

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto De Ciências Biológicas
Programa De Pós-Graduação Em Inovação Tecnológica

Gabriel Renault de Mendonça

**INTERAÇÕES UNIVERSIDADE-EMPRESA EM NANOTECNOLOGIA NO
BRASIL: EVIDÊNCIAS INTERNACIONAIS, NACIONAIS E INSTITUCIONAIS
A PARTIR DO CASO CTNANO/UFMG**

Belo Horizonte

2025

Gabriel Renault de Mendonça

**INTERAÇÕES UNIVERSIDADE-EMPRESA EM NANOTECNOLOGIA NO
BRASIL: EVIDÊNCIAS INTERNACIONAIS, NACIONAIS E
INSTITUCIONAIS A PARTIR DO CASO CTNANO/UFMG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual da Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção do título de Mestre em Inovação Tecnológica

Orientadora: Glaura Goulart Silva

Belo Horizonte

2025

Ficha Catalográfica

M539i Mendonça, Gabriel Renault de.
2025 Interações universidade-empresa em nanotecnologia no Brasil [manuscrito] :
D evidências internacionais, nacionais e institucionais a partir do caso
CTNANO/UFMG / Gabriel Renault de Mendonça. 2025.
1 recurso online (103 f. : il., gráfs., tabs., color.) : pdf.

Orientadora: Glaura Goulart Silva.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais –
Departamento de Química (Programa de Pós-Graduação em Inovação Tecnológica).
Bibliografia: f. 70-75.
Apêndices: f. 76-103.

1. Inovações tecnológicas – Teses. 2. Instituições de pesquisa – Teses. 3.
Universidades e faculdades públicas – Teses. 4. Propriedade intelectual – Teses. 5.
Nanotecnologia – Brasil – Teses. 6. Pesquisa e desenvolvimento – Teses. I. Silva,
Glaura Goulart, Orientadora. II. Título.

CDU 043



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ICEX - PÓS-GRADUAÇÃO EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

PARECER Nº 22/2025

**"INTERAÇÕES UNIVERSIDADE-EMPRESA EM NANOTECNOLOGIA NO BRASIL:
EVIDÊNCIAS INTERNACIONAIS, NACIONAIS E INSTITUCIONAIS A PARTIR DO
CASO CTNANO/UFMG".**

GABRIEL RENAULT DE MENDONÇA, Nº DE REGISTRO 2023704051

Dissertação **Aprovada** pela banca examinadora constituída pelos professores doutores:

Professora Doutora Glaura Goulart Silva (Orientadora)
(PPG em Inovação Tecnológica da UFMG)

Professor Doutor João Francisco Sarno Carvalho
(Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFMG Sul de Minas)

Professor Doutor Rodrigo Gribel Lacerda
(PPG em Inovação Tecnológica da UFMG)

Professor Doutor Allan Claudius Queiroz Barbosa
Coordenador do PPG em Inovação Tecnológica da UFMG

Belo Horizonte, 28 de agosto de 2025.

Parecer 22 (4506746) SEI 23072.253251/2025-11 / pg. 3



Documento assinado eletronicamente por **João Francisco Sarno Carvalho, Usuário Externo**, em 28/08/2025, às 18:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Gribel Lacerda, Coordenador(a)**, em 04/09/2025, às 12:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Glaura Goulart Silva, Professora do Magistério Superior**, em 19/09/2025, às 15:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Allan Claudius Queiroz Barbosa, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 23/09/2025, às 18:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4506746** e o código CRC **B1129931**.

RESUMO

Inseridos em um contexto de economia baseada no conhecimento, os centros de pesquisa vinculados a universidades públicas têm adquirido importância estratégica como vetores de inovação tecnológica e desenvolvimento industrial. Apesar desse potencial, a consolidação de parcerias em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) no Brasil ainda esbarra em barreiras que afetam o ambiente de cooperação entre instituições científicas e o setor produtivo. Diante desse cenário, esta dissertação tem como objetivo analisar, sob uma perspectiva multinível (internacional, nacional e institucional), os fatores que influenciam positiva ou negativamente a atratividade do Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno da Universidade Federal de Minas Gerais (CTNano/UFMG) para o estabelecimento de parcerias em PD&I com o setor empresarial. O primeiro nível corresponde à análise de dados internacionais do *Global Innovation Index* da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (GII/WIPO), permitindo avaliar o posicionamento do Brasil no sistema global de inovação. O segundo utilizou dados da Pesquisa de Inovação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PINTEC/IBGE), com foco nos obstáculos e dinâmicas da inovação industrial brasileira. O terceiro explorou documentação técnico-administrativa de três projetos executados pelo CTNano em parceria com empresas industriais de grande porte, buscando identificar padrões de gestão, estrutura contratual e perfil tecnológico dessas colaborações. Os resultados revelam que o Brasil comparativamente a outros países enfrenta limitações relevantes em pilares como institucionalidade, infraestrutura e capital humano, que comprometem a formação de redes colaborativas de inovação. No nível nacional, observa-se baixa intensidade de cooperação entre empresas e instituições científicas, especialmente entre organizações de menor porte. No plano institucional, os projetos analisados demonstraram práticas organizacionais maduras, com escopos bem definidos e entregas técnicas estruturadas. No entanto, a rigidez nos trâmites internos e a complexidade de articulação com o setor empresarial, em especial com de menor porte, surgem como desafios à ampliação dessas colaborações. Conclui-se que, embora centros como o CTNano/UFMG apresentem elevado grau de maturidade técnica e organizacional, sua atuação ainda está inserida em um sistema de inovação que demanda maior alinhamento institucional e políticas públicas mais para fortalecer o desenvolvimento econômico do país.

Palavras-chave: colaboração universidade-empresa; inovação tecnológica; nanotecnologia; sistemas de inovação; políticas de ciência, tecnologia e inovação.

ABSTRACT

Inserted in Embedded in a knowledge-based economy, research centers affiliated with public universities have gained strategic importance as drivers of technological innovation and industrial development. Despite this potential, the consolidation of Research, Development, and Innovation (RD&I) partnerships in Brazil still faces barriers that affect the cooperative environment between scientific institutions and the productive sector. In this context, this dissertation aims to analyze, from a multilevel perspective — international, national, and institutional — the factors that positively or negatively influence the attractiveness of the Center for Technology in Nanomaterials and Graphene at the Federal University of Minas Gerais (CTNano/UFGM) for establishing RD&I partnerships with the business sector. The first level involves the analysis of international data from the Global Innovation Index (GII/WIPO), allowing an assessment of Brazil's position in the global innovation system. The second axis draws on microdata from the Innovation Survey conducted by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (PINTEC/IBGE), focusing on the obstacles and dynamics of Brazilian industrial innovation. The third axis explores technical and administrative documentation from three projects carried out by CTNano/UFGM in partnership with large industrial companies, aiming to identify patterns of management, contractual structure, and technological profile of these collaborations. The results show that Brazil, when compared to other countries, faces significant limitations in pillars such as institutional framework, infrastructure, and human capital, which hinder the formation of collaborative innovation networks. At the national level, a low intensity of cooperation between companies and scientific institutions is observed, especially among smaller organizations. At the institutional level, the projects analyzed revealed mature organizational practices, with well-defined scopes and structured technical deliverables. However, the rigidity of internal procedures and the complexity of coordination with the business sector — particularly with small and medium-sized enterprises — emerge as challenges to expanding these collaborations. It is proposed that, although centers like CTNano/UFGM demonstrate a high degree of technical and organizational maturity, their operation remains embedded in an innovation system that requires greater institutional alignment and more robust public policies to strengthen the country's economic development.

Keywords: university-industry collaboration; technological innovation; nanotechnology; innovation systems; science, technology, and innovation policy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura representativa da composição do Índice Global de Inovação (GII)	155
Figura 2: Configuração da evolução da hélice tripla para quintúpla representando seus pontos de interação entre as três esferas, sociedade civil e meio ambiente	199
Gráfico 1: Representatividade das atividades de nanotecnologia em cada grupo de empresas dentro do setor de indústrias de transformação no Brasil.....	255
Figura 3: Tabelas utilizadas para cada um dos anos das pesquisas encontradas no banco de dados da PINTEC	Erro! Indicador não definido. 9
Gráfico 2: Indicadores econômicos e demográfico dos países analisados em relação à sua colocação no ranking GII em 2024.....	322
Gráfico 3: Evolução das posições no ranking do GII no período de 2013-2024	344
Gráfico 4: Evolução de Índia e Brasil no ranking de inovação no período entre 2013 e 2024 em relação a seus indicadores de entrada e saída (resultados)	344
Gráfico 5: Ganho (+) e perda (-) de posições em cada um dos indicadores de entrada e saída (resultados) entre 2024 e 2013 de Brasil e Índia	355
Gráfico 6: Evolução do crescimento do PIB PPC (p.p) e do GII no período de 2013 a 2023	388
Gráfico 7 (esq.): Evolução da implementação de inovação nas indústrias brasileiras; Gráfico 8 (dir.): Evolução do grau de novidade para o mercado	40
Gráfico 9: Evolução dos indicadores de cooperações entre as indústrias que implementaram inovações entre 2014 e 2022	44
Gráfico 10: Distribuição dos pedidos de patentes relacionados à nanotecnologia entre 2000 e 2020 no Brasil feito por empresas residentes (marrom escuro) e não-residentes (marrom claro)	477
Gráfico 11: Distribuição do número de pedidos de patentes relacionados à nanotecnologia por empresas residentes.....	488
Gráfico 12: Dados das empresas que interagiram com o CTNano/UFGM em projetos de PD&I as quais foram listadas para o credenciamento Embrapii	522
Gráfico 13: Número de pesquisadores relacionados no projeto Petrobras em cada uma das entregas	555
Gráfico 14: Composição do investimento do projeto Petrobras.....	566
Gráfico 15: Número de pesquisadores relacionados no projeto Vale em cada uma das entregas	588

Gráfico 16: Composição dos investimentos do projeto Vale	60
Gráfico 17: Número de pesquisadores relacionados no projeto Vallourec em cada uma das entregas	633
Gráfico 18: Composição dos investimentos do projeto Vallourec	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorização dos fatores críticos de sucesso nos projetos de cooperação de PD&I em interações U-E.....	233
Tabela 2: Posição dos países no ranking GII dentro dos pilares de entrada e saída em 2024	333
Tabela 3: Dados da PINTEC das indústrias que realizaram inovações, seus investimentos em atividades internas de PD&I e a influência governamental	422
Tabela 4: Fatores considerados importantes para as indústrias que realizam ou não inovações entre 2014 e 2022.....	433
Tabela 5: Percentual das indústrias que realizaram inovações que cooperam com ICTs divididas em atividades industriais	466
Tabela 6: Número dos pedidos de patentes entre 2000 e 2023 relacionados à nanotecnologia categorizados em seu campo de aplicação e tipos de nanomateriais	499
Tabela 7: Iniciativas do CTNano por tipos de nanomateriais, campos de aplicação nos e valores investidos em cada projeto com o tempo de execução em anos.....	50
Tabela 8: Evolução da execução técnica do projeto Petrobras (2018-2022)	55
Tabela 9: Evolução da execução técnica do projeto (2022-2024).....	599
Tabela 10: Evolução da execução do projeto Vallourec no período de realização (2022-2024)	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANPROTEC – Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores
BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CT&I – Ciência, Tecnologia e Inovação
CTNano/UFMG – Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno da Universidade Federal de Minas Gerais
EMBRAPII – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
EUA – Estados Unidos da América
GII – Global Innovation Index (Índice Global de Inovação)
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INSEAD – Institut Européen d’Administration des Affaires
ISO/TC 229 – International Organization for Standardization / Technical Committee 229 (Nanotecnologia)
MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PACTI – Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação
PD&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PIB – Produto Interno Bruto
PINTEC – Pesquisa de Inovação
PPC – Paridade de Poder de Compra
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SNI – Sistema Nacional de Inovação
TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação
U-E – Universidade–Empresa
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
WIPO – World Intellectual Property Organization (Organização Mundial da Propriedade Intelectual)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Inovação ao redor do mundo	14
2.2. Inovação no Brasil.....	16
2.3. Interações Universidade-Empresa (U-E) no Brasil.....	19
2.4. Nanotecnologia e Suas Aplicações Industriais	23
3. METODOLOGIA	26
3.1. Coleta e Análise de Dados dos Relatórios da WIPO	26
3.2. Coleta e Tratamento de Dados da PINTEC.....	28
3.3. Levantamento de Projetos do CTNano/UFMG, tratamento e análise dos dados	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Inovação no mundo e comparativo internacional	30
4.2. Inovação no Brasil: uma análise dos últimos dados da PINTEC	39
4.3. A demanda tecnológica em nanotecnologia no Brasil	46
4.4 Estudo de caso - Projetos CTNano para conquista EMBRAPPI.....	49
4.4.1 Projeto com a Petrobras: Desenvolvimento de cabos condutores de nanotubos de carbono para aplicação em umbilicais elétricos.....	53
4.4.2 Projeto com a Vale: Transferência Tecnológica para Revestimento Polimérico Nanoestruturado	56
4.4.3 Projeto com a Vallourec: Desenvolvimento de nanocompósitos com grafeno para revestir aço contra fragilização por hidrogênio.....	61
5. CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS.....	70
APÊNDICE A.....	76

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico de países que priorizam o avanço tecnológico possui forte relação com o quanto seus governos investem em inovações e em atividades de Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação (PD&I), demonstrando a importância do progresso tecnológico para a prosperidade socioeconômica (Armeanu; Vintilă; Gherghina, 2018; KALIN, 2023; VINCENZI; CUNHA, 2019). Embora o Brasil tenha demonstrado esforços crescentes nesse sentido, investindo 1,18% do seu Produto Interno Bruto (PIB) em PD&I, o país ainda se encontra abaixo de economias como Alemanha (2,95%) e Estados Unidos (2,62%) – ambos com estruturas mais consolidadas de apoio à inovação (Ministério de Ciência, 2022).

Essa limitação nos investimentos tem levado o Brasil a buscar mecanismos alternativos que favoreçam a eficiência no uso destes dispêndios pelas empresas. Um dos caminhos mais discutidos na literatura é o da inovação aberta para acelerar o desenvolvimento de novas soluções (Brunswicker; Chesbrough, 2018).

Em resposta a essas limitações, o governo federal tem implementado iniciativas visando fortalecer a cooperação e reduzir riscos no processo inovativo. Dentre elas, destaca-se o Plano Inova Empresa, lançado em 2013 com aporte de R\$ 32,9 bilhões para financiar projetos colaborativos entre empresas e centros de pesquisa, incluindo linhas específicas para setores estratégicos como agro, energia e defesa. Além disso, a Finep criou o programa Startup Brasil, que apoia startups por meio de bolsas de PD&I, mentoria e integração com universidades. Tais programas estimulam a adoção de práticas de inovação aberta, facilitando o intercâmbio de conhecimento, capacidades técnicas e riscos entre empresas, universidades e centros tecnológicos.

Nesse cenário de inovação aberta, destaca-se o papel das interações Universidade-Empresa (U-E), visando à aplicação de inovações originadas na universidade em materiais, dispositivos, softwares, ou seja, soluções a serem utilizadas pelas indústrias e, assim encorajando a troca de tecnologias e conhecimento (D'Este; Amara; Olmos-Peñuela, 2016). Diferentes são as necessidades entre as partes na colaboração U-E: as universidades buscam manter níveis altos de recursos para continuar as pesquisas em diferentes temas e a produção de conhecimento que possa ser, em princípio, divulgado para a sociedade; e as indústrias almejam a diferenciação competitiva em um mercado de mudanças tecnológicas rápidas e de produtos com ciclos de vida mais curtos (Ankrah; AL-Tabbaa, 2015).

Sendo assim, em um exemplo interessante de iniciativa do governo brasileiro a fim de apoiar as instituições de pesquisa tecnológica fomentando a inovação na indústria brasileira, foi idealizada a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII). A EMBRAPII foi criada em 2013 e estimula novas parcerias U-E por meio de incentivos financeiros às empresas que realizam projetos de pesquisa junto às suas unidades credenciadas, reduzindo os riscos associados aos projetos. Atualmente, a EMBRAPII possui mais de 90 unidades disponíveis em diferentes áreas de atuação, sendo uma delas o Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno da Universidade Federal de Minas Gerais (CTNano/UFMG), que desenvolve nanomateriais exequíveis para aplicações no setor industrial, com o escalonamento dessas tecnologias para lançamento no mercado. (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), 2023)

A Unidade EMBRAPII CTNano/UFMG atua no campo da nanotecnologia, com foco em materiais avançados. Nanotecnologia é uma área científica e técnica que lida com a manipulação de materiais em escala atômica e molecular e está se consolidando como promotora de tecnologias estratégicas para vários setores da indústria (European Commission of Public Health, 2006). O CTNano/UFMG se posiciona como um protagonista na cena brasileira da nanotecnologia, sendo dedicado à pesquisa e desenvolvimento de nanomateriais e nanodispositivos que abrem caminho para soluções aplicáveis em saúde, energia, meio ambiente, manufatura, entre outros, contribuindo diretamente para o crescimento econômico e a competitividade do país. As interações com as empresas estabelecidas no CTNano/UFMG podem variar desde a implementação de projetos de maior duração (2 a 3 anos) e alta complexidade, com o desenvolvimento de soluções disruptivas tecnologicamente, até a colaboração com serviços terceirizados de análises laboratoriais.

O CTNano/UFMG atua no campo da interação U-E e como já mencionado a interação U-E possui características que tornam essa relação complexa, como aspectos culturais, legais e técnicos. A diferença cultural entre universidades e indústrias é um fator dos mais importantes por destacar possíveis conflitos na tomada de decisão dentro das prioridades que cada ator demanda, em seu escopo de trabalho, propriedade intelectual e outros (Fernandes; O'Sullivan; Ferreira, 2021). Outro fator importante é a capacidade de absorção do valor resultante dessa colaboração, fazendo-se necessário interlocutores dentro das indústrias que sejam capazes de colaborar com as universidades. Além disso, apesar de empresas multinacionais agirem local e globalmente, a proximidade geográfica também se mostra relevante na colaboração U-E (Drejer; Østergaard, 2017; Østergaard; Drejer, 2022).

Apesar da relevância crescente das colaborações U-E no debate internacional, ainda são escassos os estudos que adotam uma abordagem multinível, integrando dados internacionais, nacionais e institucionais, para compreender como esses arranjos se concretizam em setores de fronteira tecnológica, como a nanotecnologia. Este trabalho se propõe a preencher essa lacuna ao combinar análise de indicadores globais (GII/WIPO), nacionais (PINTEC/IBGE) e documentação técnico-administrativa de projetos concretos de PD&I, permitindo uma visão das oportunidades e desafios enfrentados por uma instituição científica brasileira em sua interação com o setor produtivo. A diferenciação da pesquisa reside, portanto, na articulação de diferentes escalas de análise e na aplicação empírica desse modelo a um centro de referência em nanomateriais no país, oferecendo contribuições tanto teóricas quanto práticas para o campo da inovação.

Diante do panorama geral exposto, esta dissertação tem como objetivo principal analisar a posição do Brasil no cenário internacional de inovação e compreender, a partir de um estudo de caso em nanotecnologia, como as interações universidade-empresa têm contribuído para o avanço tecnológico em setores de maior complexidade. A análise busca, assim, mapear condições, gargalos e oportunidades a partir de três eixos complementares: (i) indicadores internacionais de inovação com base no Global Innovation Index (GII); (ii) dados nacionais da Pesquisa de Inovação (PINTEC); e (iii) um estudo de caso do CTNano/UFGM, centro de referência em projetos de inovação tecnológica em parceria com empresas. Com isso, a intenção da pesquisa é contribuir na resposta da seguinte questão: *“Como as interações universidade-empresa na área de nanotecnologia têm se configurado no Brasil a partir da experiência do CTNano/UFGM, e o que essa experiência revela sobre os desafios e potenciais do sistema nacional de inovação?”*

A investigação contribuirá para aprofundar a compreensão sobre os fatores que influenciam a configuração e o desempenho das interações universidade-empresa no Brasil, a partir de evidências empíricas do CTNano/UFGM. Ao analisar experiências concretas de colaboração em projetos de PD&I aplicada, busca-se iluminar aspectos institucionais, operacionais e estruturais que influenciam o êxito ou as limitações dessas interações em setores de alta complexidade tecnológica, como a nanotecnologia. Por fim, o presente estudo poderá trazer luz a desafios similares que outros centros tecnológicos no país podem enfrentar a fim de otimizar as suas atividades. Nos capítulos seguintes são apresentados literatura de referência para concepção dessa abordagem, metodologia de pesquisa que suportou a construção da proposta, resultados obtidos e discussão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

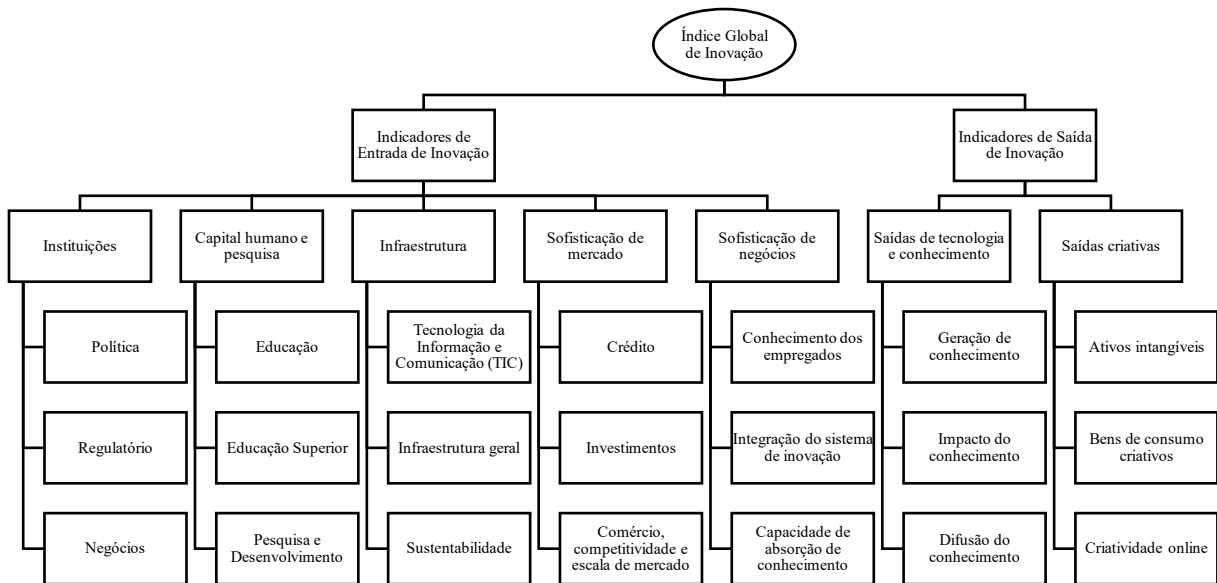
2.1. Inovação ao redor do mundo

Em um estudo para avaliar a competitividade entre países, (Fagerberg, 1988) sugeriu que os fatores principais que geram crescimento e competitividade internacional estão associados à capacidade dos países em competir no desenvolvimento tecnológico. Em outro estudo, o autor avaliou indicadores de 19 países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e 6 das mais relevantes economias industriais fora da OCDE para analisar o crescimento econômico e sua relação com as lacunas tecnológicas entre os países. Concluiu-se que existe uma correlação forte entre o nível de desenvolvimento econômico (PIB per capita) e de desenvolvimento tecnológico dos países, medidos pelos desembolsos em PD&I e estatísticas de propriedade intelectual (geração de conhecimento). (FAGERBERG, 1987)

Segundo (Costa Cavalcante, 2024), atualmente há três temas em destaque na literatura sobre inovação: (i) a inovação é essencial para o desenvolvimento econômico de países desenvolvidos e em desenvolvimento; (ii) as estruturas de governança estabelecidas para os esforços de inovação diferem entre países e impactam sua performance inovadora; e (iii) os resultados dos esforços de inovação são consequência de ações transversais que variam no tempo e no espaço. Portanto, cada país possui, seu próprio sistema e governança de inovação, moldando suas políticas conforme os objetivos estabelecidos.

