar os indicadores de P&D como fundamentais na elaboração de uma taxonomia de intensidade tecnológica, não se nega, por óbvio, o caráter multifacetado da inovação, o qual envolve uma grande variedade de atores econômicos que se relacionam em ambientes externos aos laboratórios de P&D, os fluxos de conhecimento de natureza intangível entre empresas, o papel das políticas locais e regionais de inovação, as especificidades institucionais e a absorção de conhecimento novo produzido por agentes externos às empresas.

À luz dessa perspectiva metodológica, o presente relatório organiza-se em três seções, além desta introdução. Na próxima, serão exploradas as atividades de P&D como elementos-chave do desenvolvimento tecnológico, seu papel de relevo nas teorias do crescimento econômico, bem como sua relevância na construção de indicadores de inovação tecnológica. Ainda nesta seção, o trabalho debruça-se sobre as tipologias de intensidade tecnológica geradas no âmbito da OCDE e que se tornaram dominantes na literatura sobre inovação tanto no Brasil quanto internacionalmente. As diferentes perspectivas sobre o emprego dessas tipologias no contexto brasileiro e paulista serão também exploradas. Na segunda parte, o relatório concentra-se sobre um exercício de revisão metodológica e conceitual da taxonomia de intensidade tecnológica desenvolvida pela OCDE no sentido de viabilizar a construção de uma tipologia de classificação setorial compatível com a atual estrutura produtiva de São Paulo. Para tanto, por um lado, serão adotados cálculos da intensidade de P&D informados pelas pesquisas estatísticas nacionais – Pesquisa Industrial Anual (PIA) e Pesquisa de Inovação (Pintec) – realizadas pelo IBGE e, por outro, os agrupamentos setoriais em categorias de intensidade tecnológica serão tratados estatisticamente por modelos matemáticos de agrupamento de dados. Na conclusão, resumem-se os principais resultados dessas etapas metodológicas, de modo a apontar caminhos para uma agenda futura.

## **O investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) como indicador de inovação tecnológica e o nascimento da tipologia de intensidade tecnológica da OCDE**

A articulação de esforços de investigação especificamente voltados para invenção e melhoramento incremental de novos equipamentos e processos mais eficientes de produção está no centro do moderno desenvolvimento industrial (ACEMOGLU, 2009; ACEMOGLU *et al.*, 2018). Nos termos de Bloom *et al.* (2020, p. 1.104), “o crescimento econômico é trazido à tona por pessoas criando ideias”.

Ainda que o progresso técnico – ou movimentos de inovação tecnológica – fosse explorado na literatura clássica e neoclássica como elemento essencial ao bem-estar de nações e regiões, a formalização dos esforços tecnológicos do tecido econômico em termos de indicadores de inovação foi levado a cabo pela OCDE somente em 1963, no *Encontro de Frascati*, na Itália, onde nasceu o primeiro compêndio metodológico voltado para

coleta, sistematização e harmonização das estatísticas de P&D a nível global (SMITH, 2005).

Merece destaque, ainda nos anos 1960, a primeira conferência realizada pelo *National Bureau of Economic Research* (NBER), em Minnesota (EUA), dedicada à invenção e inovação tecnológica sob a ótica da microeconomia. Esta conferência, que deu origem a trabalhos seminais na área da economia da inovação, produziu uma série de textos teóricos e metodológicos não somente sobre atividades inovadoras nas empresas, mas também a respeito do papel das patentes, da P&D e do emprego de trabalhadores qualificados sobre a produtividade das empresas industriais (ver NELSON, 1962; GRILICHES, 1984). Embora tais trabalhos não visem consolidar metodologicamente as estatísticas de inovação, os esforços dos autores participantes dessa conferência no sentido de realçar o papel da inovação no crescimento econômico são pioneiros na mobilização empírica de indicadores de patenteamento, P&D e emprego tecnológico que vieram a se consolidar, posteriormente, na moderna teoria econômica (ver também e.g. MANSFIELD, 1968; SCHERER, 1984; VON HIPPEL, 1988; COHEN; LEVINTHAL, 1989; ROMER, 1990; MAIRESSE; SASSENOU, 1991; AGHION; HOWITT, 1992; JAFFE; TRAJTENBERG, 2002; ACEMOGLU *et al.*, 2018).

Ressalte-se, por exemplo, que nos anos 1960 o estado da arte na teoria econômica no que concerne à conexão entre tecnologia e crescimento econômico materializava-se na função de produção de Solow (1956, 1957). Na sua forma mais básica, a função de produção de Solow assume o progresso técnico como um componente exógeno do modelo de crescimento econômico, ou seja, tendo em vista a tendência de retornos decrescentes ao capital, o crescimento econômico de longo prazo é explicado em função de um padrão exógeno que aumente a produtividade dos fatores de produção (capital e trabalho) ao longo do tempo. Assim, o progresso técnico (ou a mudança tecnológica), nos modelos inspirados em Solow, é a única fonte de crescimento econômico de longo prazo (SOLOW, 1957; ACEMOGLU, 2009; MANKIW; ROMER; WEIL, 1992). Tendo em vista que o modelo neoclássico de Solow assume o progresso técnico como exógeno, os determinantes da mudança tecnológica (como os investimentos em P&D, patentes e capital humano) que levam ao desenvolvimento socioeconômico não são explicados, lacuna conhecida na literatura econômica como “a caixa preta de Solow” (ACEMOGLU, 2009).

Em meados dos anos 1980, a teoria econômica passa a incorporar os determinantes do progresso tecnológico e sua relação com o crescimento de longo prazo. Emergem, nessa seara, as teorias do crescimento endógeno (ou novos modelos de crescimento) impulsionadas, essencialmente, pelos trabalhos de Romer (1986) e Lucas (1988). A principal contribuição das novas teorias do crescimento econômico diz respeito à incorporação da dinâmica de acumulação de conhecimento como motor do desenvolvimento de longo prazo, na medida em que a acumulação de conhecimento conduz a retornos crescentes de escala, possibilitados pela incorporação dos investimentos em P&D público e privado às economias externas das empresas, pelo investimento em formação de capital humano e pela disponibilidade de bens públicos que favoreçam o ambiente de inovação (e.g. centros de pesquisa e tecnologias de informação e comunicação) (ROMER, 1990; FREEMAN; SOETE, 1997).

À medida que o estoque de conhecimento acumulado em países e regiões impulsiona retornos crescentes à escala, os esforços de P&D na produção de novas combinações tecnológicas assumem papel de relevo na explicação das trajetórias de desenvolvimento socioeconômico (para

*surveys* recentes, ver BLOOM *et al.*, 2020; HALL; MAIRESSE; MOHNEN, 2010; ACEMOGLU, 2009; ULKU, 2004). Para Acemoglu (2009, p. 413-14), o desenvolvimento tecnológico pode ser definido por novas combinações tecnológicas possibilitadas pelos insumos de conhecimento em projetos de P&D, pela capacidade de invenção da mão de obra qualificada, pela qualidade dos bens públicos relacionados às novas tecnologias e pelo estágio de desenvolvimento da ciência básica e sua conexão com oportunidades de lucro.

No início dos anos 1990, ganha corpo uma série de trabalhos que, ancorados na relação entre P&D e crescimento econômico, buscam oferecer alternativas de políticas industriais nacionais voltadas para o fortalecimento dos sistemas de inovação, ou seja, as instituições produtoras e difusoras de inovações tecnológicas (universidades, centros de pesquisa, laboratórios privados de P&D e poder público). O papel do investimento em P&D e o fortalecimento do capital humano estão na essência da formação de capacidades competitivas de países e regiões, de modo que autores como Lall (1992) e Nelson e Rosenberg (1993) tratam a intensidade de P&D não somente como expressões do desenvolvimento tecnológico, mas também como um dos elementos-chave de políticas industriais exitosas pelo seu impacto positivo na produtividade das empresas e na geração de externalidades positivas, capacidade de aprendizado e difusão tecnológica (ver também NELSON, 1988; CASTELLACCI; NATERA, 2013; FREEMAN; SOETE, 1997).

Não obstante o papel fundamental exercido pelo investimento formal em atividades de P&D nos sistemas de inovação, a literatura aponta que o processo de inovação – novas combinações econômicas possibilitadas pelo desenvolvimento tecnológico – resulta de outros fatores não menos relevantes, entre os quais a difusão de conhecimento pela interação entre empresas em diversos elos da cadeia produtiva (relação produtor-usuário e fornecedor-cliente, por exemplo), pela mobilidade da mão de obra qualificada e pela transmissão de conhecimento tácito entre agentes produtivos (OCDE, 1997; TORRES-FREIRE; HENRIQUES, 2013). Em que pese o fato da vasta literatura sobre sistemas de inovação valer-se de indicadores de intensidade tecnológica com vistas a comparar os esforços e resultados das políticas de inovação – e.g. P&D/PIB –, ressalte-se que essa literatura é marcada por uma perspectiva mais nuançada dos processos de inovação, no sentido de incorporar dimensões sociais, políticas e institucionais em suas análises sobre a capacidade de inovação de países e regiões (e.g. LUNDVALL, 2001).

