



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ**

**PHILLIPE MUNIZ SIMAS DE BARROS**

**O IMPACTO DO INVESTIMENTO EM CT&I NA ECONOMIA BRASILEIRA: Uma**  
abordagem de insumo-produto

**ILHÉUS - BAHIA**  
**2024**

**PHILLIPE MUNIZ SIMAS DE BARROS**

**O IMPACTO DO INVESTIMENTO EM CT&I NA ECONOMIA BRASILEIRA:** Uma  
abordagem de insumo-produto

Monografia apresentada para obtenção do  
título de Bacharel em Ciências  
Econômicas à Universidade Estadual de  
Santa Cruz.

Área de concentração: Economia da  
Tecnologia

Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos  
da Silva

**ILHÉUS - BAHIA**  
**2024**

**PHILLIPE MUNIZ SIMAS DE BARROS**

**O IMPACTO DO INVESTIMENTO EM CT&I NA ECONOMIA BRASILEIRA:  
LIMA ABORDAGEM DE INSUMO-PRODUTO**

Monografia apresentada para  
obtenção do título de Bacharel em  
Ciências Econômicas à Universidade  
Estadual de Santa Cruz.

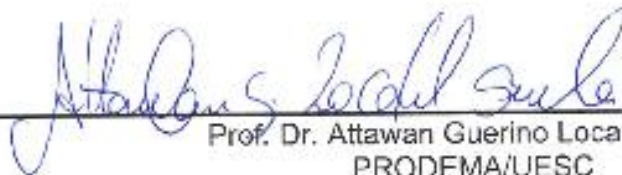
Ilhéus, 14 de novembro de 2024.



Prof. Dr. Marcelo dos Santos da Silva  
UESC/DCEC  
(Orientador)



Prof. Dra. Zina Angelica Cáceres Benavides  
UESC/DCEC



Prof. Dr. Attawan Guerino Locatel Suela  
PRODEMA/UESC

# **O IMPACTO DO INVESTIMENTO EM CT&I NA ECONOMIA BRASILEIRA: Uma abordagem de insumo-produto**

## **RESUMO**

Este estudo analisou o impacto dos investimentos em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) em todos os setores presentes na matriz insumo-produto (MIP) de 2017. Utilizando a MIP elaborada pelo NEREUS, e dados de dispêndios com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), extraídos da PINTEC e da ASTI, referentes aos anos de 2017 e 2013, respectivamente, foi realizada uma compatibilização entre a MIP e os dispêndios com P&D. Dessa forma, foi possível quantificar a demanda final setorial por CT&I e a formação de Capital de Conhecimento (*Capital Knowledge*). Sendo o *Capital Knowledge* um recurso intangível resultante dos investimentos em P&D, e desempenhando um papel fundamental na inovação e produtividade. Foram calculados os multiplicadores de Produção, Emprego, Renda e *Capital Knowledge* para todos os setores da economia presentes na MIP. Além disso, foi realizada uma análise de impacto sistêmico para simular os efeitos de aumentos de 1% e 2,7% nos investimentos em P&D, sendo este último valor correspondente à média dos países da OCDE, sobre variáveis como Emprego, Renda e Capital Conhecimento, tanto nos setores-chave quanto na economia como um todo. Os resultados evidenciaram que investir em P&D para todos os setores não trouxe resultados tão significativos comparado com o investimento apenas nos 13 setores considerados setores-chave, onde um possível aumento nos investimentos em P&D demonstrou grande impacto no curto prazo. No entanto, o estudo reforça que é necessário pensar em soluções de longo prazo, dado que o Brasil ainda tem um potencial de melhoria, principalmente em termos de alinhamento com os padrões da OCDE de investimento em P&D, essenciais para a construção de uma economia mais dinâmica e competitiva.

Palavras-chave: Inovação Tecnológica. Competitividade Setorial. *Capital Knowledge*. Multiplicadores Econômicos. Desenvolvimento Econômico.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a oportunidade de concluir mais esta etapa tão significativa da minha vida. Sua presença foi essencial em cada momento dessa caminhada, fortalecendo minha fé e meu propósito.

À minha família, deixo minha eterna gratidão, especialmente à minha mãe, Cidelia de Almeida Muniz, e ao meu pai, Alexandre Simas de Barros, que sempre me apoiaram incondicionalmente em todas as minhas decisões e me proporcionaram o melhor em todos os aspectos da vida.

Aos amigos que a UESC me deu Felipe Prado, Arthur Bonati, Levi Freitas, José Neto e tantos outros que cruzaram meu caminho durante essa jornada acadêmica, minha eterna gratidão. Cada um de vocês tornou essa caminhada mais leve, compartilhando momentos inesquecíveis, aprendizados e desafios que levarei para a vida toda. Vocês contribuíram de forma inestimável para que eu chegasse até aqui. Obrigado por toda a amizade, apoio e companheirismo que me ofereceram ao longo do curso.

Expresso minha profunda gratidão ao professor Dr. Marcelo dos Santos da Silva por aceitar a proposta de ser meu orientador e por compartilhar sempre as melhores orientações, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Meu reconhecimento especial à professora Dra. Helga Dulce Bispo Passos, cujos conselhos valiosos contribuíram para elevar a qualidade deste projeto. Por fim, estendo minha sincera gratidão a todo o corpo docente da UESC, em especial ao Departamento de Economia, onde tive a honra de ser aluno e aprender com profissionais tão dedicados e inspiradores.

## LISTA DE ILUTRAÇÕES

Figura 1: Matriz insumo-produto padrão .....	34
Figura 2: Matriz insumo-produto com o Cap. <i>Knowledge</i> e Inv. em P&D.....	35
Figura 3: Distribuição do dispêndio com P&D total segundo os setores, Brasil – 2017 (em %).....	46
Figura 4: Distribuição do Valor Adicionado ao Capital <i>Knowledge</i> total segundo os setores, Brasil – 2017 (em %) .....	48
Figura 5: Distribuição do Valor Adicionado ao Capital <i>Knowledge</i> total segundo os setores, Brasil – 2017 (Valores Correntes em R\$ 1.000.000) .....	49
Figura 6: Multiplicador de Produção segundo os setores, Brasil – 2017 .....	50
Figura 7: Multiplicador Simples de Emprego segundo os setores, Brasil – 2017 .....	51
Figura 8: Multiplicador de Emprego Tipo 1 segundo os setores, Brasil – 2017.....	52
Figura 9: Multiplicador Simples de Renda segundo os setores, Brasil – 2017 .....	54
Figura 10: Multiplicador Renda Tipo 1 segundo os setores, Brasil – 2017.....	55
Figura 11: Multiplicador Simples Capital <i>Knowledge</i> segundo os setores, Brasil – 2017 .....	56
Figura 12: Multiplicador Capital <i>Knowledge</i> Tipo 1 segundo os setores, Brasil – 2017 .....	56
Figura 13: Índices setoriais de ligação para trás e para frente, Brasil – 2017 .....	58
Figura 14: Aumento no invest. de P&D de 1% e 2,7% sobre o Emprego segundo os setores, Brasil – 2017.....	62
Figura 15: Aumento no invest. de P&D de 1% e 2,7% sobre a Renda segundo os setores, Brasil – 2017.....	64
Figura 16: Aumento no invest. de P&D de 1% e 2,7% sobre o Capital <i>Knowledge</i> segundo os setores, Brasil – 2017 .....	65
Figura 17: Comparação do aumento de 1% no Invest. em P&D sobre o Emprego: Setores Chaves vs Todos os Setores, Brasil – 2017 .....	67
Figura 18: Comparação do aumento de 1% no Invest. em P&D sobre a Renda: Setores Chaves vs Todos os Setores, Brasil – 2017.....	68
Figura 19: Comparação do aumento de 1% no Invest. em P&D sobre o Capital <i>Knowledge</i> : Setores Chaves vs Todos os Setores, Brasil – 2017.....	69

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Estudos sobre matriz insumo-produto e ciência, tecnologia e inovação ..	26
Quadro 2: Matrizes e vetores obtidos por meio do procedimento de Terleckyj .....	35
Quadro 3: Cálculo dos Índices de Ligação para Frente e para Trás .....	43

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Setores Chaves da Economia classificados pela Intensidade Tecnológica, Brasil – 2017 .....	59
---	----



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>A importância da CT&amp;I .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>CT&amp;I e o Capital de Conhecimento (Knowledge).....</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>CT&amp;I e Desenvolvimento Econômico .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Sistema Nacional de Inovação (SNI) .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5</b>	<b>Revisão de literatura .....</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Matriz Insumo-Produto e CT&amp;I .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Fonte dos dados .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3</b>	<b>Compatibilização das bases de dados .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4</b>	<b>Estimação da Demanda final por CT&amp;I e o Capital Knowledge .....</b>	<b>33</b>
<b>3.5</b>	<b>Cálculo dos Multiplicadores .....</b>	<b>36</b>
3.5.1	Multiplicador de produção.....	36
3.5.2	Multiplicador de emprego .....	38
3.5.3	Multiplicador de renda .....	40
3.5.4	Multiplicador de Capital <i>Knowledge</i> .....	41
<b>3.6</b>	<b>Índices de ligação de Hausmussen-Hirschman.....</b>	<b>43</b>
<b>3.7</b>	<b>Análise de Impacto Sistêmico .....</b>	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Demanda Final por CT&amp;I e Valor Adicionado ao Capital <i>Knowledge</i> setorial .....</b>	<b>46</b>
4.1.1	Demanda Final por CT&I .....	46
4.1.2	Percentual do Valor Adicionado ao Capital <i>Knowledge</i> .....	48
4.1.3	Valor Adicionado ao Capital <i>Knowledge</i> (Valores Correntes).....	49

<b>4.2</b>	<b>Multiplicadores de Produção, Emprego, Renda e Capital <i>Knowledge</i> ....</b>	<b>50</b>
4.2.1	Multiplicador de Produção .....	50
4.2.2	Multiplicador Simples de Emprego .....	51
4.2.3	Multiplicador de Emprego Tipo 1 .....	52
4.2.4	Multiplicador Simples de Renda .....	53
4.2.5	Multiplicador de Renda Tipo 1 .....	54
4.2.6	Multiplicador Simples Capital <i>Knowledge</i> .....	55
4.2.6	Multiplicador Capital <i>Knowledge</i> Tipo 1 .....	56
<b>4.3</b>	<b>Setores Chaves da economia.....</b>	<b>58</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise de Impacto Sistêmico .....</b>	<b>62</b>
4.4.1	Aumento no invest. de P&D de 1% e 2,7% sobre o Emprego .....	62
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>70</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICE 1.....</b>	<b>78</b>
	<b>APÊNDICE 2.....</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE 3.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização

A inovação possui uma extensa trajetória de influência na evolução da humanidade, desde suas primeiras conquistas, como o domínio do fogo, até os mais recentes avanços tecnológicos, como o surgimento de inteligências artificiais. Essas conquistas desempenham um papel fundamental na superação de desafios e na constante melhoria da qualidade de vida da humanidade, desbravando novas perspectivas e possibilidades que outrora eram impensáveis.

As ideias acerca da inovação e progresso tecnológico ao nível nacional emergiram no século XIX com o economista Friedrich List, cujo livro de 1841, intitulado de “*The National System of Political Economy*”, o qual poderia muito bem ter sido chamada de “*The National System of Innovation*” (FREEMAN, 1995). Entretanto as maiores contribuições acerca das inovações foram feitas por Schumpeter no início do século XX e posteriormente pelos economistas da corrente Neo-Schumpeteriana.

Nesse contexto, a mensuração da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) ganhou destaque a partir da década de 1950, quando os primeiros bancos de dados bibliográficos e estatísticas de patentes foram desenvolvidos. A década seguinte representou um marco importante com a criação do Manual de Frascati, que estabeleceu diretrizes metodológicas para indicadores de CT&I, visando a sua padronização e comparabilidade (KOELLER; MIRANDA, 2021).

Posteriormente surgiram novos manuais, como o Manual de Balanço de Pagamentos Tecnológicos (1990) e o Manual de Oslo (1992), para medir a inovação tecnológica, Manual de Patentes (1994) e o Manual de Canberra (1995), relativo a recursos humanos e patentes. Esse esforço contínuo na criação de manuais e indicadores reflete a preocupação com a qualidade da mensuração da CT&I e contribui para a harmonização conceitual nesse campo (KOELLER; MIRANDA, 2021).

A CT&I desempenham um papel importante no crescimento e desenvolvimento econômico. Investir em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) promove a geração de conhecimento, impulsionando a inovação e a criação de tecnologias avançadas (MOWERY; ROSENBERG, 1999). Essa inovação, por sua vez, não apenas fortalece a competitividade das empresas no mercado global, mas também cria novas oportunidades de emprego e setores de negócios, alimentando o crescimento econômico (BRESCHI; MALERBA, 1997).

Em decorrência da importância dada a CT&I, muitos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) conseguiram consolidar suas posições como líderes em inovação. Esses países ocupam consistentemente as primeiras posições devido a suas tradições sólidas em pesquisa científica, infraestrutura tecnológica avançada, capital humano altamente qualificado e ambiente de negócios favorável à inovação (WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION, 2023).

O relatório intitulado *Global Innovation Index*<sup>1</sup> mostra que o Brasil saiu da posição 69º no ano de 2017 para a posição 49º em 2023 no ranking de inovação (CORNELL UNIVERSITY; INSTITUT EUROPÉEN D'ADMINISTRATION DES AFFAIRES; WIPO, 2017; WIPO, 2023). Essa ascensão indica um progresso gradual no cenário da inovação do Brasil, o que reflete os esforços empreendidos para fortalecer sua capacidade de inovação ao longo do período. No entanto, ao comparar a posição do Brasil com as cinco maiores economias: Estados Unidos, Alemanha, China, Japão e Índia, nota-se que o Brasil ocupa uma posição inferior a todos eles, com classificações de 3º, 8º, 12º, 13º e 40º, respectivamente (FMI, 2023; WIPO, 2023).

No Brasil, a promoção da inovação é fruto dos esforços de uma variedade de organizações e instituições, tanto do setor público quanto do privado. Destas entidades, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) se destaca como uma figura central na elaboração e implementação de políticas relacionadas à ciência, tecnologia e inovação.

---

<sup>1</sup>Este índice é uma avaliação abrangente que engloba diversos aspectos relacionados à inovação, incluindo desde os investimentos em ciência e tecnologia até os efeitos socioeconômicos das inovações. Adicionalmente, ele avalia a eficácia das instituições, a qualidade do capital humano e das pesquisas científicas, a disponibilidade de infraestrutura, a sofisticação do mercado e do ambiente empresarial, assim como os resultados alcançados em relação ao conhecimento e às tecnologias aplicadas.

Segundo dados divulgados pelo MCTI (2023) revelou-se que o Brasil alocou em 2017 um montante de cerca de R\$ 73,60 bilhões em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Deste total, 58% provieram de fontes públicas, totalizando R\$ 42,7 bilhões. Dentro desse valor, aproximadamente R\$ 27,29 bilhões foram direcionados para investimentos em nível federal, enquanto os dispêndios estaduais atingiram a marca de R\$ 15,45 bilhões. Já o setor empresarial contribuiu com uma quantia de aproximadamente R\$ 30,85 bilhões.

Os setores produtivos brasileiros têm uma grande oportunidade de melhorar sua competitividade através da inovação. Segundo dados da OECD (2023) e do MCTI (2023), o Brasil ainda investe apenas 1% do seu PIB em inovação, enquanto os países membros da OCDE investem em média 2,7%. Isso mostra a importância de se investir mais em inovação no país para se tornar mais competitivo.

Torna-se evidente que um dos motivos da demanda setorial final por CT&I no Brasil ser baixa é por conta dos baixos investimentos em P&D. Porém essa demanda é um elemento chave para aprimorar a competitividade dos setores brasileiros por meio da inovação, pois ela representa a necessidade de investir em P&D em diferentes áreas da economia. Quando os setores buscam soluções inovadoras, novos produtos ou processos mais eficientes, estão na verdade expressando essa demanda por conhecimento e avanço tecnológico.

Por outro lado, o Capital de Conhecimento (*Knowledge*) é igualmente relevante, representando o conhecimento acumulado por meio de investimentos em P&D, essencial para a inovação e o crescimento econômico. Investir em pesquisa e desenvolvimento constrói esse capital intangível, que melhora a produtividade e a qualidade, além de fortalecer a adaptação às mudanças tecnológicas. Griliches (1979) ressalta que esse conhecimento pode se espalhar entre setores, aumentando a produtividade em toda a economia. Nonaka e Takeuchi (1995) destacam que a gestão eficaz desse conhecimento sustenta a inovação, enquanto Freeman (1988) reforça sua importância para a competitividade das organizações no mercado.

Segundo Koeller e Miranda (2021), os dispêndios em ciência e tecnologia (C&T) englobam a soma dos dispêndios nacionais relacionados à P&D e atividades científicas e técnicas correlatas (ACTC). Nesse contexto, a P&D desempenha um papel fundamental ao gerar o Capital Knowledge, essencial para o processo de inovação. As ACTC, por sua vez, constituem a infraestrutura que sustenta a P&D, especialmente relevante em países em desenvolvimento. No entanto, devido às

limitações de dados, esta pesquisa não considerou as ACTC. Em vez disso, o foco do presente trabalho foi no investimento em CT&I, que é definido como o somatório dos investimentos em atividades internas e externas de P&D, conforme os dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC).

Para realizar essa análise, foi utilizada a matriz insumo-produto de 2017, a qual permite compatibilizar os dados de dispêndio em P&D da PINTEC com o mesmo ano, bem como os dados de P&D agrícola do Brasil da *Agricultural Science and Technology Indicators* (ASTI) referentes a 2013 (último ano disponível), elaborados por Flaherty et al. (2016). A partir dessa matriz ajustada, estimou-se a demanda setorial por P&D e a formação de Capital de Conhecimento, seguindo a metodologia proposta por Pio (2016). Tal metodologia baseia-se na abordagem desenvolvida por Terleckyj (1974), que considera a transferência de investimentos em P&D entre setores por meio do consumo intermediário, resultando na geração de Capital de Conhecimento.

O diferencial deste trabalho reside na combinação da matriz insumo-produto de 2017 com os dados de dispêndio em P&D referentes ao mesmo ano, contrastando com a pesquisa de Pio (2016), que utiliza dados de 2013. Essa escolha metodológica proporciona uma avaliação mais atualizada dos impactos do investimento em CT&I na economia brasileira.

Diante disso, buscou-se responder à pergunta: como se comportaram a demanda setorial por Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e a produção de Capital de Conhecimento (*Knowledge*) na economia brasileira em 2017? A justificativa para essa análise reside na importância do investimento em P&D para fortalecer a competitividade dos setores econômicos e impulsionar a inovação. Compreender essas dinâmicas é importante tanto para a formulação de políticas públicas que promovam o ecossistema de inovação no país quanto para o desenvolvimento de estratégias empresariais mais eficazes.

Além disso, considerando que o Brasil investe menos em P&D do que os países da OCDE, torna-se ainda mais importante avaliar como os investimentos em CT&I podem impactar a competitividade setorial e a formação de Capital *Knowledge* no país. A análise baseada na matriz insumo-produto de 2017 proporciona uma visão mais atualizada desses efeitos, permitindo compreender melhor o papel dos investimentos em P&D no fortalecimento da economia brasileira. Dessa forma, esta pesquisa fornece dados relevantes para o debate sobre o papel estratégico do investimento em CT&I.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho foi analisar, com base na abordagem de insumo-produto, como se comportaram a demanda setorial por CT&I e a produção de Capital *Knowledge* na economia brasileira em 2017. Especificamente, buscou-se I-) estimar a demanda final por CT&I e o valor adicionado de Capital *Knowledge* nos diversos setores da economia, II-) calcular os multiplicadores de Produção, Emprego, Renda e Capital *Knowledge*, III-) identificar os setores-chave por meio do cálculo dos índices de ligação e, finalmente, IV-) realizar uma análise de impacto sistêmico com um choque positivo na demanda final por CT&I, tanto em todos os setores quanto apenas nos setores-chave, para identificar os efeitos sobre o Emprego, Renda e Capital *Knowledge*.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A importância da CT&I**

Primeiramente é essencial estabelecer uma clara diferenciação entre Ciência, Tecnologia e Inovação. Embora esses termos estejam intrinsecamente relacionados, cada um representa um conceito distinto. A ciência é o estudo sistemático do mundo natural e do universo, baseado em observação, experimentação e raciocínio lógico. Ela busca entender as leis fundamentais da natureza, gerar conhecimento e explicações teóricas para fenômenos naturais. Utilizando métodos meticulosos de pesquisa, constantemente questionando e reavaliando verdades universais à luz de novas descobertas e evidências (KUHN, 2013).

Por outro lado, o conceito de tecnologia é definido como um produto replicável que tem aplicações práticas, além do conhecimento que permite sua utilização e desenvolvimento. Esta definição abrange a manifestação da tecnologia em novos produtos, processos e sistemas, incluindo o conhecimento e as habilidades necessárias para produzir funcionalmente o que é reproduzível (DODGSON et al., 2008). De acordo com Pessali e Fernández (2006), a tecnologia consiste na utilização sistemática de conhecimento organizado e confiável em atividades práticas, representando o resultado contínuo dos esforços humanos para solucionar problemas.

Já no contexto da inovação, Schumpeter começa por estabelecer a distinção vital entre invenção e inovação. Enquanto a invenção é caracterizada como uma ideia, esboço ou modelo para um novo ou aprimorado artefato, produto, processo ou sistema, a inovação se concretiza no contexto econômico apenas quando ocorre a primeira transação comercial que envolve o novo produto, sistema, processo ou artefato (FREEMAN; SOETE, 2008).