Com o objetivo de medir os esforços de inovação em 132 economias, as Nações Unidas, por meio da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO) em parceria com a Universidade de Cornell e o INSEAD, criaram o Índice Global de Inovação – *Global Innovation Index* (GII). Este índice utiliza uma análise abrangente de 81 indicadores, baseados em dados de entrada e saída, relacionados à sofisticação de mercado e de negócios das economias, capital humano e pesquisa, infraestrutura e educação (Cornell University; INSEAD; WIPO, 2020). A Figura 1 mostra a estrutura básica que compõe os principais pilares e os indicadores do GII.

Figura 1: Estrutura representativa da composição do Índice Global de Inovação (GII)



Fonte: Adaptado e traduzido de Cornell University; INSEAD; WIPO, 2023

Para se compreender, então, os fatores determinantes que contribuem para os avanços tecnológicos dos países faz-se importante entender as estruturas de seus sistemas nacionais de inovação (SNI), uma vez que a avaliação de desempenho de um SNI possibilita aos governos identificar possíveis deficiências que impedem o desenvolvimento tecnológico. O SNI é uma estrutura institucional, resultante tanto de ações planejadas e deliberadas quanto de um conjunto de decisões não planejadas e descoordenadas, que fomenta o avanço tecnológico em economias capitalistas complexas. Através da consolidação desse sistema de inovação, viabilizam-se os fluxos de informações essenciais para o desenvolvimento e implementação de inovações tecnológicas (Lundvall, 1992; Nelson, 1993).

O estudo do GII tem sido amplamente utilizado para se estudar o SNI e os recursos nacionais de inovação, sendo uma ferramenta efetiva na mensuração destes recursos para os países (Crespo; Crespo, 2016; Maruccia et al., 2020). Com o objetivo de comparar a eficiência e a eficácia dos sistemas nacionais de inovação, (Bakhtiar et al., 2022) avaliaram o desempenho dos países utilizando os dados de entrada e saída que compõem o GII. Os resultados mostraram que países bem-posicionados no ranking de inovação global são capazes de transformar seus

recursos em resultados de inovação (eficiência) e, simultaneamente, gerar desenvolvimento econômico (eficácia).

Adicionalmente, para examinar a confiabilidade do GII no período de 2013 a 2021, (Nasir; Zhang, 2024) analisaram as interrelações entre os dados de entrada e saída de inovação que estruturam o índice. O estudo demonstrou que esses dados exercem efeitos positivos na posição final de um país no ranking global de inovação. Além disso, os autores enfatizaram que, embora o comércio internacional de bens de alta tecnologia e de TIC (tecnologia da informação e comunicação) seja essencial, a inovação global também depende de fatores como infraestrutura tecnológica e sistemas de comunicação, que nem sempre são capturados por indicadores de importação e exportação.

Por fim, (Moreira; Câmara; Tahim, 2022) realizaram uma extensa pesquisa bibliográfica para verificar a robustez dos indicadores do GII. Os resultados mostraram que o índice é academicamente justificável, conforme corroborado pela auditoria anual conduzida pelo *European Union Joint Research Center*, reforçando a validade dos critérios utilizados para avaliar o desempenho dos países no âmbito da inovação global.

Sendo assim, apesar de não pretender ser uma determinação final e definitiva das economias com relação à inovação, o GII busca avaliar indicadores de forma contínua para a identificação de políticas que promovam a inovação, apresentando métricas e métodos que capturem a riqueza do processo de inovação na sociedade. (Cornell University; INSEAD; WIPO, 2020). Neste contexto, é desejável avaliar a inovação no Brasil considerando o índice GII de modo a trazer este ângulo para uma discussão do SNI brasileiro e sua estrutura.

2.2. Inovação no Brasil

Conforme o GII de 2024, o Brasil ocupa a 50ª posição entre 133 economias (World of Intellectual Property Organization - WIPO, 2024). Embora o país esteja entre as 10 maiores economias do mundo, esse ranking revela um descompasso em relação ao seu potencial inovador, ainda que o índice tenha limitações. (Cavalcante, 2024) analisou as políticas de inovação do governo brasileiro ao longo da última década, evidenciando um desmonte significativo nas iniciativas voltadas à inovação, marcado pela redução de instrumentos e cortes orçamentários. Os efeitos desse desmonte impõem novos desafios à reconstrução do Sistema Nacional de Inovação (SNI) brasileiro.

Para consolidar o processo de inovação no país, um ambiente favorável ao desenvolvimento de tecnologias, empreendedorismo e relações entre instituições acadêmicas e

empresas precisa ser continuamente ampliado e melhorado. Ainda, é amplamente reconhecido que há um significativo descompasso entre ciência e mercado no Brasil. As relações entre instituições acadêmicas e o setor empresarial ainda são bastante frágeis, dificultando a consolidação do processo de inovação e, por conseguinte, o desenvolvimento econômico e social almejado. Diante dos desafios crescentes relacionados à geração de riquezas com base em commodities e produtos de baixa tecnologia, o apoio e o incentivo a empreendimentos de base tecnológica têm se destacado cada vez mais como uma alternativa promissora para alcançar o desenvolvimento econômico e social desejado (Faria et al., 2020).

Existem diferentes ações que visam o fomento do processo inovativo no país. O ecossistema de empreendedorismo, os mecanismos e ambientes de inovação têm sido divulgados e diversificados, como: i) universidades atuando não só na geração de conhecimento com a formação e extensão, mas também na geração de tecnologias, consultorias e oferta de infraestrutura de ponta para desenvolvimentos; ii) aceleradoras, incubadoras e parques tecnológicos; iii) hubs de inovação, laboratórios abertos e espaços de *coworking*; iv) mobilização de capital empreendedor por meio de investimentos de *venture capital*, *equity crowdfunding* e outros (SEBRAE; ANPROTEC, 2020).

No contexto de inovações industriais, as atividades acadêmicas contribuem para o avanço tecnológico industrial e para o processo de *catch-up*, sendo que as pesquisas mais efetivas têm sido predominantemente impulsionadas por aplicações orientadas à solução de problemas e ao desenvolvimento de tecnologias voltadas para atender demandas específicas de um público-alvo (MAZZOLENI; NELSON, 2006). Contudo, (Faria et al., 2020) destacam que negócios intensivos em ciência, especialmente nas áreas de *hard sciences* e *hardware*, enfrentam desafios específicos, como longos períodos de maturação e a necessidade de infraestrutura robusta e mão de obra altamente qualificada. Tais iniciativas, muitas vezes originadas no ambiente acadêmico, demandam uma sinergia com o setor empresarial e o apoio de políticas públicas que incentivem a pesquisa e inovação para que sejam bem-sucedidas.

Para rastrear o desempenho dos processos inovativos, suas ações e informar potenciais intervenções na formulação de políticas públicas no Brasil, a pesquisa industrial de inovação tecnológica (PINTEC) foi implementada em âmbito nacional pelo IBGE. Essa pesquisa oferece dados granulares das atividades de inovação das empresas brasileiras e teve seu início em 2000, investigando fatores que influenciam o direcionamento das empresas e de suas estratégias, esforços e incentivos, e obstáculos enfrentados em seus esforços de inovação. Algumas de suas variáveis são: incidência das inovações de produto e (ou) processo; investimento em atividades inovativas; fontes de financiamento; características das atividades internas de PD&I. Os dados

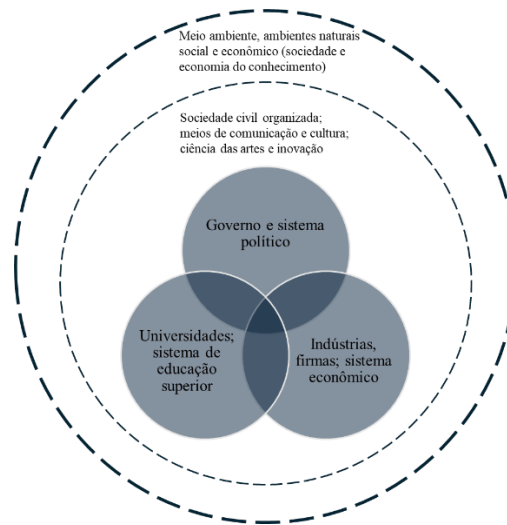
de saída gerados a partir da PINTEC informam seus usuários, como o governo, para tomadas de decisão e planejamento de ações (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024; Tironi, 2011).

Os esforços da aliança universidade-indústria-governo para o incentivo à pesquisa e inovação tem como estratégia cunhada o modelo da hélice tripla. Trata-se de uma coordenação alternada em trilateral e bilateral entre as três esferas mencionadas, as quais se desdobram em suas próprias missões. Quando ativos como patentes passam a circular entre diferentes agentes, surge uma interação tripla que intensifica os efeitos colaborativos. Esse modelo de economia, fundamentado no conhecimento, fortalece a economia política ao incorporar a produção e organização do saber científico e tecnológico, como o PD&I, diretamente nas dinâmicas do sistema. Essa aproximação entre as partes beneficia a comercialização de novas tecnologias, atendimento das demandas da sociedade e desenvolvimento econômico (Leydesdorff, 2012; Leydesdorff; Etzkowitz, 1996).

Apesar da pioneira abordagem das interações dimensionais propostas por Leydesdorff e Etzkowitz no modelo do tríplice hélice, o modelo sofreu evoluções com o passar dos anos para ser adaptado às mudanças globais. Com isso, outras duas dimensões foram incrementadas para corresponder a estas demandas, conforme mostrado na Figura 2: sociedade civil organizada, indústrias criativas e mídia; meio ambiente e desenvolvimento sustentável. (Carayannis; Campbell, 2021).

Essas novas dimensões reforçam as interações Universidade-Empresa ao ampliar o alcance e a relevância dos esforços conjuntos, pois a sociedade civil organizada e as indústrias criativas criam demandas sociais e culturais que incentivam a inovação e a aplicação prática do conhecimento acadêmico. Além disso, o foco no meio ambiente e no desenvolvimento sustentável introduz uma perspectiva crucial para a criação de soluções que atendam às necessidades do mercado, respeitando limites ecológicos e promovendo práticas responsáveis, o que fortalece ainda mais a colaboração entre universidade e empresa na busca por impacto positivo e inovação sustentável.

Figura 2: Configuração da evolução da hélice tripla para quintúpla representando seus pontos de interação entre as três esferas, sociedade civil e meio ambiente



Fonte: Adaptado e traduzido de (Carayannis; Campbell, 2021)

2.3. Interações Universidade-Empresa (U-E) no Brasil

As interações universidade-empresa (U-E) constituem um mecanismo central para acelerar o processo inovativo, promovendo cooperações entre instituições acadêmicas e empresas que buscam adquirir vantagens competitivas nos mercados cada vez mais dinâmicos em que atuam. As universidades podem contribuir para o processo de inovação das empresas como fonte de novas informações e de conhecimento, ao passo que a complexidade dos produtos e processos produtivos se tornam maiores. As empresas, por sua vez, contribuem com aportes financeiros e com o direcionamento do desenvolvimento tecnológico, especialmente em áreas intensivas em ciência. Desta forma, a importância da pesquisa acadêmica para os esforços inovativos dentro das empresas tem sido cada vez mais relevante (Garcia; Rapini; Cário, 2018).

Diversos canais de interação entre universidade e empresa oferecem benefícios mútuos, mas ainda enfrentam desafios relacionados à predominância de interações de baixa complexidade, como consultorias técnicas e treinamentos. (Fernandes et al., 2010) exploraram quais são os canais de interação e os benefícios gerados destes canais no contexto brasileiro entre firmas e organizações públicas de pesquisa (universidades e institutos de pesquisa). As evidências do estudo mostraram que o canal de interação de serviços (incluindo consultoria) foi importante para ambas as partes, sendo que para as universidades possui benefícios econômicos e intelectuais e para as empresas de produção intelectual.

No entanto, a comercialização de patentes e licenças de propriedade intelectual tiveram menor importância. A predominância de interações de pouca complexidade e sofisticação (consultoria técnica, engenharia não-rotineira e treinamento pessoal) também foi demonstrado em estudo feito por (Rapini, 2007), a partir de uma investigação da base de dados do Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

As interações U-E, do ponto de vista empresarial, podem ter intensidade e amplitude variáveis a depender das oportunidades tecnológicas e dos graus de apropriabilidade dos retornos esperados dos novos desenvolvimentos em cada setor de atividade industrial (Klevorick et al., 1995). Na perspectiva das universidades, as interações variam conforme as áreas de conhecimento, de modo que a contribuição da ciência para o processo de inovação é influenciada por particularidades de cada setor produtivo (Salter; Martin, 2001). No entanto, essas interações assumem características próprias no contexto brasileiro, onde o desenvolvimento industrial tardio e as demandas sociais e econômicas moldaram a especialização científica nacional em áreas como saúde, agrárias, mineração, engenharia metalúrgica e aeronáutica (Suzigan; Albuquerque, 2008).

Além das diferenças setoriais, outros fatores são determinantes na intensidade das interações U-E, como os associados ao tamanho da empresa e características do desenvolvimento de novos produtos, ao setor de pesquisa público (papel do mesmo como usuário, disponibilidade de *know-how*, políticas públicas), à empresa (nível de conhecimento dos colaboradores e propensão à interação) (Rapini, 2007). Essa dinâmica não se limita às barreiras estruturais, mas envolve também a percepção limitada sobre a relevância das colaborações U-E como indutoras de produtividade.

Conforme destacado por (Sala-i-Martin; Schwab, 2012), a baixa qualidade percebida das instituições de pesquisa científica e a falta de sofisticação do setor privado em muitos países em desenvolvimento reduzem significativamente o potencial dessas colaborações. Nessas economias, tanto o resultado efetivo de PD&I por dólar investido quanto a probabilidade de que os avanços sejam incorporados pelo setor privado são limitados, o que compromete a capacidade desses países de traduzir esforços de inovação em ganhos produtivos e competitividade (Goñi; Maloney, 2017).

Em análise do diretório de grupos de pesquisa do CNPq, (Fernandes et al., 2010) avaliaram 19.470 grupos, sendo que apenas 11% interagem com pesquisadores de empresas e outras organizações. Neste universo, pesquisadores líderes dos grupos de pesquisa analisados elencaram os principais meios de interação com empresas e os ordenaram de acordo com a sua

importância. Em especial foco, o meio Projetos de Cooperação de PD&I entre U-E ficou em quinto lugar entre quinze outros. Ainda nesta pesquisa, foi feito um outro levantamento com as empresas, a fim de classificar os principais benefícios nas interações com organizações públicas de pesquisa. Nesta análise, pesquisas complementares e pesquisas de substituição de seus departamentos internos junto a universidades e laboratórios públicos ocuparam quinto e sexto lugares, respectivamente, em importância de dez posições.

Com o objetivo de investigar as interações entre institutos de pesquisa/universidades e empresas no Brasil, (Rapini et al., 2009) analisaram respostas de questionários direcionados a líderes de institutos de pesquisa, gerando dados de suas áreas de conhecimento, os tipos de relacionamentos e os canais de troca de informação com empresas. O número total de grupos de pesquisa que participaram da pesquisa é de 1.005 e estes estavam distribuídos em Engenharias (323 grupos – 32,1%), Ciências Biológicas e da Saúde (221 grupos – 22,0%), Ciências Agrárias (200 grupos – 19,9%), Ciências Exatas e da Terra (158 grupos – 15,7%) e Humanidades (103 grupos – 10,2%). Nesta pesquisa, em relação à importância dos vários canais de transferência de conhecimento para as empresas, foram identificadas pelos pesquisadores respondentes como mais importantes as publicações (75%), os contratos de pesquisa (75%), os congressos e seminários (74%), o treinamento de pessoal (71%) e os projetos de PD&I cooperativo (71%). Em relação aos resultados do relacionamento, a importância mais destacada foram novos projetos de pesquisa (85%), seguidos da formação de recursos humanos e publicações (83%), teses e dissertações (82%) e publicações (80%). Resultados de relacionamento mencionados com menos destaque foram as descobertas científicas (60%), novos produtos e artefatos (59%), melhoria de processos industriais (50%), melhoria de produtos industriais (47%), novos processos industriais (46%) e patentes (45%). No campo específico das engenharias, as respostas dos líderes dos grupos de pesquisa indicaram uma importância maior de novos produtos e artefatos (72%), melhoria de processos industriais (74%), melhoria de produtos industriais (69%) e novos processos industriais (65%) em comparação às descobertas científicas (60%). (Rapini et al., 2009)

PINHO, 2018 aplicou questionários em equipe de 324 empresas distribuídas de forma equilibrada em classes de tamanho, a fim de compreender o relacionamento por parte das empresas. Houve predominância da área da indústria de transformação (62,6%) em relação às empresas respondentes do *survey*. Clientes são citados (35%) pelas empresas como primordiais para geração de novos projetos, e a própria linha de produção foi predominante (25%) nas citações como fonte importante para conclusão dos projetos. As universidades foram

mencionadas em terceiro lugar tanto para a sugestão de novos projetos de inovação (13%) quanto para conclusão de projetos (14%).

A fim de compreender a interação U-E dos projetos de colaboração U-E em países em desenvolvimento e desenvolvidos, (Nsanzumuhire; Groot, 2020) realizaram uma revisão da literatura com 68 artigos. Os autores concluíram aspectos como: existem inúmeras vias nas quais empresas e universidades interagem; a transferência de conhecimento tem maior sucesso em processos interativos constantes; barreiras para a interação U-E são relacionadas ao desalinhamento de informações, à motivação das partes interessadas, à estrutura, à governança e contextuais.

Além destes aspectos, em uma pesquisa feita com casos reais de projetos de interação U-E, (Albats; Fiegenbaum; Cunningham, 2018) concluíram como chaves a adequação das particularidades das colaborações; uso de avaliação especializada em colaborações de alta tecnologia; implementação de processos iterativos; impacto das publicações científicas; desenvolvimento de indicadores que sejam flexíveis para as partes.(BRUNEEL; D'ESTE; SALTER, 2010)

(Fernandes et al., 2023) avaliaram os estágios do ciclo de vida do desenvolvimento de projetos de interação U-E e, a partir de uma revisão da literatura, identificaram 42 fatores críticos de sucesso para gestão destes projetos. A Tabela 1 mostra os principais fatores dentro do ciclo de vida subdivididos em categorias pelos pesquisadores em sua análise. Os oito fatores identificados de maior relevância neste estudo foram: comprometimento da alta gestão; comunicação eficaz; engajamento das partes interessadas; boa liderança; metas claras e realistas; confiança e respeito mútuos; trabalho em equipe; papéis e responsabilidades claros.

De um ponto de vista geral, a literatura consultada concentra-se mais em discutir as razões pelas quais os desafios das interações U-E são estabelecidos no contexto tanto brasileiro quanto global. Pode-se afirmar que poucos são os trabalhos voltados a compreender as dificuldades e oportunidades associadas a ambientes específicos como os centros de tecnologia e outros institutos para a concretização de parcerias de desenvolvimento tecnológicos. Assim, uma lacuna que se pretende trabalhar neste estudo é o efeito do *locus* (centro de tecnologia) como promotor de inovação. No caso específico do CTNano/UFMG estamos considerando um conjunto de cooperações em torno da área de nanotecnologia.