Com o advento do *Manual de Oslo*, em 1992, no âmbito da OCDE, as metodologias de produção de indicadores não somente abarcam os esforços de empresas e instituições na produção de novas combinações tecnológicas, novos produtos e processos, como também se debruçam sobre uma concepção sistêmica de inovação direcionada à compreensão de redes de difusão de conhecimento formadas por agentes-chave da inovação (e.g. empresas, centros de pesquisa, capital humano, governos) (OCDE, 2017). Nesse sentido, o *Manual de Oslo* não apenas abrange o papel do investimento formal em P&D no processo de inovação, mas também reconhece redes de criação e difusão de tecnologias produzidas por fluxos de conhecimento que não transitam necessariamente pelos laboratórios de P&D públicos e privados (OCDE, 2017).

Apesar dessa perspectiva sistêmica do processo de inovação trazida à tona pelos trabalhos da OCDE, tanto o *Manual de Oslo* como o *Manual Frascati* tornaram-se, desde meados dos anos 1990, instrumentos de difusão de

indicadores de esforços de inovação, principalmente no que se refere à intensidade de P&D, como elementos de avaliação do sucesso ou fracasso de políticas públicas orientadas para o fortalecimento dos sistemas de inovação (OCDE/EUROSTAT, 2018; OCDE, 2015; SMITH, 2005; CAVALCANTE; DENEGRÍ, 2011; CAVALCANTE, 2014).<sup>2</sup>

À luz dos desenvolvimentos metodológicos experimentados pela OCDE para a produção de dados comparativos acerca dos sistemas nacionais de inovação, como exposto na seção anterior, ganha corpo, a partir do final dos anos 1990, uma série de trabalhos de natureza metodológica voltados para a compreensão da dinâmica setorial da inovação (PAPACONSTANTINO; SAKURAI; WYCKOFF, 1996; HATZICHRONOGLU, 1996). Por um lado, esses trabalhos partem do pressuposto de que a maior intensidade tecnológica de empresas e setores promove externalidades sociais positivas em termos de maior produtividade, dinamização do mercado de trabalho com remunerações mais elevadas, acesso mais competitivo a mercados nacionais e internacionais e difusão de conhecimento novo a outras empresas e setores da economia (externalidades de conhecimento) (HATZICHRONOGLU, 1996). Por outro lado, a consolidação de indicadores de intensidade tecnológica comuns aos países da OCDE abriria espaço para a comparação das estruturas setoriais de inovação nesses países, bem como permitiria análises das políticas de inovação baseadas em pressupostos metodológicos harmonizados nos sistemas de coleta e análise de dados dos países-membro da OCDE (HATZICHRONOGLU, 1996).

A taxonomia de intensidade tecnológica proposta originalmente pela OCDE parte do princípio de que a inovação nas empresas e setores é composta não somente pelas suas atividades internas de P&D, mas também pelos fluxos de conhecimento adquiridos por meio de aquisição externa de ativos intensivos em P&D (insumos intermediários e bens de capital). A intensidade tecnológica, nessa definição, compreende tanto a produção quanto o uso de tecnologias por empresas e setores. Dessa forma, tal taxonomia propõe uma metodologia de cálculo que compreende os investimentos internos em P&D somados às aquisições externas de P&D pelas empresas, o que foi possibilitado pelo uso de coeficientes técnicos associados às matrizes de insumo-produto elaboradas no âmbito da OCDE (HATZICHRONOGLU, 1996).<sup>3</sup>

A partir do cálculo das intensidades de P&D em 22 setores da manufatura, mensuradas pela razão entre P&D e valor adicionado, emerge a taxonomia da OCDE de intensidade tecnológica com base no agrupamento desses setores de acordo com suas intensidades de P&D: alta; média-alta; média-baixa; e baixa. O agrupamento para a construção dessas quatro categorias baseia-se nas distâncias entre as intensidades de P&D entre os setores, ou seja, esses setores foram ordenados de modo que os pontos de corte (*cutoff points*) que separam um grupo de outro são estabelecidos pelas diferenças setoriais em termos de intensidade de P&D entre o último setor de um grupo e o primeiro setor do grupo seguinte (HATZICHRONOGLU, 1996; GALINDO-RUEDA; VERGER, 2016).

2. Cabe ressaltar, ademais, que a consolidação dos conceitos de inovação nos relatórios metodológicos da OCDE, bem como a adoção desses conceitos na coleta e sistematização de dados de inovação, fomentou a realização de *surveys* orientados para a captura de processos inovadores em empresas, países e regiões para além dos espaços geográficos dos países-membros da OCDE. Nesse sentido, o *Manual de Oslo* e o *Manual Frascati* orientaram metodologicamente as pesquisas periódicas de inovação levadas a cabo pelo IBGE, principalmente a Pesquisa de Inovação (Pintec). Assim como a Pintec incorpora em seu painel de dados indicadores de intensidade de P&D (relação entre gastos em P&D e receita líquida de vendas), diversos estudos no Brasil têm se debruçado sobre padrões de intensidade tecnológica com viés de comparação internacional, tendo em vista a harmonização metodológica e conceitual entre a Pintec e *surveys* de inovação carreados em diversos países (e.g. CAVALCANTE; DENEGRÍ, 2011; CAVALCANTE, 2014; BRIGANTE, 2018).

3. As matrizes insumo-produto da OCDE utilizadas para a estimativa de fluxos de P&D embutidos em bens intermediários nacionais e importados compreendem 36 setores econômicos (sendo 22 setores pertencentes à manufatura) em dez países da OCDE. Para detalhes técnicos e matemáticos desses cálculos, que estão além do escopo deste relatório, ver Hatzichronoglou (1996, p. 11-15).



De acordo com a taxonomia original da OCDE, esses quatro grupos de intensidade tecnológica são assim organizados em termos de composição setorial:<sup>4</sup>

- *alta*: aeroespacial, farmacêutico, de informática, eletrônica e telecomunicações, instrumentos;
- *média-alta*: material elétrico, veículos automotores, química (exclusive o setor farmacêutico), ferroviário e de equipamentos de transporte, máquinas e equipamentos;
- *média-baixa*: construção naval, borracha e produtos plásticos, coque, produtos refinados de petróleo, combustíveis nucleares, outros produtos não metálicos, metalurgia básica e produtos metálicos;
- *baixa*: outros setores e de reciclagem, madeira, papel e celulose, editorial e gráfica, alimentos, bebidas, fumo, têxtil e de confecções, couro e calçados.

Em linhas gerais, a literatura recente sobre inovação no Brasil trata essa tipologia da OCDE a partir de duas óticas distintas, ainda que complementares.

Intensificou-se, nas últimas duas décadas, um conjunto de trabalhos sobre inovação tecnológica, principalmente nos setores industriais, voltado para a compreensão dos esforços de inovação das empresas sob o ângulo das intensidades de P&D setoriais como fator de comparação do estágio de desenvolvimento tecnológico do Brasil e dos países que ocupam posições de liderança na fronteira da produção tecnológica global. Esses trabalhos, fortemente apoiados nas metodologias trazidas à tona pelos manuais e artigos metodológicos da OCDE, valem-se de indicadores de intensidade de P&D como elemento-chave na análise dos esforços de inovação (P&D/Valor Adicionado, P&D/receita líquida de vendas e P&D/Valor da Transformação Industrial), além de se apoiarem na tipologia original da OCDE para analisar os movimentos de inovação da indústria brasileira em perspectiva comparada (e.g. CAVALCANTE, 2014; BRIGANTE, 2018; CAVALCANTE; DENEGRI, 2011).

O recente trabalho de Brigante (2018), por exemplo, busca construir modelos econométricos direcionados à compreensão quantitativa das distâncias tecnológicas setoriais entre o Brasil e 16 países da OCDE, procurando mensurar tanto os efeitos da composição setorial da indústria brasileira por intensidade tecnológica quanto os efeitos dos esforços tecnológicos empreendidos por cada setor da indústria em termos de sua intensidade de P&D (P&D/Valor Adicionado). Os resultados econométricos alcançados por Brigante (2018) permitem concluir que políticas industriais e de inovação no Brasil reduziram a distância tecnológica em relação aos países centrais não somente pela mudança da estrutura produtiva em relação a setores de alta tecnologia na tipologia da OCDE, mas também pelo aumento dos esforços de intensidade de P&D transversais a toda a estrutura industrial, tendo em vista a distância, em termos de seus esforços de inovação, entre o arranjo produtivo brasileiro e os países da OCDE nos quatro segmentos da taxonomia da OCDE (BRIGANTE, 2018, p. 541; CAVALCANTE, 2014).

4. A correspondência entre as classificações de atividades setoriais da OCDE (ISIC) e as respectivas classificações setoriais utilizadas no Brasil por meio da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) foi obtida na literatura brasileira que se debruça sobre a tipologia original da OCDE para o estudo da intensidade tecnológica (FURTADO; CARVALHO, 2005; CAVALCANTE; DENEGRI, 2011; BRIGANTE, 2018).