Nessa perspectiva, torna-se evidente a relação entre Ciência, Tecnologia e Inovação, onde a ciência fornece o conhecimento para o desenvolvimento



tecnológico, a tecnologia aplica esse conhecimento de maneira prática, e a inovação gera novos desafios que incentivam ainda mais pesquisa científica. Essa inter-relação demonstra que, embora a Ciência, Tecnologia e Inovação sejam distintas em suas metodologias e objetivos, elas são interdependentes e se impulsionam mutuamente. Juntas a Ciência, Tecnologia e Inovação são vitais para o progresso da sociedade moderna, impulsionando o desenvolvimento econômico.

Contudo nem sempre essa inter-relação da Ciência, Tecnologia e Inovação existiu. Historicamente, o conhecimento técnico em atividades produtivas começou de forma empírica e rudimentar, sem fundamentação científica. Foi apenas na Primeira Revolução Industrial que houve uma transformação significativa na relação entre ciência e tecnologia. A ciência tornou-se cada vez mais integrada às atividades produtivas, passando a ser um elemento incorporado e fundamental nesse processo. Essa integração estreitou a relação da ciência com a tecnologia, que passou a depender mais dos avanços científicos (CHIARINI, 2021).

A introdução da ciência na produção foi resultado da colaboração entre artesãos inovadores, influenciados por descobertas científicas em universidades, e capitalistas que também tiveram contato com essas descobertas. Os artesãos viam o conhecimento científico como base para métodos de produção aprimorados, enquanto os capitalistas o reconheciam como uma oportunidade para aumentar os lucros (CHIARINI, 2021). A história evidencia que a tecnologia, como repositório de conhecimento empírico, despertou o interesse da ciência, indicando que, em grande medida, o conhecimento técnico antecede o científico, sendo estimulado pela prática (ROSENBERG, 2006, apud CHIARINI, 2021).

A relação entre ciência e tecnologia não se estabeleceu sempre de maneira direta, evidenciando-se assim um caráter unidirecional. Segundo os autores, existem duas abordagens relevantes em relação ao desenvolvimento tecnológico. A primeira é denominada "science push" (impulso pela ciência), que associa diretamente os avanços científicos ao progresso tecnológico. A segunda abordagem é conhecida como "demand pull" (puxada pela demanda), na qual a força motora da tecnologia está ligada à demanda do mercado. Nessa perspectiva, o avanço tecnológico é impulsionado pela necessidade dos consumidores (PELAEZ; SZMRECSÁNYI, 2006).

Fica evidente a forte ligação entre ciência e tecnologia, juntamente com suas diversas formas de interação. No entanto, a Ciência, Tecnologia e Inovação só começaram a interagir a partir da década de 1870, quando surgiram os primeiros

laboratórios especializados em P&D (ALBUQUERQUE, 2021). Segundo Freeman e Soete (2008), o aumento das instituições de P&D foi possivelmente a transformação social e econômica mais significativa para a produção no século XX.

De acordo com Chiarini (2021) no contexto da industrialização, os cientistas passaram a desempenhar um papel importante, focando na criação e aprimoramento de tecnologias para otimizar os processos produtivos e reduzir custos. A ciência, então, tornou-se mais integrada às empresas, adaptando-se a critérios empresariais e sendo influenciada por forças econômicas. A tradicional imagem do cientista isolado em busca de conhecimento básico, sem preocupações práticas, mudou com a intensificação da industrialização (ROSENBERG, 2006, apud CHIARINI, 2021).

Ao longo da história não somente a ciência foi ganhando destaque, como a tecnologia também foi ganhando espaço no pensamento econômico. A tecnologia sempre foi um elemento importante, mas suas interpretações e aplicações evoluíram significativamente ao longo do tempo. Três visões contrastam nesse contexto.

Marx vê a tecnologia como um instrumento para o avanço do capitalismo, usada para a acumulação de capital e a substituição da mão de obra por máquinas após a Revolução Industrial. Esta visão enfatiza o papel da tecnologia na mudança das relações de produção, frequentemente beneficiando a classe capitalista em detrimento dos trabalhadores (TIGRE, 2006).

Contrariamente, a perspectiva neoclássica considera a tecnologia de forma mais neutra, como um meio de impulsionar a produtividade e o crescimento econômico. Esta abordagem se concentra mais na eficiência e na otimização proporcionadas pela tecnologia, sem enfatizar as implicações sociais ou desigualdades resultantes (TIGRE, 2006).

Já na visão de Schumpeter a tecnologia destaca o seu papel não apenas como um facilitador de melhores práticas de negócios, mas como um elemento importante que determina o ritmo e a direção do desenvolvimento econômico em si. As empresas que conseguem explorar eficazmente as inovações tecnológicas acabam destacando-se, levando a novos modelos de negócio e abrindo novos mercados, enquanto aquelas que falham em adaptar-se ficam para trás, evidenciando a natureza competitiva e evolutiva do capitalismo moderno (SANTOS; FAZION; MEROE, 2011).

Contudo a tecnologia como aplicação sistemática de conhecimento às atividades produtivas não é uma variável capaz de se movimentar de forma autônoma. Pois segundo Pessali e Fernández (2006, p.92):

[...] Ela está emaranhada num sistema de hábitos e pensamentos comuns a uma sociedade. O conhecimento é algo moldado por valores, costumes e tradições (inclusive teorias) compartilhados por uma comunidade – suas instituições. A utilização do conhecimento na resolução de problemas está portanto embebida nesse emaranhado de instituições.

Ainda que a tecnologia seja relevante para o avanço das economias, ela possui um caráter não neutro, já que pode restringir o bem-estar geral ao favorecer somente certos segmentos da população. Um exemplo é a fabricação de álcool automotivo que podia muito bem ser produzido por pequenos e médios produtores, porém está concentrado na mão do grande capital (PESSALI; FERNÁNDEZ, 2006).

Veblen ressalta que a tecnologia é a força motriz por trás dos sistemas econômicos, uma vez que a seleção de tecnologias por empresas é intrinsecamente uma escolha econômica, e o design dessas tecnologias é em si um processo decisório que reflete valores socioeconômicos (PESSALI; FERNÁNDEZ, 2006). Pode-se notar que, enquanto os economistas neoclássicos consideravam a tecnologia como um elemento exógeno, Veblen considerava a tecnologia e as preferências individuais como um elemento chave para o estudo da economia.

Visto que a ciência e a tecnologia possuem grande importância, chegou o momento de introduzir a inovação para fechar essa relação entre CT&I. A ideia de inovação só foi efetivamente aprimorada por Schumpeter no início do século XX, o qual definiu a inovação como a força central no dinamismo do sistema capitalista (SANTOS; FAZION; MEROE, 2011). Mais adiante, os neo-schumpeterianos contribuíram para o estudo da inovação.

Entre os principais autores dessa corrente de pensamento, Christopher Freeman destacou-se com seu foco na difusão da inovação e no comércio internacional. Ele introduziu o conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI), influenciando estratégias de desenvolvimento econômico em várias nações (MEJÍA, 2017).

Richard Nelson e Sidney Winter, por sua vez, ofereceram uma perspectiva alternativa à abordagem neoclássica com sua "Teoria Evolucionária da Mudança Econômica", ressaltando a importância da inovação tecnológica e da competição de mercado para o crescimento empresarial (MEJÍA, 2017).

Bengt-Åke Lundvall, conhecido por seu trabalho na economia do aprendizado e na formulação do conceito de "Sistema de Inovação" junto a Freeman, enfatiza a

importância do conhecimento como recurso essencial na produção econômica. Ele destaca que o processo de aprendizagem é fundamental para o desenvolvimento tecnológico e econômico (MEJÍA, 2017).

## 2.2 CT&I e o Capital de Conhecimento (Knowledge)

O Capital de Conhecimento (Knowledge) é o conjunto de conhecimentos que a organização possui como um todo, independente de seus indivíduos. Inclui dados, informações, propriedade intelectual, e os processos e práticas que são parte da cultura organizacional (NONAKA; TAKEUCHI, 1995; DAVENPORT; PRUSAK 1998). Este tipo de capital é mais sistêmico e permanece com a organização, independentemente da movimentação de seus funcionários. Por outro lado, o Capital Humano refere-se às habilidades, experiências, conhecimentos e competências que os indivíduos possuem, cruciais para o desempenho e produtividade no local de trabalho (BECKER, 2009).

Dessa forma a principal diferença entre os dois reside no fato de que o Capital Humano é dependente dos indivíduos, enquanto o Capital *Knowledge* é uma posse coletiva da organização. O equilíbrio e a sinergia entre o capital humano e o capital de conhecimento são relevantes para vantagem competitiva das organizações no longo prazo.

A ciência como propulsora do avanço humano, depende intrinsecamente do combustível proporcionado pelo Capital *Knowledge*. Neste contexto, destaca-se a natureza essencial do conhecimento tácito<sup>2</sup> e pessoal no processo de geração de descobertas científicas. A expertise acumulada por cientistas, muitas vezes não formalizada, desempenha um papel importante nas inovações científicas, evidenciando a importância fundamental do Capital *Knowledge* na evolução do conhecimento científico (POLANYI, 1962).

Freeman enfatiza a importância do Capital Knowledge para o avanço da tecnologia. Esse tipo de conhecimento abarca uma variedade de elementos, incluindo

---

<sup>2</sup>Segundo Polanyi (1962) conhecimento tácito é aquele conhecimento inerentemente pessoal e, frequentemente, não articulável. Polanyi enfatiza que muito do que sabemos é adquirido através de experiências práticas e não pode ser facilmente explicado ou transmitido em palavras. Este tipo de conhecimento é contrastado com o conhecimento codificado, que é mais facilmente comunicável e documentável. Polanyi argumenta que o conhecimento tácito é uma parte importante da aprendizagem e da inovação, e é frequentemente o alicerce sobre o qual o conhecimento explícito é construído.

a compreensão dos potenciais aplicações da tecnologia, a identificação de oportunidades de inovação e a implementação de estratégias eficazes para a adoção e integração de tecnologia. Segundo Freeman a combinação de capacidades tecnológicas e *Capital Knowledge* não apenas permite que as organizações maximizem os benefícios da tecnologia, mas também melhorem a produtividade e alcancem vantagem competitiva no mercado. Para isso ele traz o exemplo do sucesso japonês em tecnologia, e destaca a criação de um "sistema nacional de inovação" como uma iniciativa que reconhece a relevância do *Capital Knowledge* para o avanço tecnológico (DORE, 1988).

Nonaka e Takeuchi (1995) contribuem para a compreensão da relação entre *Capital Knowledge*, inovação e competitividade empresarial, através de sua teoria da "*Knowledge Spiral*". Essa teoria destaca a dinâmica autossustentável de inovação, explicada por um ciclo contínuo de quatro fases<sup>3</sup>: socialização, externalização, combinação e internalização.

Lundvall (1992) ressalta a complexidade na transação e apropriação privada do conhecimento, indicando uma falha de mercado nesse processo. A valorização do conhecimento ocorre com seu uso, e a transferência eficaz entre agentes econômicos é facilitada por certos elementos. O autor afirma ainda que a definição dos direitos de propriedade do conhecimento é desafiadora, e soluções institucionais, como leis de patentes, têm limitações.

Griliches (1979) distingue as formas de difusão tecnológica, identificando dois principais tipos de externalidades de conhecimento provenientes de P&D: *rent spillover* e *pure knowledge spillover*. O *rent spillover* refere-se ao fenômeno econômico em que benefícios ou ganhos originados de uma entidade ou setor são aproveitados por outras entidades ou setores que não contribuíram diretamente para a criação desses ganhos. Isso significa que inovações ou avanços em uma indústria ou empresa podem resultar em aumentos de produtividade, redução de custos ou melhorias na competitividade em outros setores ou empresas. Já o *pure knowledge spillover* diz respeito à aplicação de conhecimentos desenvolvidos em um setor em

---

<sup>3</sup>Na socialização, ocorre o compartilhamento de conhecimento tácito entre os membros da organização. Em seguida, na externalização, esse conhecimento tácito é convertido em conceitos explícitos e comunicáveis. A fase de combinação envolve a organização e síntese do conhecimento explícito, gerando novas perspectivas e modelos. Finalmente, na internalização, o conhecimento combinado é incorporado de volta ao nível individual, alimentando futuras interações sociais (NONAKA; TAKEUCHI, 1995).

outros setores, facilitando a disseminação e aplicação inter-setorial desse conhecimento.

No cenário da inovação, destaca-se a necessidade de cooperação entre empresas, com a interação entre usuários e produtores desempenhando um papel relevante. Lundvall (1992) enfatiza a transformação das condições sociais pela inovação, advogando pelo papel do estado-nação na compensação dos mais fracos e na regulação social diante da internacionalização e globalização.

Esses autores fortalecem a compreensão de que o Capital *Knowledge* é um elemento importante para o progresso em CT&I, desempenhando um papel determinante na competitividade e na capacidade de uma sociedade se adaptar e prosperar em ambientes dinâmicos. Essa interligação entre conhecimento e avanço tecnológico sustenta a importância vital do Capital *Knowledge* como um catalisador essencial para o desenvolvimento em CT&I.

## **2.3 CT&I e Desenvolvimento Econômico**

Joseph Schumpeter foi o economista que definiu a inovação como um elemento fundamental para o desenvolvimento econômico, caracterizando-a como a introdução de "novas combinações" nos processos produtivos e de mercado. Este conceito abrange a introdução de novos produtos, a implementação de novos métodos de produção, a abertura de novos mercados, o acesso a novas fontes de matérias-primas e a reestruturação de indústrias existentes. Schumpeter acreditava que a inovação poderia ser catalisada não apenas por avanços tecnológicos, mas também por mudanças organizacionais e de gestão (MORICCHI; GONÇALVES, 1994).

Fundamentalmente, ele destacava que a inovação não precisa necessariamente surgir de descobertas científicas, em vez disso ela poderia resultar da capacidade do empresário de reorganizar e combinar recursos de maneira que criasse valor econômico. A inovação, portanto, é vista como uma perturbação do equilíbrio econômico que leva a novos ciclos de "destruição criadora", onde estruturas econômicas obsoletas são substituídas por novas, fomentando assim o desenvolvimento econômico contínuo (MORICCHI; GONÇALVES, 1994).

Diversas correntes econômicas surgiram ao longo do tempo evidenciando a relevância da Ciência, Tecnologia e Inovação para a produtividade e o crescimento econômico sustentado de longo prazo. Como pode-se notar nas diversas teorias de

crescimento, incluindo a neoclássica e a neo-schumpeteriana, que destacam a importância do acúmulo de conhecimento, tecnologia e inovação no processo de desenvolvimento econômico (SILVA, 2022).

Economistas de corrente neoclássica como Solow (1957) e Romer (1990) destacam que o progresso econômico de longo prazo está diretamente relacionado à introdução e incorporação contínua de avanços tecnológicos. O modelo de Solow sugere que o crescimento econômico é impulsionado por três fatores principais: acúmulo de capital, crescimento da força de trabalho e progresso tecnológico, representado pelo avanço da CT&I no contexto deste estudo. Ele mostra que no longo prazo o crescimento econômico sustentável depende do progresso tecnológico, visto que os retornos do capital acumulado tendem a diminuir. Já no modelo de Romer o crescimento econômico é impulsionado pelo acúmulo de capital humano e capital físico, bem como pelo acúmulo de conhecimento e ideias por meio de P&D. O modelo destaca a importância de políticas que promovam a inovação, como investimentos em educação, P&D e proteção de direitos de propriedade intelectual.

Já a corrente neo-schumpeteriana consiste em uma variedade de contribuições provenientes de modelos formais, bem como de análises valorativas ou históricas, que não formam necessariamente um conjunto homogêneo (DATHEIN, 2015). Nelson e Winter (1982) afirmam que a teoria neoclássica é inadequada para a análise da mudança técnica e não fornece meios de conciliar as abordagens de crescimento com o nível microeconômico.

Sendo assim, o desenvolvimento econômico segundo Dathein (2015) refere-se ao processo de mudança qualitativa e crescimento nas estruturas econômicas, impulsionado pela dinâmica endógena do sistema econômico e pelo papel do poder de mercado. Envolve a geração e o acúmulo de conhecimento, aprendizado e inovação, que contribuem para o progresso geral e a transformação de uma economia.

Nesse contexto os neo-schumpeterianos veem o desenvolvimento econômico como resultado de ações empreendedoras, progressos tecnológicos e a capacidade de se adaptar e aprender com experiências passadas. Dessa forma o desenvolvimento econômico é visto como um processo complexo e dinâmico que envolve dimensões macroeconômicas e microeconômicas, com foco na eficiência sistêmica de longo prazo e no crescimento da produtividade (DATHEIN, 2015).

Embora as teorias econômicas variem em suas abordagens sobre ciência, tecnologia e inovação, é evidente que esses elementos desempenham um papel importante no desenvolvimento econômico dos países.

## **2.4 Sistema Nacional de Inovação (SNI)**

Freeman e Lundvall, reconhecidos na literatura por introduzirem o conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI), identificam suas raízes históricas na noção de Friedrich List em Sistema Nacional de Economia Política, proposta em 1841. Eles observam que os elementos-chave da abordagem do sistema de inovação já estavam implícitos no trabalho de List. A ênfase de List era na proteção das indústrias emergentes Alemã e no desenvolvimento de políticas públicas abrangentes para facilitar ou acelerar a industrialização e o crescimento econômico (BITTENCOURT; CÁRIO, 2021).

Os principais pontos apresentados por Freeman acerca da semelhança entre o SNI e o Sistema Nacional de Economia Política podem ser sintetizados em: 1) List valorizou a interligação entre investimentos tangíveis e intangíveis, integrando indústria com educação e ciência; 2) Ele viu a importância da engenharia reversa em tecnologias estrangeiras para fortalecer o desenvolvimento técnico interno; 3) List enfatizou o papel do Estado em políticas econômicas duradouras para o avanço industrial e tecnológico, focando no aprendizado e proteção de indústrias emergentes (SZAPIRO; MATOS; CASSIOLATO, 2021).

A concepção do SNI traz uma compreensão mais profunda do processo de inovação. Esse processo é visto como um aprendizado não linear, emergindo de interações complexas em níveis local, nacional e global. Essas interações ocorrem entre indivíduos, empresas e diversas organizações em busca de novos conhecimentos. A inovação é caracterizada por mecanismos de retroalimentação e relações interativas que envolvem elementos como ciência, tecnologia, aprendizado, produção, políticas e demanda do mercado. O processo inovativo é gradual e acumulativo, baseando-se em inovações anteriores. A inovação surge da fusão de possibilidades e componentes já existentes, refletindo a combinação de conhecimentos de maneiras novas, sendo, portanto, um fenômeno dependente do caminho (*path dependent*) (SZAPIRO; MATOS; CASSIOLATO, 2021).



O processo de inovação está intrinsecamente ligado a um elevado nível de incerteza, uma vez que as soluções e seus impactos muitas vezes não são conhecidos de antemão. Esta complexidade e incerteza levam as empresas, que são essenciais no processo de inovação, a raramente inovarem sozinhas. Elas geralmente colaboram com outras entidades para obter, desenvolver e compartilhar uma variedade de conhecimentos, informações e recursos, aproveitando tanto fontes internas quanto externas de conhecimento. Estas empresas operam em ambientes socioeconômicos e políticos particulares que moldam suas direções inovadoras. Dentro deste quadro, o conceito de sistemas de inovação indica que o sucesso inovativo não depende apenas das habilidades das empresas e das instituições acadêmicas e de pesquisa, mas também de como elas interagem umas com as outras e com outros participantes, bem como da influência das instituições, incluindo as políticas (CASSIOLATO; LASTRES, 2005 apud SZAPIRO; MATOS; CASSIOLATO, 2021).

O debate sobre o Sistema Nacional de Inovação (SNI) tem sido caracterizado pela existência de duas abordagens principais: a restrita e a ampla. Essas perspectivas emergiram dos trabalhos de dois grupos de pesquisa liderados, respectivamente, por Nelson e Lundvall, desde o início da década de 1990. O estudo comparativo de larga escala organizado por Nelson em 1993 focou em uma perspectiva restrita dos SNI, examinando principalmente a estrutura tradicional de ciência e tecnologia, suas políticas e o impacto no desempenho inovador das empresas. Esse enfoque foi criticado por não apresentar um quadro analítico bem articulado que vinculasse arranjos institucionais à performance tecnológica, uma lacuna que ainda motiva esforços de pesquisa (BITTENCOURT; CÁRIO, 2021).

Por outro lado, a abordagem ampla, associada as ideias de Lundvall e Freeman, destaca a importância dos processos de aprendizagem emergentes da interação entre atores em um ambiente social específico. Lundvall enfatiza que entender os processos de inovação sem considerar o contexto cultural e institucional é limitante. Ele argumenta que o aprendizado interativo, o qual envolve inovações surgidas da interação de produtos e usuários, é fundamental para a dinâmica da inovação. Isso inclui aprendizados por fazer (*learning by doing*), por usar (*learning by using*) e por interagir (*learning by interacting*), além do tradicional aprendizado por P&D (*learning by searching*) (BITTENCOURT; CÁRIO, 2021).

A visão ampla de Lundvall sobre o SNI sugere que este é um sistema aberto, evolutivo e complexo que engloba relacionamentos dentro e entre organizações,

instituições e estruturas socioeconômicas que determinam a taxa e a direção da inovação e da construção de competências emanadas de processos de aprendizagem baseada na ciência e na experiência. Essa definição enfatiza a interação entre diversos atores e a importância do contexto socioeconômico e cultural na inovação (BITTENCOURT; CÁRIO, 2021).