Tabela 1: Categorização dos fatores críticos de sucesso nos projetos de cooperação de PD&I em interações U-E

Categoria	Fator Crítico de Sucesso
Técnico (17)	Metas claras e realistas
	Plano de Trabalho e Entregas Acordados e Atualizados Mutuamente
	Comunicação Eficaz
	Equipes Qualificadas e Competentes
	Gestão Eficaz de Mudanças
	Gerentes de Projetos Competentes
	Recursos Claramente Alocados
	Cronogramas Realistas
	Gestão de Riscos
	Monitoramento e Controle Regulares
	Orçamento Adequado
	Subcontratados Externos Eficazes
	Metodologia Adequada para Gerenciamento de Projetos
	Aprendizado e Benchmarking
	Papéis e Responsabilidades Claros
	<i>Expertise</i> Complementar
	Disponibilização de Treinamento
Humano (7)	Envolvimento das Partes Interessadas
	Boa Liderança
	<i>Champions</i> de Colaboração
	Confiança e Respeito Mútuos
	Trabalho em Equipe
	Alta Motivação
	Gestão Eficaz de Conflitos
Organizacional (10)	Comprometimento da Alta Gestão
	Visão e Metas Compartilhadas
	Culturas Adaptativas
	Boa Governança
	Estabilidade Corporativa
	Colaborações e Experiências Anteriores
	Benefícios Mútuos e Alinhamento com a Estratégia dos Parceiros
	Compreensão Mútua das Necessidades dos Parceiros
	Perspectiva de Longo Prazo
	Realização de Benefícios Balanceados

Fonte: Adaptado e traduzido de (Fernandes et al., 2023)

2.4. Nanotecnologia e Suas Aplicações Industriais

A nanotecnologia é vista como uma área tecnológica estratégica, atraindo intenso interesse de governos, empresas e instituições acadêmicas devido à sua capacidade de gerar produtos inovadores e aumentar a eficiência em variados setores industriais. Conforme definido pelo Comitê Técnico ISO/TC 229, a nanotecnologia envolve a compreensão, o controle e o aproveitamento das propriedades de materiais em escala nanométrica (ou nanomateriais), que geralmente possuem dimensões menores que 100 nanômetros. Nessa escala, os materiais apresentam propriedades únicas que permitem tanto o desenvolvimento de novas aplicações quanto o aprimoramento de produtos industriais, com a adição de pequenas quantidades de nanomateriais.

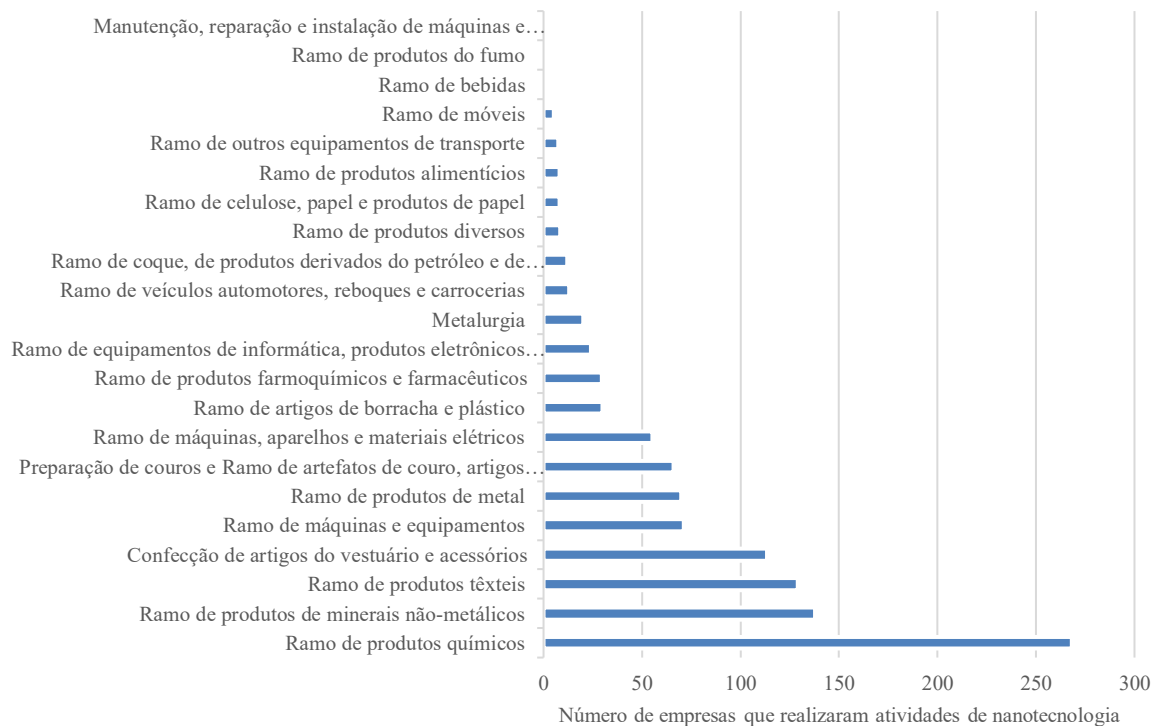
De acordo com StatNano, existem 11.172 produtos nanotecnológicos sendo utilizados por mais de 3.900 empresas no mundo inteiro. As aplicações em produtos são diversas em setores industriais como eletrônica, medicina, construção, cosméticos e outros. Estes dados são um panorama geral da importância atual da nanotecnologia em processos de desenvolvimento de produtos e como a abrangência desta tecnologia tem ampliado. (STATNANO, 2024)

A rápida adoção e a difusão da nanotecnologia em diferentes setores industriais refletem que a escala nano de manufatura está sendo e será progressivamente incorporada em todo domínio da ciência e tecnologia (Malik; Muhammad; Waheed, 2023). O mercado global de nanotecnologia pode chegar em 2026 a 12,1 bilhões de dólares, sendo que o líder no desenvolvimento do mercado global hoje se concentra na América do Norte com forte influência dos Estados Unidos. Já o setor que prevê maior crescimento é o farmacêutico e de assistência médica. Outras regiões também se destacam no mercado global, como a União Européia e Ásia (liderados por Japão, Coreia do Sul, China e Taiwan) (El-Kady et al., 2023).

No Brasil, pode-se considerar que o desenvolvimento da nanotecnologia teve início oficial em 2001 com o primeiro edital específico para a área, que incentivou a criação de redes cooperativas de pesquisa em instituições renomadas, como UFMG, UFRGS, UFPE e UNICAMP. Com o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI) de 2007, foi estabelecida uma coordenação nacional para integrar ações de inovação em todos os níveis de governo. Iniciativas importantes, como a criação do SisNano em 2012, um sistema de laboratórios multiusuário voltado para parcerias entre setor público e privado, contribuíram para o crescimento da área. Em 2020, foi aprovado o Marco Legal da Nanotecnologia, direcionando esforços contínuos de apoio, com investimentos públicos somando cerca de R\$ 600 milhões nos últimos 15 anos, recursos que podem ser considerados significativos, apesar de ainda inferiores aos aportes internacionais. A nanotecnologia continua a receber incentivos governamentais e da iniciativa privada, consolidando-se como uma área estratégica para o desenvolvimento científico e econômico do país. (Dias et al., 2021b)

Além das efetivas ações promovidas pelo governo, existem empresas privadas de nanotecnologia no Brasil. Segundo o PINTEC, em sua mais recente versão, existia 1.110 empresas que realizaram atividades envolvendo nanotecnologia no triênio 2015-2017, sendo 418 usuários finais, 287 usuários integrados, 214 produtores e 151 em PD&I. As indústrias de transformação são quase 100% do universo de análise com os setores distribuídos de acordo com o Gráfico 1 em ordem de maior engajamento em atividades de nanotecnologia no triênio observado na pesquisa.

Gráfico 1: Representatividade das atividades de nanotecnologia em cada grupo de empresas dentro do setor de indústrias de transformação no Brasil



Fonte: (IBGE, 2020)

Ainda, outro grupo que compõe o cenário de nanotecnologia brasileiro é o formado por centros tecnológicos e (ou) plantas piloto de produção de grafeno e nanomateriais de carbono, o que envolve as iniciativas do CTNano/UFMG e MackGraphe. Essas organizações têm potencial para desempenhar um papel único no desenvolvimento de produtos e na transferência de tecnologia para a indústria, graças ao foco na colaboração com o setor produtivo, apoiado por grupos experientes e interessados em promover o escalonamento das inovações.

Assim, a nanotecnologia é uma área de intensa atividade científica, com ampla aplicabilidade em diversos setores, atraindo grande interesse de governos e empresas. Além disso, é uma área altamente dependente de atividades de PD&I conduzidas por grupos acadêmicos e possui um grande potencial para a criação de novos produtos. No entanto, enfrenta significativas incertezas tecnológicas e de mercado. Nesse cenário, uma relação próxima com o setor produtivo é fundamental para que as propriedades dos nanomateriais se traduzam em benefícios práticos para a indústria e para os consumidores. O Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), destaca que o sucesso da nanotecnologia depende

da integração entre o conhecimento acadêmico e o poder de transformação da economia industrial, guiada pelas demandas de mercado e pela sociedade (Berti et al., 2019).

Embora a literatura sobre colaborações universidade-empresa e sistemas de inovação seja vasta, ainda são escassos os estudos que examinam, de forma articulada, como centros tecnológicos atuam estrategicamente em contextos nacionais com assimetrias institucionais e baixa maturidade sistêmica. No caso brasileiro, essas lacunas se tornam mais críticas diante das dificuldades estruturais reveladas em bases como a PINTEC e nos rankings globais de inovação. Diante disso, torna-se pertinente uma coordenação estratégica que integre diferentes níveis de análise e que permita compreender como um centro de excelência como o CTNano/UFGM se posiciona frente a essas condições. A seguir, apresenta-se a metodologia adotada para essa investigação.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de analisar o posicionamento do Brasil no cenário internacional de inovação e compreender, a partir de um estudo de caso em nanotecnologia, como as interações universidade-empresa (U-E) têm contribuído para o avanço tecnológico em setores de maior complexidade. A abordagem metodológica é de natureza exploratória e descritiva, com base em dados secundários coletados de fontes nacionais e internacionais consolidadas, organizados em três eixos analíticos: indicadores internacionais de inovação (WIPO); panorama da inovação industrial brasileira (PINTEC); estudo de caso de projetos realizados no CTNano/UFGM. Cada eixo foi construído com os dados que viabilizaram a sistematização, organização e análise. A seguir, detalha-se cada etapa.

3.1. Coleta e Análise de Dados dos Relatórios da WIPO

A primeira etapa da metodologia foi dedicada à coleta e análise dos dados contidos nos relatórios anuais da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), particularmente o Índice Global de Inovação (GII). Esse índice, amplamente reconhecido internacionalmente (Dutta; Lanvin; Wunsch-Vincent, 2023), fornece uma visão abrangente das condições de inovação em mais de 130 economias, por meio de um sistema estruturado de indicadores que avaliam tanto os insumos (entradas de inovação) quanto os resultados (saídas de inovação). Essa abordagem permite uma análise sistêmica, alinhada aos modelos teóricos de Sistemas Nacionais de Inovação (Lundvall, 1992), sendo particularmente útil para compreender a posição relativa do Brasil em comparação com diferentes realidades.

Conforme identificado em seus próprios documentos institucionais, como o relatório de avaliação (WIPO, 2022), a WIPO é valorizada pelos Estados-membros não apenas por seu suporte organizacional, mas também pela atuação efetiva de seus comitês técnicos suportados por instituições renomadas no cenário científico mundial na promoção de medidas que contribuem diretamente para o avanço das agendas normativas e para a mensuração de progressos concretos nos sistemas nacionais e internacionais de inovação. Assim, a utilização dos dados dessa instituição permite estabelecer um referencial comparativo robusto e metodologicamente confiável para compreender o posicionamento relativo do Brasil e de outros países em termos de resultados de conhecimento e tecnologia.

A escolha dos indicadores do GII foi guiada por sua relevância para mensurar aspectos críticos da capacidade de inovação, especialmente aqueles relacionados à formação de interações entre universidades e empresas. A análise se concentrou em pilares estruturais como instituições, capital humano, pesquisa e infraestrutura, além de variáveis mais diretamente ligadas à colaboração U-E, como coautorias público-privadas, financiamento a startups, desempenho acadêmico, produção científica, complexidade produtiva e intensidade tecnológica da estrutura econômica. Tais indicadores foram selecionados por permitirem avaliar tanto a base de ações que sustenta a inovação quanto os resultados tangíveis gerados, como patentes, exportações de alta tecnologia, produção de conhecimento e diversificação industrial. As definições dos indicadores que compõem o GII estão descritas no Apêndice I, a fim de situar as análises feitas nesta pesquisa.

A seleção foi orientada à identificação de padrões e contrastes entre economias com diferentes graus de maturidade em seus sistemas de inovação, sendo parte dos critérios de escolha dos países, assim como os indicadores macroeconômicos. Foram escolhidos os seguintes países para esta análise:

1. Suíça, por ser líder do ranking global de inovação e referência então em empregar atividades inovativas em resultados positivos;
2. Estados Unidos, maior economia do mundo, com alta capacidade de inovação integrada a dinâmicas de mercado;
3. Índia, como economia em desenvolvimento, entre as dez maiores economias do mundo e por compor o grupo do BRICS, todos similares ao Brasil;
4. Argentina, como comparativo regional dentro da América Latina;
5. Brasil, foco da análise, com ênfase no contexto institucional do CTNano/UFGM.

Essa composição garante uma análise comparativa ampla, permitindo a identificação de boas práticas, lacunas e oportunidades de adaptação ao contexto brasileiro. Os dados foram coletados diretamente dos relatórios anuais disponíveis no site da WIPO e organizados com suporte do Microsoft Excel e Power Query. As séries históricas selecionadas foram tratadas para permitir comparações entre os países e ao longo do tempo. O Power BI foi utilizado como ferramenta complementar de apoio para a exploração investigativa dos dados e construção de dashboards dinâmicos — ainda que os gráficos gerados não tenham sido diretamente incorporados no corpo da dissertação, serviram para fundamentar hipóteses e orientar a interpretação das informações.

3.2. Coleta e Tratamento de Dados da PINTEC

A segunda etapa compreendeu a análise dos dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC), conduzida pelo IBGE, com foco nas edições de 2014, 2017, 2021 e 2022 (sobreposição do aproximado do período analisado na seção dos dados internacionais). A escolha da PINTEC se deve à sua consonância ao Manual de Oslo, permitindo ter bom nível de confiança na metodologia aplicada. Além disso, as pesquisas desenvolvidas explicitam de maneira detalhada as condições inovativas do Brasil em relação à destinação dos investimentos das indústrias, principais parceiros de colaboração, detalhamento dos setores industriais e outros (Madeira et al., 2017). Com isso, a análise destes parâmetros é possível traçar possibilidades da situação histórica das atividades inovativas das indústrias no Brasil nos anos de 2014, 2017, 2021 e 2022.

A consolidação das tabelas utilizadas em cada ano foi realizada com base na Tabela 3 da dissertação, que apresenta detalhadamente a origem de cada dado utilizado. O tratamento das informações foi feito com Excel e Power Query, permitindo a padronização das séries e o cruzamento de variáveis. Importante destacar que os dados sobre dispêndios internos em PD&I para 2021 não foram coletados na edição da PINTEC correspondente, o que foi tratado de forma explícita na análise para evitar distorções.

Para garantir a comparabilidade temporal dos dados financeiros, os valores monetários foram ajustados utilizando informações da plataforma Bloomberg, uma instituição internacionalmente reconhecida por sua base de dados de mercado e fundos de investimento. Essa escolha garante confiabilidade no ajuste de valores e consistência na análise longitudinal.

3.3. Levantamento de Projetos do CTNano/UFMG, tratamento e análise dos dados

O levantamento dos projetos desenvolvidos pelo CTNano/UFMG foi essencial para explorar as interações universidade-empresa no Brasil, com foco nas iniciativas realizadas para substanciar o pedido de credenciamento do centro à EMBRAPPII. Esses projetos foram escolhidos devido à sua relevância estratégica, promovendo a integração entre academia e setor produtivo e oferecendo um modelo prático para avaliar as dinâmicas de inovação. Além disso, eram projetos que atendiam aos critérios do Edital da **Chamada EMBRAPPII 05-2022** ao qual o centro estava se submetendo, a saber: *“Demonstrar experiência no desenvolvimento de projetos de PD&I na área de competência proposta, por meio da apresentação de lista qualificada de projetos contratados com empresas no período de 01/01/2018 e 31/12/20215, preferencialmente industriais, na área a ser credenciada e nos quais tenha havido captação de pelo menos R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais) em recursos financeiros das empresas.”*

A escolha dos projetos foi guiada por três critérios principais:

1. Representatividade – envolver empresas de grande porte e relevância nacional (Petrobras, Vale e Vallourec);
2. Diversidade de aplicação – abranger distintos campos de aplicação da nanotecnologia (materiais condutores, revestimentos industriais, barreiras contra permeação de hidrogênio);
3. Disponibilidade documental – possuir registros técnico-administrativos completos (relatórios, aditivos contratuais, cronogramas e planilhas de investimento).

A análise envolveu a sistematização dos seguintes elementos:

- perfil da empresa parceira;
- escopo técnico e objetos de estudo (tipos de nanomateriais e soluções propostas);
- estrutura de governança e fluxo de tramitação institucional;
- composição da equipe e investimentos realizados;
- registros de alterações de escopo e justificativas técnicas;
- entregas técnicas validadas por relatórios parciais ou finais.

A partir da triangulação com os dados do GII e da PINTEC, os projetos foram interpretados como expressão prática dos desafios e oportunidades de interação U-E em setores de alta complexidade e discutidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Inovação no mundo e comparativo internacional

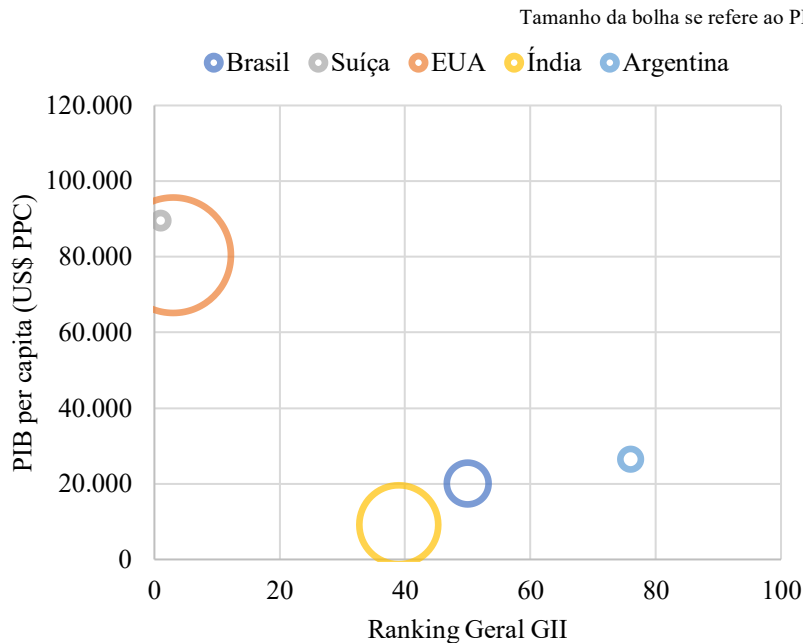
A Suíça é o país líder em inovação no ranking do GII até sua última atualização em 2024, destacando-se por liderar diversos indicadores de entrada, os quais resultam em posições elevadas nos principais dados de saída. O Gráfico 2 apresenta o PIB per capita de cada um desses países em relação às suas posições gerais no ranking GII. Nesse contexto, os Estados Unidos, posicionados em 3º lugar no ranking GII, juntamente com a Suíça, apresentaram um PIB per capita e posições no ranking significativamente superiores aos demais países analisados. As disparidades no ranking GII refletem possíveis prioridades distintas em seus sistemas de inovação e diferentes níveis de eficiência na conversão das entradas em resultado com os países de maior poder econômico se posicionando como mais inovadores.

O país mais bem posicionado no GII, após os líderes mencionados, é a Índia, que ocupou o 39º lugar. Já o Brasil, no ranking geral, ficou na 50ª posição. Brasil e Índia apresentam PIB per capita e posições no ranking GII relativamente próximas, o que pode sugerir desafios similares enfrentados por ambos os países. Por fim, a Argentina obteve o pior desempenho no ranking entre os países selecionados para o estudo, resultado que pode estar associado a desafios estruturais em seu sistema de inovação e economia.

A Tabela 2 apresenta as posições dos países em todos os pilares que compõem o GII. A Suíça destaca-se pelas melhores colocações em quase todos os pilares, com exceção de sofisticação de mercado e sofisticação de negócios. Embora os Estados Unidos tenham melhor desempenho nesses dois pilares, possuem menor destaque apresentam deficiências em Instituições, Capital Humano e Pesquisa, e Infraestrutura. A Índia obteve sua melhor colocação em Sofisticação de Mercado e sua pior em Infraestrutura.

Ainda em relação à Tabela 2, o Brasil demonstra sua maior lacuna no pilar de Instituições e sua melhor valência em Sofisticação de Negócios. A distância relativa no desempenho do pilar Instituições impacta negativamente de forma mais acentuada o desempenho geral do Brasil do que seu melhor indicador, uma vez que este ainda está distante de uma posição relevante. O Brasil supera apenas a Argentina, que apresenta deficiências mais acentuadas em Instituições e Sofisticação de Mercado. Observa-se, de modo geral, que o desempenho nos pilares de saída acompanha o posicionamento no ranking GII. Um ponto relevante é que os Estados Unidos ocupam posições de destaque nos indicadores de saída, especialmente em Conhecimento e Tecnologia (4º lugar) e Resultados Criativos (8º lugar), mesmo que três de seus pilares de entrada apresentem posições fora das primeiras 10 posições.

Gráfico 2: Indicadores econômicos e demográfico dos países analisados em relação à sua colocação no ranking GII em 2024



Fonte: World Bank, 2024

Nos indicadores analisados, o Brasil apresentou desempenho superior em apenas dois itens: gastos em educação como percentual do PIB (19º lugar), superando a Suíça (26º) e os Estados Unidos (30º), e diversificação industrial (27º lugar), à frente da Suíça (59º). No entanto, os piores indicadores de entrada do Brasil refletem o desempenho do pilar Instituições, destacando-se Efetividade do Governo (103º lugar) e Estabilidade Política para Negócios (115º lugar), o que reforça a má performance do país nesse pilar.