Cabe destacar, além disso, que o Ministério da Economia do Brasil aplica a tipologia da OCDE na produção e sistematização de estatísticas de comércio exterior. Dessa forma, os fluxos de comércio exterior (exportação e importação) na indústria de transformação podem ser classificados de acordo com seu grau de intensidade tecnológica por meio da compatibilização entre as classificações ISIC (*International Standard Industrial Classification*) e Nomenclatura do Mercado Comum do Sul (NCM) (BRASIL, 2020, s.d., p. 3).

Apesar do alcance da taxonomia disseminada pela OCDE na produção empírica brasileira no que se refere aos estudos de inovação, com evidente destaque para a influência nas pesquisas sobre políticas de inovação na indústria, surgiu, nas últimas décadas, uma série de trabalhos que colocam em xeque a validade das tipologias de inovação da OCDE quando aplicadas, especificamente, ao caso brasileiro. Em linha com uma perspectiva crítica acerca do emprego da tipologia de intensidade tecnológica no caso de países periféricos, Furtado e Carvalho (2005) argumentam que, na medida em que a construção metodológica dos indicadores de intensidade tecnológica da OCDE se apoia no estágio tecnológico da estrutura produtiva de seus principais países-membros, tal tipologia refletiria padrões de inovação de empresas e setores posicionados na fronteira tecnológica global. Conseqüentemente, a tipologia originalmente desenvolvida por meio dos trabalhos metodológicos da OCDE reflete a dinâmica de inovação dos países mais desenvolvidos, de modo que sua aplicação aos setores industriais em território brasileiro seria problemática por não refletir o estágio de desenvolvimento tecnológico das firmas aqui instaladas.

Como apontam Furtado e Carvalho (2005, p. 73),

Essas diferenças de intensidade entre países se devem a estruturas industriais distintas e sobretudo a disparidade de intensidade entre os mesmos setores de países diferentes. Pode-se atribuir tanto o primeiro tipo de distinção como o segundo à especialização produtiva e a diferentes formas de inserção produtiva na Divisão Internacional do Trabalho.

A literatura recente sobre alocação dos investimentos internacionais em desenvolvimento tecnológico traz à tona a enorme disparidade em termos de localização de atividades de P&D e de investimentos em capital humano observada nos mesmos setores industriais em países distintos. Nesse sentido, as atividades de inovação nas cadeias globais de produção tendem a localizar-se em poucos centros de geração de conhecimento novo que se apropriam de economias de aglomeração de regiões que já se encontram em posição avançada em termos de recursos humanos, financeiros e de infraestrutura para o empreendimento de esforços inovadores (ver e.g. MUDAMBI; NARULA; SANTANGELO, 2018; CANTWELL, 2017; CASTELLANI, 2017). As unidades produtivas localizadas em regiões periféricas tenderiam, portanto, a importar tecnologias desenvolvidas nos países centrais, de modo a adaptá-las aos contextos locais, o que não é capturado pela tipologia da OCDE (FURTADO; CARVALHO, 2005).

Numa perspectiva crítica dos trabalhos metodológicos da OCDE, que complementa a análise de Furtado e Carvalho (2005), a empreitada de revisão conceitual e metodológica proposta por Abdal, Torres-Freire e Callil (2016) busca não somente mostrar as especificidades históricas do desenvolvimento industrial brasileiro no que concerne à classificação de atividades por intensidade tecnológica, mas também fornecer uma análise mais elaborada sobre os fluxos de conhecimento inerentes à produção de inovações. Fluxos que mobilizam redes de conhecimento que não se limitam às atividades formais de P&D, como, por exemplo, as interações informais entre empresas e as redes colaborativas entre serviços intensivos em conhecimento e setores industriais. No que diz respeito



especificamente às tipologias de intensidade tecnológica propostas pela OCDE, os autores sugerem uma reclassificação setorial de acordo com as intensidades de P&D industrial (P&D/receita líquida de vendas) baseada nos dados das Pesquisas de Inovação do IBGE (Pintec) de 2000, 2003, 2005 e 2008. Abdal, Torres-Freire e Callil (2016, p. 234-236) levam a cabo um amplo exercício de compatibilização entre as classificações da CNAE (1.0 e 2.0) ao longo dos anos, de modo a construir tipologias de classificação setorial por intensidade tecnológica que capturam mudanças estruturais nos esforços de inovação empreendidos pelas empresas entre 2000 e 2008.

Apesar dos méritos evidentes da literatura que revisa a taxonomia originalmente produzida pela OCDE, os trabalhos acadêmicos mais recentes que mobilizam tipologias de intensidade tecnológica ainda se baseiam nas construções metodológicas da OCDE para caracterizar os grupos de setores de acordo com seu grau de inovação tecnológica (ver e.g. BENELI, 2019; MORCEIRO, 2018; MORCEIRO, 2019; BRIGANTE, 2018). Dessa forma, tais trabalhos buscam preservar a comparabilidade metodológica entre a divisão setorial da OCDE e suas categorizações de intensidade tecnológica, de modo a trazer à tona estudos comparativos entre os fenômenos relativos à inovação no Brasil e em países selecionados. O estudo de Morceiro (2019), por exemplo, vale-se da tipologia de intensidade tecnológica desenvolvida na OCDE para tratar das distâncias setoriais entre o Brasil e os países da OCDE no que concerne aos seus esforços de inovação mensurados pelo indicador P&D/PIB (ver também MORCEIRO, 2018). Por seu turno, o estudo recente de Beneli (2019, p. 114) utiliza a mesma taxonomia da OCDE para avaliar a intensidade tecnológica das exportações nos estados brasileiros, com vistas à elaboração de um indicador estadual de inovação e competitividade.

Recentemente, a OCDE empreendeu uma ampla revisão metodológica de sua própria tipologia. Alguns pontos explorados pela literatura crítica de determinados aspectos metodológicos da taxonomia original trazida à tona por Hatzichronoglou (1996) foram tratados nessa revisão, com evidente destaque para aspectos conceituais relacionados às atividades de P&D como expressões do desenvolvimento tecnológico, para a inclusão dos fluxos de conhecimento entre setores industriais e de serviços como dimensão central da inovação e, finalmente, para o reconhecimento do setor de serviços como gerador de novas combinações socioeconômicas (GALINDO-RUEDA; VERGER, 2016).

Nesse sentido, a revisão metodológica da OCDE parte do pressuposto de que a inovação tecnológica não pode ser completamente explicada pela intensidade de P&D, visto que o desempenho inovador de muitas empresas e setores não está diretamente relacionado às atividades formais de P&D. Além disso, muitas inovações são trazidas à tona por movimentos de apropriação de conhecimento gerados externamente ao ambiente da firma, ou seja, muitas empresas aplicam tecnologias inovadoras que elas não desenvolvem diretamente (GALINDO-RUEDA; VERGER, 2016). Como consequência dessa perspectiva conceitual, a OCDE passou a utilizar o conceito de “intensidade de P&D”, em contraste a “intensidade tecnológica”, para classificar as empresas na revisão de sua tipologia original, por entender que os movimentos de inovação tecnológica não estão necessariamente confinados em atividades formais de P&D (GALINDO-RUEDA; VERGER, 2016).

Do ponto de vista dos cálculos para a construção dessa taxonomia revisada, Galindo-Rueda e Verger (2016) valem-se dos dados de valor adicionado dos setores manufatureiros e não manufatureiros, principalmente os setores de serviços, bem como dos dados de investimento em P&D e aquisição externa de P&D para os setores

classificados no ano de 2011. A nova taxonomia de intensidade de P&D foi calculada com base em dados dos 27 países-membros da OCDE, mais Singapura e Taipei, países parceiros da organização. A taxonomia revisada da OCDE proposta por Galindo-Rueda e Verger (2016) ordena os setores por intensidade de P&D em cinco grupos: alta, média-alta, média, média-baixa e baixa. Esta revisão conceitual e metodológica contempla setores da indústria manufatureira e não manufatureira (serviços, indústria extrativa e agricultura) na seguinte tipologia:<sup>5</sup>

- *alta*: aeronaves e componentes relacionados; farmacêutica; informática, eletrônicos e produtos ópticos; pesquisa e desenvolvimento científico; desenvolvimento de sistemas (*softwares*);
- *média-alta*: armas e munições; veículos automotores e autopeças; instrumentos médicos e odontológicos; máquinas e equipamentos; químicos; máquinas e equipamentos elétricos; veículos ferroviários, veículos militares de combate e outros; outros serviços de informação;
- *média*: plásticos e borracha; construção de embarcações; produtos diversos (exceto instrumentos médicos e odontológicos); outros minerais não metálicos; metalurgia básica; manutenção, reparação e instalação;
- *média-baixa*: têxteis; calçados e artefatos de couros; papel e celulose; alimentos, bebidas e fumo; vestuário e acessórios; produtos de metal (exceto armas e munições); refino de petróleo e biocombustíveis; móveis; madeira e produtos da madeira; impressão e reprodução de gravações; atividades profissionais, científicas e técnicas (exceto P&D); telecomunicações; indústria extrativa; edição e edição integrada à impressão;
- *baixa*: financeiros, seguros e complementares; eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana; TV, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem; comércio; agricultura, pecuária, florestal e pesca; atividades administrativas e serviços complementares; artes, recreação, serviços domésticos, organizações associativas e outros serviços; transporte, armazenagem e correio; alojamento e alimentação; atividades imobiliárias.