Em resumo, enquanto a abordagem restrita se concentra nas estruturas formais de C&T e no aprendizado baseado em ciência, a abordagem ampla valoriza um espectro mais vasto de processos de aprendizagem e interação, reconhecendo a influência do contexto socioeconômico e cultural no desempenho inovador. Esta diferenciação entre as abordagens restrita e ampla reflete a complexidade do fenômeno da inovação e a necessidade de políticas que considerem tanto os determinantes técnicos quanto os socioeconômicos e culturais da inovação.

## 2.5 Revisão de literatura

A revisão de literatura apresentada tem como objetivo situar o leitor sobre as principais contribuições relacionadas ao uso de matrizes insumo-produto no estudo das interações entre ciência, tecnologia e inovação. No Quadro 1, destacam-se estudos que analisam o papel da tecnologia e da inovação em diferentes contextos espaciais, desde o setor agrícola brasileiro até a indústria de TI na Coreia do Sul. Esses trabalhos utilizam a matriz insumo-produto como ferramenta analítica para mapear as inter-relações entre setores produtivos e avaliar os efeitos da inovação em variados setores e economias.

Quadro 1: Estudos sobre matriz insumo-produto e ciência, tecnologia e inovação

Referência	Contexto Espacial	Dados Utilizados	Objetivos	Resultados
ROSEBOOM (1999)	Brasil	Matriz insumo-produto do IBGE, OECD, FAOSTAT e diversas fontes de dados sobre P&D industrial.	Analisar as fontes de inovação tecnológica na agricultura brasileira e sua contribuição para a produtividade do setor.	Identificou que a agricultura brasileira adquiriu tecnologia principalmente através da compra de insumos industriais. A P&D interna e externa contribuiu significativamente para a inovação tecnológica no setor agrícola. Recomendações políticas foram feitas para melhorar a intensidade tecnológica da agricultura.
KIM (2008)	Coreia do Sul	Matriz Insumo-Produto, dados das tabelas de Insumo-Produto do banco da Coreia do Sul e dados do Ministério de Informação e Comunicação da Coreia	Avaliar se a indústria de TI pode afetar positivamente a mudança estrutural usando um modelo de insumo-produto, com foco nas elasticidades de saída industrial.	A resposta da economia ao desenvolvimento da TI não atingiu as expectativas; a estrutura industrial coreana não é suficientemente compatível com TI. A política governamental de apoio à TI foi ineficaz em promover produtividade industrial significativa.
PEROBELLI; et. al. (2015)	Brasil	Tabela de Recursos e Usos da Bahia (TRU/BA) 2009 e PNAD data for 2000, 2005, e 2010	Analisar a estrutura produtiva da Bahia usando a matriz de insumo-produto para 27 setores, e avaliar a interdependência do setor e os impactos econômicos por meio do modelo de insumo-produto.	Os resultados dos multiplicadores destacam a importância relativa do setor de serviços como principal gerador de renda e do setor primário como fonte de geração de empregos, evidenciando também a baixa dinâmica do setor industrial. Além disso há um número considerável de setores na economia baiana pouco integrados à teia produtiva do estado.

HARADA (2016)	Região do Leste Asiático e Estados Unidos	Matriz insumo-produto de inovação, dados de produtividade total dos fatores (TFP) a nível setorial, dados do RIETI e do Ministério de Assuntos Internos e Comunicações do Japão	Estimar as matrizes de insumo-produto de inovação e examinar as propriedades das ligações de inovação na região do Leste Asiático e EUA.	A análise empírica favorece o crescimento desequilibrado em vez do equilibrado; identificou setores centrais e gargalos que são alvos da estratégia de crescimento desequilibrado, com setores de alta ligação de inovação para frente e para trás.
PIO (2016)	Brasil	Sistema de Contas Nacionais de 2011 (SCN 2011), Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), Agricultural Science e Technology Indicators (ASTI)	Analisar os impactos da formação do capital knowledge na estrutura produtiva e nos agregados macroeconômicos no longo prazo e avaliar as intensidades tecnológicas setoriais, o impacto do aumento do estoque de capital knowledge na produtividade e os impactos dos transbordamentos intersetoriais	Aumento do estoque de capital knowledge produz efeitos positivos sobre a produtividade, nível de atividade e nos agregados macroeconômicos no longo prazo e diminuição do estoque de capital knowledge provoca efeitos negativos sobre a produtividade e competitividade, resultando em perda de renda e bem-estar.
SESSA; VASCONCELOS; COSTA; RAPINI (2017)	Brasil	Matriz insumo-produto (IBGE)	Avaliar o impacto econômico dos investimentos em ciência e tecnologia no Brasil, com foco particular em nanotecnologia e nanociência.	O estudo indica que a nacionalização da produção de bens de capital e consumo pode reduzir a dependência tecnológica do Brasil, mesmo em campos de alta tecnologia como a nanotecnologia. Os cenários analisados mostram diferentes impactos econômicos baseados na origem dos componentes (nacionais vs. Importados).
NOVAES (2022)	Brasil	Dados da matriz insumo-produto e pesquisas do IBGE (PINTEC e PAS)	Analisar a formação, trajetória, desempenho econômico e inovativo do setor de TI no Brasil entre 2010 e 2019	O setor de TI é economicamente expressivo e tem demonstrado crescimento satisfatório e desempenho inovativo acima da média
MORCEIRO; TESSARIN; GUILHOTO (2022)	Brasil	Dados de P&D publicados nas contas nacionais e P&D dos institutos públicos via Lei de Acesso; matriz insumo-produto (MIP) e a matriz de absorção de investimentos (MAI)	Objetiva mostrar um retrato da P&D, pública e privada, direta e indireta, para 68 setores do Sistema de Contas Nacionais (SCN) do Brasil.	Identificou-se a heterogeneidade setorial na produção e uso de P&D; papel significativo do Estado nos investimentos tecnológicos; preocupação com a baixa geração de tecnologia no setor de serviços

GOULART (2022)	Brasil	Matriz insumo-produto (IBGE)	Analisar as relações entre políticas de defesa e desenvolvimento econômico no Brasil, focando nos Projetos de Investimento de Defesa e suas fontes de financiamento	Identificação dos impactos socioeconômicos dos Projetos de Defesa, discussão sobre as limitações orçamentárias e propostas de alternativas de financiamento, destacando a importância de CT&I no setor de defesa
ACYPRESTE (2022)	Brasil	Matriz insumo-produto (IBGE)	Analisar relação entre emprego, inovação tecnológica e crescimento econômico	Exceto pela agricultura, os setores geraram empregos entre 2000 e 2015; ganhos de demanda compensaram perdas de empregos tecnológicos

Fonte: Elaboração própria.

Esta pesquisa se destaca em relação ao estudo de Roseboom (1999) por analisar todos os setores da economia, enquanto o autor mencionado focou apenas no setor agrícola. Além disso, este estudo oferece uma visão mais atualizada sobre o assunto, incorporando dados recentes e uma análise abrangente que considera múltiplos setores econômicos.

Kim (2008) e Novaes (2022) abordam o setor de TI, com Kim (2008) focando na Coreia do Sul e Novaes (2022) no Brasil em períodos diferentes. Ambos os trabalhos são centrados nesse setor específico, diferenciando-se do presente estudo que possui uma abordagem mais ampla dos setores econômicos. Os dados de Novaes, no entanto, contribuem significativamente para uma análise histórica do setor de TI brasileiro de 2010 a 2019, enriquecendo a compreensão desse segmento ao longo do tempo.

Harada (2016) aborda um contexto geográfico diferente, mas contribui para a identificação de setores-chave da economia, de forma semelhante a este trabalho. Perobelli et al. (2015) analisam a economia baiana e identificam setores-chave do estado, enquanto este trabalho se propõe a identificar os setores-chave da economia brasileira como um todo, oferecendo uma visão mais ampla e inclusiva das dinâmicas econômicas nacionais.

A presente pesquisa se assemelha a Morceiro, Tessarin e Guilhoto (2022), Pio (2016) e Acypreste (2022) em termos de abrangência dos setores no contexto brasileiro. A principal diferença está na base de dados utilizada, com o diferencial de atualização dos dados da MIP compatibilizados com os dados de P&D da PINTEC, permitindo uma análise mais precisa e atualizada das interações setoriais e dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Sessa et al. (2017) focam no setor de nanotecnologia, e Goulart (2022) no setor de defesa, diferenciando-se novamente deste trabalho na amplitude dos setores analisados. Ao contrário desses estudos mais específicos, este trabalho oferece uma análise abrangente de múltiplos setores, proporcionando uma visão ampla das interações e dinâmicas econômicas em todo o Brasil.

De forma distinta desta pesquisa, Pio (2016) investiga o impacto dos investimentos em P&D na economia brasileira por meio de um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), destacando as relações intersetoriais e os efeitos macroeconômicos. No entanto, ele não adota uma construção da demanda por P&D com o mesmo enfoque sistêmico proposto aqui. A análise de Pio foca nos efeitos do

“capital *knowledge*” sobre a produtividade setorial e competitividade, considerando transbordamentos intersetoriais e agregados de longo prazo, mas sem a mesma abrangência pretendida nesta pesquisa.

Por fim, nenhum dos outros estudos revisados abordou a construção da demanda por P&D e o impacto sistêmico de forma abrangente e detalhada como se propõe nesta pesquisa. Portanto, é importante destacar que a presente pesquisa se distingue ao integrar essas análises de maneira mais abrangente, proporcionando uma compreensão mais completa das dinâmicas econômicas e do papel estratégico da P&D no Brasil.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Matriz Insumo-Produto e CT&I**

Com base no que foi discutido até agora, fica evidente que os investimentos em CT&I desempenham um papel importante no desenvolvimento econômico de uma nação. No contexto desse trabalho o investimento em CT&I é definido como a somatória dos investimentos em atividades internas e externas de P&D, dessa forma torna-se necessário evidenciar a importância do investimento em P&D para os setores da economia através de uma abordagem de matriz insumo-produto.

A matriz insumo-produto desenvolvida por Wassily Leontief é uma ferramenta analítica importante no estudo das economias. Este método permite uma compreensão detalhada das interconexões entre diferentes setores da economia, ilustrando como os outputs de um setor servem como inputs para outro, facilitando assim a análise da estrutura econômica e das dinâmicas de produção (GUILHOTO, 2011).

A importância da matriz insumo-produto reside na sua capacidade de desvendar a complexidade das relações econômicas e fornecer informações para a formulação de políticas econômicas e o planejamento estratégico. Ela destaca a interdependência entre os setores e permite aos analistas e formuladores de políticas avaliar o impacto das mudanças na produção, na demanda, e nas políticas econômicas em diversos setores, bem como entender melhor o fluxo de bens e serviços através da economia. Ao oferecer uma "fotografia econômica" detalhada, a matriz insumo-produto torna-se uma ótima ferramenta para análises multissetoriais, contribuindo significativamente para a tomada de decisões informadas no contexto econômico (GUILHOTO, 2011).

A matriz de insumo-produto é uma ferramenta importante para a análise econômica, pois permite visualizar as relações entre os diversos setores da economia. No caso da matriz de insumo-produto brasileira, esta foi construída a partir dos dados



das Contas Nacionais Trimestrais do Brasil, divulgadas pelo IBGE. A metodologia por trás da construção da matriz presente neste trabalho foi elaborada pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NEREUS), a qual é apresentada nos trabalhos de Guilhoto e Sesso Filho (2010) e Guilhoto e Sesso Filho (2005).

A integração da P&D na análise de matrizes insumo-produto expande significativamente sua aplicabilidade e profundidade, permitindo uma avaliação mais precisa do impacto da inovação na economia. A P&D é um motor essencial para o crescimento econômico, inovação e competitividade, impulsionando a produtividade e criando novas oportunidades de mercado (GRILICHES, 1990).

### **3.2 Fonte dos dados**

O estudo fez uso de fontes de dados secundárias indiretas do tipo documental. Especificamente, recorreu à Pesquisa de Inovação (PINTEC), conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para obter informações sobre os dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) tanto internos quanto externos nas indústrias extrativista e de transformação. Importante ressaltar que a PINTEC segue as diretrizes do Manual de Oslo, proporcionando uma base sólida para a pesquisa, uma vez que estava alinhada com as normas internacionais.

Além disso, é relevante enfatizar a abrangência nacional da PINTEC, que abarca todas as empresas com mais de 10 funcionários (IBGE, 2017). Esses dados são aplicáveis a todas as empresas ativas registradas no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) do Ministério da Fazenda e classificadas como industriais no Cadastro Central de Empresas (CEMPRE). Para os gastos em P&D agrícola, foi usada os dados de P&D agrícola da Agricultural Science and Technology Indicators (ASTI) referentes ao ano de 2013, elaborado por Flaherty et al. (2016), uma vez que a PINTEC se concentra exclusivamente no setor industrial. Dado o papel significativo do Brasil como potência no setor agrícola, era impraticável negligenciar esse componente. Adicionalmente, adotou-se a matriz de insumo-produto desenvolvida pelo NEREUS referente ao ano de 2017.

### **3.3 Compatibilização das bases de dados**

Primeiramente na tabela 1.1.7 da PINTEC foi realizado a somatória da aquisição interna de P&D com a aquisição externa de P&D gerando uma coluna intitulada de “Investimento em P&D”, a PINTEC faz a diferenciação da aquisição interna para a externa, da seguinte forma:

- 1- Atividades internas de P&D – compreende o trabalho criativo, empreendido de forma sistemática, com o objetivo de aumentar o acervo de conhecimentos e o uso destes conhecimentos para desenvolver novas aplicações, tais como produtos ou processos novos ou tecnologicamente aprimorados. O desenho, a construção e o teste de protótipos e de instalações-piloto constituem, muitas vezes, a fase mais importante das atividades de P&D. Inclui também o desenvolvimento de software, desde que este envolva um avanço tecnológico ou científico.
- 2- Aquisição externa de P&D – compreende as atividades descritas acima, realizadas por outra organização (empresas ou instituições tecnológicas) e adquiridas pela empresa (IBGE, 2017, p.15).

Dada a natureza de um mundo cada vez mais globalizado, é relevante incorporar todo o conhecimento gerado tanto internamente quanto externamente em atividades de P&D. Já na categoria de "Investimento com P&D", incluem-se os investimentos em P&D agrícola da ASTI.

Com a coluna "Investimento em P&D" devidamente preparada, foi realizada a integração na matriz insumo-produto. A compatibilização entre a matriz e a mencionada coluna foi executada seguindo o método proposto por Pio (2016). Este método consiste na compatibilização dos dados por meio da classificação do Sistema de Contas Nacionais (SCN) e Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE – 2.0), dessa forma é possível montar uma matriz insumo-produto que apresenta a relação Setor X Setor de dimensão 65x65. Os detalhes dessa agregação podem ser consultados no Apêndice 1.

### **3.4 Estimação da Demanda final por CT&I e o Capital Knowledge**

Como pode-se evidenciar na Figura 1, a matriz insumo-produto apresenta uma subdivisão em três quadrantes distintos. O primeiro quadrante corresponde ao Consumo Intermediário, refletindo as interações de compras (colunas) e vendas (linhas) entre os diversos setores da economia. No segundo quadrante, representado pela Demanda Final, são revelados os investimentos físicos, o consumo das famílias, as exportações, o consumo do governo e a variação de estoque. O terceiro quadrante,

simbolizado pelo Valor Adicionado, traz os insumos de fatores primários, como Terra, Capital e Trabalho.

Figura 1: Matriz insumo-produto padrão

	Setor 1	Setor 2	Setor 3	...	Invest.	Famílias	Export.	Gov.	Estoque	Total
Setor 1	I quadrante – Consumo Intermediário				II quadrante – Demanda Final					
Setor 2										
Setor 3										
...										
Trab.	III quadrante – Valor Adicionado									
Cap.										
Terra										
Total										

Fonte: Adaptado de Pio (2016).

Pio (2016) utiliza a abordagem de Terleckyj (1974) que visa analisar os impactos da P&D no aumento da produtividade. A essência dessa abordagem é que os investimentos em P&D realizados por um setor são transferidos para os demais setores por meio do consumo intermediário. Assim, é possível ponderar as transações intermediárias levando em consideração os investimentos em P&D (coluna), resultando no Capital *Knowledge* (linha).

Assim, de acordo com Pio (2016), a aproximação de Terleckyj parte do pressuposto de que os investimentos em P&D e a formação de Capital *Knowledge* estão implicitamente refletidos nas transações econômicas, ou seja, no quadrante I. Nesse sentido, essas informações deverão ser extraídas diretamente dessa submatriz.

Para obter a parcela de Capital *Knowledge* segundo Terleckyj (1974) e Pio (2016), é preciso realizar a divisão de cada elemento do primeiro quadrante  $VL_{ij}$  pela soma de sua respectiva linha  $\sum_j VL_{ij}$ . O resultado do quociente é então multiplicado pelo investimento em P&D do setor  $INV_i^{P\&D}$ , resultando na matriz ponderada pelos investimentos em P&D ( $W_{ij}$ ) como evidenciado na equação (1).

$$W_{ij} = \frac{VL_{ij}}{\sum_j VL_{ij}} INV_i^{P\&D} \quad (1)$$

Segundo Pio (2016) essa ponderação tem como finalidade incorporar, de maneira implícita na matriz  $W_{ij}$ , os investimentos em P&D, abrangendo o efeito de transbordamento tecnológico entre os setores. A soma das linhas da matriz  $W_{ij}$  constitui o vetor coluna de investimentos em P&D ( $RDV_i$ ), que deve ser idêntico aos dispêndios setoriais em P&D. Por outro lado, a soma das colunas resulta no vetor linha  $KNOW_i$ , representando a parcela de Capital *Knowledge* de cada setor. Assim, o vetor coluna  $RDV_i$  integra a demanda final, enquanto o vetor linha  $KNOW_i$  contribui para o valor adicionado (PIO; 2016).

Na última etapa do processo de extração, a matriz de transações intermediárias  $VL_{ij}$  deverá ser corrigida pela matriz  $W_{ij}$ . Ou seja, é necessário subtrair a matriz  $VL_{ij}$  da matriz  $W_{ij}$ , resultando na matriz de consumo intermediário modificada  $VL_{ij}^{mod}$ . Essa nova matriz representa as transações econômicas sem a presença dos dispêndios em P&D. O Quadro 2 resume as relações desse procedimento (PIO; 2016).

Quadro 2: Matrizes e vetores obtidos por meio do procedimento de Terleckyj

$VL_{ij}$	Matriz de transações intermediárias
$W_{ij}$	Matriz ponderada pelos inv. em P&D
$VL_{ij}^{mod} = VL_{ij} - W_{ij}$	Matriz de trans. intermediária modificada
$\sum W_{ij} = RDV_i$	Soma da linha = inv. em P&D setoriais
$\sum W_{ij} = KNOW_i$	Soma da coluna = cap. Know. setoriais

Fonte: Adaptado de Pio (2016).

Dessa maneira, ao empregar a aproximação de Terleckyj, torna-se viável a obtenção da formação de Capital *Knowledge*, que pode ser considerado como um fator de produção, juntamente com os demais fatores. Adicionalmente, o investimento em P&D passa a integrar a demanda final. Similar à especificação da formação de capital físico, que ocorre por meio do investimento, o Capital *Knowledge* é gerado e acumulado conforme a realização de P&D. A Figura 2 ilustra a matriz com o investimento em P&D e o Capital *Knowledge* incorporados, essa matriz foi a matriz usada para estimar os choques, multiplicadores e índices de ligação.

Figura 2: Matriz insumo-produto com o Cap. *Knowledge* e Inv. em P&D

	Setor 1	Setor 2	Setor 3	...	Invest.	Famílias	Export.	Gov.	Estoque	Invest. Em P&D	Total
Setor 1	I quadrante – Consumo Intermediário Modificado				II quadrante – Demanda Final						
Setor 2											
Setor 3											
...											
Trab.	III quadrante – Valor Adicionado										
Cap.											
Terra											
Knowledge											
Total											

Fonte: Adaptado de Pio (2016).

A incorporação dos vetores de investimento em P&D e Capital *Knowledge* na MIP não modifica o Valor Bruto da Produção (VBP) nem a demanda total da economia representada na matriz. Isso ocorre porque, apesar dessas variáveis adicionarem uma nova dimensão ao modelo, elas se integram como componentes da demanda final e dos fatores de produção sem alterar as relações básicas entre os setores produtivos.

### 3.5 Cálculo dos Multiplicadores

Os Multiplicadores foram calculados usando o Software Excel seguindo o material elaborado por Vale e Perobelli (2020).

#### 3.5.1 Multiplicador de produção

Suponha uma economia dividida em  $n$  setores, em que a produção total (demanda total) do setor  $i$  ( $x_i$ ) é dada por (VALE; PEROBELLI, 2020):

$$x_i \equiv z_{i1} + z_{i2} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + y_i \quad (2)$$

Onde  $z_{ij}$  ( $\forall j = 1, 2, \dots, n$ ) representa as vendas interindustriais do setor  $i$  para o setor  $j$ ; e  $y_i$  representa as vendas do setor  $i$  para os consumidores finais.

Reescrevendo a equação 2, tem-se:

$$x_i \equiv \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i \quad (3)$$

Assumindo que cada setor produz bens e serviços utilizando uma proporção fixa de insumos por unidade de produto final (setores usam insumos em proporções fixas), tem-se:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Onde  $a_{ij}$  é conhecido como o coeficiente técnico (razão de insumo-produto) que indica a quantidade monetária de insumo do setor  $i$  necessária para produzir uma unidade monetária de produto final do setor  $j$ .

Utilizando os coeficientes técnicos, a equação 4 pode ser reescrita como:

$$x_i \equiv \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + y_i \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Em termos matriciais, isso torna-se:

$$x = Ax + y \quad (6)$$

Onde  $x$  é o vetor com a produção total dos  $n$  setores,  $A$  é a matriz de coeficientes técnicos e  $y$  é o vetor com a demanda final por produtos dos  $n$  setores.