Comparando-se aos dois países líderes, o Brasil apresenta deficiências significativas em três indicadores relevantes dentro do pilar de Sofisticação de Negócios: emprego intensivo em conhecimento (%), no qual o Brasil ocupa o 60º lugar, enquanto a Suíça e os Estados Unidos ocupam o 10º e o 8º, respectivamente; colaboração universidade-indústria em PD&I, com o Brasil em 75º, Suíça em 1º e Estados Unidos em 3º; e coautorias público-privadas de conhecimento, com o Brasil em 56º, Suíça em 2º e Estados Unidos em 3º. Ademais, o Brasil não superou a Suíça ou os Estados Unidos em nenhum dos indicadores relacionados aos pilares de Resultados de Conhecimento e Tecnologia e Resultados Criativos. Entre esses indicadores, os piores desempenhos do Brasil incluem: complexidade de produção e exportação (69º lugar, contra 2º da Suíça e 14º dos EUA); artigos científicos publicados por bilhão do PIB (63º lugar, contra 5º da Suíça e 8º dos EUA); taxa de exportação de alta tecnologia em relação ao total

comercializado (58º lugar, contra 10º da Suíça e 20º dos EUA); e patentes por origem por bilhão do PIB PPC (53º lugar, contra 5º da Suíça e 8º dos EUA).

Tabela 2: Posição dos países no ranking GII dentro dos pilares de entrada e saída em 2024

	Suíça	EUA	Índia	Brasil	Argentina
Ranking Geral GII	1	3	39	50	76
<i>Pilares de Entrada</i>					
<i>Instituições</i>	3	17	54	103	123
<i>Capital humano e pesquisa</i>	4	12	51	57	55
<i>Infraestrutura</i>	7	30	72	55	77
<i>Sofisticação de mercado</i>	5	1	23	47	97
<i>Sofisticação de negócios</i>	4	2	58	39	60
<i>Pilares de Saída</i>					
<i>Resultados de conhecimento e tecnologia</i>	1	4	22	50	77
<i>Resultados criativos</i>	1	8	43	42	54

Nota: mapa de calor dos dados mostra o vermelho indicando as piores posições; o amarelo indicando posições intermediárias e o verde posições mais altas

A evolução da posição dos países analisados no GII entre 2013 e 2024 está representada no Gráfico 3. A Suíça manteve sua posição hegemônica ao longo de todo o período, permanecendo no topo do ranking sem variações. Os Estados Unidos também se consolidaram entre as dez nações mais inovadoras, com sua posição mais baixa registrada em 2018, quando ocuparam o 6º lugar.

A Argentina apresentou oscilações ao longo dos anos, com um desempenho mais instável no início do período e uma variação entre as posições 70º e 80º no ranking. Em contraste, Brasil e Índia se destacaram entre as economias que mostraram evolução positiva no índice. A Índia, em particular, apresentou um crescimento expressivo, saindo da 66ª posição em 2013 para alcançar a 39ª em 2024, consolidando-se como um dos países emergentes com maior ascensão no ranking.

Essa trajetória de melhora observada no Brasil e na Índia aponta para importantes mudanças estruturais e políticas que impactaram a inovação nesses países ao longo da última década. O Gráfico 4 e o Gráfico 5 evidenciam as variações significativas que ocorreram no mesmo período analisado nos dados de entrada e saída que compõem o GII, refletindo mudanças estruturais que impactam a capacidade de inovação e o desenvolvimento de colaborações U-E.

Gráfico 3: Evolução das posições no ranking do GII no período de 2013-2024

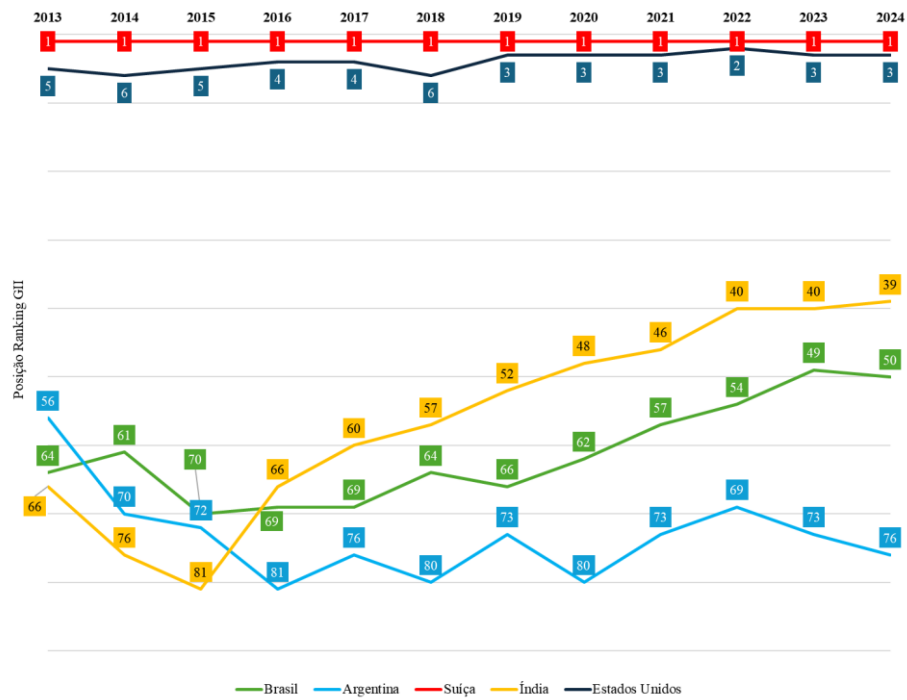


Gráfico 4: Evolução de Índia e Brasil no ranking de inovação no período entre 2013 e 2024 em relação a seus indicadores de entrada e saída (resultados)

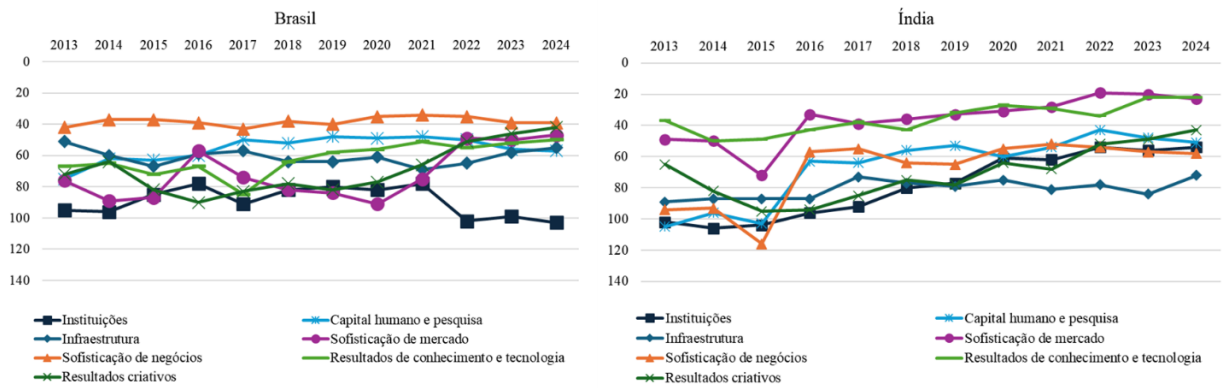
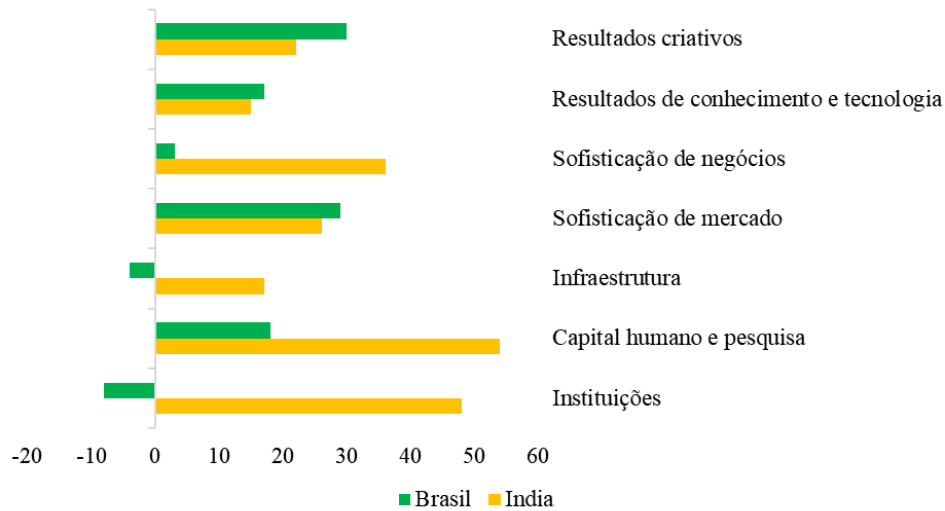


Gráfico 5: Ganho (+) e perda (-) de posições em cada um dos indicadores de entrada e saída (resultados) entre 2024 e 2013 de Brasil e Índia



A Índia demonstrou um avanço expressivo em fatores estruturais que influenciam a inovação. O país melhorou sua posição no ranking de Instituições, um pilar relevante para a segurança regulatória e a previsibilidade de investimentos em PD&I). Esse progresso está associado ao fortalecimento de políticas ao longo de sua história que incentivam parcerias público-privadas em projetos de PD&I, a reorganização de políticas tributárias e a descentralização institucional para promover responsabilidade e autonomia aos stakeholders, tornando o ambiente mais favorável para a inovação científica e tecnológica com o foco de se aproximar dos países desenvolvidos (Government of India, 2020; Sattiraju; Janodia, 2023). No Brasil, observa-se uma trajetória mais instável nesse indicador, com uma queda da classificação nos últimos anos significativa, o que pode representar desafios adicionais para a estruturação de políticas de longo prazo que estimulem a formalização e a consolidação de parcerias estratégicas entre o setor acadêmico e industrial.

Outro aspecto relevante é a qualificação da força de trabalho e a capacidade de geração de conhecimento científico. A Índia demonstrou uma evolução expressiva no indicador de Capital Humano e Pesquisa, enquanto o Brasil apresentou um crescimento moderado no início do período em análise e depois estagnação. No Brasil, apesar de avanços, a trajetória mais estagnada desse indicador sugere que o país ainda enfrenta dificuldades em ampliar a integração da academia ao ecossistema de inovação. Isso impacta diretamente a capacidade de absorção das empresas, especialmente em sua dimensão potencial, reduzindo a assimilação e aplicação do conhecimento gerado pelas universidades.

Como destacado por Cohen e Levinthal (1990) e Teixeira e Rapini (2020), a capacidade de absorção é condição necessária para o sucesso das interações U-E, sendo fortemente influenciada pela geração de conhecimento interno e pela similaridade entre as bases de conhecimento dos parceiros. Nesse sentido, a presença de força de trabalho qualificada nas empresas, sobretudo com habilidades voltadas a PD&I e familiaridade com ciência aplicada, melhora a comunicação entre os atores e aumenta a probabilidade de sucesso efetivo nas colaborações U-E.

A Sofisticação de Mercado e de Negócios mede o acesso ao financiamento para inovação e a capacidade das empresas de incorporar pesquisa e tecnologia. A Índia apresentou crescimento expressivo nestes indicadores, uma vez que promoveu o acesso a crédito para empresas e um ambiente favorável de investimentos em negócios via fundos privados (Dutta; Lanvin; Wunsch-Vincent, 2018). Já no Brasil, esses indicadores oscilaram ao longo dos anos, o que pode estar associado à volatilidade econômica e às dificuldades para ampliar os incentivos às empresas que buscam inovação. Esse fator é crucial para avaliar a sustentabilidade das interações U-E, uma vez que a disponibilidade de financiamento impacta diretamente o desenvolvimento de tecnologias em parcerias com institutos de pesquisa.

Além disso, estudos mostram que, mesmo quando financiadas com recursos privados, as interações U-E no Brasil tendem a gerar predominantemente resultados acadêmicos, e não tecnológicos, o que limita seu potencial de gerar inovações aplicadas e reflete os baixos níveis de sofisticação de negócios no país (Rapini et al., 2019). Soma-se a isso o fato de que incentivos fiscais à inovação, embora importantes, têm mostrado impacto positivo apenas em setores de média-alta intensidade tecnológica, como automotivo, químico e de equipamentos eletroeletrônicos. Em segmentos de menor intensidade tecnológica, esses mecanismos não apresentaram efeitos significativos, revelando uma forte segmentação setorial na capacidade de absorção e uso efetivo desses incentivos (Dos Santos; Rapini; Mendes, 2020).

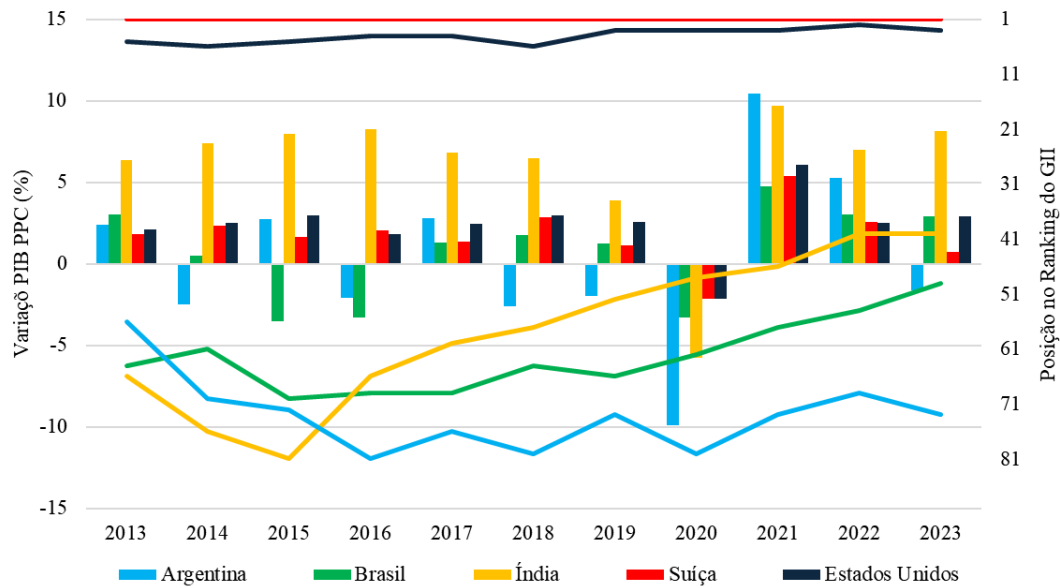
Nos indicadores que refletem os Resultados de Conhecimento e Tecnologia e os Resultados Criativos, Brasil e Índia apresentaram trajetórias distintas. Enquanto a Índia melhorou sua posição de forma progressiva, o Brasil teve uma recuperação mais expressiva nos últimos anos, especialmente nos Resultados Criativos, que englobam propriedade intelectual, design industrial e inovação cultural. Tais indicadores são essenciais para avaliar os efeitos das colaborações U-E, uma vez que estão associados à geração de patentes, ao desenvolvimento de novos produtos e à valorização da pesquisa aplicada.

A recente melhora observada no Brasil pode estar relacionada à presença de um núcleo de empresas com capacidade crescente de assimilar e aplicar o conhecimento gerado em ambiente acadêmico, transformando-o em soluções tecnológicas concretas. Esse processo, vinculado à noção de capacidade de absorção, mas também ao maior envolvimento das universidades em fomentar inovação com ações mais concretas, contribui para elevar o padrão competitivo nacional e estimular novos ciclos de inovação e produção científica. As universidades têm assumido um papel mais empreendedor e central dentro dos sistemas de inovação, sendo a colaboração U-E a dimensão mais importante neste conjunto (Pedrinho et al., 2020).

A análise da relação entre o GII e o crescimento do PIB em paridade de poder de compra (PPC) é útil ao integrar dois aspectos fundamentais da competitividade econômica: a capacidade de inovação e o desempenho macroeconômico dos países analisados. O Gráfico 6 apresenta a variação do PIB PPC em conjunto com a posição dos países no ranking de inovação, permitindo visualizar possíveis correlações entre os fatores. No entanto, a interpretação desses dados requer uma abordagem cautelosa, pois o crescimento econômico é influenciado por múltiplas variáveis além da inovação, o que pode limitar a força de algumas inferências.

Ao longo do período de 2013 a 2023, os países analisados demonstraram trajetórias distintas, com variações tanto no ranking do GII quanto na taxa de crescimento econômico. Observa-se que países com posições mais elevadas no ranking, como Suíça e Estados Unidos, mantêm relativa estabilidade em seus desempenhos, enquanto economias emergentes, como Brasil e Índia, apresentam oscilações mais acentuadas. A Índia, por exemplo, melhorou sua posição no GII ao longo do tempo, ao mesmo tempo em que registrou períodos de crescimento econômico significativo. Já o Brasil oscilou no ranking e apresentou momentos de retração econômica, sugerindo desafios estruturais que afetam sua competitividade.

Gráfico 6: Evolução do crescimento do PIB PPC (p.p) e do GII no período de 2013 a 2023



Ao longo do período de 2013 a 2023, os países analisados demonstraram trajetórias distintas, com variações tanto na posição no ranking do GII quanto no crescimento econômico. Observa-se que países com posições mais elevadas no ranking, como Suíça e Estados Unidos, mantêm relativa estabilidade em seus desempenhos, enquanto economias emergentes, como Brasil e Índia, apresentam oscilações mais acentuadas. A Índia, por exemplo, melhorou sua posição no GII ao longo do tempo, ao mesmo tempo em que registrou períodos de crescimento econômico significativo. Já o Brasil oscilou no ranking e apresentou momentos de retração econômica, sugerindo desafios estruturais que afetam sua competitividade.

Embora esses padrões possam indicar que a inovação desempenha um papel relevante no desempenho econômica e na capacidade de crescimento de longo prazo, a relação entre os fatores não é linear nem direta. O desempenho econômico de um país é condicionado por um conjunto amplo de variáveis, incluindo fatores externos, políticas macroeconômicas, estabilidade política e condições setoriais específicas. A análise apresentada no Gráfico 6 não permite estabelecer causalidade entre inovação e crescimento econômico, mas pode fornecer indícios de que um ambiente inovador mais consolidado pode estar associado a maior resiliência e adaptabilidade econômica. Países europeus que possuíam altos níveis de capacidade de inovação suportaram choques econômicos, como a crise de 2008, e o contrário também foi evidenciado na literatura (Bristow; Healy, 2018).

Além disso, algumas limitações metodológicas devem ser consideradas ao interpretar os dados. O GII avalia múltiplos aspectos da inovação, desde infraestrutura e capital humano

até a capacidade de transformar conhecimento em resultados concretos. No entanto, a forma como esses indicadores são ponderados pode não refletir diretamente a dinâmica setorial de cada país, especialmente em economias em desenvolvimento, onde a inovação pode ocorrer de maneira menos visível ou formalizada. Da mesma forma, o PIB PPC captura o crescimento econômico, mas não necessariamente reflete a sofisticação do setor produtivo ou a capacidade de absorção tecnológica das empresas, aspectos fundamentais para analisar o impacto da inovação na economia.

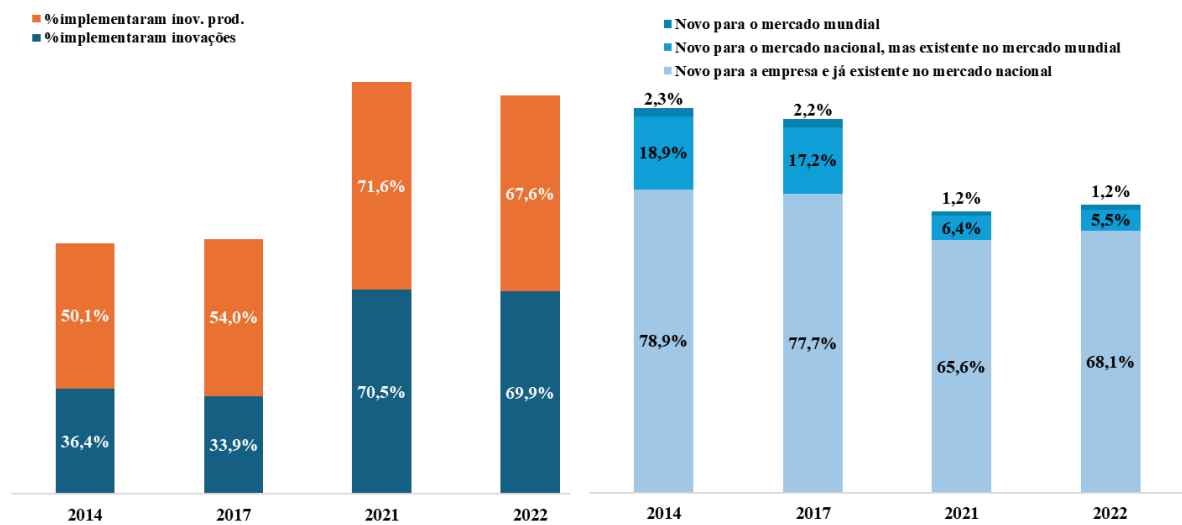
Dessa forma, a análise fornece um suporte quantitativo relevante para contextualizar o desempenho inovador dos países em relação ao crescimento econômico, mas deve ser complementada com outras mais detalhadas sobre os mecanismos internos que impulsionam ou restringem a inovação no Brasil. Nesse sentido, a próxima etapa, que se baseia na avaliação da PINTEC), investiga de maneira aprofundada essa relação, possibilitando um entendimento mais específico sobre como diferentes setores da economia nacional absorvem inovação e como as interações U-E têm se manifestado ao longo do tempo.