A alocação dos setores que integram cada uma das cinco categorias de intensidade de P&D propostas por Galindo-Rueda e Verger (2016), por um lado, baseia-se no ordenamento dos valores de intensidade de P&D (P&D/Valor Adicionado) para cada um dos setores classificados; por outro lado, a alocação de cada um dos setores em cada uma das cinco categorias de intensidade de P&D é definida por “pontos de corte” que marcam as maiores distâncias entre o último setor de uma categoria e o primeiro setor alocado na categoria subsequente (GALINDO-RUEDA; VERGER, 2016, p. 9). Em outros termos, as maiores distâncias em pontos intermediários do conjunto de valores revelariam fronteiras setoriais claras no que concerne aos esforços de P&D que definem cada uma das cinco categorias de classificação. Dessa forma, o delineamento desses pontos de corte entre cada uma das categorias de classificação dos setores por intensidade de P&D é similar ao procedimento adotado originariamente por Hatzichronoglou (1996).

Na seção seguinte, à luz dos desenvolvimentos metodológicos recentes no que diz respeito à classificação de setores por intensidade tecnológica

5. A compatibilização entre os códigos ISIC utilizados na classificação setorial da OCDE e as classificações da CNAE utilizadas nas pesquisas do IBGE foi extraída de Morceiro (2019, p. 9).

ou de P&D, busca-se uma síntese metodológica que permita, por um lado, a construção de categorias de intensidade tecnológica comparáveis com os exercícios conceituais e metodológicos observados na literatura contemporânea sobre inovação e, por outro, a alocação de cada um dos setores nas categorias apropriadas de intensidade tecnológica de acordo com critérios estatísticos de agrupamento de dados.

## **Tipologias de intensidade tecnológica: revisão metodológica, aplicação no Brasil e uma agenda para o estado de São Paulo**

Diante do exposto até aqui com relação à construção de tipologias de intensidade tecnológica ou de P&D na literatura conceitual e metodológica no Brasil e no exterior, o objetivo, nesta seção, é a elaboração de uma taxonomia de intensidade tecnológica que seja complementar às metodologias implementadas pela OCDE e que, ao mesmo tempo, permita análises comparativas setoriais a partir do mesmo quadro de referência conceitual sobre inovação e intensidade tecnológica.

Cabe destacar, em primeiro lugar, que os termos “intensidade tecnológica” e “intensidade de P&D” podem ser usados de maneira intercambiável sem prejuízo da capacidade analítica dos movimentos setoriais de inovação. Parte-se, assim, do pressuposto de que as atividades formais de P&D exercem um papel preponderante na inovação tecnológica, conforme apontado nas seções anteriores. Ainda que fatores institucionais, redes de intercâmbio de conhecimento tácito e formação de capacidades de aprendizado tecnológico não sejam expressos em investimentos em P&D, é preciso ressaltar que a captura de indicadores estatísticos desses fatores intangíveis e de relações socioeconômicas envolve enorme complexidade em termos do seu tratamento de coleta, sistematização e comparabilidade estatística. Não por acaso, as estatísticas de P&D ainda são dominantes no ambiente estatístico global (e.g. OCDE, 2017; OCDE/EUROSTAT, 2018).

Nesse contexto, a metodologia aqui proposta não objetiva fornecer uma alternativa às metodologias nacionais e internacionais já construídas, mas sim constituir-se em complemento aos esforços empreendidos no sentido de permitir análises e comparações calcadas nas realidades das empresas aqui instaladas, sem perder de vista a homogeneidade teórica e conceitual que deve orientar qualquer estudo comparativo de natureza estatística. Conforme apontam Galindo-Rueda e Verger (2016, p. 11), a metodologia de cálculo da intensidade de P&D por eles proposta no âmbito da OCDE não abarca realidades distintas da *estrutura industrial média* dos países-membros da organização. Portanto, a própria revisão da OCDE, em 2016, evoca a inadequação da taxonomia de intensidade tecnológica quando aplicada a estruturas produtivas fora dos territórios produtivos dos países-membros da OCDE. Nesse sentido, segundo Galindo-Rueda e Verger (2016, p. 11, tradução nossa),

[...] idealmente, essas medidas de intensidade de P&D deveriam ser construídas em escala global no sentido de assegurar que toda a cadeia global de produção de valor seja capturada. Há o risco de que, para algumas indústrias, a sua intensidade de P&D possa sobrestimar ou superestimar a verdadeira realidade global, na medida em que algumas economias não consideradas [na revisão metodológica da OCDE] como Brasil, Índia ou China, cuja participação no valor adicionado e P&D globais pode ser diferente de acordo com seu grau de especialização estrutural ou outros fatores.

Essa perspectiva metodológica na revisão proposta por Galindo-Rueda e Verger (2016), que traz à tona a heterogeneidade estrutural e tecnológica dos diversos arranjos produtivos nacionais e seus impactos nos indicadores de inovação, pode ser encontrada em textos que

propõem a revisão das tipologias de intensidade tecnológica no caso brasileiro. Destaca-se, inclusive, que esses trabalhos se debruçaram sobre adaptações metodológicas dessas tipologias antes mesmo da última revisão da OCDE (e.g. FURTADO; CARVALHO, 2005; ABDAL; TORRES-FREIRE; CALLIL, 2016).

A metodologia visando a construção de uma taxonomia de intensidade tecnológica baseia-se, nesse contexto, em três pilares.

- Em primeiro lugar, a classificação de setores por intensidade tecnológica é levada a cabo com base na relação entre P&D (somados os gastos internos e aquisição externa pelas empresas) e valor adicionado em cada um dos setores ordenados e classificados na construção dessa taxonomia. No que tange ao valor adicionado das empresas, recorreu-se à Pesquisa Industrial Anual conduzida pelo IBGE (IBGE, s.d.). Os gastos intramuros em P&D, bem como a sua aquisição externa pelas empresas, foram extraídos da Pesquisa de Inovação (Pintec), também do IBGE, com dados relativos a 2017 (IBGE, 2020a). Sob o ponto de vista das agregações setoriais utilizadas para o cálculo da intensidade de P&D em cada um dos setores da indústria, foram usadas as aberturas setoriais da Pintec 2017, que se baseiam na CNAE 2.0 (IBGE, 2020a). Vale lembrar, nesse sentido, que os agregados setoriais da Pintec no que diz respeito aos dados de P&D podem ser disponibilizados ao nível das divisões ou dos grupos da CNAE 2.0, bem como reunidos em combinações setoriais dentro desses grupos. Na Tabela 2, observam-se as intensidades de P&D (P&D/Valor Adicionado) em cada uma das agregações setoriais disponibilizadas. Os valores de intensidade de P&D foram calculados a partir de pesquisas do IBGE que tratam de duas amostras diferentes de empresas: uma para a coleta dos dados de valor adicionado divulgados pela Pesquisa Industrial Anual (PIA); e outra voltada para a coleta e sistematização de dados de P&D trazidos à baila pela Pesquisa de Inovação (Pintec). Ainda que o cálculo da intensidade de P&D a partir do cruzamento de duas pesquisas com amostras distintas de empresas possa implicar desafios do ponto de vista metodológico por envolver planos amostrais construídos por diferentes metodologias, como apontam Araújo e Cavalcante (2011, p. 11), adota-se, neste trabalho, o procedimento metodológico exposto por Brigante (2018), que também lança mão do cruzamento da PIA e da Pintec na sua análise comparativa de esforços de P&D do Brasil com países da OCDE. Tal procedimento permite uma comparação mais próxima com os trabalhos baseados nas metodologias da OCDE, que se valem de dados do valor adicionado para a construção de seus indicadores de intensidade de P&D (GALINDO-RUEDA; VERGER, 2016). Como esses cálculos são realizados no nível setorial, e não no âmbito das empresas, não há relevantes distorções do ponto de vista da construção do indicador por diferentes amostras.