Portanto, a partir de manipulações algébricas na equação 6, pode-se obter a equação básica de equilíbrio do modelo de insumo-produto:

$$x = (I - A)^{-1}y \quad (7)$$

ou

$$x = By \quad (8)$$

Onde  $B = (I - A)^{-1}$  é conhecida como a matriz inversa de Leontief.

Por fim o multiplicador de produção  $m(0)j$  é determinado somando-se os elementos de cada coluna da matriz inversa de Leontief  $B$ .

$$m(0)j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad (9)$$

Onde  $b_{ij}$  são os elementos da matriz inversa de Leontief  $B$ . Este valor indica o impacto total na produção econômica resultante de um aumento unitário na demanda final do setor  $j$  (MILLER; BLAIR, 2009).

### 3.5.2 Multiplicador de emprego

Para calcular os multiplicadores de emprego, foi utilizada a metodologia proposta por Vale e Perobelli (2020), seguindo o que foi proposto por Miller e Blair (2009). Primeiramente, é necessário determinar os coeficientes de emprego (requisitos de emprego) para todos os setores do sistema de insumo-produto em análise. Os requisitos de emprego  $c_j^e$  são calculados da seguinte forma:

$$c_j^e = \frac{v_j^e}{x_j} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Onde  $v_j^e$  é o número de trabalhadores empregados no setor  $j$  e  $x_j$  é o produto do setor  $j$ .

Ao considerar os coeficientes de emprego para os  $n$  setores, tem-se que:

$$e' = \hat{C}^e x \quad (11)$$

Observa-se que  $e'$  é um vetor com os valores brutos do emprego,  $\hat{C}^e$  uma matriz diagonal com os coeficientes de emprego na diagonal principal e zeros no restante, e

$x$  é o vetor de valor bruto da produção. Usando a equação de equilíbrio do modelo aberto<sup>4</sup> de insumo-produto,  $x = By$ , foi possível reescrever a equação 11 como:

$$e' = \hat{C}^e B \quad (12)$$

Onde  $B$  é a matriz inversa de Leontief.

A pré-multiplicação da matriz inversa de Leontief  $B$  pela matriz de coeficientes de emprego  $\hat{C}^e$  é conhecida na literatura como matriz geradora de empregos:

$$E = \hat{C}^e B \quad (13)$$

Segundo Vale e Perobelli (2020) a matriz  $E$  mostra a estrutura setorial de geração de emprego na economia por unidade adicional de demanda final. Portanto, a partir dela, é possível calcular o Multiplicador Simples de Emprego (ou Gerador de Emprego) do setor  $j(m(e)_j)$  como:

$$m(e)_j = \sum_{i=1}^n e_{ij} \quad (14)$$

Onde  $e_{ij}$  são os elementos da matriz geradora de empregos  $E$ .

Já o Multiplicador de Emprego Tipo 1 é dada pela razão entre o Multiplicador Simples de Emprego do setor  $j(m(e)_j)$  e seu requisitos de emprego  $(c_j^e)$  (VALE; PEROBELLI, 2020):

$$m^1(e)_j = \frac{j(m(e)_j)}{(c_j^e)} \quad (15)$$

---

<sup>4</sup> Neste trabalho, foi utilizado o modelo aberto de Leontief, no qual o consumo das famílias é exógeno, capturando apenas os impactos diretos e indiretos entre os setores. Em contraste, no modelo fechado, o consumo das famílias é endógeno, permitindo captar os efeitos induzidos pela geração de renda e seu impacto na demanda final (VALE; PEROBELLI, 2020).



Dessa forma o Multiplicador de Emprego Tipo 1 ( $m^1(e)_j$ ) indica a quantidade de empregos criados direta e indiretamente para cada unidade de emprego gerada diretamente.

### 3.5.3 Multiplicador de renda

Para realizar o cálculo do multiplicador de renda foi feito o mesmo procedimento realizado no multiplicador de emprego, dessa forma calcula-se os coeficientes de renda (requisitos de renda) para todos os setores.

Os requisitos da renda  $c_j^r$  são dados por:

$$c_j^r = \frac{v_j^r}{x_j} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

Em que  $v_j^r$  corresponde à remuneração do trabalho (renda) no setor  $j$ ; e  $x_j$  é o produto do setor  $j$ .

Ao considerar os coeficientes de renda para os  $n$  setores, tem-se que:

$$r' = \hat{C}^r x \quad (17)$$

Observa-se que  $r'$  é um vetor com os valores brutos da renda,  $\hat{C}^r$  uma matriz diagonal com os coeficientes de renda na diagonal principal e zeros no restante, e  $x$  é o vetor de valor bruto da produção. Usando a equação de equilíbrio do modelo aberto de insumo-produto,  $x = By$ , foi possível reescrever a equação 17 como:

$$r' = \hat{C}^r B \quad (18)$$

A pré-multiplicação da matriz inversa de Leontief  $B$  pela matriz de coeficientes de emprego  $\hat{C}^r$  é conhecida na literatura como matriz geradora de renda:

$$R = \hat{C}^r B \quad (19)$$

Segundo Vale e Perobelli (2020) a matriz  $R$  mostra a estrutura setorial de geração de renda na economia por unidade adicional de demanda final. Portanto, a partir dela, é possível calcular o Multiplicador Simples de Renda (ou Gerador de Renda) do setor  $j(m(r)_j)$  como:

$$m(r)_j = \sum_{i=1}^n r_{ij} \quad (20)$$

Já o Multiplicador de Renda Tipo 1 é dada pela razão entre o Multiplicador Simples de Renda do setor  $j(m(r)_j)$  e seu requisitos de renda  $(c_j^e)$  (VALE; PEROBELLI, 2020):

$$m^1(r)_j = \frac{j(m(r)_j)}{(c_j^e)} \quad (21)$$

Dessa forma o Multiplicador da Renda Tipo 1  $(m^1(r)_j)$  indica a quantidade de renda gerada direta e indiretamente para cada unidade de renda gerada diretamente.

#### 3.5.4 Multiplicador de Capital *Knowledge*

O cálculo do multiplicador de Capital *Knowledge* segue a mesma lógica, determinando-se os coeficientes de Capital *Knowledge* (requisitos de Capital *Knowledge*) para todos os setores. Os requisitos de Capital *Knowledge*  $c_j^k$  são dados por:

$$c_j^k = \frac{v_j^k}{x_j} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (22)$$

Em que  $v_j^k$  representa a quantidade de Capital *Knowledge* acumulado no setor  $j$  e  $x_j$  corresponde ao VBP do setor  $j$ . Considerando os coeficientes de Capital *Knowledge* para  $n$  setores, tem-se que os coeficientes refletem a quantidade de Capital *Knowledge* utilizada por unidade de produto de cada setor. Assim, a relação

entre o Capital *Knowledge* acumulado e o VBP em cada setor permite analisar o impacto dos investimentos em conhecimento sobre a produção total da economia. Dessa forma tem-se que:

$$k' = \hat{C}^r x \quad (23)$$

Usando a equação de equilíbrio  $x = By$ , rescreve-se:

$$k' = \hat{C}^k B \quad (24)$$

A matriz geradora de Capital *Knowledge*  $K$  é obtida como:

$$K = \hat{C}^k B \quad (25)$$

A matriz  $K$  mostra a estrutura setorial de geração de Capital *Knowledge* na economia por unidade adicional de demanda final. Multiplicador Simples de Capital *Knowledge* do setor  $j(m(k)_j)$  como:

$$m(k)_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} \quad (26)$$

Já o Multiplicador de Capital Knowledge Tipo 1 é dada pela razão entre o Multiplicador Simples de Capital Knowledge do setor  $j(m(k)_j)$  e seu requisitos Capital Knowledge ( $c_j^k$ ):

$$m^1(k)_j = \frac{j(m(k)_j)}{(c_j^k)} \quad (27)$$

Dessa forma o Multiplicador Capital Knowledge Tipo 1 ( $m^1(k)_j$ ) indica a quantidade de conhecimento gerado direta e indiretamente para cada unidade de conhecimento gerada diretamente.

### 3.6 Índices de ligação de Hausmussen-Hirschman

Os índices de ligação de Hausmussen-Hirschman (HR) são ferramentas utilizadas para identificar quais setores possuem maior poder de encadeamento dentro do sistema econômico. Esses índices ajudam a determinar quais setores têm um impacto acima da média sobre outros setores da economia (VALE; PEROBELLI, 2020). Há dois tipos principais de índices de ligação: índices de ligação para trás e índices de ligação para frente.

**Índice de Ligação para Trás ( $U_j$ ):** Mede o quanto um setor demanda dos demais setores da economia. Em outras palavras, ele avalia o impacto que uma mudança na demanda final de um setor específico tem sobre os outros setores. Um valor de  $U_j > 1$  indica que uma mudança unitária na demanda final do setor  $j$  cria um aumento acima da média na economia. Ou seja, o setor  $j$  gera uma resposta dos outros setores acima da média, sendo considerado um setor com forte poder de encadeamento para trás.

**Índice de Ligação para Frente ( $U_i$ ):** Mede o quanto um setor é demandado pelos demais setores da economia. Em outras palavras, ele avalia o impacto que uma mudança na demanda final de todos os setores tem sobre um setor específico. Um valor de  $U_i > 1$  indica que uma mudança unitária na demanda final do setor  $i$  cria um aumento acima da média na economia, fazendo com que o setor  $i$  tenha forte poder de encadeamento para frente.

Dessa forma, se ambos os índices,  $U_j$  e  $U_i$ , forem maiores que 1, o setor é considerado um setor-chave na economia, contribuindo acima da média para o crescimento econômico e possuindo fortes efeitos de encadeamento para frente e para trás.

Segue no Quadro 3 a representação dos índices de ligação para trás e para frente:

Quadro 3: Cálculo dos Índices de Ligação para Frente e para Trás

(continua)

$n$	Número de setores
$b_{.j} = \sum_{i=1}^n b_{ij}$	Soma dos elementos de $B$ nas colunas
$b_{.i} = \sum_{j=1}^n b_{ij}$	Soma dos elementos de $B$ nas linhas
$B^* = \frac{b_{..}}{n^2}$	Média dos elementos da matriz inversa de Leontief $B$

### Quadro 3: Cálculo dos Índices de Ligação para Frente e para Trás

(conclusão)

$b_{..} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}$	Soma de todos os elementos da matriz inversa de Leontief $B$
---	--

Fonte: Adaptado de Vale e Perobelli (2020).

Com base nos elementos apresentados no Quadro 3 foi possível obter a fórmula do índice de ligação para trás e para frente como é possível observar nas equações 28 e 29.

Fórmula para o Índice de Ligação para Trás ( $U_j$ ):

$$U_j = \frac{b_{.j}/n}{B^*} \quad (28)$$

Fórmula para o Índice de Ligação para Frente ( $U_i$ ):

$$U_i = \frac{b_{i.}/n}{B^*} \quad (29)$$

Com essa estrutura unificada, é possível visualizar de forma simplificada e consolidada como os índices de ligação para trás e para frente são calculados e como eles se relacionam entre si para identificar setores-chave na economia.

### 3.7 Análise de Impacto Sistêmico

Para realizar a simulação da análise de impacto sistêmico ao aumento de 1% (cenário provável) e 2,7% (cenário otimista) no valor do investimento em P&D, conforme a média da OCDE, utilizou-se o método exposto por Guilhoto (2011). Com base no modelo básico de Leontief definido anteriormente:

$$X = (I - A)^{-1}y \quad (30)$$

Tornou-se possível medir o impacto das mudanças na demanda final ( $y$ ), ou em cada um de seus componentes (no caso deste estudo, o investimento em P&D), sobre o Emprego, Renda e o Capital Knowledge. Dessa forma, tem-se:

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta y \quad (31)$$

Nesta fórmula,  $\Delta X$  é um vetor de dimensão  $n \times 1$  que representa os impactos sobre o volume da produção. Já  $\Delta y$  é um vetor de dimensão  $n \times 1$  que reflete a variação no valor de um dado setor da demanda final da MIP.

A equação 31 permite calcular como alterações na demanda final afetaram o volume de produção setorial, em função da estrutura da matriz de insumos  $A$ .

$$\Delta V = \hat{v} \Delta X \quad (32)$$

A equação 32 mostra que  $\Delta V$  é um vetor de dimensão  $n \times 1$  que indica o impacto sobre variáveis como o Emprego, Renda ou Capital Knowledge. A matriz  $\hat{v}$  é diagonal, com dimensão  $n \times n$ , e seus elementos na diagonal correspondem aos coeficientes de Emprego, Renda ou Capital *Knowledge* para cada setor. Esses coeficientes ( $v_i$ ) são calculados dividindo-se, para cada setor, o valor utilizado dessas variáveis na produção total pela produção total do respectivo setor, conforme a seguinte equação:

$$v_i = \frac{V_i}{X_i} \quad (33)$$

Onde  $v_i$  é o total empregado em umas das variáveis (Emprego, Renda ou Capital Knowledge) no setor  $i$  e  $X_i$  representa o VBP do setor  $i$ .

Para determinar o impacto total sobre o VBP, bem como sobre cada uma das variáveis analisadas, deve-se somar todos os elementos dos vetores  $\Delta X$  e  $\Delta V$ .

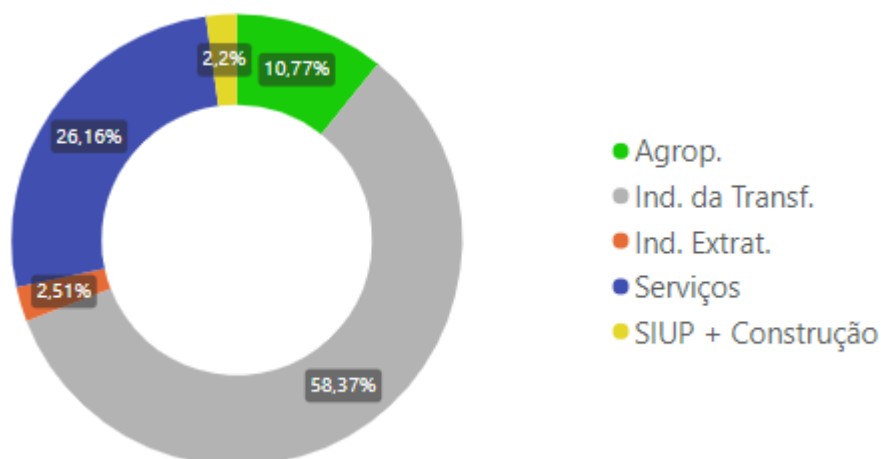
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Demanda Final por CT&I e Valor Adicionado ao Capital *Knowledge* setorial

#### 4.1.1 Demanda Final por CT&I

Como observado na Figura 3 – Distribuição do dispêndio com P&D nos setores, a predominância da Indústria de Transformação, responsável por 58,4% do dispêndio total em P&D (IBGE, 2017), sugere uma forte concentração de esforços e investimentos em inovação neste setor. Isso pode ser atribuído à natureza intensiva em tecnologia e inovação da indústria de transformação, que frequentemente busca melhorias em processos, produtos e eficiência energética.

Figura 3: Distribuição do dispêndio com P&D total segundo os setores, Brasil – 2017 (em %)



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

Este resultado está em consonância com estudos prévios, como o de Pio (2016), o qual constatou que a Indústria de Transformação é o grupo que mais

contribui para a difusão de tecnologia por meio dos transbordamentos intersetoriais. Morceiro, Tessarin e Guilhoto (2022) destacam que a Indústria de Transformação correspondeu a 32,4% de todo o P&D investido no país. Tendo 80% da P&D total investida por essa Indústria direcionada para setores de alta intensidade tecnológica (automóveis, eletrônicos, químicos, farmacêuticos, etc.)

Além disso, entre os setores disponíveis na pesquisa da PINTEC (IBGE, 2017) a Indústria de Transformação foi o setor que mais realizou investimentos em P&D, abrangendo 24 setores. Os dados presentes no Apêndice 2 corroboram essa análise, destacando a significativa contribuição dos setores de Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças (R\$ 2,78 bilhões), Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores (R\$ 2,32 bilhões) e Fabricação de biocombustíveis (R\$ 1,85 bilhões).

É possível notar na Figura 3 o setor de Serviços com 26,2% do total do dispêndio, destacando a importância crescente da inovação em serviços, particularmente em áreas como tecnologia da informação e telecomunicações. No Apêndice 2, observa-se que Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P&D (R\$ 4,89 bilhões) e Telecomunicações (R\$ 2,95 bilhões) lideram o investimento em P&D, evidenciando a necessidade de inovação constante para manter a competitividade em um mercado globalizado e digital.

A Agropecuária, com 10,8%, mostra uma contribuição significativa para P&D, refletindo a importância das inovações em biotecnologia, genética e práticas agrícolas sustentáveis. Este setor é representado no Apêndice 2 pela Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita (R\$ 3,97 bilhões). Desse total investido, 42% vem da EMBRAPA, 29% de outras fontes governamentais, 26% de instituições de ensino superior e 3% de outras fontes, demonstrando que o governo tem uma grande participação para o crescimento direto do setor da agropecuária (FLAHERTY et al., 2016).

Ainda é possível notar as Indústrias Extrativas, com 2,5%, e o setor de SIUP + Construção, com 2,2%, apresentam os menores percentuais de dispêndio em P&D. No Apêndice 1, a Extração<sup>5</sup> (R\$ 927 milhões) é um exemplo de setor que, apesar do

---

<sup>5</sup> Com base na compatibilização demonstrada no Apêndice 1, a Extração refere-se à junção dos seguintes setores: extração de carvão mineral e de minerais não metálicos; extração de petróleo e gás, incluindo as atividades de apoio; extração de minério de ferro, incluindo beneficiamento e aglomeração; e extração de minerais metálicos não ferrosos, incluindo beneficiamento.

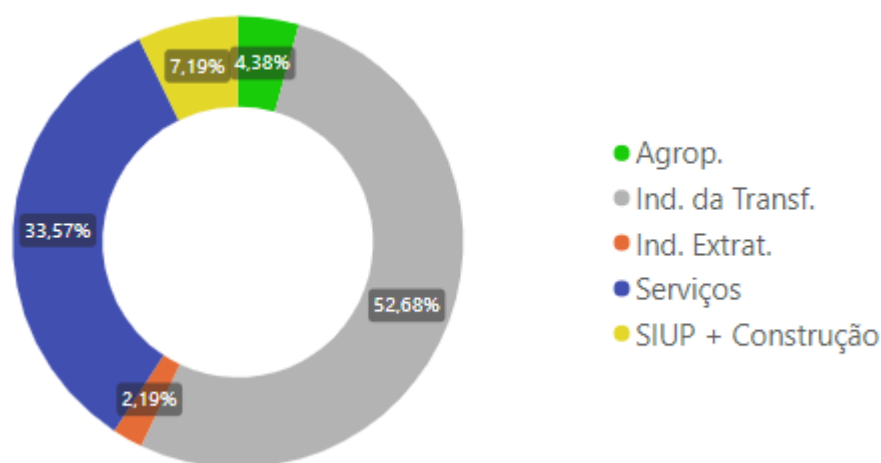


menor investimento relativo, ainda possui importância significativa. Por fim, o setor de Energia elétrica, gás natural e outras utilidades (R\$ 811 milhões) se destaca no SIUP + Construção. Contudo, é sabido que o setor público e serviços públicos tendem a não inovar muito por questões burocráticas e institucionais, resultando em investimentos significativamente menores do que outros setores.

#### 4.1.2 Percentual do Valor Adicionado ao Capital *Knowledge*

Um dos elementos-chave para medir a resposta ao investimento em P&D é o Capital *Knowledge*. De acordo com a Figura 4 – Distribuição do Valor Adicionado ao Capital *Knowledge* total nos setores, o setor que mais se destacou foi a Indústria de Transformação, com 52,7% do total. Isso significa que dos R\$ 21,56 bilhões investidos, retornaram R\$ 19,45 bilhões em Capital *Knowledge*. O setor de Serviços representou 33,6%, com um investimento de R\$ 9,66 bilhões e um retorno de R\$ 12,39 bilhões em Capital *Knowledge*.

Figura 4: Distribuição do Valor Adicionado ao Capital *Knowledge* total segundo os setores, Brasil – 2017 (em %)



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

Segundo a Figura 4 o setor de SIUP + Construção representou 7,2%, onde um investimento de R\$ 811 milhões gerou um retorno de R\$ 2,65 bilhões. Este setor teve uma resposta positiva ao investimento em P&D, apesar de o setor de Construção não ter tido investimento direto em P&D segundo a base de dados da PINTEC (IBGE, 2017). Ainda assim, conseguiu absorver R\$ 1,50 bilhões em Capital Knowledge.

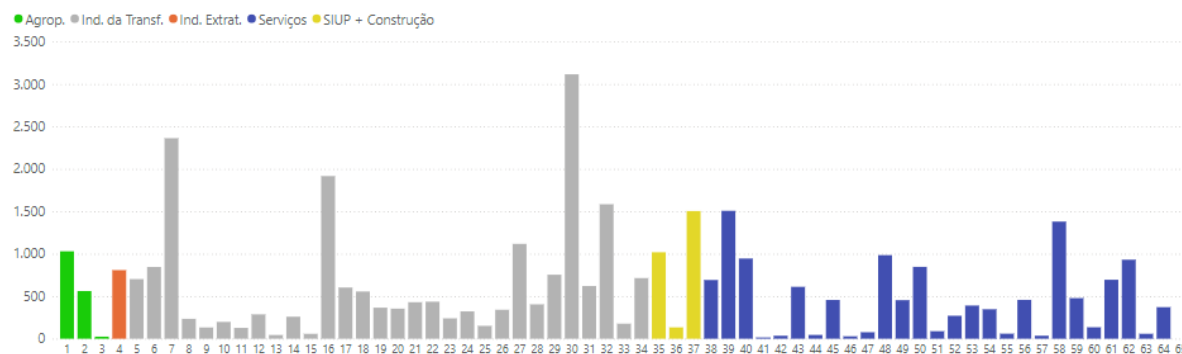
O setor de Agropecuária representou 4,4%, com um investimento de R\$ 3,97 bilhões em P&D, mas obteve um retorno relativamente baixo em Capital Knowledge, no valor de R\$ 1,61 bilhões. Por fim, a Indústria de Extração representou 2,2%, com um retorno quase equivalente ao seu investimento direto: R\$ 927 milhões investidos resultaram em R\$ 808 milhões de retorno.