4.2. Inovação no Brasil: uma análise dos últimos dados da PINTEC

Como visto na análise dos dados provenientes do GII, o Brasil obteve progressos em seus indicadores de inovação, mas ainda existem gargalos que devem ser endereçados para subir no ranking, transformando o progresso tecnológico em resultados socioeconômicos. Em específico, nesta parte da pesquisa é proposto um panorama das atividades inovativas nas indústrias de transformação e extrativas, mostrando a penetração da inovação nas indústrias e sua natureza (incremental ou radical), como elas são financiadas, suas interações e as principais barreiras enfrentadas pelas indústrias brasileiras para implementação de inovações. Estes dados foram extraídos da base da PINTEC que estão disponíveis no site da PINTEC/IBGE.

A implementação de inovações na indústria brasileira tem apresentado mudanças significativas ao longo dos anos, conforme mostrado no Gráfico 7. Ele ilustra a proporção de empresas que implementaram inovações no período de 2014 a 2022, diferenciando aquelas que inovaram de maneira geral daquelas que implementaram especificamente inovações de produto. Inovações de maneira geral contabilizam inovações organizacionais, de negócios ou marketing. Observa-se que a porcentagem de empresas que adotaram inovações em geral aumentou significativamente entre os períodos analisados. Enquanto entre 2014 e 2017 a proporção de empresas inovadoras na amostra permaneceu abaixo de 40%, em 2021 e 2022 esse percentual ultrapassou 69%. A implementação de inovações de produto também aumentou no período, atingindo um pico em 2021 (71,6%) e apresentando uma leve redução em 2022 (67,6%).

Gráfico 7 (esq.): Evolução da implementação de inovação nas indústrias brasileiras;
Gráfico 8 (dir.): Evolução do grau de novidade para o mercado



Outro aspecto relevante para compreender a qualidade e o impacto das inovações introduzidas pelas indústrias brasileiras é o grau de novidade dos produtos inovados. O Gráfico 8 mostra a distribuição das inovações de produto segundo sua abrangência no mercado, diferenciando aquelas que são novas para o mercado mundial, novas para o mercado nacional e aquelas que são apenas novas para a própria empresa.

Os dados indicam que a maior parte das inovações realizadas pelas empresas na amostra são de caráter incremental, visto que a maioria dos produtos inovados já estava presente no mercado nacional e apenas uma pequena fração era nova para o mercado mundial. Em 2014, por exemplo, 78,9% das inovações se enquadravam nessa categoria, enquanto apenas 2,3% eram novas para o mercado mundial. Essa proporção se manteve relativamente estável até 2017, mas nos ciclos seguintes houve um aumento na proporção de inovações de produtos novos exclusivamente para a empresa (65,6% em 2021 e 68,1% em 2022), enquanto a parcela de inovações novas para o mercado nacional caiu. A falta de inovações industriais com alto grau de novidade enfrentada pelo Brasil dificulta a sua inserção em mercados globais, uma vez que se torna menos competitivo frente aos produtos de potências inovativas, como Estados Unidos, sem trazer diferenciação aos produtos e serviços oferecidos. Como exemplo, o governo americano age como um grande financiador dos riscos atrelados a projetos de alta complexidade (como financiamentos de tecnologias do departamento de defesa que foram aplicados a outras soluções) a que a iniciativa privada possui certa aversão por serem de resultados incertos (Mazzucato, 2013).

A análise dos investimentos em PD&I e do apoio governamental à inovação industrial no Brasil é importante para compreender a trajetória da estrutura produtiva nacional e de sua capacidade de geração de novas tecnologias. O sucesso estadunidense em seus esforços de inovação, por sua vez, é resultado de um modelo de incentivo público robusto ao setor privado, que, ao longo das últimas quatro décadas, contribuiu para o desenvolvimento tecnológico em domínios de alta complexidade e para a sustentação do crescimento econômico. Estudos recentes apontam que o governo dos Estados Unidos atua não apenas como financiador direto da inovação, mas também como indutor da complexidade tecnológica, ao promover a geração de conhecimento científico e sua aplicação prática por meio de patentes e investimentos em áreas estratégicas. (NAST; BROEKEL; ENTNER, 2024).

A Tabela 3 apresenta dados referentes à amostra de indústrias analisadas que realizaram inovações, àquelas que possuem atividades internas de PD&I, ao montante dos dispêndios em PD&I (corrigido e não corrigido pela inflação) e à proporção de empresas que receberam incentivos fiscais ou financiamento público para inovação ao longo dos períodos analisados. No que se refere às atividades internas e dispêndios em PD&I, nota-se uma variação significativa na proporção de indústrias inovadoras que mantinham atividades internas de PD&I ao longo dos anos. Em 2014, 17,1% das empresas analisadas que realizaram inovação também possuíam atividades internas de PD&I, percentual que aumentou para 20,4% em 2017. Nos anos mais recentes, houve um crescimento expressivo dessa participação, atingindo 48,1% em 2021 e 50,6% em 2022. Esse aumento, no entanto, deve ser interpretado com cautela, uma vez que a edição 2021/2022 da PINTEC restringiu sua amostra às empresas industriais com 30 ou mais pessoas ocupadas, excluindo os setores extrativos e indústrias de menor porte. Essa mudança metodológica reduziu significativamente o número de empresas analisadas — de cerca de 17 mil em 2017 para pouco mais de 4 mil em 2022 — e concentrou a pesquisa em um perfil empresarial mais estruturado, o que naturalmente eleva a proporção de empresas com atividades de PD&I interno entre as respondentes.

O volume de recursos destinados a essas atividades também apresentou variações expressivas. Em 2014, os dispêndios internos em PD&I registrados na amostra foram de R\$ 18,2 bilhões, valor que teve uma pequena redução em 2017, atingindo R\$ 17,7 bilhões. Já em 2022, esse montante aumentou consideravelmente, alcançando R\$ 36,9 bilhões. Ao se corrigir os valores de 2014 e 2017 pela inflação para comparação real em 2022, os investimentos desses períodos equivaleriam a R\$ 29,0 bilhões e R\$ 23,3 bilhões, respectivamente. Assim, mesmo

considerando a correção monetária, os dispêndios internos em PD&I na amostra de 2022 foram maiores do que nos períodos anteriores.

Tabela 3: Dados da PINTEC das indústrias que realizaram inovações, seus investimentos em atividades internas de PD&I e a influência governamental

Atividades internas e dispêndios em P&D				
	2014	2017	2021	2022
Amostra de indústrias analisadas que realizaram inovações	34.583	29.289	6.630	6.530
Indústrias que possuem atividades internas de P&D	5.914	5.973	3.186	3.301
% com atividades internas de P&D	17,1%	20,4%	48,1%	50,6%
Valor do dispêndio (valor em mil)*	R\$ 18.171.574,56	R\$ 17.726.487,15		R\$ 36.859.677,35
Valor do dispêndio (valor em mil)**	R\$ 28.977.454,68	R\$ 23.342.582,51		R\$ 36.859.677,35
Atividades inovativas com apoio público (incentivo fiscal e(ou) financiamento)				
	2014	2017	2021	2022
Amostra de indústrias analisadas que realizaram inovações	42.987	34.732	6.630	6.530
Indústrias que realizaram inovações com apoio público	17.389	9.406	-	2.545
%	40,5%	27,1%	-	39,0%

*sem correção da inflação

**com correção da inflação para 2022 - Bloomberg

Além dos investimentos próprios das indústrias, a Tabela 3 também apresenta dados sobre apoio estatal à inovação, incluindo incentivos fiscais e financiamentos governamentais. O percentual de indústrias que realizaram atividades inovadoras com apoio público manteve-se praticamente estável entre 2014 (40,5%) e 2022 (39,0%), após uma queda significativa registrada em 2017 (27,1%). Essa instabilidade ocorreu em um contexto marcado por crises econômicas e incertezas políticas, além dos impactos da pandemia de COVID-19, que afetaram a previsibilidade e a continuidade das políticas de incentivo à inovação.

As variações observadas no número de indústrias que implementaram inovações entre 2014 e 2022 não se explicam apenas por aspectos financeiros, como o acesso a crédito ou instrumentos de capital. Outros obstáculos à inovação — analisados na Tabela 4 — indicam um conjunto mais amplo de barreiras, perceptíveis tanto entre empresas que inovaram quanto entre aquelas que não o fizeram, ao longo de sete fatores críticos: instabilidade econômica; baixa atratividade da demanda; dificuldade em estabelecer parcerias; capacidade limitada dos recursos internos; limitações tecnológicas externas; escassez de recursos públicos e mudanças nas prioridades estratégicas.

Tabela 4: Fatores considerados importantes para as indústrias que realizam ou não inovações entre 2014 e 2022

	2014		2017		2021		2022	
	Realizaram	Não Realizaram	Realizaram	Não Realizaram	Realizaram	Não Realizaram	Realizaram	Não Realizaram
% Instabilidade econômica	63,6%	50,4%	54,9%	59,4%	84,4%	87,4%	82,4%	91,6%
% Baixa atratividade da demanda	14,7%	18,4%	13,9%	13,4%	42,4%	58,7%	43,1%	50,4%
% Dificuldade em estabelecer parcerias	25,3%	20,1%	16,6%	21,5%	34,4%	36,0%	34,3%	23,1%
% Capacidade limitada dos recursos internos	74,0%	59,8%	69,9%	52,8%	55,9%	52,2%	58,5%	48,7%
Limitações tecnológicas externas à empresa	18,1%	19,1%	21,9%	17,3%	35,8%	32,5%	32,1%	31,4%
% Escassez de recursos públicos	55,5%	41,9%	47,0%	42,3%	50,4%	51,5%	44,1%	38,4%
% Mudanças nas prioridades estratégicas	22,4%	22,6%	14,9%	16,4%	43,5%	43,9%	42,9%	34,2%

Nota: mapa de calor dos dados mostra o vermelho indicando as maiores barreiras; o amarelo indicando barreiras intermediárias e o verde barreiras mais baixas

A evolução desses fatores mostra padrões levemente distintos de percepção entre os grupos e ao longo do período analisado revela aumento das dificuldades no geral. A instabilidade econômica, por exemplo, tornou-se a principal barreira a partir de 2021, alcançando 84,4% entre as empresas inovadoras e 91,6% entre as não inovadoras em 2022. Já a capacidade limitada dos recursos internos manteve-se como obstáculo recorrente, ainda que com tendência de redução entre as inovadoras (de 74,0% em 2014 para 58,5% em 2022). A baixa atratividade da demanda e as mudanças nas prioridades estratégicas cresceram em importância, evidenciando um ambiente de mercado cada vez mais desafiador.

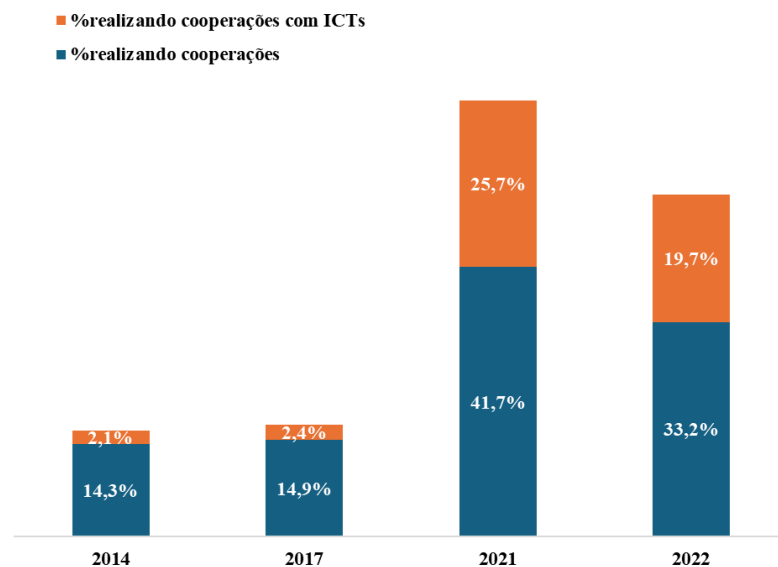
Esses dados sugerem que parte significativa das barreiras enfrentadas pelas empresas brasileiras tem natureza externa à firma, estando associadas a fragilidades institucionais, volatilidade macroeconômica, instabilidade regulatória e ausência de políticas públicas consistentes de estímulo à inovação. Essas barreiras são consistentes com a análise feita pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (De Negri et al., 2021), que destaca que o ambiente regulatório instável, a baixa previsibilidade orçamentária e a fragmentação das políticas de CT&I limitam o potencial de inovação das empresas brasileiras e de seus investimentos no setor industrial.

A título de contraste, observa-se que, na Suíça, país líder no ranking do GII, o número de empresas que realizam atividades inovadoras cresceu entre 2014 e 2020, ainda que enfrentem barreiras distintas. Lá, os principais desafios são típicos de economias de fronteira tecnológica, como a elevada complexidade regulatória nas áreas ambiental e de propriedade intelectual, os altos custos de mão de obra qualificada e as crescentes pressões por digitalização e sustentabilidade. No Brasil, enquanto a Suíça enfrenta barreiras estruturais e institucionais que dificultam o florescimento da inovação, países como a Suíça lidam com obstáculos relacionados ao avanço contínuo em contextos altamente sofisticados e competitivos (Gersbach; Wörter, 2024).

Por outro lado, em comparação com a Índia, país mais próximo do Brasil no ranking e uma economia em desenvolvimento, identificam-se barreiras distintas à escalada da inovação. As empresas indianas apontam como principais entraves a elevada incerteza quanto aos benefícios da inovação, os altos custos e a escassez de recursos internos, além da limitada atuação do governo no apoio à inovação. Também são citados fatores de mercado, como a dificuldade de acesso à demanda e a presença de estruturas monopolistas que limitam a concorrência (Pachouri; Sharma, 2016; Rath; Seenaiiah, 2017). Fatores estes mais próximos à realidade brasileira, o que mostra coerência com as similaridades dos países.

Os resultados do Gráfico 9 ilustram a evolução das empresas que estabeleceram cooperações no processo de inovação, destacando especificamente aquelas que colaboraram com Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs). Os dados evidenciam um crescimento expressivo na realização de parcerias entre 2014 e 2021, seguido por uma leve retração em 2022. Em 2014, apenas 14,3% das empresas inovadoras estabeleceram algum tipo de cooperação, sendo que a participação daquelas que colaboraram com ICTs foi ainda menor, 2,1%. Essa proporção manteve-se relativamente estável até 2017, com um crescimento discreto. Contudo, em 2021, a cooperação entre empresas inovadoras atingiu um pico de 41,7%, enquanto as cooperações especificamente com ICTs cresceram significativamente para 25,7%. Em 2022, ambas as categorias apresentaram uma redução em relação ao ano anterior.

Gráfico 9: Evolução dos indicadores de cooperações entre as indústrias que implementaram inovações entre 2014 e 2022



A Tabela 5 complementa essa análise ao detalhar a participação das diferentes atividades industriais na cooperação com ICTs. Em 2021, destacaram-se as indústrias de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos (44,7%), seguidas pelas indústrias extrativas (35,4%), e indústrias farmacêuticas (33,3%). Enquanto a indústria de equipamentos eletrônicos e ópticos manteve percentuais elevados de cooperação ao longo dos anos, setores tradicionais como o têxtil e vestuário apresentaram baixa participação. Essa discrepância sugere que a inovação nesses setores ocorre de forma mais fechada, sem forte presença da interação U-E.

Observa-se que setores de maior complexidade tecnológica demonstram maior propensão à cooperação com ICTs, o que é plausível visto que a maior complexidade destes setores gera maior incerteza na obtenção de resultados em projetos de PD&I e demanda compartilhamento de informações com especialistas acadêmicos para resolução dos principais gargalos de projetos. A colaboração em projetos de PD&I com as universidades apresenta maior potencial no impacto de inovação de produtos, pois contribui no acesso de conhecimento que outros tipos de colaborações de PD&I não oferecem (Un; Cuervo-Cazurra; Asakawa, 2008).

Setores como eletrônicos, extrativos e farmacêuticos evidenciam esse padrão ao demandarem continuamente capital intelectual qualificado, infraestrutura laboratorial avançada e conhecimento técnico atualizado — atributos frequentemente concentrados no meio acadêmico. Essa demanda é impulsionada por tendências globais como a pressão por sustentabilidade nas indústrias extrativas; o avanço das biotecnologias e o aumento da expectativa de vida nas farmacêuticas; e o desenvolvimento de tecnologias emergentes como a inteligência artificial, que exige inovação contínua em componentes eletrônicos.

Embora os dados apontem para um crescimento nas colaborações U-E, especialmente em setores de alta complexidade, não é possível afirmar com segurança uma relação causal entre esse aumento e a melhoria relativa dos resultados de conhecimento e tecnologia observados no GII, conforme apresentado no Gráfico 4. Ainda assim, a simultaneidade desses movimentos sugere uma possível conexão entre a ampliação das colaborações com ICTs e a evolução de certos componentes do desempenho inovador brasileiro.

Tabela 5: Percentual das indústrias que realizaram inovações que cooperam com ICTs divididas em atividades industriais

Atividades Industriais	2014	2017	2021	2022
Fabricação de produtos alimentícios	3,3%	1,0%	17,7%	8,6%
Fabricação de bebidas	2,2%	8,6%	33,7%	19,4%
Fabricação de produtos do fumo	20,0%	6,3%	3,8%	8,7%
Fabricação de produtos têxteis	1,3%	10,7%	20,9%	11,6%
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	0,1%	0,2%	11,4%	6,6%
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	0,4%	0,7%	17,4%	7,1%
Fabricação de produtos de madeira	0,2%	0,4%	4,9%	5,5%
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	1,6%	1,9%	13,6%	11,2%
Impressão e reprodução de gravações	3,8%	0,1%	11,4%	1,2%
Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	8,2%	20,0%	8,2%	7,7%
Fabricação de produtos químicos	5,8%	3,2%	17,5%	18,1%
Fabricação de produtos farmacêuticos e farmacêuticos	18,1%	24,2%	33,3%	27,0%
Fabricação de artigos de borracha e plástico	1,2%	0,8%	11,9%	19,7%
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	1,1%	4,8%	16,0%	11,9%
Metalurgia	3,2%	5,6%	15,3%	26,2%
Fabricação de produtos de metal	0,9%	1,9%	19,4%	9,8%
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	11,1%	8,0%	44,7%	43,0%
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	3,1%	4,0%	10,5%	11,9%
Fabricação de máquinas e equipamentos	1,5%	2,6%	25,2%	22,1%
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	1,0%	1,4%	27,3%	9,8%
Fabricação de outros equipamentos de transporte	2,2%	2,2%	17,3%	11,0%
Fabricação de móveis	2,0%	0,7%	15,9%	14,0%
Fabricação de produtos diversos	2,5%	1,0%	25,0%	9,5%
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	0,2%	5,2%	0,8%	7,6%
Extrativas	2,2%	5,7%	35,4%	20,8%

4.3 A demanda tecnológica em nanotecnologia no Brasil

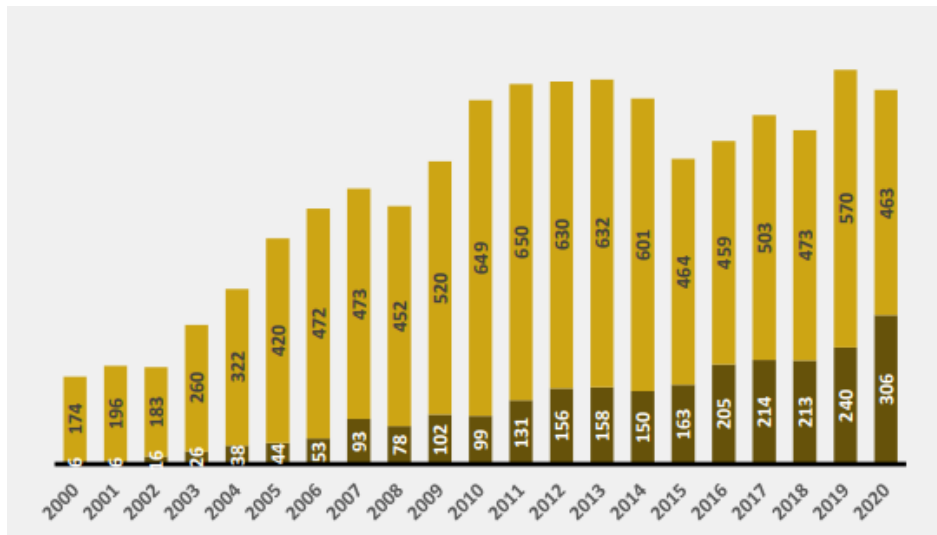
De acordo com Pagotto (2025), o Brasil tem se posicionado para liderar a revolução tecnológica em nanotecnologia junto aos EUA e à Alemanha em 2025. Pagotto é CEO da empresa Nanox, empresa atuante há mais de duas décadas com nanotecnologia no Brasil, e nesta referência emite sua opinião ao Mercado Mercantil. Ele menciona ainda que o setor industrial no mercado global que terá maior impacto com os avanços de nanotecnologia é o da nanomedicina em dispositivos médicos, projetando um tamanho de mercado próximo a US\$ 7,26 bilhões até 2029.

Um possível indicador da atratividade da inovação no âmbito brasileiro é o número de patentes concedidas. Este indicador não é o único, mas traz consigo uma representação do fomento tecnológico relacionado à nanotecnologia. O Gráfico 10, então, mostra a distribuição dos pedidos de patentes relacionados à nanotecnologia por residentes (barras escuras) e não-residentes (barras claras). A diferença entre empresas residentes e não-residentes se dá pelo seu registro fiscal em território nacional.

Apesar dos esforços mostrados ao longo dos anos 2000 a 2020 com investimentos públicos de mais de R\$ 600 milhões, infraestrutura com diversos laboratórios espalhados em diferentes regiões do Brasil, programas interinstitucionais (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), CNPq e ministérios) e outros (DIAS et al.,

2021), o Gráfico 11 apresenta uma tendência de estabilização dos pedidos de patentes, sendo em sua maioria pedidos de empresas não-residentes, ainda que os pedidos de residentes em termos relativos tenham tido incrementos na série.