- Em segundo lugar, a Tabela 2 mostra que as distâncias setoriais concernentes às suas intensidades de P&D não são tão claras a ponto de permitir a construção das tipologias de intensidade tecnológica por “pontos de corte” que dividem cada uma das categorias, como nos trabalhos de Hatzichronoglou (1996) e Galindo-Rueda e Verger (2016). Para evitar a construção de categorias de classificação de intensidade arbitrárias ou que não reflitam as distâncias entre os setores no que diz respeito aos seus esforços em termos de P&D, optou-se pela aplicação de métodos mais rigorosos de agrupamento de dados (*clustering*). Tendo em vista que o agrupamento dos dados seria aplicado apenas aos indicadores de intensidade de P&D, ou seja, uma base de dados unidimensional,

**Tabela 2 - Intensidade tecnológica (P&D/VA), por agregações setoriais da Pintec**  
 Brasil, 2017

<b>Indústrias de transformação</b>	<b>Agregação Pintec</b>	<b>P&amp;D/VA 2017 (em %)</b>
Fabricação de produtos alimentícios	10	0,89
Fabricação de bebidas	11	0,40
Fabricação de produtos do fumo	12	2,55
Fabricação de produtos têxteis	13	0,36
Confeção de artigos do vestuário e acessórios	14	0,48
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	15	1,80
Fabricação de produtos de madeira	16	0,42
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	17	0,99
Fabricação de celulose e outras pastas	17.1	0,78
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	17 (exclusive 17.1)	1,14
Impressão e reprodução de gravações	18	0,35
Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	19	3,18
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)	19 (exclusive 19.2)	0,86
Refino de petróleo	19.2	2,96
Fabricação de produtos químicos	20	5,09
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	20.1	0,68
Fabricação de produtos químicos orgânicos	20.2	3,26
Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	20.3+20.4+20.5	5,37
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	20.6	12,81
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	20.7+20.9	4,94
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	21	7,16
Fabricação de produtos farmoquímicos	21.1	3,62
Fabricação de produtos farmacêuticos	21.2	6,69
Fabricação de artigos de borracha e plástico	22	2,35
Fabricação de produtos de minerais não metálicos	23	1,92
Metalurgia	24	1,65
Produtos siderúrgicos	24.1+24.2+24.3	1,98
Metalurgia de metais não ferrosos e fundição	24.4+24.5	1,01
Fabricação de produtos de metal	25	0,89
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	26	9,72
Fabricação de componentes eletrônicos	26.1	5,30
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	26.2	13,75
Fabricação de equipamentos de comunicação	26.3+26.4	11,00
Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	26.6	4,26
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	26.5+26.7+26.8	5,02
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	27	3,80
Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	27.1+27.3	3,60
Fabricação de eletrodomésticos	27.5	5,02
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	27.2+27.4+27.9	3,07
Fabricação de máquinas e equipamentos	28	2,51
Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	28.1	2,53
Máquinas e equipamentos para agropecuária	28.3	3,51
Máquinas para extração e construção	28.5	1,34
Outras máquinas e equipamentos	28.2+28.4+28.6	2,32
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	29	5,11
Fabricação de automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus	29.1+29.2	5,77
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondição de motores	29.3+29.5	3,13
Fabricação de peças e acessórios para veículos	29.4	3,94
Fabricação de outros equipamentos de transporte	30	19,04
Fabricação de móveis	31	1,13
Fabricação de produtos diversos	32	1,39
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	32.5	2,11
Outros produtos diversos	32.1+32.2+32.3	
	+32.4+32.9	0,83
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	33	0,75

Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – Empresa; Pesquisa de Inovação – Pintec.

adotou-se o algoritmo de *Fisher-Jenks*, método estatístico indicado para agrupamento de dados unidimensionais (BIVAND, 2018; FISHER, 1958). Utilizando a nova tipologia da OCDE, proposta por Galindo-Rueda e Verger (2016), os indicadores de intensidade de P&D foram ordenados em quatro grupos: alta, média-alta, média e média-baixa.<sup>6</sup> Assim, a aplicação do método *Fisher-Jenks* permitiu o agrupamento dos dados em quatro categorias que formam grupos homogêneos em termos da variância dentro de cada uma dessas categorias, bem como em termos das fronteiras entre cada uma delas, possibilitado pela análise de variância na amostra, ou seja, a fronteira entre uma categoria e outra é delimitada estatisticamente pelas variâncias entre o último ponto de uma categoria e o primeiro ponto da categoria subsequente.<sup>7</sup>

- Em terceiro lugar, a aplicação do algoritmo *Fisher-Jenks* para o agrupamento dos setores industriais classificados a partir dos seus níveis de intensidade de P&D revela uma marcada desigualdade entre esses setores no que se refere aos seus esforços de inovação, conforme se observa no Gráfico 1. Destaca-se, em primeiro lugar, que apenas quatro setores empreendem investimentos em P&D que ultrapassam 10% do valor adicionado setorial: fabricação de outros equipamentos de transporte; fabricação de equipamentos de informática e periféricos; fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal; e fabricação de equipamentos de comunicação (ver também Tabela 2). Uma análise mais detalhada do Gráfico 1 mostra um padrão de distanciamento setorial, em termos de intensidade de P&D, entre o setor de fabricação de outros equipamentos de transporte, capitaneado pelo setor aeroespacial, e o restante dos setores na estrutura produtiva brasileira. Reforçando a heterogeneidade tecnológica dos setores produtivos no Brasil, o Gráfico 1 exibe um padrão de concentração da produção em setores cujo esforço inovador em termos de intensidade tecnológica não ultrapassa 7% do valor adicionado setorial. Por fim, observa-se que as distâncias entre os setores do ponto de vista da sua intensidade de P&D são mais claras nos dois primeiros agrupamentos setoriais, o que indica que a presença de setores com maior intensidade de P&D é fenômeno raro na organização produtiva brasileira.

Na Tabela 3, observa-se o agrupamento setorial em cada uma das categorias da tipologia de intensidade tecnológica (intensidade de P&D) propostas no âmbito da OCDE. Destaca-se a desigualdade em termos de intensidade de P&D entre os setores que compõem as categorias de mais elevado esforço tecnológico (alta e média-alta) e os setores de mais baixo grau de inovação sob o ângulo da P&D. O agrupamento de cada um dos setores manufatureiros nas tipologias de intensidade tecnológica evidencia a heterogeneidade estrutural da indústria brasileira no que se refere à sua capacidade inovadora, tendo em vista que os setores de alta e média-alta intensidade tecnológica concentram apenas 5,1% do valor adicionado da indústria de transformação, ao passo que esses setores atingem 27% dos investimentos em P&D setoriais (ver também Tabela 1 do Anexo).

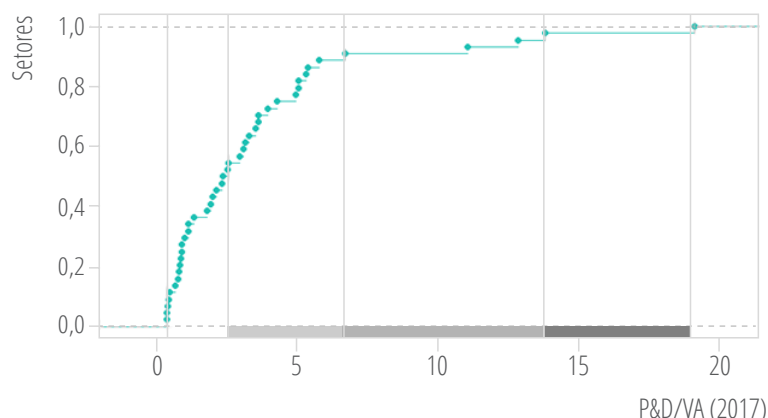
6. A categoria que agrupa os setores de baixa intensidade tecnológica foi descartada porque, conforme Galindo-Rueda e Verger (2016), ela se aplica somente aos setores não manufatureiros, que não fazem parte deste exercício metodológico.

7. Os cálculos relativos ao algoritmo *Fisher-Jenks* foram realizados no pacote estatístico *classint* desenvolvido por Bivand (2018) em linguagem R. Alternativamente, os dados de intensidade tecnológica foram submetidos a outros métodos de agrupamento no mesmo pacote estatístico (*K-means* e *clustering bayesiano*), de modo que os resultados foram similares e não serão reportados. Por fim, utilizou-se, para fins de robustez estatística, o pacote estatístico *GmAMisc*, desenvolvido por Alberti (2020), para os cálculos de agrupamento pelo método de Jenks (ver Anexo, Figura 1). Os resultados de agrupamento são idênticos àqueles obtidos com a aplicação do algoritmo extraído de Bivand (2018).



**Gráfico 1 - Agrupamento setorial, por meio do algoritmo Fisher-Jenks, de acordo com seu nível de intensidade de P&D (P&D/VA)**

Brasil, 2017



Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – Empresa; Pesquisa de Inovação – Pintec.

A maior parte dos investimentos em P&D da indústria brasileira origina-se, portanto, nos setores de média e média-baixa intensidade tecnológica, confirmando os resultados de investigações anteriores acerca das diferenças estruturais da organização produtiva brasileira em comparação com os países localizados na fronteira do desenvolvimento tecnológico global (BRIGANTE, 2018; MORCEIRO, 2018). Esses estudos apontam que não somente as especificidades da estrutura produtiva brasileira, concentrada em setores de menor intensidade tecnológica, explicam o menor grau de inovação das empresas industriais brasileiras, mas também o menor nível de intensidade de P&D em todos os setores da organização industrial no Brasil comparado com países centrais é um fator relevante na explicação do papel secundário do país na geração de inovação (BRIGANTE, 2018; MORCEIRO, 2018; CAVALCANTE, 2014).