Em resumo, setores que demandam maior complexidade e conhecimento tendem a obter melhores respostas ao investimento em P&D, pois possuem maior capacidade de absorver e aplicar inovações tecnológicas em suas operações. No entanto, esse resultado não está apenas relacionado à complexidade interna de cada setor, mas também depende fortemente do encadeamento produtivo entre os setores. Setores que estão bem integrados em cadeias produtivas amplas e interligadas têm maior potencial de amplificar os retornos de P&D, uma vez que podem se beneficiar de inovações desenvolvidas em outros setores.

#### 4.1.3 Valor Adicionado ao Capital *Knowledge* (Valores Correntes)

De acordo com a Distribuição do Valor Adicionado ao Capital *Knowledge* total segundo os setores (Figura 5), a média do valor adicionado ao Capital *Knowledge* pelos setores foi de R\$ 568,31 milhões. Os setores que mais se destacaram foram: Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças (30) com um valor de R\$ 3,11 bilhões, Outros produtos alimentares (7) com valor de R\$ 2,36 bilhões, Refino de petróleo e coquerias (16) com um valor de R\$ 1,91 bilhões, Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores (32) com um valor de R\$ 1,58 bilhões e Comércio por atacado e varejo, exceto veículos automotores com um valor de R\$ 1,50 bilhões. Pode-se observar que os melhores desempenhos em termos de Capital *Knowledge* gerado vieram dos setores relacionados com o setor automotivo.

Figura 5: Distribuição do Valor Adicionado ao Capital *Knowledge* total segundo os setores, Brasil – 2017 (Valores Correntes em R\$ 1.000.000)



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

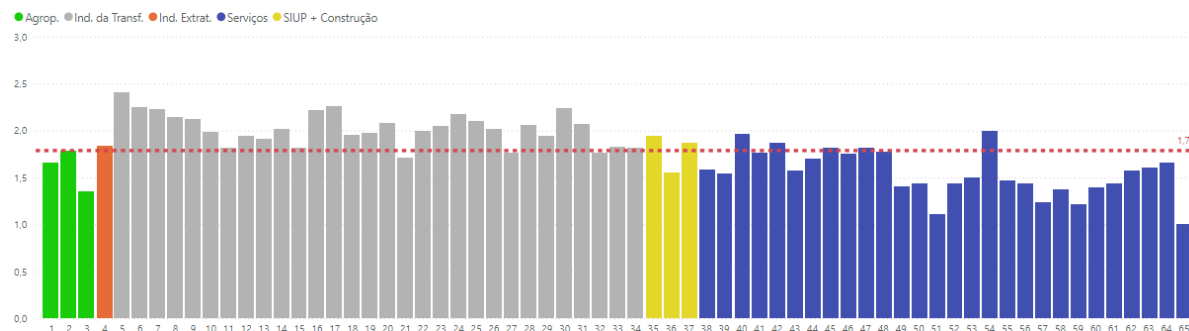
A análise da demanda final por CT&I e do Valor Adicionado ao Capital *Knowledge* evidencia a predominância da Indústria de Transformação como o principal setor responsável pela geração de conhecimento e inovação no Brasil com base nos dados da PINTEC (IBGE, 2017). Setores intensivos em tecnologia, como o automotivo, destacou-se pelo elevado retorno em Capital Knowledge, refletindo sua capacidade de absorver e aplicar os investimentos em P&D de forma eficiente. Além disso, setores como Serviços e SIUP + Construção também demonstraram uma resposta significativa aos investimentos. No entanto, os retornos mais modestos observados em setores como Agropecuária e Indústria Extrativa reforçam a importância da complexidade tecnológica e do encadeamento produtivo.

## 4.2 Multiplicadores de Produção, Emprego, Renda e Capital *Knowledge*

### 4.2.1 Multiplicador de Produção

Ao analisar o Multiplicador de Produção (Figura 6), observa-se que a média do multiplicador de produção para os setores é de R\$ 1,79. Isso significa que uma variação de R\$ 1,00 gera em média R\$ 1,79 de produto na economia. Dessa forma, os setores que apresentaram os melhores desempenhos foram o de Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca (5), com R\$ 2,41, a Fabricação de biocombustíveis (17), com R\$ 2,26, a Fabricação e refino de açúcar (6), com R\$ 2,25, a Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças (30), com R\$ 2,24, e Outros produtos alimentares (7), com R\$ 2,23.

Figura 6: Multiplicador de Produção segundo os setores, Brasil – 2017



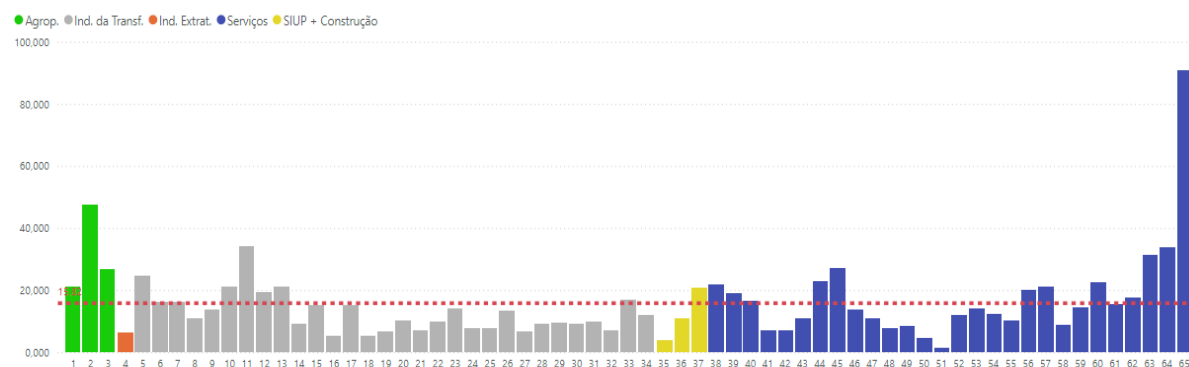
Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

Nota-se que, novamente, os setores relacionados ao setor automotivo se destacaram entre os demais. Setores alimentícios também tiveram um bom desempenho, com destaque para o setor de Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca (5), o qual representou 4% do PIB (IBGE, 2017).

#### 4.2.2 Multiplicador Simples de Emprego

Visto que os dados na MIP estão em valores correntes em R\$1.000.000, temos os requisitos de emprego por R\$1.000.000 Vale e Perobelli (2020). Observa-se na Figura 7 – Multiplicador Simples de Emprego, que uma variação de demanda de R\$ 1.000.000 no setor de Serviços domésticos (65) gerou 90,73 mil empregos na economia. A média para os demais setores é de 15,82 mil empregos gerados. Como é possível notar na Figura 7, setores como Pecuária, inclusive o apoio à pecuária (2), geraram 47,41 mil empregos; Confecção de artefatos do vestuário e acessórios (11) gerou 34,32 mil empregos; Organizações associativas e outros serviços pessoais (64) geraram 33,91 mil empregos; e Atividades artísticas, criativas e de espetáculos (63) geraram 31,54 mil empregos.

Figura 7: Multiplicador Simples de Emprego segundo os setores, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

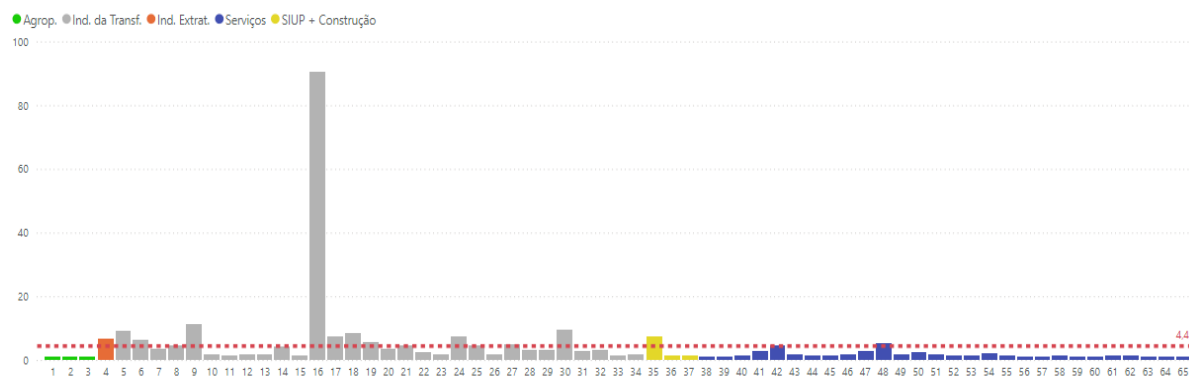
O setor de serviços pode ser considerado o maior gerador de empregos na atualidade, especialmente por muitas de suas atividades não exigirem mão de obra altamente qualificada, diferentemente do que ocorre nos setores industrial e da construção civil. Kon e Borelli (2016) destacam que os serviços desempenham um papel essencial no desenvolvimento econômico de países, tanto desenvolvidos quanto em desenvolvimento, sendo atualmente a principal fonte de empregos em diversas economias. Isso ocorre, em grande parte, devido à menor necessidade de qualificação em muitas atividades do setor, o que facilita a inserção de trabalhadores no mercado.

Além disso, os serviços, por sua natureza, atendem a demandas essenciais da sociedade, garantindo uma procura constante e contínuas oportunidades de trabalho. Conforme Kon e Borelli (2016), a aceleração da terciarização tem sido intensificada pelo processo de reestruturação produtiva global, que ajusta as economias às novas demandas de um cenário urbanizado e em transformação. Essa dinâmica reforça o papel dos serviços como motor do crescimento econômico e social.

#### 4.2.3 Multiplicador de Emprego Tipo 1

Ao observar a Figura 8 – Multiplicador de Emprego Tipo 1 é possível notar que para cada emprego gerado diretamente no setor de Refino de petróleo e coquerias (16), há um efeito multiplicador de 90,41 empregos na economia. Em comparação, os demais setores apresentam uma média de apenas 4,42 empregos gerados como efeito multiplicador. Esse impacto significativo se deve ao fato de o petróleo ser a maior fonte de energia na matriz energética brasileira, representando 35,7% da energia consumida no país, refletindo a alta dependência do petróleo na economia (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2023)

Figura 8: Multiplicador de Emprego Tipo 1 segundo os setores, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

Essa dependência faz com que qualquer variação na demanda ou na produção do setor de petróleo tenha repercussões amplas em vários segmentos econômicos. A produção de petróleo e seus derivados é essencial para o funcionamento de indústrias, transportes e outros serviços fundamentais, que juntos consomem 65% de toda a energia do país (EPE, 2023). Esse uso intensivo em setores estratégicos explica o alto valor do multiplicador de empregos tipo 1 no setor de petróleo. Além disso, a cadeia produtiva do petróleo abrange diversas etapas, desde a extração, passando pelo refino, até a distribuição, gerando empregos diretos e indiretos ao longo de todas essas fases.

O Brasil destaca-se também como um dos países com uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo. Cerca de 47,4% da energia consumida no país provém de fontes renováveis. Entre as fontes renováveis, a biomassa da cana-de-açúcar é a mais expressiva, representando 15,4%, seguido da energia hidráulica com 12,5% (EPE, 2023).

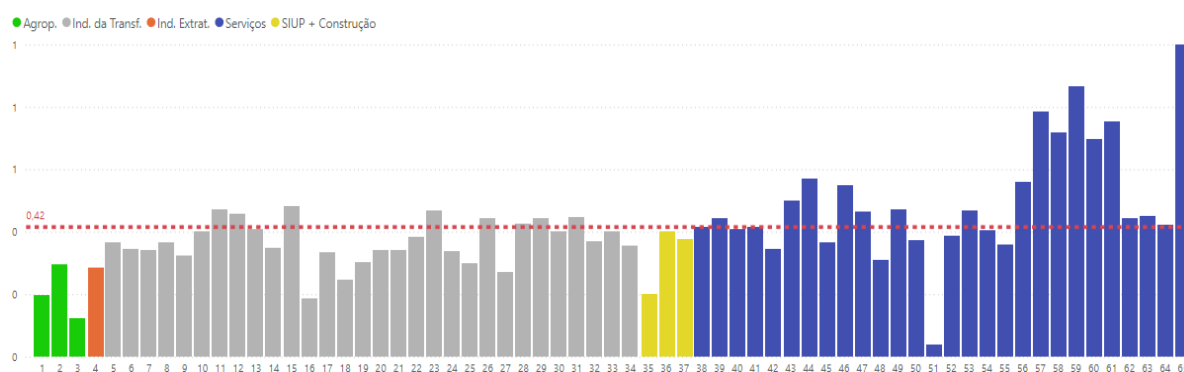
Por outro lado, o Brasil ainda depende de fontes não renováveis, que constituem 52,6% da matriz energética. O petróleo (35,7%) é a principal fonte de energia não renovável, seguido pelo gás natural (10,5%) e o carvão mineral (4,6). Essa combinação diversificada de energias faz do Brasil uma referência global em energia limpa (EPE, 2023).

#### 4.2.4 Multiplicador Simples de Renda

Como se observa na Figura 9 – Multiplicador Simples de Renda, uma variação de R\$ 1,00 no setor de Serviços Domésticos (65) gera R\$ 1,00 de renda na economia.

Isso significa que para cada real investido ou gasto nesse setor, o retorno em termos de renda é exatamente o mesmo, refletindo um multiplicador de 1. Esse efeito ocorre porque os Serviços Domésticos são altamente intensivos em mão de obra e possuem poucos intermediários, o que resulta em uma conversão direta dos gastos em salários e remunerações, impactando a economia no curto prazo.

Figura 9: Multiplicador Simples de Renda segundo os setores, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

No setor de Educação Pública (59), essa variação gera R\$ 0,87 de renda, enquanto em Atividades de Vigilância, Segurança e Investigação (57) gera R\$ 0,79, em Saúde Pública (61) gera R\$ 0,75, e em Administração Pública, Defesa e Seguridade Social (58) gera R\$ 0,72. Esses valores indicam que, apesar de também gerarem impacto na economia, esses setores possuem maiores custos de transações, o que reduz o montante que é diretamente convertido em renda.

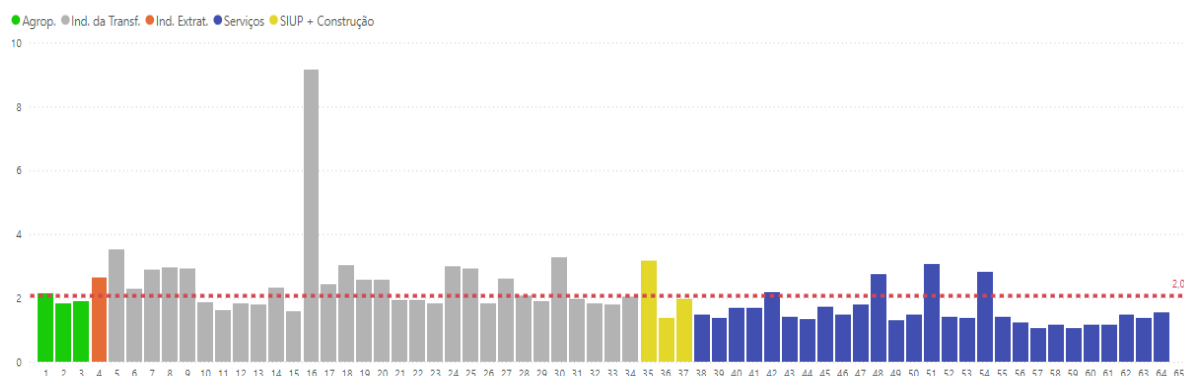
Esses cinco setores de serviços representam aproximadamente 18,33 milhões de empregos, o que equivale a cerca de 18% dos 101,61 milhões de empregos totais nos 65 setores analisados. Portanto, uma variação de R\$ 1,00 nesses setores exerce um impacto significativo na economia como um todo, evidenciando a importância do setor de serviços na geração de renda e emprego no Brasil.

#### 4.2.5 Multiplicador de Renda Tipo 1

Segundo a Figura 10 – Multiplicador de Renda Tipo 1, para cada unidade de renda gerada diretamente pelo setor de Refino de Petróleo e Coquerias (16), há um efeito multiplicador de R\$ 9,15 na economia. A média desse multiplicador foi de R\$ 2,09. Alguns setores destacados incluem: Abate e Produtos de Carne, incluindo

Produtos Laticínios e da Pesca (5), que geram R\$ 3,52 de renda para a economia; Fabricação de Automóveis, Caminhões e Ônibus, exceto Peças (30), que gera R\$ 3,26; Energia Elétrica, Gás Natural e Outras Utilidades (35), que gera R\$ 3,16; e Atividades Imobiliárias (51), que geram R\$ 3,06 na economia.

Figura 10: Multiplicador Renda Tipo 1 segundo os setores, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

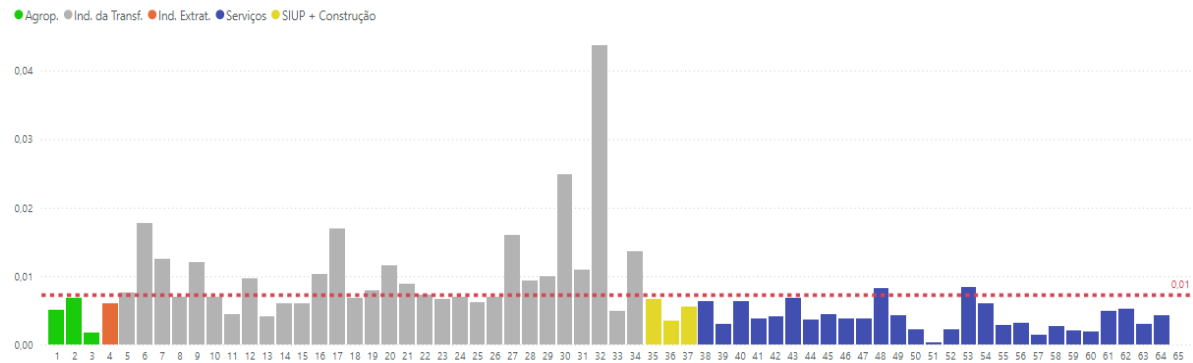
Esses setores juntos somam 1.518.279 empregos totais do país representando, apenas 1% do total de empregos (IBGE, 2017). Isso indica que, apesar de contribuírem significativamente para a geração de renda, esses setores empregam relativamente poucas pessoas em comparação com seu impacto econômico, evidenciando um alto valor agregado por emprego. Este fenômeno reflete a eficiência e produtividade desses setores, onde altos investimentos e operações intensivas em capital resultam em uma elevada geração de renda com um menor número de empregos diretos.

#### 4.2.6 Multiplicador Simples Capital *Knowledge*

Com base no Multiplicador Simples Capital *Knowledge* (Figura 11), uma variação de demanda de R\$ 1,00 na Fabricação de Outros Equipamentos de Transporte, exceto Veículos Automotores (32) gerou apenas R\$ 0,04 para a economia. Setores como Fabricação de Automóveis, Caminhões e Ônibus, exceto Peças (30), Fabricação e Refino de Açúcar (6), Fabricação de Biocombustíveis (17) e Fabricação de Equipamentos de Informática, Produtos Eletrônicos e Ópticos (27) geraram apenas R\$ 0,02 de renda cada um.



Figura 11: Multiplicador Simples Capital *Knowledge* segundo os setores, Brasil – 2017



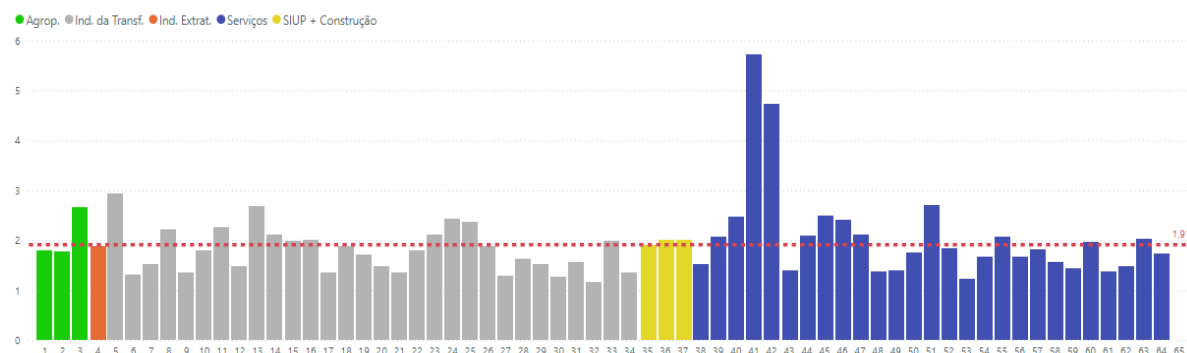
Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

O baixo retorno do multiplicador de Capital *Knowledge* em setores de alta intensidade tecnológica, como evidenciado, reflete a dificuldade desses setores em transformar seus avanços e investimentos em P&D em impactos econômicos significativos. Embora haja investimentos consideráveis em inovação, esses setores não conseguem gerar retornos imediatos, o que pode ser explicado por fatores como os longos ciclos de desenvolvimento das tecnologias e a complexidade de traduzir inovações em produtos rentáveis. Além disso, como discutido por Griliches (1979), as inovações frequentemente geram *spillovers*, beneficiando outros setores sem que o inovador original capture todos os ganhos, o que contribui para o retorno econômico direto abaixo do esperado.