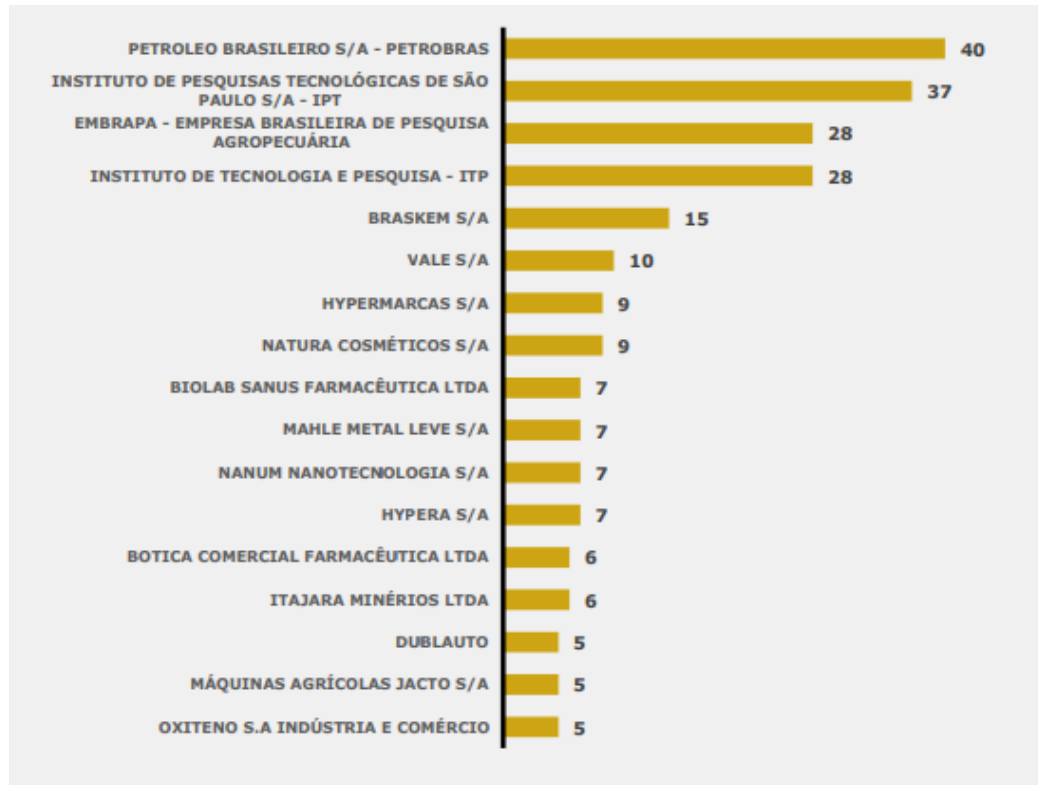
Gráfico 10: Distribuição dos pedidos de patentes relacionados à nanotecnologia entre 2000 e 2020 no Brasil feito por empresas residentes (marrom escuro) e não-residentes (marrom claro)



Fonte: (WEID et al., 2023)

Além disso, o INPI realizou a identificação das principais empresas com pedidos de patentes em nanotecnologia onde pelo menos um dos depositantes é uma entidade empresarial residente. Os resultados obtidos no Gráfico 11 mostram que a Petrobras é a empresa residente no Brasil com mais pedidos de patente (7,3% dos pedidos residentes). Mais de 80% do número de empresas que tiveram esses pedidos de patente são sociedades anônimas (S/A), ou seja, entidades de grande porte com alto investimento em seus empreendimentos. Ainda, estas empresas são de diversos setores industriais, evidenciando oportunidades em diferentes frentes de aplicação da nanotecnologia.

Gráfico 11: Distribuição do número de pedidos de patentes relacionados à nanotecnologia por empresas residentes



Dentre os pedidos considerados, (Weid et al., 2023) realizou uma categorização dos campos de aplicação e dos tipos de nanomateriais dos pedidos de patentes, conforme mostrado na Tabela 6. Nesta categorização, a área com maior número de pedidos é a de Biotecnologia, com 2.594 registros, concentrando-se sobretudo em nanomateriais orgânicos (1.344) e nanobiomateriais (1.189), o que revela um direcionamento expressivo da nanotecnologia para aplicações em saúde e ciências da vida.

Outros campos de destaque incluem as preparações medicinais com ativos isolados (1.980 pedidos), química macromolecular e polímeros (1.480), tecnologias para mudanças climáticas (1.310), e diagnóstico e cirurgia (984), que também apresentam predominância do uso de nanomateriais orgânicos e compostos poliméricos, especialmente os nanocompósitos. No recorte por tipo de nanomaterial, os nanomateriais orgânicos representam a maior proporção (2.315 pedidos), seguidos por nanocompósitos (1.900) e nanomateriais metálicos (1.695). O uso de nanomateriais cerâmicos aparece com menor frequência relativa (1.005), indicando um foco menor nesse tipo de tecnologia no país.

Estabelecendo um cruzamento das informações tratadas no Gráfico 1 (Representatividade das atividades de nanotecnologia em cada grupo de empresas dentro do

setor de indústrias de transformação no Brasil) e Gráfico 10 (Distribuição dos pedidos de patentes relacionados à nanotecnologia entre 2000 e 2020 no Brasil feito por empresas residentes e não-residentes), observa-se também que determinados setores com forte presença industrial não se destacam entre os maiores depositantes de patentes, enquanto áreas com grande volume de registros tecnológicos, como saúde e ciências da vida, apresentam menor representação no número de empresas atuantes em nanotecnologia, conforme registrado nos dados industriais. Existe, então, um descolamento nos setores industriais quando se analisa as tecnologias geradas via pedidos de patentes e entre as empresas atuam com nanotecnologia.

Tabela 6: Número dos pedidos de patentes entre 2000 e 2023 relacionados à nanotecnologia categorizados em seu campo de aplicação e tipos de nanomateriais

	Total de pedidos	4725	2315	1900	1695	1589	1005
Total de pedidos	CATEGORIAS	Nanomateriais orgânicos	Nanocompósitos	Nanomateriais metálicos	Nanomateriais baseados em carbono	Nanobiomateriais	Nanomateriais cerâmicos
2594	Biotecnologia	1344	169	338	108	1189	93
1980	Preparações medicinais caracterizadas pelos ingredientes não ativos usados	1383	52	155	40	664	53
1840	Química macromolecular e polímeros	805	610	178	321	147	206
1310	Tecnologias para adaptações às mudanças climáticas	398	317	242	375	122	117
1052	Medição e monitoramento	242	120	256	147	216	53
984	Equipamentos médicos e preparações para Diagnóstico; cirurgia	284	110	251	80	282	58
930	Preparações medicinais contendo antígenos ou anticorpos	613	9	76	12	355	14
902	Química orgânica fina	503	71	96	81	139	31
878	Cosméticos e Higiene	422	80	86	34	165	46
860	Corantes, tintas, polidores e resinas naturais	223	422	154	158	42	180
823	Preparações medicinais contendo peptídeos	508	14	59	11	259	19
729	Metalurgia	95	294	260	175	31	128
689	Têxteis e papel; vestuário, calçados	276	232	99	113	22	70
607	Agricultura e Pecuária	299	79	112	38	87	28
550	Óptica, fotografia e cinematografia	102	116	104	67	26	51
543	Métodos e aparelhos para esterilização, desinfecção ou desodorização	226	106	97	45	46	51
461	Petróleo e gás	99	112	105	150	5	83
425	Indústria de alimentos	277	29	23	10	47	15
409	Semicondutores	40	100	91	136	5	41
312	Processos eletroquímicos de produção de energia	37	125	56	163	4	23
291	Preparações medicinais contendo ingredientes ativos inorgânicos	120	36	107	13	89	19
280	Preparações medicinais contendo material genético; geneterapia	203	4	25	5	115	7
275	Filtros e membranas; processos de separação	77	105	38	39	8	22
238	Implantes, próteses e ataduras	100	32	33	22	16	15
236	Preparações medicinais contendo materiais derivados de mamíferos ou microrganismos	129	3	25	7	77	11
229	Preparações medicinais contendo materiais de constituição indeterminadas derivados de algas, líquens, fungos ou plantas, ou derivados dos mesmos	159	4	21	1	21	4
153	Embalagens	56	35	14	11	1	15
116	Preparações contendo substâncias radioativas para terapia ou diagnóstico in vivo	48	6	29	10	60	11

Fonte: (WEID et al., 2023)

4.4 Estudo de caso – Projetos CTNano para conquista EMBRAPII

Levando-se em consideração os 13 projetos executados pelo CTNano/UFGM e submetidos ao credenciamento EMBRAPII, esta seção analisa as características das empresas parceiras — seu porte, setor de atuação e impactos gerados — bem como a natureza dos

nanomateriais desenvolvidos, articulando a sequência lógica que parte da Tabela 6 (tipos de nanomateriais e aplicações) para o Gráfico 11 (perfil das empresas e investimentos).

Tabela 7: Iniciativas do CTNano por tipos de nanomateriais, campos de aplicação nos e valores investidos em cada projeto com o tempo de execução em anos

Parceiro	Iniciativa	Tipo de Pesquisa	Tipo de Nanomateriais	Campo de Aplicação	Valor Total do Projeto	Tempo de execução (anos)
Petrobras			Nanomateriais baseados em carbono	Petróleo e Gás	R\$ 736.064	3,3
Nanoplus			Nanocompósitos	Têxteis e papel	R\$ 121.399	3,3
Magnesita			Nanocompósitos	Metalurgia	R\$ 297.000	3,0
Magnesita			Nanomateriais baseados em carbono	Metalurgia	R\$ 299.023	1,8
Vale	P&D	Aplicada	Nanocompósitos	Química macromolecular e polímeros	R\$ 599.637	5,0
Vale	P&D	Aplicada	Nanocompósitos	Química macromolecular e polímeros	R\$ 1.757.692	3,2
Vale	P&D	Aplicada	Nanocompósitos	Química macromolecular e polímeros	R\$ 798.925	3,4
Petrobras	P&D		Nanomateriais baseados em carbono	Petróleo e Gás	R\$ 1.726.517	3,0
Petrobras	P&D		Nanocompósitos	Medição e monitoramento	R\$ 1.303.315	2,1
Suzano			Nanocompósitos	Medição e monitoramento	R\$ 764.416	3,0
Vale	P&D	Aplicada	Nanocompósitos	Medição e monitoramento	R\$ 1.525.313	2,6
Vallourec	P&D	Aplicada	Nanocompósitos	Química macromolecular e polímeros	R\$ 750.552	1,0
Petrobras			Nanocompósitos	Membranas	R\$ 3.631.865	0,8

A Tabela 7 revela que, entre os 13 projetos de PD&I analisados, dez resultaram na produção de nanocompósitos e três, em nanomateriais de base carbono. Os campos de aplicação demonstram heterogeneidade: vão desde compósitos com melhorias mecânicas para a indústria de mineração e siderurgia até soluções para o setor têxtil. Ao cruzar esses dados com os depósitos de patentes em nanotecnologia (Tabela 6), percebe-se que os nanocompósitos são o segundo tipo mais recorrente entre os pedidos nacionais, indicando alinhamento entre a atuação do CTNano/UFGM e a demanda tecnológica do país.

No entanto, essa concentração em nanocompósitos, embora estratégica, por corresponder a um segmento consolidado no ambiente acadêmico e industrial brasileiro, aponta para uma possível limitação: áreas como nanomateriais orgânicos e bionanomateriais, especialmente demandadas por biotecnologia e preparações medicinais, permanecem pouco exploradas nas parcerias atuais. Esses domínios exigem expertise multidisciplinar e apresentam alto potencial de inovação, mas não aparecem como foco principal nos projetos levantados. Portanto, diversificar as linhas de pesquisa para além dos compósitos poderia atrair empresas interessadas em nichos de alta intensidade científica e tecnológica, ampliando as oportunidades de cooperação.

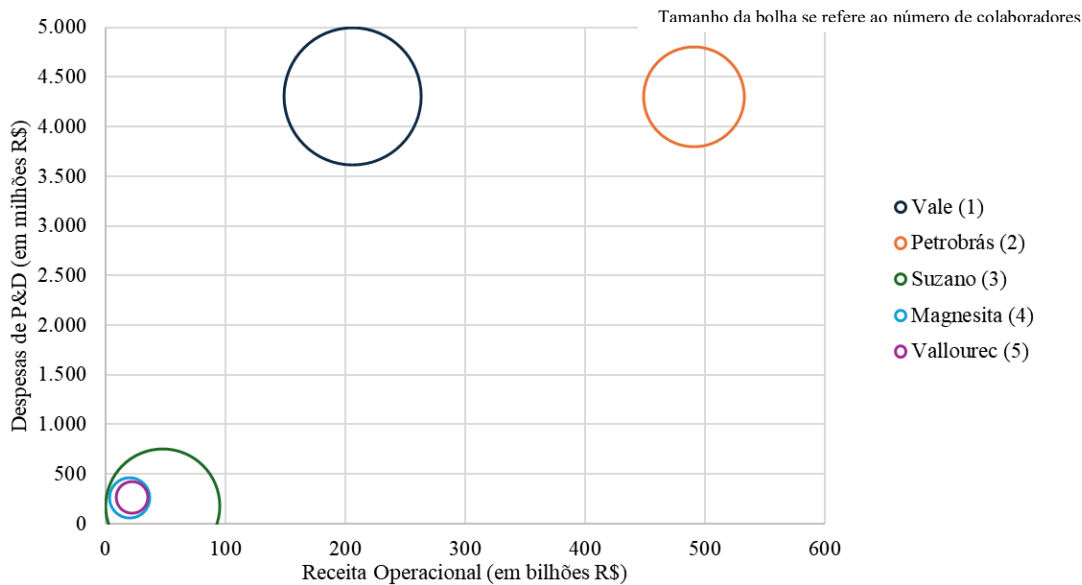
Em termos de investimento, nos 13 projetos o valor médio aplicado foi de R\$ 1.100.901,94, variando entre R\$ 121.399,47 e R\$ 3.631.865,91. Esses montantes representam cifras expressivas, sobretudo para micro e pequenas empresas, cujos faturamentos anuais situam-se entre R\$ 360 mil e R\$ 4,8 milhões (classificação vigente em Julho de 2025). Considerando o risco intrínseco a investimentos em PD&I — marcados por elevados graus de

incerteza e altas taxas de insucesso (D’Este; Amara; Olmos-Peñuela, 2016) —, verifica-se que esse patamar financeiro constitui uma barreira significativa para organizações menores. Ademais, a duração média dos projetos foi de 2 anos e 9 meses, o que impõe um horizonte de médio prazo até obter resultados concretos, demandando das empresas estrutura financeira resiliente e disposição para assumir riscos até a incorporação dos desenvolvimentos em produtos competitivos.

A partir da análise do Gráfico 12, observa-se que as empresas Vale e Petrobras concentram os maiores volumes tanto de receita quanto de despesas em PD&I, com destaque para a Vale, que ultrapassa R\$ 4,5 bilhões em investimentos na área, seguida de perto pela Petrobras. As demais empresas — Suzano, Magnesita e Vallourec — apresentam receitas operacionais significativamente menores, inferiores a R\$ 100 bilhões, e despesas de PD&I abaixo de R\$ 500 milhões. Ainda que exista uma diferença nos investimentos e faturamentos entre as empresas, todas elas são multinacionais com operações globais com infraestrutura e possibilidade de tomar riscos para buscar inovações para manter suas vantagens competitivas. Das seis empresas analisadas nos projetos, apenas a Nanoplus, do setor têxtil, é uma empresa de porte micro para pequeno e com operação local.

A partir dos dados apresentados, observa-se que a atuação do CTNano/UFMG se insere em um ecossistema de inovação em nanotecnologia que, apesar de apresentar avanços em infraestrutura e número de projetos executados, ainda demonstra lacunas importantes em termos de diversificação tecnológica e articulação com os setores industriais com alta produção científica em nanotecnologia. A concentração em determinados tipos de nanomateriais, associada à alta participação de empresas de grande porte, sugere a necessidade de estratégias mais amplas para atrair diferentes perfis de parceiros industriais e ampliar os campos de aplicação explorados. Dessa forma, as informações coletadas e analisadas contribuem para uma reflexão crítica sobre como centros de pesquisa aplicada como o CTNano/UFMG podem potencializar seu impacto no sistema nacional de inovação, especialmente em áreas de alta intensidade científica e tecnológica.

Gráfico 12: Dados das empresas que interagiram com o CTNano/UFMG em projetos de PD&I as quais foram listadas para o credenciamento Embrapii



Fonte: (1) (VALE, 2024); (2) (Petrobrás, 2024); (3) (Suzano, 2024); (4) (RHI Magnesita N.V., 2025). (5) (Vallourec, 2025)

A partir dos dados apresentados, observa-se que a atuação do CTNano/UFMG se insere em um ecossistema de inovação em nanotecnologia que, apesar de apresentar avanços em infraestrutura e número de projetos executados, ainda demonstra lacunas importantes em termos de diversificação tecnológica e articulação com os setores industriais com alta produção científica em nanotecnologia. A concentração em determinados tipos de nanomateriais, associada à alta participação de empresas de grande porte, sugere a necessidade de estratégias mais amplas para atrair diferentes perfis de parceiros industriais e ampliar os campos de aplicação explorados. Dessa forma, as informações coletadas e analisadas contribuem para uma reflexão crítica sobre como centros de pesquisa aplicada como o CTNano/UFMG podem potencializar seu impacto no sistema nacional de inovação, especialmente em áreas de alta intensidade científica e tecnológica.

Adicionalmente, os resultados aqui apresentados destacam que, no Brasil, o sistema de inovação é marcado por desequilíbrios estruturais: baixos índices em pilares como instituições, capital humano e infraestrutura (dados do GII) e fragilidade da base empresarial em termos de capacidade interna para inovar (dados da PINTEC). Em nível nacional, as dificuldades de articulação entre empresas e universidades e a baixa atratividade de parcerias para desenvolvimento de tecnologias de maior complexidade se manifestam em menor diversificação de projetos de PD&I e em concentração em segmentos já consolidados.

Com o intuito de estreitar o vínculo entre os indicadores sistêmicos de inovação e a prática concreta das interações universidade-empresa (U-E), as subseções que seguem apresentam um aprofundamento sobre três projetos desenvolvidos no CTNano/UFMG considerados representativos da atuação do centro. A seleção se baseou na disponibilidade de informações robustas sobre o ciclo do projeto (cronograma, equipe, entregas, objetivos e relevância técnica), bem como na tipicidade em relação ao perfil de projetos praticados pela unidade, conforme solicitado no processo de credenciamento EMBRAPPII.

Os projetos selecionados envolvem três empresas de grande porte e parceiras do CTNano (**Petrobras, Vale e Vallourec**) e abrangem áreas estratégicas de aplicação da nanotecnologia. Nos casos analisados nas próximas subções, as colaborações foram estabelecidas sob o modelo de PD&I cooperado, com definição conjunta de metas, marcos e aplicação esperada.

4.4.1 Projeto com a Petrobras: Desenvolvimento de cabos condutores de nanotubos de carbono para aplicação em umbilicais elétricos

Este estudo de caso apresenta a análise do projeto desenvolvido entre o CTNano/UFMG e a Petrobras, voltado ao desenvolvimento de cabos condutores de nanotubos de carbono para aplicação em umbilicais elétricos. Classificado como projeto de PD&I aplicada, teve duração de quatro anos e investimento superior a R\$ 1,72 milhão. Trata-se de uma iniciativa representativa por reunir condições típicas de cooperações universidade-empresa de alta complexidade, sendo, portanto, apropriada para examinar a manifestação prática dos fatores críticos de sucesso em interações U-E, conforme categorizados por Fernandes et al. (2023) na Tabela 1.

O objetivo geral foi o desenvolvimento de metodologias para a obtenção de cabos condutores formados por nanotubos de carbono (CNT). Os objetivos específicos incluíram: (i) produzir cabos com condutividade elétrica elevada para aplicação em plataformas marítimas (umbilicais elétricos); (ii) maximizar as propriedades mecânicas dos cabos visando sua aplicação em processos industriais de fiação/trançado; e (iii) realizar estudos de isolamento elétrico dos cabos produzidos.

A tramitação institucional para registro e validação dos órgãos de parcerias e propriedade intelectual da UFMG, a Coordenadoria de Transferência e Inovação Tecnológica – CTIT, envolveram desde a proposição inicial pela Petrobras (julho/2020) até a assinatura do

primeiro termo de cooperação (maio/2021), envolvendo 5 grandes marcos para validação institucional:

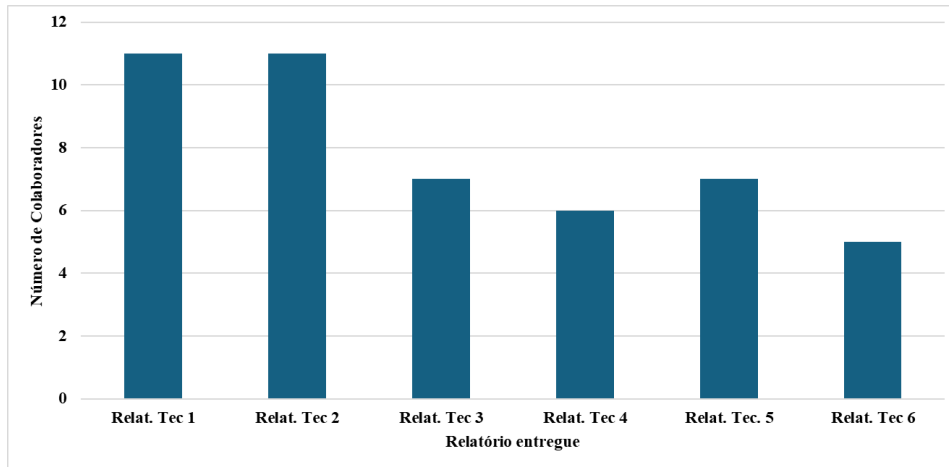
- I. aprovações internas pela pró-reitoria de pesquisa;
- II. submissão de pareceres jurídicos à Procuradoria Federal;
- III. interações com os comitês gestores do CTNano e dos Conselhos Técnicos (CTs);
- IV. elaboração de aditivos contratuais e revisões de escopo;
- V. homologações no sistema CTIT e formalização de composição de equipe.