Em suma, os resultados do agrupamento setorial expostos na Tabela 3 evidenciam as desigualdades setoriais, na organização produtiva brasileira, em termos da sua intensidade de P&D, tendo em vista que a maior parte dos agregados setoriais da Pintec investe menos de 7% de seu valor adicionado em P&D, contribuindo para um padrão de concentração produtiva nas tipologias de intensidade tecnológica média e média-baixa. Entre os setores de intensidade tecnológica alta e média-alta, observa-se uma marcada distância para o restante dos setores classificados, ainda que estes setores respondam por uma baixa proporção do valor adicionado da indústria de transformação.

As tabulações especiais regionalizadas da última Pintec não permitem a realização dos mesmos cálculos da Tabela 3 para o estado de São Paulo, tendo em vista o sigilo de dados presente em vários setores da desagregação proposta pelo IBGE no plano da pesquisa nacional (IBGE, 2020b). Em que pese a impossibilidade metodológica de reproduzir os mesmos cálculos para São Paulo no que diz respeito a indicadores de intensidade tecnológica específicos, cabe ressaltar que a diversidade estrutural do parque industrial paulista reflete a complexidade da indústria nacional, conforme exposto na Tabela 4, de modo a permitir, sem distorções relevantes, a generalização das tipologias construídas com base na economia industrial brasileira.

**Tabela 3 - Intensidade tecnológica (P&D/VA) pela nova tipologia da OCDE**

Brasil, 2017

Indústrias de transformação	Agregação Pintec (CNAE 2.0)	P&D/VA 2017 (em %)	Intensidade tecnológica (P&D/VA)
Fabricação de outros equipamentos de transporte	30	19,04	Alta
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	26.2	13,75	Média-Alta
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	20.6	12,81	
Fabricação de equipamentos de comunicação	26.3+26.4	11,00	Média
Fabricação de produtos farmacêuticos	21.2	6,69	
Fabricação de automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus	29.1+29.2	5,77	
Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	20.3+20.4+20.5	5,37	
Fabricação de componentes eletrônicos	26.1	5,30	
Fabricação de eletrodomésticos	27.5	5,02	
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	26.5+26.7+26.8	5,02	
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	20.7+20.9	4,94	
Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	26.6	4,26	
Fabricação de peças e acessórios para veículos	29.4	3,94	
Fabricação de produtos farmoquímicos	21.1	3,62	Média-Baixa
Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	27.1+27.3	3,60	
Máquinas e equipamentos para agropecuária	28.3	3,51	
Fabricação de produtos químicos orgânicos	20.2	3,26	
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores	29.3+29.5	3,13	
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	27.2+27.4+27.9	3,07	
Refino de petróleo	19.2	2,96	
Fabricação de produtos do fumo	12	2,55	
Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	28.1	2,53	
Fabricação de artigos de borracha e plástico	22	2,35	
Outras máquinas e equipamentos	28.2+28.4+28.6	2,32	
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	32.5	2,11	
Produtos siderúrgicos	24.1+24.2+24.3	1,98	
Fabricação de produtos de minerais não metálicos	23	1,92	
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	15	1,80	
Máquinas para extração e construção	28.5	1,34	
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	17 (exclusive 17.1)	1,14	
Fabricação de móveis	31	1,13	
Metalurgia de metais não ferrosos e fundição	24.4+24.5	1,01	
Fabricação de produtos de metal	25	0,89	
Fabricação de produtos alimentícios	10	0,89	
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)	19 (exclusive 19.2)	0,86	
Outros produtos diversos	32.1+32.2+32.3 +32.4+32.9	0,83	
Fabricação de celulose e outras pastas	17.1	0,78	
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	33	0,75	
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	20.1	0,68	
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	14	0,48	
Fabricação de produtos de madeira	16	0,42	
Fabricação de bebidas	11	0,40	
Fabricação de produtos têxteis	13	0,36	
Impressão e reprodução de gravações	18	0,35	

Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – Empresa; Pesquisa de Inovação – Pintec.

**Tabela 4 - Distribuição setorial da participação relativa dos setores industriais no total do VTI da indústria**

Estado de São Paulo e Brasil, 2016

<b>CNAE IBGE (2.0)</b>	<b>Setor</b>	<b>VTI SP (em mil R\$) (1)</b>	<b>VTI SP (% do total da indústria)</b>	<b>VTI BR (em mil R\$) (1)</b>	<b>VTI BR (% do total da indústria)</b>
10	Fabricação de produtos alimentícios	68.448.406	19,7	206.520.650	20,8
20	Fabricação de produtos químicos	41.338.138	11,9	89.216.777	9,0
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	33.526.856	9,6	157.452.474	15,8
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	31.528.334	9,1	63.092.965	6,3
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	23.082.044	6,6	43.904.832	4,4
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	18.742.469	5,4	26.186.214	2,6
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	18.518.971	5,3	39.058.355	3,9
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	14.679.761	4,2	43.053.863	4,3
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	13.218.222	3,8	25.863.576	2,6
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	12.855.477	3,7	37.021.941	3,7
24	Metalurgia	11.395.798	3,3	52.452.153	5,3
23	Fabricação de produtos de minerais não metálicos	11.236.530	3,2	35.153.988	3,5
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	10.085.018	2,9	24.831.215	2,5
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	9.156.108	2,6	17.735.135	1,8
11	Fabricação de bebidas	7.826.028	2,2	37.544.944	3,8
13	Fabricação de produtos têxteis	5.663.189	1,6	16.603.105	1,7
14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	5.400.950	1,6	25.148.512	2,5
18	Impressão e reprodução de gravações	3.823.791	1,1	9.565.575	1,0
31	Fabricação de móveis	3.193.896	0,9	13.704.260	1,4
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	2.742.467	0,8	18.576.850	1,9
16	Fabricação de produtos de madeira	1.397.366	0,4	11.643.794	1,2
<b>Total</b>		<b>347.859.819</b>		<b>994.331.178</b>	

Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – Empresa (2016); Fundação Seade. Seade Municípios.

(1) Não inclui os setores CNAE 12 (Fumo), CNAE 32 (Fabricação de produtos diversos) e CNAE 33 (Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos).

À medida que as tipologias de intensidade tecnológica são construídas no contexto da indústria brasileira e paulista, os esforços metodológicos aqui empreendidos abrem espaço para análises comparativas entre o parque industrial paulista e o de outras regiões produtivas à luz dos seus níveis de intensidade tecnológica, com base numa harmonização metodológica que leva em conta as especificidades socioeconômicas dessas regiões. Além disso, a revisão metodológica levada a cabo ao longo deste trabalho permite caracterizar a distância tecnológica dos setores industriais localizados no estado de São Paulo em relação à fronteira da inovação delineada pelos esforços tecnológicos empreendidos por empresas, setores e regiões em nível global.

## Conclusões

Ao trazer à tona uma metodologia de classificação setorial por intensidade tecnológica, este trabalho busca complementar e atualizar as metodologias que se consolidaram ao longo das últimas duas décadas. Não se trata, portanto, de construir um esquema metodológico alternativo àqueles já consagrados na literatura nacional e internacional, mas sim contextualizar, em termos metodológicos, o estágio atual do desenvolvimento tecnológico no Brasil e no estado de São Paulo do ponto de vista de sua estrutura produtiva e de sua inserção nos sistemas de inovação. Nesse sentido, o texto permite uma compreensão mais nuançada da inovação tecnológica setorial aplicada

ao caso de São Paulo, em vez de valer-se de categorias conceituais e metodológicas que não refletem a atual posição do país no contexto global dos investimentos em inovação tecnológica.

Em outros termos, a revisão metodológica proposta permite a comparabilidade com a literatura internacional sem perder de vista a distância tecnológica que separa a estrutura socioeconômica brasileira e paulista dos países centrais nos sistemas de inovação e redes produtivas globais. De todo modo, a preservação da classificação originalmente proposta pela OCDE oferece uma perspectiva setorial global no que diz respeito à intensidade de P&D. Sob esse ângulo, os setores são classificados de acordo com suas fronteiras tecnológicas, tendo em vista que as empresas mais inovadoras, caracterizadas por seus maiores esforços de P&D, localizam-se, predominantemente, nos países da OCDE.

Este texto, certamente, não esgota uma agenda metodológica e conceitual candente no que diz respeito à construção de intensidade tecnológica. Nessa agenda, deve-se perseguir outros agentes socioeconômicos essenciais ao processo de inovação tecnológica, como, por exemplo, a inserção produtiva do capital humano (profissionais qualificados que são facilitadores na geração e absorção de conhecimentos novos no sistema produtivo) e as interações entre indústria e serviços como elos dinâmicos nos movimentos de inovação tecnológica. Além disso, as tipologias de intensidade tecnológica propostas pela OCDE têm como eixo metodológico central os investimentos em P&D, de modo que sua aplicação é mais problemática em setores não manufatureiros (serviços e comércio, que se tornam cada vez mais intensivos em conhecimento – e.g. redes de inteligência artificial e digitalização de processos). Assim, a construção de tipologias de intensidade tecnológica nos serviços e comércio deve incorporar conceitos e variáveis que reflitam as novas dinâmicas de conhecimento nesses setores.