#### 4.2.6 Multiplicador Capital *Knowledge* Tipo 1

A Figura 12 ilustrou o Multiplicador de Capital *Knowledge* Tipo 1, demonstrando que, para cada unidade de Capital *Knowledge* gerada diretamente pelo setor de Transporte Aquaviário (41), houve um efeito multiplicador de R\$ 5,71 na economia. Em seguida, os setores de Transporte Aéreo (42) geraram R\$ 4,73; Abate e Produtos de Carne, incluindo Produtos Laticínios e da Pesca (5), geraram R\$ 2,94; Atividades Imobiliárias (51) geraram R\$ 2,71; e Fabricação de Produtos da Madeira (13) gerou R\$ 2,68. Em média, os setores apresentaram um multiplicador de R\$ 1,91.

Figura 12: Multiplicador Capital *Knowledge* Tipo 1 segundo os setores, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

Para compreender esse multiplicador, é importante destacar que o Brasil possui uma das maiores extensões costeiras do mundo, com cerca de 8 mil km de litoral, abrangendo dezessete estados e 280 municípios à beira-mar. Essa vasta extensão facilita o transporte de mercadorias e matérias-primas, tanto para o comércio interno quanto para a exportação, tornando o transporte aquaviário essencial para a economia do país (CARVALHO, 2018).

Segundo Carvalho (2018), a economia marítima<sup>6</sup> é dominada por setores de serviços, especialmente o turismo, mas o transporte aquaviário é um componente crítico, particularmente para o comércio internacional. Os portos brasileiros movimentam um grande volume de cargas, contribuindo significativamente para o PIB nacional. Em 2015, os setores marinhos no Brasil geraram R\$ 1,11 trilhão de PIB e R\$ 1,18 trilhão de Valor Adicionado Bruto (VAB), empregando mais de 19 milhões de pessoas e gerando quase R\$ 500 bilhões em salários (CARVALHO, 2018).

Além disso, o transporte aquaviário é importante para a cadeia produtiva do petróleo e gás natural, com muitos portos especializados na exportação desses recursos. A eficiência e a capacidade dos portos brasileiros são fundamentais para a competitividade internacional do país. Estima-se que a movimentação de cargas nos portos brasileiros é um dos principais motores do crescimento econômico, facilitando o comércio e reduzindo os custos logísticos para diversas indústrias (CARVALHO, 2018).

No contexto da formação de capital de conhecimento, o transporte aquaviário destaca-se por sua necessidade de constante inovação. A gestão eficiente dos portos, o desenvolvimento de novas embarcações, e a implementação de sistemas logísticos

<sup>6</sup> Carvalho (2018) define o setor marítimo como a agregação dos seguintes setores: Recursos Vivos do Mar, Energia do Mar, Manufaturas do Mar, Transporte do Mar, Serviços do Mar e Defesa do Mar.

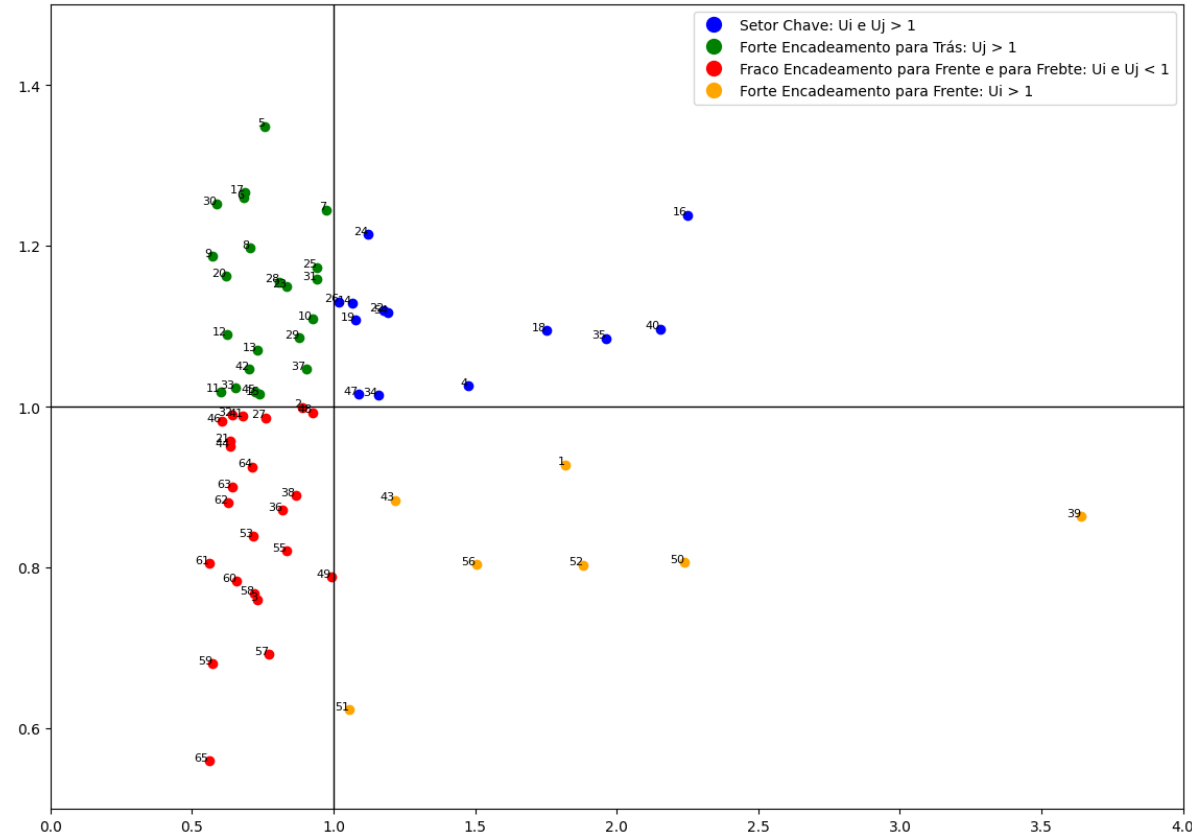
avançados são áreas que exigem investimentos significativos em P&D. Esses investimentos promovem a formação de capital humano qualificado e o avanço tecnológico, que são essenciais para manter a competitividade do setor.

### **4.3 Setores Chaves da economia**

A análise apresentada na Figura 13 – Índices de Ligação, evidencia 13 setores-chave que desempenham um papel importante na dinâmica econômica do país. A figura está dividida em quatro quadrantes: setores com forte encadeamento para trás, forte encadeamento para frente, forte em ambos (setores-chave), e setores com fracos encadeamentos. Esses setores destacam-se pelo impacto direto que causam nos outros setores quanto pelos efeitos multiplicadores.

Em geral, os setores-chave apresentaram um efeito multiplicador elevado em termos de produção, embora o emprego direto tenha permanecido relativamente baixo. No caso específico do setor de Refino de Petróleo e Coquerias (16), observou-se um emprego indireto elevado, refletindo sua capacidade de impactar positivamente outros segmentos da economia. Além disso, a renda média foi semelhante entre os setores, mas a renda indireta do setor de Refino destacou-se em relação aos outros setores. Já os multiplicadores de Capital Knowledge, tanto diretos quanto indiretos, apresentaram valores na média dos demais setores da economia.

Figura 13: Índices setoriais de ligação para trás e para frente, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

A Tabela 1 apresenta informações sobre os Setores-Chave da economia brasileira, classificando-os de acordo com sua intensidade tecnológica, que varia entre Baixa, Média-Baixa, Média, Média-Alta e Alta, refletindo o nível de complexidade tecnológica envolvida nas suas atividades produtivas.

Tabela 1: Setores Chaves da Economia classificados pela Intensidade Tecnológica, Brasil – 2017

(continua)

Setores	Código	Índice de ligação		Intensidade Tecnológica
		P/Frente	P/Trás	
		Ui	Uj	
Extração	4	1,47	1,03	Média-Baixa
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	14	1,06	1,13	Média-Baixa
Refino de petróleo e coquerias	16	2,25	1,24	Média-Baixa
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	18	1,75	1,10	Média-Alta
Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos	19	1,08	1,11	Média-Alta

Tabela 1: Setores Chaves da Economia classificados pela Intensidade Tecnológica, Brasil – 2017

(conclusão)

Setores	Código	Índice de ligação		Intensidade Tecnológica
		P/Frente	P/Trás	
		Ui	Uj	
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	22	1,18	1,12	Média
Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	24	1,12	1,21	Média
Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	26	1,02	1,13	Média
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	34	1,16	1,01	Média
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	35	1,96	1,09	Baixa
Transporte terrestre	40	2,15	1,10	Baixa
Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem	47	1,09	1,02	Média-Baixa
Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	54	1,19	1,12	Alta

Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017) e Morceiro (2018, p.198).

Primeiramente, é possível observar que dois dos setores listados, como "Energia elétrica, gás natural e outras utilidades" e "Transporte terrestre", são classificados como de Baixa Intensidade Tecnológica. Esses setores estão associados a processos produtivos relativamente simples, que utilizam pouca inovação tecnológica. Em geral, tratam-se de atividades relacionadas à infraestrutura e serviços essenciais, mas que, por sua natureza, não demandam grandes avanços tecnológicos ou inovação constante.

Na categoria de Média-Baixa Intensidade Tecnológica, estão incluídos setores como "Extração", "Fabricação de celulose, papel e produtos de papel", "Refino de petróleo e coquearias", e "Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem". Esses setores são marcados por um uso moderado de tecnologias já estabelecidas e consolidadas no mercado, com um nível menor de inovação e desenvolvimento. Embora possam representar indústrias relevantes e de grande impacto econômico, o nível tecnológico empregado é geralmente associado a processos produtivos maduros e bem estabelecidos, que dependem menos de pesquisa e desenvolvimento e mais da aplicação de técnicas convencionais.

Já os setores de Média Intensidade Tecnológica, como "Fabricação de produtos de borracha e de material plástico", "Produção de ferro-gusa/ferroligas,

siderurgia e tubos de aço sem costura", "Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos", e "Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos", representam uma categoria intermediária. Esses setores requerem um uso mais significativo de tecnologia, mas ainda estão distantes do topo da cadeia tecnológica. São áreas que fornecem insumos e produtos essenciais para outras indústrias, e sua capacidade tecnológica é importante para sustentar o desenvolvimento de outras atividades econômicas.

Em seguida, encontram-se os setores de Média-Alta Intensidade Tecnológica, como "Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros", e "Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos". Esses setores são caracterizados pelo uso de tecnologias mais avançadas, especialmente na indústria química, onde processos complexos e inovações tecnológicas são necessários para o desenvolvimento de novos produtos com maior valor agregado. A produção de químicos e resinas, por exemplo, envolve processos sofisticados que demandam inovações contínuas para atender a demandas de qualidade, segurança e eficiência, além de terem impacto em outros setores industriais.

Por fim, o único setor classificado como de Alta Intensidade Tecnológica é o de "Outras atividades profissionais, científicas e técnicas". Esse setor envolve um alto grau de pesquisa e desenvolvimento (P&D), sendo responsável por atividades que exigem conhecimento científico avançado e inovação constante. A presença desse tipo de setor é fundamental para o avanço tecnológico de uma economia, pois ele age como um motor de inovação, influenciando diretamente o crescimento de outras áreas produtivas.

Em termos de predominância, a maior parte dos setores listados na Tabela 1 se concentra nas categorias de Média e Média-Baixa Intensidade Tecnológica, com quatro setores em cada uma dessas classificações. Isso sugere que a estrutura produtiva do Brasil em 2017 era majoritariamente baseada em indústrias de tecnologia intermediária, que, embora importantes para a economia, não apresentam alto valor agregado ou intensa inovação. Dois setores estão classificados como de Média-Alta Intensidade Tecnológica, indicando uma dependência significativa de tecnologias mais avançadas, mas ainda distantes do patamar máximo de inovação. Por outro lado, apenas um setor se destaca por possuir Alta Intensidade Tecnológica, evidenciando que o Brasil ainda carece de uma base industrial fortemente voltada para a inovação de ponta. Esse cenário ocorre, em parte, porque a maior parte da inovação brasileira

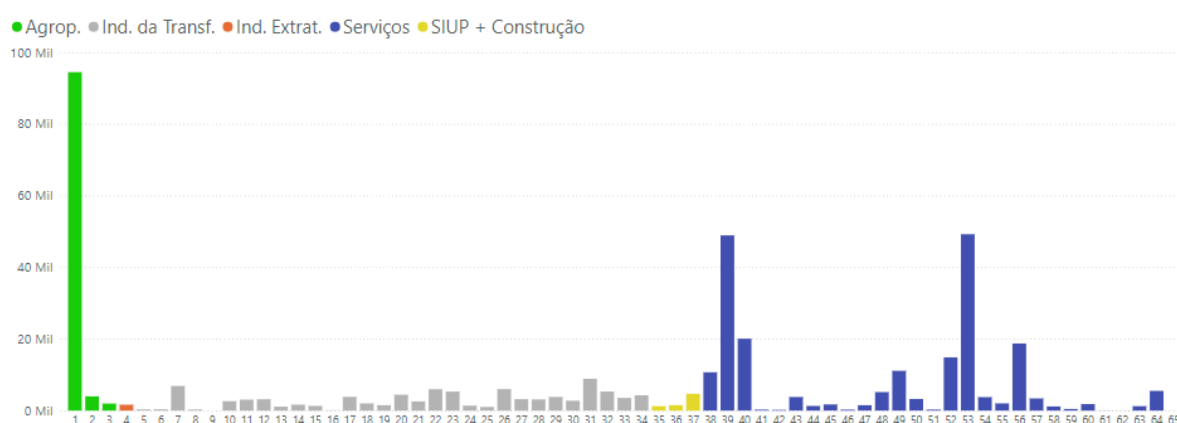
é incremental e realizada principalmente por meio da aquisição de máquinas e equipamentos do exterior.

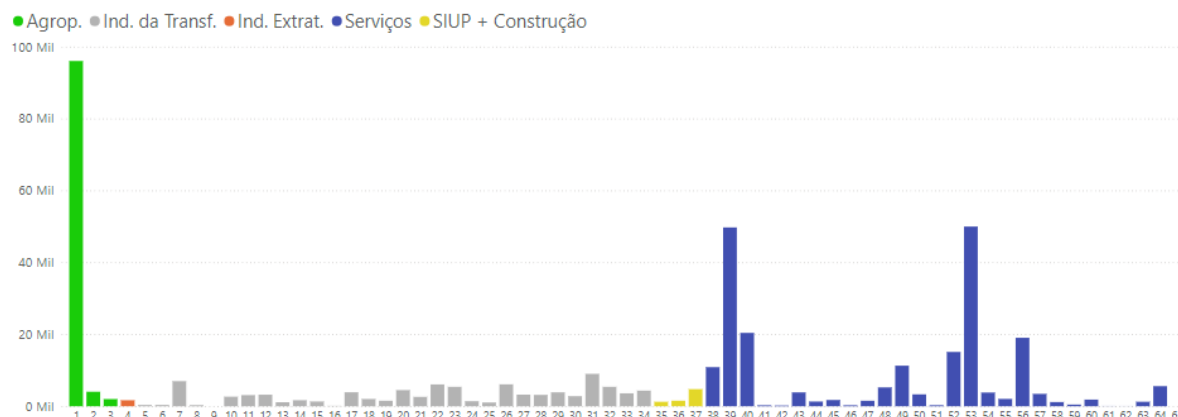
#### 4.4 Análise de Impacto Sistêmico

##### 4.4.1 Aumento no investimento de P&D de 1% e 2,7% sobre o Emprego

Ao realizar um aumento hipotético de 1% na demanda final por investimento em P&D, estimou-se a geração de 94,43 mil novos empregos no setor de Agricultura, incluindo apoio à agricultura e pós-colheita (1), representando um incremento de 1,5% no total de empregos deste setor. O setor de Serviços de Arquitetura, Engenharia, Testes/Análises Técnicas e P&D (53) teve um aumento de 49,20 mil novos empregos, ou 8%. No Comércio por Atacado e Varejo, exceto Veículos Automotores (39), foram gerados 48,89 mil novos empregos, um aumento de 0,3%. O Transporte Terrestre (40) gerou 20,05 mil novos empregos, representando um incremento de 0,5%, e Outras Atividades Administrativas e Serviços Complementares (56) adicionaram 18,71 mil novos empregos, ou 0,4%.

Figura 14: Aumento no invest. de P&D de 1% e 2,7% sobre o Emprego segundo os setores, Brasil – 2017





Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

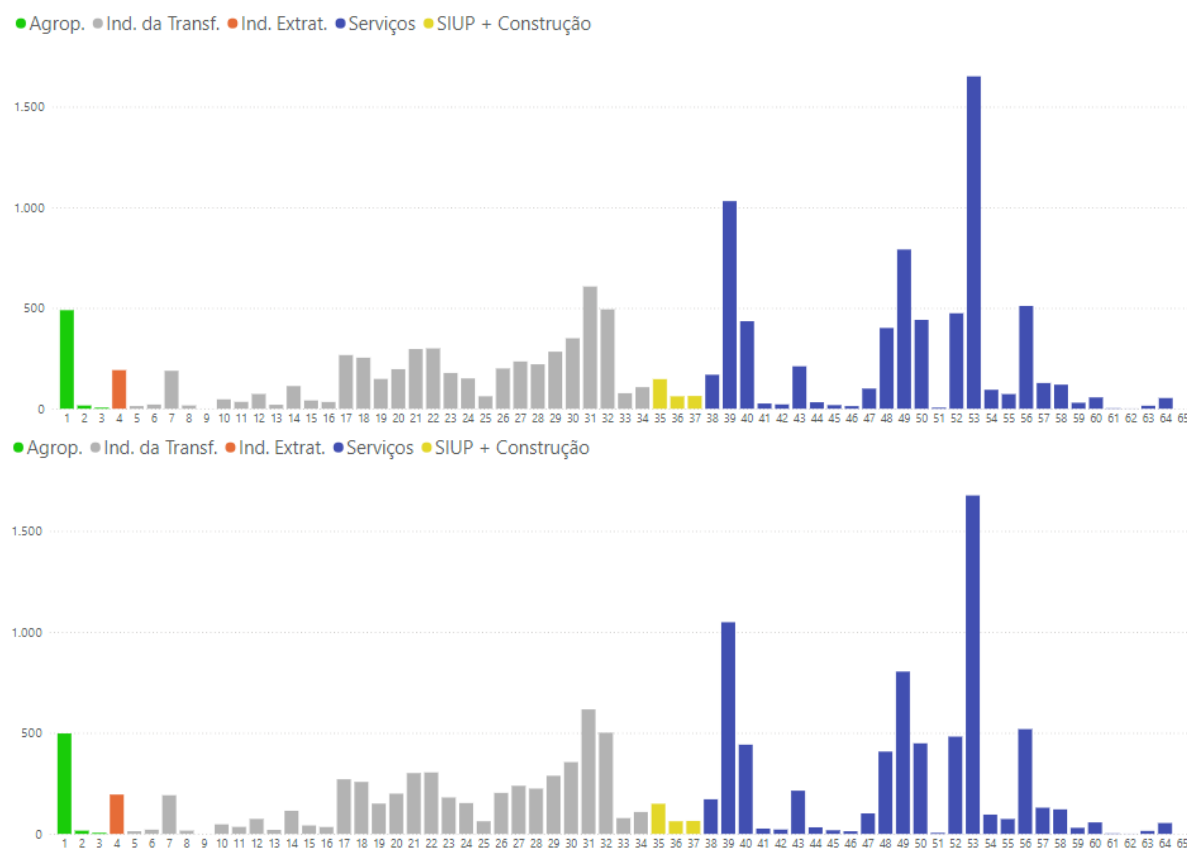
Quando se estimou um cenário mais otimista, com um aumento de 2,7% no investimento em P&D, tentando aproximar-se dos níveis praticados pelos países da OCDE, os setores mencionados apresentaram apenas um pequeno crescimento no número de novos empregos: 1,66% para Agricultura, 1,54% para Serviços de Arquitetura, Engenharia, Testes/Análises Técnicas e P&D, 1,68% para Comércio por Atacado e Varejo, exceto Veículos Automotores, 1,67% para Transporte Terrestre e 1,68% para Outras Atividades Administrativas e Serviços Complementares. Esses resultados sugerem que, embora o investimento em P&D tenha contribuído para a criação de empregos, seu impacto sobre a economia como um todo foi relativamente baixo. Isso pode ser explicado pelo fato de que o investimento em P&D no Brasil é inferior ao observado nos países da OCDE.

#### 4.4.2 Aumento no investimento de P&D de 1% e 2,7% sobre a Renda

O aumento no investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em 1% e 2,7% sobre a renda (Figura 15) gerou impactos variados nos setores da economia brasileira em 2017, com destaque para alguns ramos de serviços e manufatura. No setor de Serviços de Arquitetura, Engenharia, Testes, Análises Técnicas e P&D (53), o incremento foi expressivo. Com o investimento de 1%, houve um aumento de R\$ 1.651,18 na renda, representando 8% de crescimento, enquanto o investimento de 2,7% resultou em um aumento de R\$ 1.676,62, equivalente a 8,4%. Já no setor de Comércio por Atacado e Varejo, exceto Veículos Automotores (39), o impacto foi mais modesto, com o aumento de 1% resultando em R\$ 1.031,30 (0,3% de crescimento) e o de 2,7% registrando R\$ 1.048,61 (0,31% de crescimento).