Esse conjunto de ações demandou mais de 12 processos administrativos distintos e pelo menos 15 interações formais entre núcleos jurídicos, administrativos e acadêmicos da UFMG, evidenciando um dos fatores críticos listados por Fernandes et al., (2023): a complexidade da governança e da burocracia institucional, que pode atuar como barreira à fluidez das interações U-E. Esta análise tangibiliza a burocracia interna em se estabelecer interações U-E em universidades e que levam um tempo considerável para a homologação de projetos. Neste exemplo, o tempo decorrido entre todos os passos descritos foi de 321 dias, contando desde a criação do processo de homologação interna até a divulgação no Diário Oficial da União que oficializa a prestação do serviço.

Adicionalmente aos elementos estruturais e financeiros, o projeto se destaca pela gestão técnico-operacional implementada ao longo de seus 48 meses de execução. Esse nível de capacitação técnica é relevante para projetos de PD&I cooperado de média e alta complexidade. Nesse sentido, a qualidade da equipe, mostrado no Gráfico 13, é um componente estratégico que se insere no fator crítico “capacidades técnicas complementares” (Fernandes et al., 2023), sendo distribuída entre bolsistas graduados, mestres e doutores.

A execução de atividades como a produção de cabos condutores com nanotubos de carbono, testes de isolamento elétrico e estudos de degradação de materiais exige conhecimento acumulado, infraestrutura de análise laboratorial e conhecimento interdisciplinar entre ciência dos materiais e química de polímeros. A ausência desse tipo de capital humano qualificado é frequentemente apontada como um entrave em colaborações U-E no Brasil (Costa Cavalcante, 2024; Nsanzumuhire; Groot, 2020; Rossoni; De Vasconcellos; Castilho Rossoni, 2024) e sua presença neste projeto evidencia como uma condição-chave para o êxito técnico em ambientes de inovação cooperada.

Gráfico 13: Número de pesquisadores relacionados no projeto Petrobras em cada uma das entregas



Do ponto de vista de execução, o projeto passou por ajustes de escopo e cronograma que demandaram aditivos contratuais e acordo com a empresa parceira e os entes institucionais da universidade. A necessidade de reorganização temporal foi registrada nos relatórios técnicos e validada por meio de documentos formais de aditivo de escopo, estendendo o prazo original de 36 para 48 meses. Essas readequações foram motivadas tanto por desafios logísticos (como adequações laboratoriais e aquisição de equipamentos especializados), quanto por revisões técnico-científicas nas atividades previstas – incluindo a produção de cabos híbridos CNT/fibra de carbono e o desenvolvimento de metodologias para isolamento elétrico. Esta evolução da execução técnica do projeto com a Petrobras está evidenciada na Tabela 8.

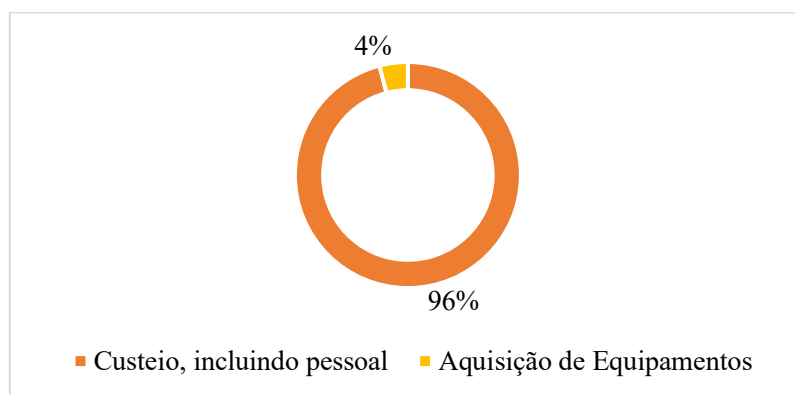
Esses episódios ilustram o fator crítico “flexibilidade da governança e capacidade de adaptação ao longo do projeto”, que, quando bem manejado, permite a continuidade do processo de inovação mesmo diante de imprevistos. No entanto, também revelam a rigidez processual existente na tramitação interna da universidade, que exige múltiplas aprovações em diferentes níveis hierárquicos, aumentando o tempo de resposta e dificultando ajustes ágeis, conforme indicado anteriormente nas análises vinculadas ao GII (baixa eficiência institucional) e à PINTEC (baixa fluidez em parcerias complexas).

Tabela 8: Evolução da execução técnica do projeto Petrobras (2018-2022)

Relatório Técnico	Período	Atividades-chave executadas	Alterações de escopo/cronograma
RT 1	08/2018 – 04/2019	Adequação de laboratório, aquisição de forno CVD, início de desenvolvimento do cabo	Nenhuma
RT 2	04/2019 – 01/2020	Continuidade das etapas do RT1	Não reportado
RT 3	01/2020 – 10/2020	Desenvolvimento metodológico, produção de protótipo, caracterizações	Extensão de 36 para 48 meses
RT 4	10/2020 – 07/2021	Caracterização elétrica e morfológica, estudos de isolamento	Ajuste oficial do prazo conforme aditivo
RT 5	07/2021 – 04/2022	Produção de cabo híbrido, otimização das propriedades	Não houve nova alteração
RT 6	04/2022 – 11/2022	Conclusão de testes de caracterização, finalização dos estudos de isolamento	Projeto em reta final

Ainda na Tabela 8, a execução técnica do projeto transcorreu ao longo de seis ciclos formais de relatório, acompanhando a complexidade crescente das atividades e a necessidade de infraestrutura especializada. A transição entre os relatórios técnicos 2 e 3 marca o momento de redefinição temporal do projeto, com a extensão formal de seu prazo por meio de aditivo contratual. A documentação comprova que a decisão foi baseada em justificativas técnicas e logísticas, evidenciando a importância da flexibilidade contratual e da governança compartilhada como fatores críticos de sucesso em interações universidade-empresa.

Gráfico 14: Composição do investimento do projeto Petrobras



A distribuição dos recursos financeiros ao longo do projeto, conforme ilustrado no Gráfico 14, mostra que 96% do orçamento total foi destinado a despesas com pessoal envolvido no desenvolvimento técnico e científico. Esse dado reforça o caráter intensivo em mão de obra qualificada do projeto, evidenciando a centralidade do conhecimento técnico-científico na execução das atividades e na geração de resultados aplicáveis. Esse padrão de alocação dos investimentos também dialoga com as informações anteriormente discutidas a respeito da equipe (Gráfico 13) e das fases técnicas do projeto (Tabela 8), indicando coerência entre planejamento orçamentário, composição de pessoal e escopo de execução.

4.4.2 Projeto com a Vale: Transferência Tecnológica para Revestimento Polimérico Nanoestruturado

Este estudo de caso analisa o projeto de cooperação entre o CTNano/UFMG e a empresa Vale, intitulado “Desenvolvimento de Revestimento Polimérico Nanoestruturado de Alto Desempenho – Fase 2”. O objetivo da iniciativa foi transferir para escala ampliada a tecnologia previamente desenvolvida em laboratório, com foco na produção de óxido de grafeno (rGO) como aditivo para matrizes poliméricas de UHMWPE (polietileno de ultra-alto peso molecular)

e na fabricação de 500 placas de revestimento técnico com esse material. Classificado como projeto de PD&I aplicada, o acordo envolveu 3 anos de execução e um valor total de R\$ 1,76.

A proposta técnica avançou sobre os resultados obtidos na fase anterior do projeto, partindo de metodologias já validadas em laboratório para o desenvolvimento de uma rota da formulação de nanocompósitos com desempenho superior em aplicações industriais. Importante pontuar que a fase 1 deste projeto foi feita pelo CTNano, o que contribuiu para acelerar a fase 2, evitando, por exemplo, uma necessidade de diagnóstico da solução feita em laboratório para escala piloto. A partir disso, foram previstas etapas de caracterização do rGO em diferentes níveis de concentração, produção em escala intermediária de nanocompósitos, moldagem de placas com o material e ensaios tribológicos. As 500 placas previstas têm por finalidade a validação das propriedades mecânicas, resistência ao desgaste e desempenho operacional em campo, especialmente para aplicação em ambientes severos como as correias transportadoras da mineração.

A tramitação institucional para registro e validação do projeto junto à Universidade Federal de Minas Gerais também demandou etapas extensas e articuladas. O processo foi criado em 28/11/2020 e resultou na assinatura de seu primeiro acordo formal em 22/03/2021, com aditivos posteriores finalizados até março de 2024. O fluxo de tramitação contou com as seguintes etapas administrativas:

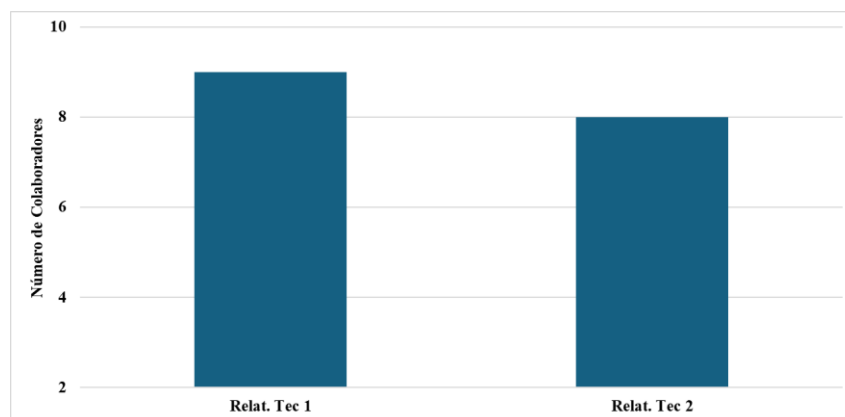
- I. submissão inicial da proposta e plano de trabalho;
- II. preenchimento da ficha de gestão de projetos e da composição da equipe de pesquisa;
- III. aprovação pela Câmara do Departamento e pró-reitoria de pesquisa;
- IV. submissão de parecer jurídico à Procuradoria Federal;
- V. análise e validação por parte da Divisão de Convênios e do Comitê Gestor do CTNano;
- VI. avaliação técnica dos Conselhos Técnicos (CTs) e do Conselho Diretor da unidade;
- VII. revisão do plano de trabalho, ajustes no cronograma e elaboração do termo aditivo;
- VIII. homologação final e publicação do extrato no Diário Oficial da União.

Esse conjunto de ações totalizou mais de 60 registros oficiais em sistema, demandando pelo menos 20 interações formais entre áreas jurídicas, técnicas e administrativas da UFMG,

além da empresa parceira. O tempo decorrido entre a criação do processo e a assinatura do acordo inicial foi de 115 dias, reforçando mais uma vez a complexidade da governança institucional e da burocracia universitária, que pode representar um desafio significativo à fluidez das interações universidade-empresa. A documentação mostra que, mesmo com clareza nos objetivos técnicos e interesse mútuo entre as partes, os tempos de aprovação podem impactar a previsibilidade e a eficiência do início e continuidade das ações de PD&I.

A composição da equipe técnica do projeto com a Vale também reforça o papel estratégico das competências humanas em projetos de inovação colaborativa. Conforme demonstrado no Gráfico 15, o número de colaboradores envolvidos diretamente na execução das atividades oscilou de 9 profissionais no primeiro relatório técnico para 8 no segundo ciclo de entregas. Apesar da ligeira redução, observa-se uma manutenção da estrutura técnico-operacional do projeto, o que favorece a continuidade do conhecimento, a estabilidade metodológica e a confiabilidade dos resultados entregues.

Gráfico 15: Número de pesquisadores relacionados no projeto Vale em cada uma das entregas



A equipe foi composta por perfis diversos, incluindo bolsistas de graduação, técnicos especializados, mestres e doutores, reunindo competências em engenharia de materiais, nanotecnologia, polímeros e caracterização físico-química. Essa composição interdisciplinar e complementar está diretamente relacionada ao fator crítico “capacidades técnicas complementares” (Fernandes et al., 2023), essencial para assegurar a eficiência na execução das atividades e a conversão do conhecimento científico em soluções tecnológicas aplicáveis. Além disso, a manutenção de um núcleo técnico estável ao longo das etapas do projeto contribuiu para a consistência nos processos de produção e caracterização dos nanocompósitos,

especialmente nas fases de transição entre o desenvolvimento laboratorial e a produção em escala intermediária.

Tabela 9: Evolução da execução técnica do projeto (2022-2024)

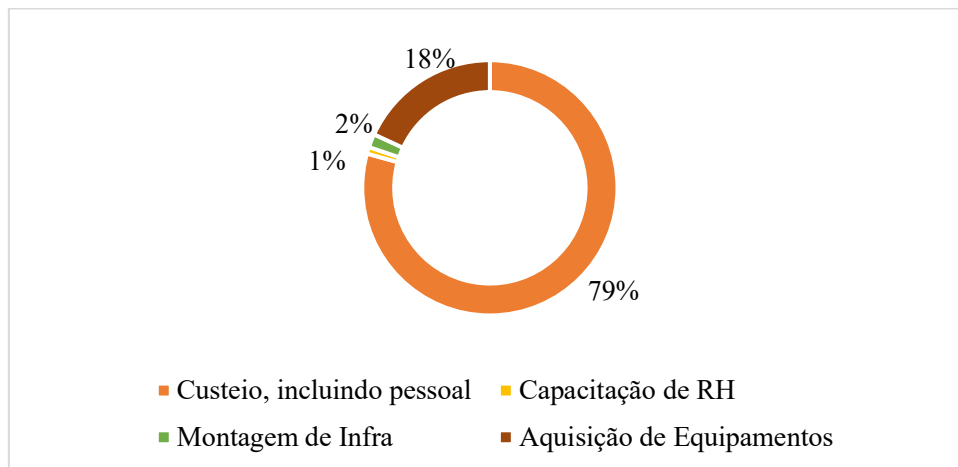
Relatório Técnico	Período	Atividades-chave executadas	Comentários sobre execução
RT1	Out/2022 – Mai/2023	Revisão bibliográfica, processamento de rGO, estudos de formulação do compósito	Etapas preparatórias para aumento de escala
RT2	Mai/2023 - Mar/2024	Produção de placas, caracterização mecânica e tribológica, avaliação para uso industrial	Avanço técnico; início da fase de testes finais

A execução técnica do projeto com a Vale foi dividida em dois ciclos de relatório, com marcos bem definidos quanto à natureza e complexidade das entregas realizadas. Conforme demonstrado na Tabela 9, o primeiro ciclo (RT1), compreendendo o período de outubro de 2022 a maio de 2023, concentrou-se em atividades preparatórias essenciais para a transição do laboratório à escala piloto. Entre as ações destacam-se: revisão bibliográfica aprofundada sobre formulações de grafeno, definição da estratégia de processamento do nanocompósito, e os primeiros ensaios com óxido de grafeno (rGO), voltados à validação da rota de produção do material a ser aplicado nas matrizes de UHMWPE.

No segundo relatório técnico (RT2), com vigência de maio de 2023 a março de 2024, observa-se o avanço das atividades para a etapa de produção das placas de nanocompósito, incluindo a caracterização mecânica e tribológica, e a preparação para os ensaios finais em ambiente industrial. O conjunto das atividades evidencia a manutenção do escopo técnico original do projeto, sem necessidade de reprogramações contratuais, indicando boa aderência ao cronograma e capacidade da equipe em lidar com os desafios operacionais da transição tecnológica.

A progressão entre os ciclos de execução reflete um modelo de desenvolvimento incremental, no qual as etapas laboratoriais foram conduzidas com foco em escalabilidade e desempenho técnico, conforme previsto no plano de trabalho. Esta trajetória reforça a presença de dois fatores críticos apontados por Fernandes et al. (2023): (i) a flexibilidade técnica dentro da estabilidade contratual, e (ii) a articulação entre pesquisa aplicada e validação industrial, ambos centrais para o sucesso de projetos cooperativos em inovação tecnológica. Além disso, a clareza nos objetivos e a boa documentação das entregas permitiram o acompanhamento contínuo pelos parceiros, reforçando a confiança e a fluidez na interação U-E ao longo do ciclo de execução.

Gráfico 16: Composição dos investimentos do projeto Vale



A composição orçamentária do projeto com a Vale revela a predominância de gastos operacionais associados à manutenção da equipe técnica e à execução de atividades experimentais. Como mostra o Gráfico 16, 79% dos recursos foram alocados em custeio, incluindo pessoal, o que evidencia o caráter intensivo em conhecimento do projeto. Essa distribuição é compatível com iniciativas de PD&I aplicada, em que o capital humano especializado desempenha papel central na execução das etapas críticas — como formulação de nanocompósitos, processamento de materiais e validação de desempenho.

A aquisição de equipamentos correspondeu a 18% do total investido, refletindo a necessidade de instrumentos técnicos adicionais para ampliar a escala produtiva e executar ensaios mecânicos e tribológicos em laboratório. Este dado indica que, embora o CTNano já possuísse parte da infraestrutura necessária, foi preciso complementar o parque tecnológico com novos equipamentos para atender às demandas específicas da etapa de transferência tecnológica.

As categorias montagem de infraestrutura (1%) e capacitação de recursos humanos (2%), ainda que com participação minoritária no orçamento, são indicativas do investimento na consolidação de competências e no suporte técnico necessário para sustentar as entregas ao longo do tempo. A capacitação, em especial, contribui para ampliar a autonomia da equipe frente a procedimentos experimentais e metodologias de análise, reforçando a consistência dos resultados entregues à empresa parceira.

A coerência entre a alocação de recursos e as atividades executadas — como demonstrado também na Tabela 8 — reforça a sinergia entre planejamento orçamentário e escopo técnico do projeto. A predominância do custeio sobre os investimentos em capital fixo

demonstra a maturidade pré-existente do ambiente laboratorial do CTNano e a ênfase em processos de inovação incremental com foco na aplicabilidade industrial imediata. Essa configuração orçamentária é compatível com os princípios de eficiência e direcionamento estratégico em colaborações universidade-empresa, e contribui para consolidar o modelo de gestão adotado no projeto como uma referência de boa prática institucional.

4.4.3 Projeto com a Vallourec: Desenvolvimento de nanocompósitos com grafeno para revestir aço contra fragilização por hidrogênio

Este estudo de caso trata da colaboração entre o CTNano/UFGM e a empresa Vallourec, no âmbito do projeto “Desenvolvimento de nanocompósitos com grafeno para revestir aço contra fragilização por hidrogênio”. A iniciativa visou desenvolver e caracterizar revestimentos poliméricos nanoestruturados com propriedades de barreira à difusão de hidrogênio, aplicáveis a aços de alta resistência utilizados em ambientes críticos, como cilindros de armazenamento. Classificado como projeto de PD&I aplicada, o projeto teve duração de três anos e investimento total de R\$ 750.552,00. A proposta se insere em um contexto de transição energética e aumento da demanda por soluções tecnológicas que viabilizem o uso seguro do hidrogênio como vetor energético, frente aos riscos de fragilização de materiais metálicos.

A proposta técnica foi dividida em três macro etapas, envolvendo a produção de nanomateriais derivados do grafeno, sua caracterização físico-química e incorporação em resinas epóxi, culminando na aplicação de revestimentos em amostras de aço fornecidas pela Vallourec. Posteriormente, foram realizados ensaios de permeação de hidrogênio, em infraestrutura própria da empresa. Durante o processo, foram conduzidas alterações no escopo inicial a fim de superar desafios técnicos, como a reformulação das rotas de processamento e a introdução de metodologias de *scale-up*. Entre os principais marcos do projeto, destacam-se o desenvolvimento e caracterização de diferentes formulações de nanocompósitos, os testes de desempenho dos revestimentos em relação à permeabilidade ao hidrogênio e a produção de corpos de prova para validação mecânica. A evolução do projeto e os ajustes realizados ao longo das etapas evidenciam o caráter experimental e iterativo típico de projetos de inovação cooperativa.

Com base na documentação institucional disponível, a tramitação do projeto de cooperação entre a UFGM, por meio do CTNano, e a empresa Vallourec seguiu os trâmites regulares exigidos pela universidade para formalização de projetos de prestação de serviços tecnológicos.

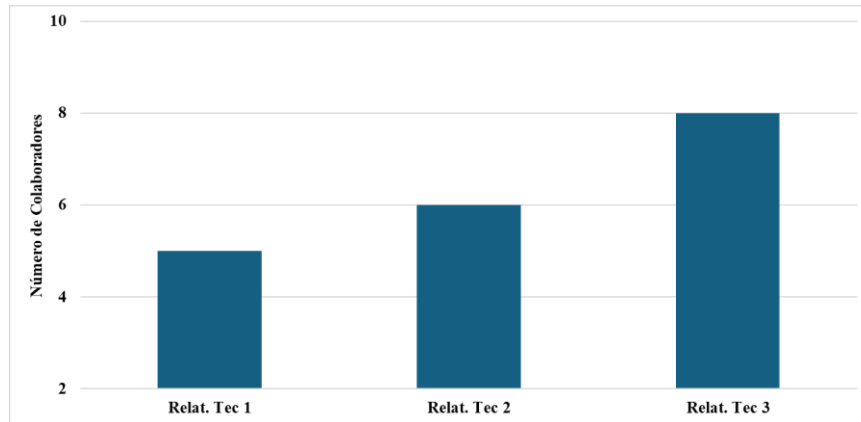
O processo teve início com a submissão da proposta à coordenação do CTNano, sendo esta aprovada por unanimidade pelo Comitê Gestor do centro em outubro de 2021, conforme ofício enviado à Pró-Reitoria de Pesquisa (PRPq). Posteriormente, o projeto foi submetido à apreciação formal da PRPq, passando pela emissão de parecer técnico favorável do subcoordenador do CTNano, endossando a relevância técnica e institucional da proposta. O projeto foi, então, aprovado pelo Conselho Diretor dos Centros Institucionais de Tecnologia e Inovação (CTs/UFGM) em 20 de outubro de 2021, com ratificação oficial dessa decisão registrada na reunião ordinária do conselho em 10 de novembro do mesmo ano.