Uma agenda futura deve, necessariamente, construir as pontes para uma conciliação entre essas dimensões e a elaboração de indicadores estatísticos envoltos do rigor metodológico fundamental na mensuração quantitativa de fenômenos socioeconômicos.

## Referências

- ABDAL, A.; TORRES-FREIRE, C. E.; CALLIL, V. Rethinking sectoral typologies: a classification of activity according to knowledge and technological intensity. *RAI Revista de Administração e Inovação*, n. 13, p. 232-241, 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.rai.2016.09.006>.
- ACEMOGLU, D. *Introduction to modern economic growth*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2009.
- ACEMOGLU, D.; UFUK, A.; ALP, H.; BLOOM, N.; KERR, W. Innovation, reallocation, and growth. *American Economic Review*, v. 108, n. 11, p. 3.450-3.491, 2018. DOI:<https://doi.org/10.1257/aer.20130470>.
- AGHION, P.; HOWITT, P. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, v. 60, n. 2, p. 323-351, 1992. DOI:10.3386/w3223.
- ALBERTI, G. Package 'GmAMisc'. 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/GmAMisc/GmAMisc.pdf>.

- ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE, L. R. *Determinantes dos gastos empresariais em Pesquisa e Desenvolvimento no Brasil: uma proposta de sistematização*. Brasília: Ipea, 2011.
- BENELI, D. S. *O indicador composto de inovação: proposta metodológica para os estados brasileiros*. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2019.
- BERNARDES, R.; BESSA, V.; KALUP, A. Serviços na Paep 2001: reconfigurando a agenda de pesquisas estatísticas de inovação. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, n. 2, p. 115-134, 2005.
- BIVAND, R. classInt: choose univariate class intervals. 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/classInt/index.html>.
- BLOOM, N.; JONES, C. I.; VAN REENEN, J.; WEBB, M. Are ideas getting harder to find? *American Economic Review*, v. 110, n. 4, p. 1.104-1.144, 2020. DOI:<https://doi.org/10.1257/aer.20180338>.
- BRASIL. Ministério da Economia. *Manuais e notas metodológicas sobre as estatísticas de comércio exterior*. Brasília. Ago. 2020. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/metodologia-de-producao-de-estatisticas-de-comercio-exterior>.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). *Classificação da Secretaria de Comércio Exterior: classificação por intensidade tecnológica*. Brasília, s.d. Disponível em: [http://www.mdic.gov.br/balanca/metodologia/Nota\\_SIIIT.pdf](http://www.mdic.gov.br/balanca/metodologia/Nota_SIIIT.pdf).
- BRIGANTE, P. C. Análise dos indicadores de intensidade de P&D: entendendo os efeitos da estrutura industrial e dos gastos setoriais. *Nova Economia*, v. 28, n. 2, p. 523-548, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6351/3409>.
- CANTWELL, J. Innovation and international business. *Industry and Innovation*, v. 24, n. 1, p. 41-60, 2017. DOI:<https://doi.org/10.1080/13662716.2016.1257422>.
- CASTELLACCI, F.; NATERA, J. M. The dynamics of national innovation systems: a panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity. *Research Policy*, n. 42, p. 579-594, 2013. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2012.10.006>.
- CASTELLANI, D. *The changing geography of innovation and the role of multinational enterprises*. Reading UK: Reading University, John H Dunning Centre for International Business, 2017.
- CAVALCANTE, L. R. An analysis of the business enterprise research and development expenditures composition in Brazil. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 13, n. 2, p. 433-458, 2014.
- CAVALCANTE, L. R.; DENEGRI, F. *Trajatória recente dos indicadores de inovação no Brasil*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2011.
- COHEN, W.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: the two faces of R & D. *The Economic Journal*, n. 99, p. 569-596, 1989. DOI:<https://doi.org/10.2307/2233763>.

FISHER, W. D. On grouping for maximum homogeneity. *Journal of the American Statistical Association*, n. 53, p. 789-798, 1958.

FREEMAN, C.; SOETE, L. *The economics of industrial innovation*. 3. ed. Cambridge, MA: The MIT Press, 1997.

FURTADO, A. T.; CARVALHO, R. D. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, n. 1, p. 70-84, 2005.

GALINDO-RUEDA, F.; VERGER, F. *OECD taxonomy of economic activities based on R&D intensity*. Paris: OCDE, 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.1787/5jlv73sqqp8r-em>.

GRILICHES, Z. *R&D, patents and productivity*. Chicago: The University of Chicago Press, 1984.

HALL, B.H.; MAIRESSE, J.; MOHNEN, P. Measuring the Returns to R&D. In: HALL, B.H.; N. ROSENBERG, N. (ed.). *Handbook of the Economics of Innovation*. Amsterdã: Elsevier-North Holland, 2010. p. 1.033-1.082.

HATZICHRONOGLOU, T. *Revision of the high-technology sector and product classification*. Paris: OCDE, 1996. DOI:<https://dx.doi.org/10.1787/134337307632>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa de Inovação 2014*. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa de Inovação 2017: notas técnicas*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020a.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa de Inovação – Dados regionais 2017*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020b. Disponível em: [http://www.pintec.ibge.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=33&Itemid=49](http://www.pintec.ibge.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=33&Itemid=49).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Industrial Anual – Empresa*. Rio de Janeiro: IBGE, s.d. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-empresa/tabelas/brasil/2018>.

JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M. *Patents, citations & innovations: a window on the knowledge economy*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2002.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. *World Development*, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

LUCAS, R. E. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, n. 22, p. 3-42, 1988.

LUNDVALL, B. A. Innovation policy in the globalizing learning economy. In: ARCHIBUGI, D.; LUNDVALL, B.-A. (ed.). *The globalizing learning economy*. New York: Oxford University Press, 2001. p. 273-291.

MAIRESSE, J.; MOHNEN, P. *Using innovations surveys for econometric analysis*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research (NBER), 2010.

MAIRESSE, J.; SASSENOU, M. *R&D and productivity: a survey of econometric studies at the firm level*. Cambridge MA: National Bureau of Economic Research (NBER), 1991.



MALONEY, W.; RODRIGUEZ-CLARE, A. *Innovation shortfalls*. Washington DC: The World Bank, 2007.

MANKIW, N. G.; ROMER, D.; WEIL, D. N. A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 107, n. 2, p. 407-437, 1992.

MANSFIELD, E. *Industrial research and technological innovation: an econometric analysis*. New York: W.W. Norton, 1968.

MORCEIRO, P. C. *A indústria brasileira no limiar do século XXI: uma análise da sua evolução estrutural, comercial e tecnológica*. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2018.

MORCEIRO, P. C. *Nova classificação de intensidade tecnológica da OCDE e a posição do Brasil*. São Paulo: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe), 2019.

MUDAMBI, R.; NARULA, R.; SANTANGELO, G. D. Location, collocation and innovation by multinational enterprises: a research agenda. *Industry and Innovation*, v. 25, n. 3, p. 229-241, 2018. DOI:10.1080/13662716.2017.1415135.

NELSON, R. Introduction to the rate and direction of inventive activity: economic and social factors. In: NBER. *The rate and direction of inventive activity: economic and social factors*. Princeton NJ: Princeton University Press, 1962. p. 1-16.

NELSON, R. R. Modelling the connections in the cross section between technical progress and R&D intensity. *The RAND Journal of Economics*, v. 19, n. 3, p. 478-485, 1988. DOI:10.2307/2555669.

NELSON, R. R.; ROSENBERG, N. Technical innovation and national systems. In: Nelson, R. R. (ed.). *National innovation systems: a comparative analysis*. New York: Oxford University Press, 1993.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *OECD science, technology and industry scoreboard 2017: the digital transformation*. Paris: OECD, 2017.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico; EUROSTAT. *Oslo Manual 2018: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation*. Paris; Luxembourg: OECD Publishing; Eurostat, 2018.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *National Innovation Systems*. Paris: OCDE, 1997.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *Frascati Manual: guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development*. Paris: OCDE, 2015.

PAPACONSTANTINOU, G.; SAKURAI, N.; WYCKOFF, A. *Embodied technology diffusion: an empirical analysis for 10 OECD countries*. Paris: OCDE, 1996.

QUADROS, R.; FURTADO, A.; BERNARDES, R.; FRANCO, E. Padrões de inovação tecnológica na indústria paulista: uma comparação com os países industrializados. *São Paulo em Perspectiva*, v. 13, n. 1-2, p. 53-66, 1999.

QUADROS, R.; FURTADO, A.; BERNARDES, R.; FRANCO, E. Technological innovation in Brazilian industry: an assessment based on the São Paulo Innovation Survey. *Technological Forecasting and Social Change*, n. 67, p. 203-219, 2001.

ROMER, P. M. Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy*, v. 94, n. 5, p. 1.002-1.037, 1986.

ROMER, P. M. Endogenous technological change. *The Journal of Political Economy*, v. 98, n. 5, p. S71-S102, 1990.