Figura 15: Aumento no investimento de P&D de 1% e 2,7% sobre a Renda segundo os setores, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

O setor de Desenvolvimento de Sistemas e Outros Serviços de Informação (49) também apresentou um crescimento moderado, com o aumento de 1% gerando R\$ 791,03 (1% de crescimento) e o de 2,7% resultando em R\$ 804,15 (1,5%). Por outro lado, o setor de Fabricação de Peças e Acessórios para Veículos Automotores (31) mostrou impactos mais expressivos, com o aumento de 1% resultando em R\$ 606,95 (3% de crescimento) e o de 2,7% registrando R\$ 616,86 (3,04%). No setor de Outras Atividades Administrativas e Serviços Complementares (56), o impacto foi menor, com o investimento de 1% resultando em R\$ 510,48 (0,4%) e o de 2,7% gerando R\$ 519,03 (0,47%).

No geral, o aumento de 1% na demanda final por investimento em P&D elevou o valor total investido de R\$ 36,93 bilhões para R\$ 37,30 bilhões, com a remuneração média dos setores subindo para R\$ 194,34. Quando o investimento foi ampliado para 2,7%, o valor total investido atingiu R\$ 37,93 bilhões (um aumento de R\$ 1 bilhão), e a remuneração média subiu para R\$ 201,60. Assim como ilustrado na Figura 14, o

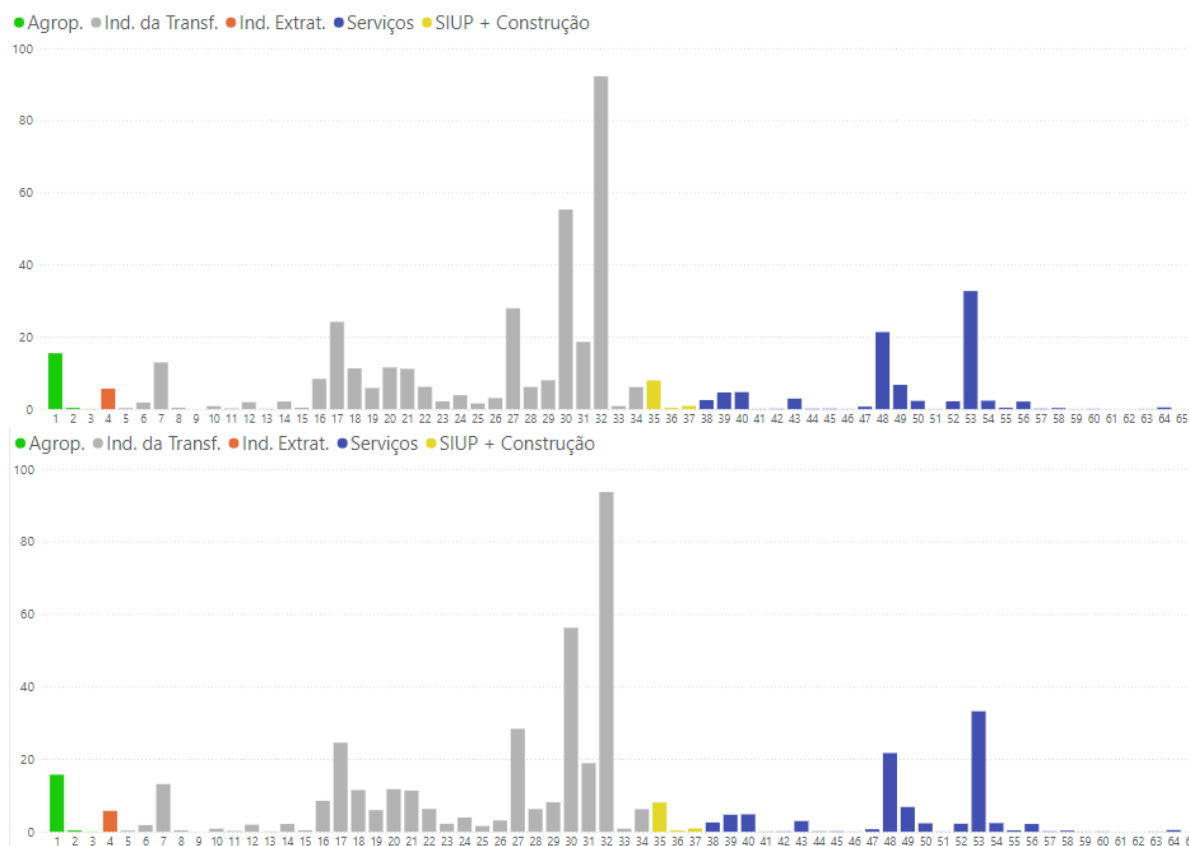
setor de serviços foi o mais impactado positivamente, demonstrando maior eficiência. Isso demonstra a capacidade dos serviços de se adaptarem rapidamente às inovações e investimentos em P&D, refletindo sua importância estratégica na economia brasileira.

#### 4.4.3 Aumento no investimento de P&D de 1% e 2,7% sobre o Capital Knowledge

A Figura 16 aborda o impacto do aumento no investimento em P&D de 1% e 2,7% sobre o Capital Knowledge, que é diretamente influenciado por esse tipo de investimento. Com o aumento de 1%, o setor de Fabricação de Outros Equipamentos de Transporte, exceto Veículos Automotores, registrou um incremento de R\$ 92,20 milhões, correspondendo a 5,8% de crescimento no valor do Capital Knowledge. Quando o investimento foi ampliado para 2,7%, esse setor apresentou um aumento para R\$ 93,65 milhões, equivalente a 5,9%. Já no setor de Fabricação de Automóveis, Caminhões e Ônibus, exceto Peças, o impacto foi mais moderado, com o aumento de 1% resultando em R\$ 53,30 milhões, ou 1,77%, e com o investimento de 2,7% gerando R\$ 56,20 milhões, ou 1,80%.

O setor de Serviços de Arquitetura, Engenharia, Testes/Análises Técnicas e P&D (53) demonstrou uma sensibilidade elevada ao investimento em P&D, com o aumento de 1% resultando em R\$ 32,72 milhões, representando um crescimento de 8,3%, e com o investimento subindo para 2,7% gerando R\$ 33,21 milhões, ou 8,4%. O setor de Fabricação de Equipamentos de Informática, Produtos Eletrônicos e Ópticos apresentou um crescimento de R\$ 27,94 milhões (2,4%) com o aumento de 1%, e R\$ 28,39 milhões (2,5%) com o aumento de 2,7%. O setor de Fabricação de Biocombustíveis também foi impactado, com um crescimento de R\$ 24,18 milhões (4%) com o investimento de 1%, e R\$ 24,57 milhões (4,07%) com o aumento de 2,7%.

Figura 16: Aumento no investimento de P&D de 1% e 2,7% sobre o Capital Knowledge segundo os setores, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

Com o aumento de 1% na demanda final por investimento em P&D, o total investido subiu de R\$ 36,93 bilhões para R\$ 37,30 bilhões, resultando em um aumento de R\$ 443,85 milhões no *Capital Knowledge* total dos setores. Ou seja, um incremento de R\$ 370 milhões no investimento em P&D gerou um aumento de R\$ 443,85 milhões no *Capital Knowledge*. Quando o investimento foi elevado para 2,7%, o total investido alcançou R\$ 37,93 bilhões (aumento de 1 bilhão) resultou em R\$ 451,09 milhões no *Capital Knowledge*,

Conforme o investimento em P&D avança, os ganhos em *Capital Knowledge* permanecem, mas de forma menos acentuada. Enquanto o aumento inicial gerou um impacto considerável, com um crescimento de R\$ 443,85 milhões, a elevação do investimento para 2,7% não resultaria em ganhos proporcionais, assim como aconteceu para o Emprego e a Renda. A estrutura da economia brasileira, caracterizada por setores menos intensivos em mão de obra qualificada, restringe a capacidade do P&D de fomentar a criação de empregos e o aumento significativo de salários. Setores que dependem fortemente de conhecimento, tendem a ser menos intensivos em mão de obra, o que limita seu impacto na geração de empregos e na elevação das remunerações.

Os resultados sugerem que, embora o investimento em P&D seja fundamental para o fortalecimento do Capital *Knowledge* e o avanço da inovação tecnológica, ele precisa ser complementado por políticas públicas que promovam maior integração entre a pesquisa, o desenvolvimento e o setor produtivo. A Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) destaca a importância dessa integração ao propor um paradigma de inovação colaborativa no Brasil, fomentando o fortalecimento das relações entre universidades e empresas, além da interação entre os diversos componentes do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). Além disso, é enfatizado a necessidade de investimentos contínuos em áreas como educação e infraestrutura de CT&I para consolidar, expandir e integrar o sistema, maximizando os benefícios econômicos e sociais resultantes desses investimentos (CGEE, 2018).

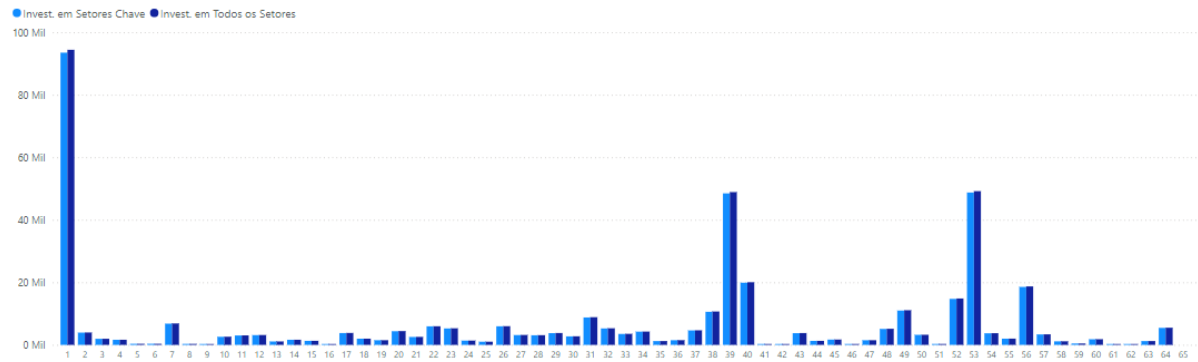
#### 4.4.4 Impacto Sistêmico nos Setores Chaves e em Todos os Setores

Foi realizado um investimento direto de 1% nos setores chave<sup>7</sup> na demanda por investimento em P&D, totalizando R\$ 558 milhões. Quando esse mesmo percentual de investimento foi aplicado em todos os setores, o valor chegou a R\$ 3,69 bilhões. Com apenas 15% do valor total investido nos setores chave, foi possível obter resultados semelhantes ao investimento em todos os setores. No primeiro cenário, foram gerados 405.836 novos empregos, enquanto o investimento mais amplo resultou em 409.428 novos empregos, uma diferença de apenas 3.591 empregos, ou 0,88%. Isso demonstra que, investindo apenas 15% do montante, é possível alcançar resultados similares.

Figura 17: Comparação do aumento de 1% no Investimento em P&D sobre o Emprego: Setores Chaves e Todos os Setores, Brasil – 2017

---

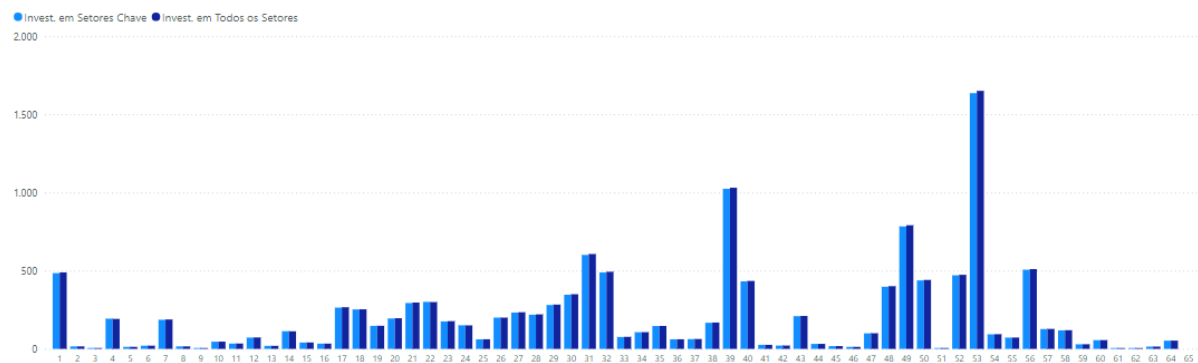
<sup>7</sup> Presente na Tabela 1: Setores Chaves da Economia, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

Mais uma vez, foi possível observar resultados semelhantes ao comparar o aumento de 1% no investimento em P&D nos setores chave com o mesmo incremento aplicado a todos os setores. O investimento nos setores-chave gerou um aumento médio na renda de R\$ 196,67, enquanto o investimento em todos os setores resultou em um incremento ligeiramente maior, para R\$ 196,92 — uma diferença de apenas R\$ 0,25, ou 12%. Isso demonstra que, com um investimento mais focado, é possível alcançar uma melhor alocação dos recursos financeiros.

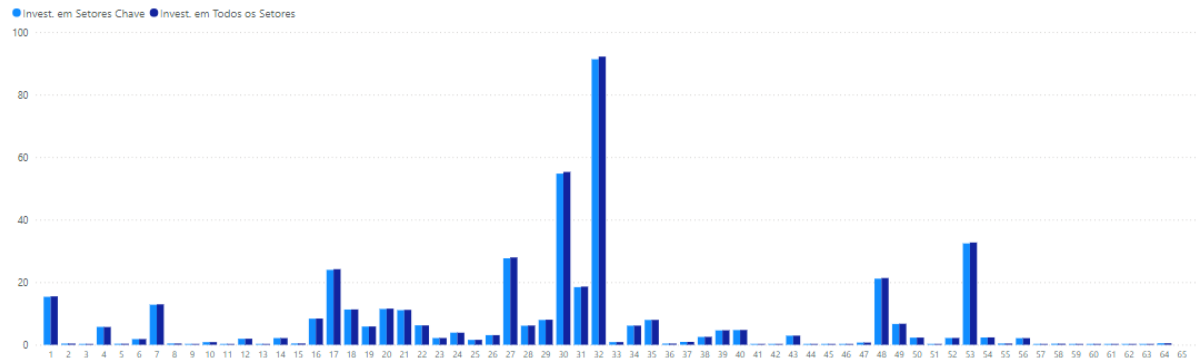
Figura 18: Comparação do aumento de 1% no Investimento em P&D sobre a Renda: Setores Chaves e Todos os Setores, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

Por fim, observou-se um resultado semelhante no *Capital Knowledge*, que cresceu de R\$ 440,30 milhões nos setores-chave para R\$ 443,85 milhões quando o investimento foi feito em todos os setores, o que representa um aumento de apenas 0,80%. É importante ressaltar que o investimento nos setores-chave foi de R\$ 558 milhões, enquanto o investimento total em todos os setores alcançou R\$ 3,693 bilhões. Esses dados evidenciam que o investimento focado nos setores-chave gerou uma resposta significativamente mais eficiente em comparação ao investimento mais amplo.

Figura 19: Comparação do aumento de 1% no Investimento em P&D sobre o Capital *Knowledge*: Setores Chaves e Todos os Setores, Brasil – 2017



Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (IBGE, 2017).

A análise de impacto sistêmico sobre o investimento em P&D demonstra que, apesar de o aumento de 1% na demanda final por P&D gerar benefícios notáveis, tanto em termos de criação de empregos quanto de aumento de renda e Capital *Knowledge*, esses efeitos são mais significativos em setores estratégicos que já possuem uma base consolidada em inovação. Quando comparado com o cenário mais otimista de 2,7%, observa-se que o retorno sobre o Capital *Knowledge* é maior, embora os ganhos em emprego e renda sejam relativamente menores, o que reflete as limitações estruturais da economia brasileira, ainda marcada por setores com menor intensidade tecnológica e qualificação de mão de obra.

Além disso, os resultados sugerem que uma alocação mais focada de investimentos em setores-chave pode ser mais eficiente, obtendo-se retornos próximos aos de investimentos generalizados, porém com um uso muito menor de recursos financeiros. Isso evidencia a importância de direcionar os esforços de P&D para setores com maior capacidade de absorver e multiplicar os efeitos do investimento em inovação.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar o impacto do investimento em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) na economia brasileira por meio de uma abordagem de insumo-produto, com foco no ano de 2017. O objetivo geral foi investigar como se comportaram a demanda setorial por CT&I e a produção de *Capital Knowledge* nos diferentes setores da economia. Para isso, foram definidos objetivos específicos, como estimar a demanda final por CT&I e o valor adicionado do *Capital Knowledge*, calcular os multiplicadores de produção, emprego, renda e *Capital Knowledge*, identificar os setores-chave da economia por meio dos índices de ligação e realizar uma análise de sensibilidade para avaliar o impacto de aumentos no investimento em P&D, considerando percentuais de 1% e 2,7% (média da OCDE), sobre o emprego, renda e *Capital Knowledge* nos diversos setores.

Os objetivos estabelecidos foram plenamente atingidos. O estudo conseguiu estimar a demanda final por CT&I e o valor adicionado de *Capital Knowledge* nos diversos setores da economia brasileira, assim como calcular os multiplicadores de produção, emprego, renda e *Capital Knowledge*. Além disso, foi possível identificar os 13 setores-chave da economia com base na PINTEC, destacando aqueles que apresentam maior capacidade de encadeamento produtivo. A análise de impacto sistêmico também foi realizada com sucesso, revelando os impactos do aumento de 1% e 2,7% nos investimentos em P&D sobre o emprego, renda e *Capital Knowledge*.

Em termos de resultados, os setores automotivo e alimentício se destacaram nos cálculos dos multiplicadores de produção, demonstrando seu impacto significativo sobre a economia. No que se refere à geração de emprego, os setores de serviços, como os Serviços Domésticos, se destacaram pela alta capacidade de criar postos de trabalho, enquanto o Refino de Petróleo apresentou um elevado efeito multiplicador indireto, devido à sua importância na cadeia produtiva. Além disso, a análise dos setores-chave identificou setores estratégicos como Refino de Petróleo, Transporte Terrestre, Energia Elétrica e Fabricação de Produtos Químicos, que exercem um

papel importante na dinâmica econômica do país devido ao seu forte encadeamento produtivo.

A análise de impacto sistêmico revelou que o aumento de 1% e 2,7% nos investimentos em P&D gera impactos significativos sobre o *Capital Knowledge*, especialmente em setores como Fabricação de Automóveis, Serviços de Arquitetura e Engenharia, e Fabricação de Equipamentos de Informática. Esses setores demonstraram ser capazes de amplificar os efeitos dos investimentos em CT&I, tanto em termos de conhecimento gerado quanto em produtividade. Entretanto, os impactos sobre o emprego e a renda foram relativamente limitados, sugerindo que, embora o investimento em P&D seja importante para o fortalecimento da inovação, é necessário um alinhamento maior entre inovação tecnológica e a sua absorção pelo mercado de trabalho.

Ao realizar a análise de impacto sistêmico exclusivamente nos setores-chave identificados, constatou-se que concentrar os investimentos em P&D nesses setores gera resultados altamente eficientes. Mesmo com apenas 15% do total de recursos alocados em investimento em P&D, os setores-chave conseguiram gerar efeitos semelhantes aos obtidos com a aplicação dos investimentos em todos os setores da economia. Essa estratégia focada foi capaz de gerar quase o mesmo número de empregos e ganhos de renda, além de um aumento expressivo no *Capital Knowledge*. Isso demonstra que direcionar os investimentos para os setores com maior capacidade de encadeamento produtivo pode ser uma estratégia mais eficaz e econômica, potencializando o retorno dos investimentos em P&D.

Comparando os resultados com a literatura, especialmente com o estudo de Pio (2016), este trabalho avançou ao utilizar dados mais recentes e realizar uma análise mais abrangente dos setores da economia brasileira. Enquanto Pio se concentrou em dados de 2013 e utilizou um modelo de equilíbrio geral computável (EGC), a análise da presente pesquisa empregou uma abordagem de matriz insumo-produto, permitindo nova ótica sobre os dados da PINTEC. O uso de dados de 2017 proporcionou uma visão mais atualizada dos efeitos dos investimentos em CT&I.

Em termos de contribuição, este estudo evidencia que, embora o Brasil tenha feito progressos em inovação, o país ainda investe menos em P&D quando comparado aos países da OCDE. Essa lacuna representa uma oportunidade significativa de melhoria, uma vez que os resultados mostram que investimentos mais direcionados em setores estratégicos podem gerar impactos econômicos



consideráveis, especialmente no aumento da produção, na geração de empregos, no crescimento da renda e na expansão do Capital *Knowledge*.

No entanto, de acordo com estudos sobre políticas industriais, como o de Hausmann e Rodrik (2003), o foco excessivo em setores específicos, como o de alta tecnologia, pode levar a uma "má alocação" de recursos. Esse processo ocorre quando o capital, a mão de obra e a inovação se concentram em áreas já saturadas ou maduras, reduzindo o crescimento potencial de outros setores que ainda possuem espaço para inovações incrementais ou expansão econômica. Isso pode resultar em uma redução na diversificação da economia e aumentar a vulnerabilidade a choques externos.

Adicionalmente, Rodrik (2016) argumenta que a industrialização precoce e o foco exclusivo em setores de alta tecnologia pode deixar de lado setores importantes, como agricultura, manufatura tradicional e serviços, que continuam sendo fundamentais para a criação de empregos e o desenvolvimento equilibrado de uma nação.

Os setores-chaves analisados tiveram uma resposta mais imediata e positiva ao investimento em P&D, apresentando um melhor desempenho no curto prazo. Contudo, esse desempenho superior pode, no longo prazo, se tornar problemático. O foco excessivo em tais setores pode, como destacado por Hausmann e Rodrik, limitar o crescimento de outros setores igualmente importantes, comprometendo a diversificação e a resiliência econômica. Assim, uma política econômica equilibrada deve garantir que esses outros setores recebam apoio proporcional para promover seu crescimento sustentável e evitar que a economia se torne excessivamente dependente de poucos setores.