SCHERER, F. M. *Innovation and growth*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1984.

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Informação dos Municípios Paulistas (IMP)*. São Paulo, s.d. Disponível em: <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/tabelas>.

SMITH, K. Measuring innovation. In: FARGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. (ed.). *The Oxford handbook of innovation*. Oxford UK: Oxford University Press, 2005. p. 148-177.

SOLOW, R. A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, n. 70, p. 65-94, 1956.

SOLOW, R. Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, n. 57, p. 312-320, 1957.

TORRES-FREIRE, C.; HENRIQUES, F. As empresas olham além de seus muros para inovar? *RAI – Revista de Administração e Inovação*, v. 10, n. 3, p. 143-164, 2013. DOI:10.5773/rai.v10i3.896.

ULKU, H. *R&D, innovation, and economic growth: an empirical analysis*. Washington DC: International Monetary Fund (IMF), 2004.

VON HIPPEL, E. *The sources of innovation*. New York: Oxford University Press, 1988.

**ANEXO**
**Tabela 1 - Investimentos em P&D, Valor Adicionado e Intensidade Tecnológica por agregação setorial da Pintec**

Brasil, 2017

Indústrias de transformação	Agregação Pintec (CNAE 2.0)	P&D interno	P&D externo	P&D Total	VA 2017	P&D/VA 2017 (em %)	Intensidade tecnológica (P&D/VA)	Participação P&D (%)	Participação VA (%)
Fabricação de outros equipamentos de transporte	30	2.322.225	0	2.322.225	12.195.401	19,04	Alta	11,81	1,69
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	26.2	202.649	239.037	441.686	3.213.107	13,75	Média-Alta	15,22	3,40
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	20.6	329.429	1.116.297	1.445.725	11.286.709	12,81			
Fabricação de equipamentos de comunicação	26.3+26.4	675.769	429.509	1.105.278	10.048.975	11,00	Média	45,31	29,18
Fabricação de produtos farmacêuticos	21.2	1.497.849	0	1.497.849	22.377.029	6,69			
Fabricação de automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus	29.1+29.2	1.398.800	0	1.398.800	24.236.635	5,77			
Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	20.3+20.4+20.5	598.877	100.520	699.397	13.017.991	5,37			
Fabricação de componentes eletrônicos	26.1	78.146	37.995	116.141	2.191.012	5,30			
Fabricação de eletrodomésticos	27.5	205.079	1.861	206.940	4.118.443	5,02			
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	26.5+26.7+26.8	113.799	13.990	127.788	2.545.211	5,02			
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	20.7+20.9	466.801	39.294	506.094	10.249.930	4,94			
Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	26.6	28.596	3.198	31.794	746.174	4,26			
Fabricação de peças e acessórios para veículos	29.4	992.129	83.582	1.075.710	27.304.122	3,94			
Fabricação de produtos farmoquímicos	21.1	9.147	0	9.147	252.743	3,62	Média-Baixa	27,66	65,73
Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	27.1+27.3	401.602	27.083	428.685	11.912.335	3,60			
Máquinas e equipamentos para agropecuária	28.3	281.805	5.109	286.914	8.177.710	3,51			
Fabricação de produtos químicos orgânicos	20.2	436.795	28.943	465.738	14.273.410	3,26			
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores	29.3+29.5	92.836	0	92.836	2.962.827	3,13			
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	27.2+27.4+27.9	93.091	15.511	108.602	3.532.339	3,07			
Refino de petróleo	19.2	1.856.946	0	1.856.946	62.746.544	2,96			
Fabricação de produtos do fumo	12	87.299	0	87.299	3.426.497	2,55			
Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	28.1	147.758	2.571	150.329	5.952.375	2,53			
Fabricação de artigos de borracha e plástico	22	518.489	188.599	707.088	30.084.235	2,35			
Outras máquinas e equipamentos	28.2+28.4+28.6	357.523	26.278	383.801	16.518.145	2,32			
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	32.5	90.964	7.527	98.492	4.667.393	2,11			
Produtos siderúrgicos	24.1+24.2+24.3	518.688	23.612	542.300	27.384.408	1,98			
Fabricação de produtos de minerais não metálicos	23	418.405	13.660	432.065	22.531.769	1,92			
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	15	254.904	5.740	260.644	14.512.177	1,80			
Máquinas para extração e construção	28.5	55.288	2.170	57.458	4.288.039	1,34			

(continua)

**ANEXO**
**Tabela 1 - Investimentos em P&D, Valor Adicionado e Intensidade Tecnológica por agregação setorial da Pintec**

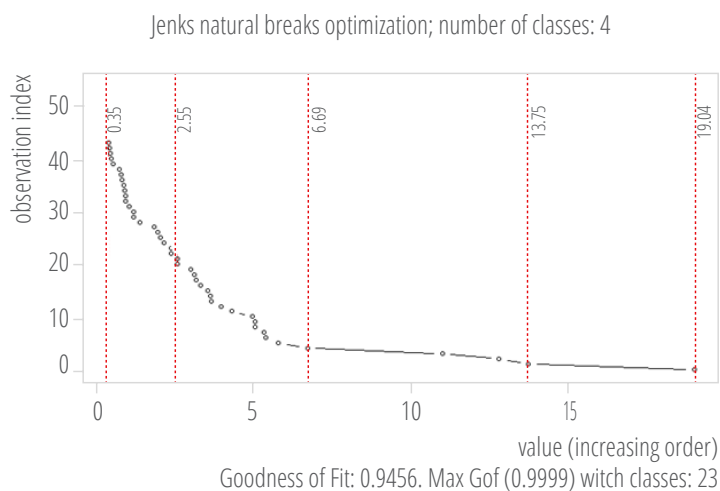
Brasil, 2017

Indústrias de transformação	Agregação Pintec (CNAE 2.0)	P&D interno	P&D externo	P&D Total	VA 2017	P&D/VA 2017 (em %)	Intensidade tecnológica (P&D/VA)	Participação P&D (%)	Participação VA (%)
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	17 (exclusive 17.1)	220.484	2.727	223.211	19.615.286	1,14	Média-Baixa	27,66	65,73
Fabricação de móveis	31	112.644	2.997	115.641	10.220.155	1,13			
Metalurgia de metais não ferrosos e fundição	24.4+24.5	115.658	25.037	140.695	13.980.477	1,01			
Fabricação de produtos de metal	25	218.773	30.884	249.657	27.916.522	0,89			
Fabricação de produtos alimentícios	10	1.133.950	71.803	1.205.753	135.935.484	0,89			
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)	19 (exclusive 19.2)	120.594	0	120.594	13.987.931	0,86			
Outros produtos diversos	32.1+32.2+32.3								
	+32.4+32.9	43.565	6.315	49.880	6.032.946	0,83			
Fabricação de celulose e outras pastas	17.1	82.062	20.359	102.421	13.119.090	0,78			
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	33	91.632	10.748	102.380	13.707.899	0,75			
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	20.1	87.679	9.267	96.946	14.333.480	0,68			
Confeção de artigos do vestuário e acessórios	14	91.350	1.184	92.534	19.472.186	0,48			
Fabricação de produtos de madeira	16	41.779	743	42.523	10.215.149	0,42			
Fabricação de bebidas	11	92.574	7.696	100.269	25.164.840	0,40			
Fabricação de produtos têxteis	13	52.329	1.751	54.080	14.987.283	0,36			
Impressão e reprodução de gravações	18	17.431	4.994	22.425	6.347.878	0,35			
<b>Total</b>		<b>17.054.188</b>	<b>2.608.590</b>	<b>19.662.778</b>	<b>721.790.291</b>				

Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – Empresa; Pesquisa de Inovação – Pintec.

## ANEXO

**Figura 1 - Aplicação do método de Jenks em quatro segmentos de classificação (intensidade de P&D)**



Fonte: IBGE. Pesquisa Industrial Anual – Empresa; Pesquisa de Inovação – Pintec.



**Governador do Estado**  
João Doria

**Vice-Governador do Estado**  
Rodrigo Garcia

**Secretário de Governo**  
Rodrigo Garcia

**SEADE**  
**Presidente do Conselho Curador**  
Carlos Antonio Luque

**Diretor Executivo**  
Carlos Eduardo Torres Freire (interino)

**Diretor-adjunto de Metodologia e Produção de Dados**  
Carlos Eduardo Torres Freire

**Diretor-adjunto Administrativo e Financeiro**  
Carlos Alberto Fachini

**Chefe de Gabinete**  
Sérgio Meirelles Carvalho

**SEADE METODOLOGIA**  
**Responsável técnico**  
Vagner de Carvalho Bessa  
**Equipe técnica**  
Rogério dos Santos Acca

**Assessoria de Editoração e Arte**  
**Responsável técnico**  
Regina Souza Cintra  
**Equipe técnica**  
Cristiane de Rosa Meira, Elisabeth Magalhães Erharer, Maria Aparecida Batista de Andrade, Rita Bonizzi, Tânia Pinaffi Rodrigues e Vania Regina Fontanesi