Por fim, o trabalho também destacou algumas limitações, particularmente no que se refere ao escopo temporal e à abrangência dos dados da PINTEC, que não contempla o setor de serviços de maneira ampla. Pesquisas futuras poderiam se beneficiar de dados mais atualizados e explorar uma análise mais aprofundada do impacto sistêmico do investimento em P&D no Brasil, além de incluir novos setores, como o de serviços, para proporcionar uma visão ainda mais completa sobre o impacto econômico oriundos desse setor.

## REFERÊNCIAS

- ACYPRESTE, R., inovação tecnológica e crescimento no Brasil: um resultado a partir da Matriz de Insumo-Produto. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 42, p. 460-480, 2022.
- ALBUQUERQUE, E. Revoluções tecnológicas e general purpose technologies: mudança técnica, dinâmica e transformações do capitalismo. Em: RAPINI, M. S. et al. (Eds.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação**: Fundamentos teóricos e a economia global. 2nd. ed. [s.l.] Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.
- BECKER, Gary S. **Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education**. Chicago: University of Chicago Press, 412 p. 2009.
- BITTENCOURT, P.; CÁRIO, F. Sistemas de inovação: das raízes no século XIX à análise global contemporânea. Em: RAPINI, M. S. et al. (Eds.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação**: Fundamentos teóricos e a economia global. 2nd. ed. [s.l.] Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.
- BRESCHI, S.; MALERBA, F. Sectoral Innovation Systems: Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics and Spatial Boundaries. Em: ALFONSO, G.; MALERBA, F. (Eds.). **The Organisation of Economic Innovation in Europe**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. pp. 88-102.
- CARVALHO, ANDRÉA BENTO. Economia do Mar: Conceito, Valor e Importância para o Brasil / Andréa Bento Carvalho. – 2018.185 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento, PUCRS.
- CHIARINI, T. Ciência: avanços e interações. Em: RAPINI, M. S. et al. (Eds.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação**: Fundamentos teóricos e a economia global. 2nd. ed. [s.l.] Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.
- CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; 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](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017.pdf). Acesso em: 27 de ago. 2023.
- DATHEIN, R.; org. **Desenvolvimentismo**: o conceito, as bases teóricas e as políticas [online]. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. Estudos e pesquisas IEPE series, 375 p. ISBN 978-85-386-0382-5. DOI: 10.7476/9788538603825.
- DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Working Knowledge**: How Organizations Manage What They Know. Boston: Harvard Business School Press, 1998.
- DODGSON, MARK, ET AL. **The Management of Technological Innovation**: Strategy and Practice. Oxford, Oxford University Press, Uk, 2008.

DORE, R. Technology policy and economic performance; lessons from Japan. **Research Policy**, v. 17, n. 5, p. 309–310, out. 1988.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balanco Energético Nacional 2023**: Ano base 2022 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2023.

ESTRATÉGIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO 2016/2022: Sumário Executivo = National Strategy on Science, Technology and Innovation 2016/2022: **Executive Summary**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2018

FLAHERTY, Kathleen et al. Brazil: **Agricultural R&D indicators factsheet**. 2016.

FMI. **World Economic Outlook**: October 2023. FMI, 2023. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/10/10/world-economic-outlook-october-2023>. Acesso em: 04 de janeiro de 2024.

FREEMAN, C. The national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Tradução: André Luiz Sica de Campos e Janaina Oliveira Pamplona da Costa. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

GOULART, L. **Fontes de financiamento para os projetos estratégicos da Marinha do Brasil**. 2022. [89] f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

GRILICHES, Z. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. **The Bell Journal of Economics**, v. 10, n. 1, p. 92–116, 1979.

GUILHOTO, J.J.M., U.A. SESSO FILHO. Estimção da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais. **Economia Aplicada**. 2005.

GUILHOTO, J.J.M., U.A. SESSO FILHO. Estimção da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005. **Economia & Tecnologia**. UFPR/TECPAR. Ano 6, Vol 23. 2010.

GUILHOTO, Joaquim José Martins. **Análise de insumo-produto**: teoria e fundamentos. 2011.

HARADA, Tsutomu. "Estimating innovation input-output matrix and innovation linkages in the East Asian region and the USA." **Journal of Economic Structures**, vol. 5, iss. 9, 2016, pp. 1-24. DOI: 10.1186/s40008-016-0041-z

HAUSMANN, Ricardo; RODRIK, Dani. Economic development as self-discovery. **Journal of development Economics**, v. 72, n. 2, p. 603-633, 2003.

IBGE. **Pesquisa de Inovação**. Nota Técnica. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

KIM, Heon-Goo. The effect of it innovation on industrial output elasticities. **Hitotsubashi Journal of Economics**, p. 11-22, 2008.

KOELLER, P.; MIRANDA, P. Ciência, tecnologia e inovação: como mensurar? Em: RAPINI, M. S. et al. (Eds.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação: Fundamentos teóricos e a economia global**. 2ª ed. [s.l.]: Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

KON, Anita; BORELLI, Elizabeth. **Desenvolvimento econômico no Brasil: desafios e perspectivas**. Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2016.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LUNDVALL, B.-Å. **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. Pinter Publishers, 1992.

MEJÍA, G. The concept of Technology in the History of Economic Thought. From the Classics to Schumpeter, Evolutionism and today. **Revista Libre Empresa**, v. 14, n. 2, p. 199-214, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18041/libemp.2017.v14n2.28210>.

MILLER, Ronald E.; BLAIR, Peter D. **Input-output analysis: foundations and extensions**. Cambridge university press, 2009.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI. **Brasil: Dispêndio nacional em pesquisa e desenvolvimento (P&D), em valores correntes, em relação ao total de P&D e ao produto interno bruto (PIB), por setor institucional, 2000-2019. Tabela 2.1.3**. Brasília: MCTI, 2022.  
[https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos\\_aplicados/indicadores\\_consolidados/2\\_1\\_3.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/recursos_aplicados/indicadores_consolidados/2_1_3.html). Acesso em: 11 de dezembro de 2023.

MORCEIRO, P. C. A indústria brasileira no limiar do século XXI: uma análise da sua evolução estrutural, comercial e tecnológica. 198 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2018.

MORCEIRO, P.; TESSARIN, M.; GUILHOTO, J. Produção e uso setorial de tecnologia no Brasil. **Economia Aplicada**, v. 26, n. 4, 2022.

MORICOCCHI, Luiz; GONÇALVES, José Sidnei. Teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter: uma revisão crítica. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 8, p. 27-35, 1994.

MOWERY, David C.; ROSENBERG, Nathan. **Paths of innovation: Technological change in 20th-century America**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation**. Oxford University Press, 1995.

NOVAES, Gabriel Nascimento. **O setor brasileiro de tecnologia da informação: caracterização, desempenho inovativo e econômico**. 2022. 126 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Ciências Econômicas, Centro de Economia e Administração, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2022.

Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico - OECD. **Gross domestic spending on R&D (indicator)**. Disponível em: <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>. Acesso em 14.12.2023. DOI: 10.1787/d8b068b4-en.2023.

PELAEZ, Victor; SZMRECSÁNYI, Tamás (orgs.). **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, 2006.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro et al. Análise sistêmica da estrutura produtiva da Bahia para o ano de 2009. **Anais do XI Encontro de Economia Baiana. Salvador-Bahia**, 2015.

PESSALI, H.; FERNÁNDEZ, R. A tecnologia na perspectiva da economia institucional. Em: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Orgs.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Editora Hucitec, 2006.

PIO, João Gabriel. **Impactos dos Gasto em P&D 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.

POLANYI, M. **Personal knowledge: Towards a post-critical philosophy**. Chicago, IL: University of Chicago. 1962.

RODRIK, Dani. Premature deindustrialization. **Journal of economic growth**, v. 21, p. 1-33, 2016.

ROMER, P. M. Endogenous Technological Change. **Journal of Political Economy**, v. 98, n. 5, Part 2, p. S71-S102, 1990.

ROSEBOOM, Johannes. Sources of technological innovation in Brazilian agriculture. 1999.

SANTOS, A.; FAZION, C.; MEROE, G. Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter. **Caderno de Administração**, v. 5, n. 1, 2011.

SESSA, Celso Bissoli et al. O Impacto Econômico do Financiamento da Ciência no Brasil: um estudo comparativo entre importação e produção de um bem de capital em nanotecnologia. **Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação-ENEI**, 2017.

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. Em: **Anais do XXXVIII Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 38th Brazilian Economics Meeting]**. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pósgraduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics], 2011.

SILVA, M. d. S. d. **Fundos setoriais e os efeitos do financiamento à CT&I no Brasil**. 2022. 199 f.: il. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2022.

SOLOW, R. M. Technical Change and the Aggregate Production Function. **The Review of Economics and Statistics**, v. 39, n. 3, p. 312-320, 1957.

SZAPIRO, M.; MATOS, M.; CASSIOLATO, J. Sistema de inovação e desenvolvimento. Em: RAPINI, M. S. et al. (Eds.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação**: Fundamentos teóricos e a economia global. 2nd. ed. [s.l.] Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

TERLECKYJ, Nestor E. Effects of R&D on the productivity growth of industries: an exploratory study. National Planning Association, 1974.

TERLECKYJ, Nestor. Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries. Em: KENDRICK, John W.; VACCARA, Beatrice N. (Eds.). **New Developments in Productivity Measurement and Analysis**. Chicago: University of Chicago Press. p. 357-386. 1980.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia do Brasil. 7ª reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

VALE, V. A.; PEROBELLI, F. S. **Análise de Insumo-Produto: teoria e aplicações no R**. NEDUR/LATES. Curitiba, PR: Edição Independente, 2020.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO). **Global Innovation Index 2023**: Innovation in the face of uncertainty. Geneva: 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 1: Compatibilização e Agregação entre os dados da MIP 2017, PINTEC e ASTI

Quadro 1A: Compatibilização e Agregação entre os dados da MIP 2017, PINTEC e ASTI

(continua)

MIP 2017 – setor x setor	PINTEC e ASTI
Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	Agricultura (ASTI)
Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	
Produção florestal; pesca e aquicultura	
Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos	Indústrias extrativas
Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio	
Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração	
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	
Outros produtos alimentares	Fabricação de produtos alimentícios
Fabricação de bebidas	Fabricação de bebidas
Fabricação de produtos do fumo	Fabricação de produtos do fumo
Fabricação de produtos têxteis	Fabricação de produtos têxteis
Confecção de artefatos do vestuário e acessórios	Confecção de artigos do vestuário e acessórios
Fabricação de calçados e de artefatos de couro	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados
Fabricação de produtos da madeira	Fabricação de produtos de madeira
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
Impressão e reprodução de gravações	Impressão e reprodução de gravações
Refino de petróleo e coquerias	Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)
Fabricação de biocombustíveis	Refino de petróleo
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	Fabricação de produtos químicos inorgânicos / Fabricação de produtos químicos orgânicos / Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários
Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos	Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos
Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal	Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	Fabricação de artigos de borracha e plástico
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos

Quadro 1A: Compatibilização e Agregação entre os dados da MIP 2017, PINTEC e ASTI

(continuação)

<b>MIP 2017 – setor x setor</b>	<b>PINTEC e ASTI</b>
Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	Produtos siderúrgicos
Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais	Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição
Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	Fabricação de produtos de metal
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	Fabricação de máquinas e equipamentos
Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias
Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	Fabricação de peças e acessórios para veículos
Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	Fabricação de outros equipamentos de transporte
Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	Fabricação de móveis / Fabricação de produtos diversos
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	Eletricidade e gás
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 edição integrada à impressão	
Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem	Edição e gravação e edição de música
Telecomunicações	Telecomunicações
Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	Atividades dos serviços de tecnologia da informação
Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	
Atividades imobiliárias	
Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	
Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas / Pesquisa e desenvolvimento
Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	
Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual	



Quadro 1A: Compatibilização e Agregação entre os dados da MIP 2017, PINTEC e ASTI

(conclusão)

MIP 2017 – setor x setor	PINTEC e ASTI
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: Elaborado própria com base na PINTEC (IBGE, 2017) e ASTI (2013).

**APÊNDICE 2: Setores que Realizaram Dispendio em P&D (Valores Correntes em R\$ 1.000.000)**

Tabela 2A: Setores que Realizaram Dispendio em P&D (Valores Correntes em R\$ 1.000.000)

		(continua)
Código	Setores	P&D
53	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	4.898,00
1	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	3.977,80
48	Telecomunicações	2.954,91
30	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	2.784,18
32	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	2.322,23
17	Fabricação de biocombustíveis	1.856,95
27	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	1.822,69
49	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	1.769,09
31	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	1.708,47
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	1.620,16
20	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal	1.445,73
18	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	1.262,08
7	Outros produtos alimentares	1.205,75
4	Extração	927,70
29	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	878,50
35	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	811,91
28	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	744,23
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	707,09
24	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	542,30
19	Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos	506,10
23	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	432,07

Tabela 2A: Setores que Realizaram Dispendio em P&D (Valores Correntes em R\$ 1.000.000)

		(conclusão)
<b>Código</b>	<b>Setores</b>	<b>P&amp;D</b>
14	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	325,63
33	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	264,01
12	Fabricação de calçados e de artefatos de couro	260,64
26	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	249,66
25	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais	140,70
16	Refino de petróleo e coquerias	109,80
34	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	102,38
8	Fabricação de bebidas	100,27
11	Confeção de artefatos do vestuário e acessórios	92,53
10	Fabricação de produtos têxteis	54,08
47	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem	39,93
15	Impressão e reprodução de gravações	22,43

Fonte: Elaborado própria com base na PINTEC (IBGE, 2017).

### APÊNDICE 3: Resultado dos Multiplicadores

#### Quadro 3A - Resultado dos Multiplicadores

		(continua)						
<b>Código</b>	<b>Setores</b>	<b>MP</b>	<b>ME*</b>	<b>MEI</b>	<b>MR*</b>	<b>MRI</b>	<b>MK*</b>	<b>MKI</b>
1	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	1,6584	21,1952	1,2042	0,1974	2,1643	0,0052	1,7897
2	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	1,7863	47,4138	1,1744	0,2946	1,8321	0,0068	1,7850
3	Produção florestal; pesca e aquicultura	1,3573	26,6827	1,1509	0,1247	1,9186	0,0018	2,6714
4	Extração	1,8339	6,2798	6,8180	0,2854	2,6454	0,0060	1,8874
5	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	2,4108	24,8379	9,0491	0,3674	3,5166	0,0076	2,9381
6	Fabricação e refino de açúcar	2,2511	16,1032	6,2487	0,3471	2,2858	0,0177	1,3146
7	Outros produtos alimentares	2,2250	16,1279	3,7378	0,3406	2,8771	0,0125	1,5313
8	Fabricação de bebidas	2,1405	10,8608	4,5036	0,3676	2,9762	0,0069	2,2189
9	Fabricação de produtos do fumo	2,1214	13,7568	11,2187	0,3236	2,9436	0,0121	1,3589
10	Fabricação de produtos têxteis	1,9829	21,0515	1,7325	0,4031	1,8641	0,0070	1,7910
11	Confeção de artefatos do vestuário e acessórios	1,8214	34,3200	1,3399	0,4713	1,6414	0,0045	2,2637
12	Fabricação de calçados e de artefatos de couro	1,9484	19,2584	1,7971	0,4564	1,8407	0,0097	1,4833

Quadro 3A: Resultado dos Multiplicadores

(continuação)								
Código	Setores	MP	ME*	MEI	MR*	MRI	MK*	MKI
13	Fabricação de produtos da madeira	1,9119	21,3208	1,6522	0,4089	1,7843	0,0041	2,6847
14	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	2,0180	9,1924	4,1757	0,3507	2,3260	0,0060	2,1210
15	Impressão e reprodução de gravações	1,8160	15,2944	1,5754	0,4810	1,5728	0,0061	1,9940
16	Refino de petróleo e coquerias	2,2135	5,2063	90,4156	0,1876	9,1502	0,0103	2,0039
17	Fabricação de biocombustíveis	2,2633	15,0598	7,6174	0,3336	2,4215	0,0170	1,3611
18	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	1,9574	5,4112	8,4981	0,2457	3,0266	0,0068	1,8857
19	Fabricação de defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos	1,9800	6,7778	5,6638	0,3047	2,5805	0,0080	1,7109
20	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal	2,0779	10,1731	3,4268	0,3420	2,5906	0,0116	1,4918
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	1,7112	6,9278	4,5337	0,3430	1,9397	0,0090	1,3453
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	2,0005	9,7590	2,4887	0,3849	1,9551	0,0073	1,8028
23	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	2,0535	14,2748	1,8650	0,4682	1,8287	0,0066	2,1219
24	Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	2,1710	7,6600	7,4158	0,3383	2,9953	0,0071	2,4383
25	Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais	2,0975	7,7629	4,5798	0,3005	2,9395	0,0062	2,3651
26	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	2,0207	13,2908	1,8262	0,4444	1,8279	0,0070	1,8723
27	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	1,7631	6,8323	4,8656	0,2712	2,6146	0,0160	1,2968
28	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos	2,0649	9,3674	3,2412	0,4260	2,0748	0,0093	1,6258
29	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos	1,9405	9,6372	3,1077	0,4442	1,9210	0,0100	1,5277
30	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças	2,2384	9,2267	9,5592	0,4009	3,2618	0,0248	1,2790

Quadro 3A: Resultado dos Multiplicadores

(continuação)								
Código	Setores	MP	ME*	MEI	MR*	MRI	MK*	MKI
31	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	2,0704	9,9050	2,9842	0,4466	1,9643	0,0110	1,5746
32	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	1,7686	7,1525	3,3087	0,3683	1,8328	0,0437	1,1637
33	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas	1,8296	16,9856	1,6401	0,4026	1,7843	0,0049	1,9784
34	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	1,8133	12,1928	1,7557	0,3547	2,0360	0,0136	1,3639
35	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,9397	3,9688	7,4324	0,2029	3,1553	0,0067	1,9128
36	Água, esgoto e gestão de resíduos	1,5582	10,9694	1,5435	0,4034	1,3899	0,0036	2,0128
37	Construção	1,8708	20,9470	1,4864	0,3753	1,9712	0,0055	2,0022
38	Comércio e reparação de veículos automotores e motocicletas	1,5893	21,8964	1,2249	0,4147	1,4702	0,0064	1,5231
39	Comércio por atacado e a varejo, exceto veículos automotores	1,5441	19,1878	1,2634	0,4426	1,3818	0,0030	2,0743
40	Transporte terrestre	1,9604	16,5781	1,5082	0,4079	1,7121	0,0064	2,4635
41	Transporte aquaviário	1,7670	7,0708	2,7374	0,4148	1,7052	0,0039	5,7144
42	Transporte aéreo	1,8714	6,9583	4,6304	0,3441	2,1888	0,0041	4,7349
43	Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	1,5795	10,9561	1,7471	0,4989	1,4296	0,0068	1,3972
44	Alojamento	1,6987	22,9541	1,3345	0,5699	1,3309	0,0037	2,1023
45	Alimentação	1,8193	27,1786	1,3412	0,3673	1,7416	0,0044	2,4982
46	Edição e edição integrada à impressão	1,7541	13,9059	1,7346	0,5498	1,4985	0,0039	2,4055
47	Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem	1,8150	10,8440	2,8261	0,4650	1,8132	0,0038	2,1106
48	Telecomunicações	1,7747	7,9130	5,4814	0,3097	2,7542	0,0083	1,3834
49	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação	1,4097	8,3424	1,6555	0,4710	1,3108	0,0043	1,4032
50	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	1,4409	4,8113	2,6035	0,3729	1,4830	0,0023	1,7524
51	Atividades imobiliárias	1,1141	1,3511	1,8802	0,0410	3,0615	0,0004	2,7077
52	Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas	1,4356	12,0331	1,3998	0,3869	1,4095	0,0023	1,8389

Quadro 3A: Resultado dos Multiplicadores

(conclusão)								
Código	Setores	MP	ME*	MEI	MR*	MRI	MK*	MKI
53	Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D	1,5004	14,1778	1,3833	0,4683	1,3615	0,0083	1,2241
54	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas	1,9955	12,3820	2,1726	0,4038	2,8232	0,0060	1,6733
55	Aluguéis não-imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual	1,4666	10,4047	1,4916	0,3590	1,4186	0,0028	2,0720
56	Outras atividades administrativas e serviços complementares	1,4365	20,0428	1,1972	0,5595	1,2252	0,0032	1,6657
57	Atividades de vigilância, segurança e investigação	1,2367	21,0229	1,0916	0,7853	1,0793	0,0015	1,8090
58	Administração pública, defesa e seguridade social	1,3723	8,9080	1,5012	0,7185	1,1596	0,0027	1,5600
59	Educação pública	1,2166	14,3339	1,1815	0,8654	1,0756	0,0020	1,4408
60	Educação privada	1,3993	22,4156	1,1524	0,6981	1,1586	0,0020	1,9689
61	Saúde pública	1,4393	15,6464	1,4070	0,7535	1,1774	0,0050	1,3767
62	Saúde privada	1,5734	17,7220	1,4699	0,4444	1,4812	0,0052	1,4844
63	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos	1,6086	31,5438	1,1563	0,4525	1,3931	0,0030	2,0389
64	Organizações associativas e outros serviços pessoais	1,6538	33,9141	1,2105	0,4243	1,5706	0,0042	1,7383
65	Serviços domésticos	1,0000	90,7335	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Nota: MP = Multiplicador de Produção, ME\* = Multiplicador de Emprego, MEI = Multiplicador de Emprego Tipo 1, MR\* = Multiplicador da Renda, MRI = Multiplicador da Renda Tipo 1, MK\* = Multiplicador Capital Knowledge e MKI = Multiplicador Capital Knowledge Tipo 1

Fonte: Elaborado própria com base na PINTEC (IBGE, 2017).