Durante esse período, foram executadas as etapas de:

- I. emissão de parecer ad hoc e aprovação do Comitê Gestor do CTNano;
- II. aprovação formal pela PRPq com ofício de autorização institucional;
- III. solicitação de número de registro no SIEX como atividade de extensão vinculada à prestação de serviços;
- IV. validação da composição da equipe técnica e científica envolvida no projeto, com registro da carga horária, valores e vinculações institucionais;
- V. assinatura eletrônica de todos os documentos exigidos pelas instâncias responsáveis, conforme os termos do Decreto nº 10.543/2020;
- VI. autorização formal para aplicação da taxa de fomento universitária nos termos da Resolução 10/95, por meio de declaração emitida pela Pró-Reitoria de Pesquisa em 30 de novembro de 2022.

A documentação não registra publicação do extrato contratual no Diário Oficial da União (DOU) por se tratar de prestação de serviços sem repasse de recursos públicos diretos e com gestão via fundação de apoio (FCO), o projeto seguiu trâmite exclusivamente interno. No total, foram identificadas mais de 10 interações formais entre os núcleos acadêmico, administrativo e jurídico da UFGM, além da elaboração de formulários específicos de gestão, pareceres técnicos, ofícios de aprovação e homologação institucional. Por fim, as interações desde o início administrativo na universidade até a ratificação da aprovação pelo Conselho Diretor dos Centros Institucionais de Tecnologia e Inovação foi de 56 dias corridos.

Gráfico 17: Número de pesquisadores relacionados no projeto Vallourec em cada uma das entregas



A composição da equipe técnica do projeto com a Vallourec evidencia a dinâmica de alocação de pessoal ao longo da execução, refletida nos diferentes ciclos de entrega técnica formalizados. Conforme representado no Gráfico 17, observa-se um crescimento progressivo no número de colaboradores diretamente vinculados ao projeto: cinco profissionais foram registrados no primeiro ciclo, aumentando para seis no segundo, e atingindo oito integrantes no terceiro relatório técnico. Tal variação ao longo do tempo indica uma adaptação da estrutura operacional do projeto às demandas das etapas previstas no cronograma técnico.

Embora não seja possível estabelecer conclusões definitivas, esse acréscimo no efetivo pode estar relacionado ao avanço das atividades de desenvolvimento experimental e caracterização dos nanocompósitos, etapas que demandam maior carga de trabalho técnico. O aumento de pessoal pode, ainda, refletir o início de fases laboratoriais mais complexas, como a incorporação do grafeno em matriz polimérica, a aplicação do revestimento e os ensaios de resistência à fragilização por hidrogênio. Para isso, existe a necessidade de concluir testes que sejam exaustivos para conclusão das etapas dentro do ciclo de desenvolvimento da solução.

Tabela 10: Evolução da execução do projeto Vallourec no período de realização (2022-2024)

Relatório Técnico	Período	Atividades-chave executadas	Comentários sobre execução
RT 1	out/2021 a out/2022	Produção de GO/rGO; customização; integração com matrizes e caracterização dos nanocompósitos.	Execução compatível com a proposta original, porém com dificuldades na execução de ensaios de permeação que resultaram em revisão de escopo.
RT 2	out/2022 a out/2023	Definição dos sistemas; otimização das rotas e caracterização físico-química e morfológica dos revestimentos otimizados.	Ajustes de cronograma e reformulação do escopo ocorreram após reunião técnica; Algumas etapas executadas com atraso e dependência da Vallourec para envio de amostras.
RT 3	out/2023 a out/2024	Execução piloto; produção e testes	Apesar de redefinições claras de atividades, os ensaios finais não foram realizados devido à não entrega de amostras pela Vallourec; Projeto encerrado sem finalização completa.

O projeto foi estruturado em três ciclos de relatórios técnicos, com horizonte de execução anual, conforme mostrado na Tabela 10. O primeiro relatório (RT1), correspondente ao período entre outubro de 2021 e outubro de 2022, concentrou-se nas atividades de síntese e

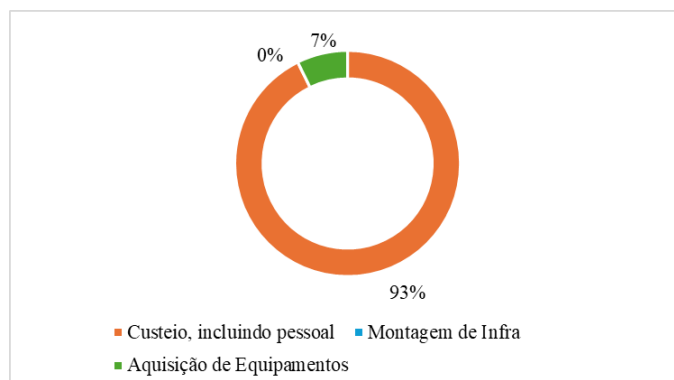
caracterização dos nanomateriais, integração com matrizes poliméricas e caracterizações físico-químicas dos nanocompósitos produzidos. Como indicado nos registros, a execução foi compatível com a proposta original, porém já foram observadas dificuldades práticas na realização dos ensaios de permeação de hidrogênio, o que levou à revisão do escopo nas etapas seguintes.

O segundo relatório técnico (RT2) documenta a reformulação das macroetapas iniciais e o início das atividades da macroetapa II, focadas na otimização das rotas de formulação e aplicação dos nanocompósitos. Esta fase incluiu também etapas de caracterização físico-química e morfológica, bem como atividades previstas em cooperação com a Vallourec. Os registros indicam que parte das entregas sofreu atraso, sobretudo pela necessidade de envio de amostras e pela dependência logística de validações técnicas da empresa parceira.

Por fim, o RT3 previa a execução da macroetapa III, focada em testes-piloto e validação dos nanocompósitos em condições de aplicação. Entretanto, embora tenham sido propostas sucessivas reformulações dessa etapa com redefinição das atividades a serem executadas pelo CTNano e pela Vallourec, os testes finais não foram realizados, uma vez que as amostras necessárias não foram entregues até o encerramento formal da prestação de serviços. A equipe do CTNano foi desmobilizada antes da conclusão total do escopo.

Dessa forma, observam-se elementos que evidenciam, por um lado, a capacidade técnica da equipe em adaptar rotas e reagir às dificuldades experimentais ao longo da execução; por outro, a dependência de recursos e decisões externas (especialmente da empresa contratante) constituiu uma barreira relevante, com impacto direto na entrega dos resultados finais. A revisão contínua do escopo e a necessidade de negociações recorrentes também revelam o papel crítico da flexibilidade contratual e da coordenação entre as partes como fatores condicionantes da continuidade e do êxito operacional de projetos de PD&I cooperados.

Gráfico 18: Composição dos investimentos do projeto Vallourec



O Gráfico 18 apresentado revela que a maior parte dos recursos do projeto com a Vallourec foi destinada a custeio, incluindo pessoal, representando 93% do investimento total. Os demais recursos foram aplicados de forma pontual em aquisição de equipamentos (7%), enquanto não houve registro relevante de investimento direto na montagem de infraestrutura. Essa estrutura orçamentária indica um projeto fortemente baseado na disponibilidade de infraestrutura pré-existente e na intensidade de trabalho técnico e científico, especialmente em atividades experimentais, de formulação e caracterização. O peso do custeio aponta para a alta demanda de capital humano e operacionais na execução do projeto.

A baixa alocação de recursos em equipamentos ou infraestrutura também sugere que as instalações já atendiam às exigências técnicas do projeto, mas esse fator pode ter limitado a flexibilidade para adaptação de ensaios não previstos, especialmente frente às reformulações sucessivas do escopo. Esse panorama encerra a análise do projeto destacando a relação entre estrutura de custos, dinâmica de execução e fatores críticos de sucesso, com ênfase na governança, flexibilidade contratual e fluidez de comunicação entre os envolvidos.

A análise comparativa dos três projetos evidencia como as interações U-E enfrentam condicionantes similares às apontadas nos dados da PINTEC e nos pilares do GII. Os projetos com Petrobras, Vale e Vallourec revelaram elevada dependência de capacidade técnica instalada, mão de obra qualificada e governança eficiente, aspectos também refletidos nas boas colocações do Brasil no pilar de “sofisticação de negócios” e nas dificuldades persistentes nos pilares de Instituições e Infraestrutura do GII. Ao mesmo tempo, a baixa presença de pequenas empresas nos projetos, os altos investimentos e as diversas formalidades no processo de contratação dos projetos apontam para limitações estruturais no ecossistema de inovação, como destacam os dados da PINTEC — em especial a dificuldade das empresas em formalizar parcerias com ICTs, a instabilidade das políticas públicas e a baixa diversidade tecnológica.

Por outro lado, os estudos de caso mostram que, mesmo diante dessas barreiras, é possível estruturar parcerias tecnicamente robustas e com entregas relevantes, desde que existam condições mínimas de estabilidade institucional e recursos humanos capacitados, conforme discutido na literatura (Fernandes et al., 2023; Rossoni et al., 2024). Os resultados também reiteram a importância da flexibilidade contratual e da coordenação contínua entre os atores, reforçando o papel das universidades como agentes de absorção e maturação tecnológica, especialmente em ambientes de média-alta intensidade de PD&I.

Nesse sentido, é possível propor que centros como o CTNano representem experiências bem-sucedidas no contexto brasileiro, atuando como ilhas de excelência em colaborações universidade-empresa. Suas práticas estruturadas de gestão, coordenação técnica e articulação com parceiros industriais podem contribuir com alternativas institucionais mais eficientes para fortalecer o sistema nacional de inovação, especialmente quando adequadas às especificidades e limitações do ambiente brasileiro.

5. CONCLUSÃO

A elaboração deste trabalho teve como objetivo principal a análise situacional global, brasileira e no âmbito de projetos do CTNano/UFMG de aspectos que contribuem ou dificultam a atratividade do Centro para o estabelecimento de projetos de PD&I em colaborações com indústrias no Brasil. Para isso, foi estruturada a investigação em três eixos complementares: (i) indicadores do GII da WIPO – global; (ii) dinâmica da inovação industrial no Brasil, conforme dados históricos da PINTEC – nacional; (iii) dados extraídos dos projetos de PD&I colaborativos dentro CTNano/UFMG – institucional.

A análise internacional revelou que o Brasil ainda enfrenta limitações estruturais importantes para consolidar seu sistema de inovação, sobretudo nos pilares institucionais (103º lugar), de capital humano e pesquisa (57º) e infraestrutura (55º), que são fundamentais para o florescimento de interações robustas entre universidades e empresas. Apesar de um desempenho relativamente melhor em sofisticação de negócios (40º lugar), os resultados do GII apontam para a necessidade de fortalecer a base institucional e científica que sustenta o desenvolvimento de tecnologias avançadas. Como argumentado por Lundvall (1992), o desempenho dos Sistemas Nacionais de Inovação é influenciado não apenas pelos investimentos ou capacidades individuais das organizações, mas pelo funcionamento do sistema como um todo, e o caso brasileiro ilustra essa assimetria.

No plano nacional, os dados da PINTEC permitiram traçar um panorama das atividades inovativas da indústria brasileira entre 2014 e 2022. Apesar de variações conjunturais, observa-se uma baixa intensidade de cooperação com instituições científicas, sobretudo entre empresas de menor porte e setores tradicionais. Fatores como a instabilidade econômica, a escassez de recursos públicos, a capacidade limitada de recursos internos e as dificuldades de estabelecer parcerias foram consistentemente apontados como barreiras. A análise também mostrou que empresas inovadoras e não inovadoras compartilham desafios comuns, sugerindo que os

gargalos à inovação são amplamente sistêmicos e não exclusivamente setoriais ou organizacionais.

O estudo de caso no CTNano/UFMG permitiu analisar, de forma situada, como se desenrolam interações U-E no campo da nanotecnologia, que é reconhecido como um domínio de alta complexidade científica e tecnológica. A partir da análise de projetos realizados em parceria com empresas (sem restrição por porte ou setor), foi possível traçar o perfil dos parceiros, identificar os nanomateriais mais demandados e compreender o tipo de problema tecnológico enfrentado pelas organizações. A análise da documentação dos projetos revelou um modelo de gestão relativamente maduro, com entregas técnicas estruturadas, marcos definidos e descrições claras de escopo e recursos. A maior parte das colaborações se concentrou em nanocompósitos, refletindo o domínio técnico do Centro, mas também revelando uma baixa diversificação tecnológica. Os dados reforçam o papel estratégico do CTNano/UFMG como provedor de soluções aplicadas, embora apontem também para oportunidades de ampliação de seu escopo técnico, principalmente para nanomateriais relacionados à saúde que estão atingindo as maiores demandas no país.

Quando comparados aos dados do estudo de nanotecnologia no Brasil, publicado pelo INPI (2023), os projetos do CTNano/UFMG mostram certo alinhamento com os campos tecnológicos que concentram o maior número de pedidos de patente no país. Todavia, a atratividade do Centro se mostra mais forte em relação aos setores industriais que possuem menor complexidade tecnológica, o que pode estar atrelado à localização geográfica do Centro ou à sua expertise. Isso confirma a relevância prática do Centro no ecossistema nacional de inovação em nanotecnologia, embora ainda restrito a uma atuação reativa frente às demandas industriais, com espaço para estratégias mais propositivas de prospecção tecnológica. Uma possibilidade latente é a aproximação do setor de fármacos, que já possui alta interação com ICTs no cenário brasileiro, para diversificar parcerias e possíveis frentes de desenvolvimento tecnológico.

A presente pesquisa contribui para a literatura de inovação ao integrar três níveis de análise — internacional, nacional e institucional — com foco em um setor intensivo em conhecimento. Do ponto de vista prático, os resultados oferecem subsídios ao CTNano/UFMG e a centros similares para fortalecerem suas estratégias de atuação, posicionamento no mercado e construção de relações duradouras com o setor produtivo. Esses elementos, observados na prática do CTNano/UFMG, sugerem caminhos para o aprimoramento de políticas públicas

voltadas à inovação, como o fortalecimento da governança técnico-operacional, estímulo à flexibilidade contratual e ampliação do suporte à gestão em centros tecnológicos.

Também contribui para o debate sobre políticas públicas de CT&I, ao evidenciar que as dificuldades de cooperação não se limitam a falhas de mercado, mas são ocasionadas em potenciais falta de sincronicidade institucionais e sistêmicas que precisam ser enfrentadas com políticas mais integradas e, possivelmente, orientadas por missão, para que as demandas mercadológicas sejam cocriadas com objetivos das políticas públicas (Mazzucato, 2018).

Embora o presente estudo utilize indicadores internacionais e compare a estrutura de esforços inovativos entre países, seu objetivo não é propor a emulação de modelos estrangeiros, mas sim identificar oportunidades de fortalecimento das interações U-E adequadas à realidade brasileira. Os dados mostraram que os principais campos de produção de patentes em nanotecnologia nos Estados Unidos (Wu et al., 2019) são diferentes dos observados no Brasil. Essa diferença reflete não apenas as capacidades técnicas, mas também as estratégias nacionais de desenvolvimento. Assim, centros tecnológicos como o CTNano/UFMG devem ser utilizados de forma estratégica para fortalecer competências essenciais ligadas aos objetivos de desenvolvimento socioeconômico e à soberania nacional, alinhando-se às necessidades do país, do mercado e atraindo empresas de espectros diversos para interagir junto a estes objetivos.

Essa articulação multinível permite ilustrar que as dificuldades enfrentadas pelas interações U-E em um centro como o CTNano/UFMG não são isoladas, mas refletem barreiras estruturais e institucionais mais amplas. O baixo desempenho do Brasil em pilares como infraestrutura, institucionalidade e capital humano no GII ajuda a explicar os desafios operacionais encontrados na gestão e formalização dos projetos estudados, como a necessidade de aditivos, atrasos logísticos e dependência de decisões externas. Do ponto de vista nacional, a baixa frequência de colaborações entre empresas e ICTs, observada na PINTEC, reforça a dificuldade de consolidar uma cultura de cooperação tecnológica, especialmente em setores tradicionais. Já no nível institucional, os projetos do CTNano mostram que, mesmo diante de um ambiente sistêmico desafiador, é possível desenvolver boas práticas de gestão e gerar soluções aplicadas, ainda que com limitações de escala e diversificação tecnológica. A partir dessa perspectiva integrada, evidencia-se que o fortalecimento das interações U-E no país exige um esforço coordenado entre políticas públicas, estratégias institucionais e incentivos à cooperação no setor produtivo.

Como toda pesquisa, esta também apresenta limitações. O uso exclusivo de dados secundários restringe a compreensão de aspectos subjetivos e comportamentais nas colaborações U-E, como confiança, alinhamento de expectativas ou dinâmicas contratuais. A escolha por um único centro como estudo de caso, embora metodologicamente válida, limita a generalização dos achados para o conjunto das Unidades EMBRAPA. Além disso, a ausência de dados sobre dispêndios internos em PD&I na PINTEC de 2021 dificultou a análise longitudinal completa desse indicador para completar o estudo. Por último, as pesquisas da PINTEC tiveram pouca recorrência ao longo do período analisado, o que mostra pouca sensibilidade dos dados e o tratamento dos mesmos pela sua tendência temporal.

Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação de métodos qualitativos, como entrevistas ou análise de redes, a fim de aprofundar a compreensão das interações U-E em setores de fronteira tecnológica. Também seria útil replicar a metodologia em outros centros tecnológicos e domínios científicos, permitindo comparações e refinamentos nas proposições aqui levantadas. A investigação das diferenças entre projetos cofinanciados, de fomento público e de demanda direta das empresas também pode revelar dinâmicas distintas de colaboração. Essas dificuldades evidenciam também a limitação das instituições, tanto citadas nesta pesquisa como fatores de bloqueio da inovação, em medir o processo inovativo com maior frequência para o embasamento analítico das estratégias de fomento às atividades inovativas no país.

Em suma, a pesquisa mostra que, embora o Brasil possua centros de excelência científica e tecnológica como o CTNano/UFMG, sua capacidade de atender a indústria permanece limitada pelas barreiras burocráticas. O fortalecimento das interações U-E, sobretudo em áreas de alta complexidade como a nanotecnologia, exige não apenas mais investimento, mas governança inteligente, estratégias de prospecção tecnológica e políticas públicas que reconheçam a inovação como processo sistêmico e não linear.

Nesse sentido, ao buscar responder seguinte questão: “Como as interações universidade-empresa na área de nanotecnologia têm se configurado no Brasil a partir da experiência do CTNano/UFMG, e o que essa experiência revela sobre os desafios e potenciais do sistema nacional de inovação?”, esta dissertação espera contribuir com reflexões e proposições que ampliem a atratividade do CTNano/UFMG junto ao mercado e inspirem trajetórias semelhantes em outros centros tecnológicos do país, fomentando o avanço tecnológico e desenvolvimento socioeconômico do Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALBATS, Ekaterina; FIEGENBAUM, Irina; CUNNINGHAM, James A. A micro level study of university industry collaborative lifecycle key performance indicators. **Journal of Technology Transfer**, v. 43, n. 2, p. 389–431, 1 abr. 2018.
- ANKRAH, Samuel; AL-TABBAA, Omar. Universities-industry collaboration: A systematic review. **Scandinavian Journal of Management**, v. 31, n. 3, p. 387–408, 1 set. 2015.
- ARMEANU, Daniel Ștefan; VIN ILĂ, Georgeta; GHERGHINA, Ștefan ristian Empirical study towards the drivers of sustainable economic growth in EU-28 countries. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 1, 1 jan. 2018.
- BAKHTIAR, Asieh *et al.* Efficiency-effectiveness assessment of national innovation systems: comparative analysis. **Journal of Science and Technology Policy Management**, v. 13, n. 3, p. 625–651, 3 ago. 2022.
- BERTI, Leandro *et al.* PLANO DE AÇÃO DE CT&I PARA TECNOLOGIAS CONVERGENTES E HABILITADORAS. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Volume I – Nanotecnologia**. Brasília. 2019
- BRISTOW, Gillian; HEALY, Adrian. Innovation and regional economic resilience: an exploratory analysis. *In*: Springer Verlag, 1 mar. 2018.
- BRUNSWICKER, Sabine; CHESBROUGH, Henry. The Adoption of Open Innovation in Large Firms: Practices, Measures, and RisksA survey of large firms examines how firms approach open innovation strategically and manage knowledge flows at the project level. **Research Technology Management**, v. 61, n. 1, p. 35–45, 2 jan. 2018.
- CARAYANNIS, Elias G.; CAMPBELL, David F. J. Democracy of Climate and Climate for Democracy: the Evolution of Quadruple and Quintuple Helix Innovation Systems. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 12, n. 4, p. 2050–2082, 1 dez. 2021.
- CAVALCANTE, Pedro Luiz Costa. Desmonte da política de inovação: estratégias e causas no Brasil contemporâneo. **Revista de Administração Pública**, v. 58, n. 1, 2024.
- CHESBROUGH, Henry. Open Innovation: **The New Imperative for Creating and Profiting From Technology**. Journal of Engineering and Technology Management. Vol. 21. 2003.
- COHEN, Wesley M.; LEVINTHAL, Daniel A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation Source. **Administrative Science Quarterly**. 2025
- CORNELL UNIVERSITY; INSEAD; WIPO. **The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation?** Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2020.pdf. Acesso em: 23 out. 2024.
- COSTA CAVALCANTE, Pedro Luiz. Innovation performance and its determinants: what does it take to succeed? **Innovation and Management Review**, v. 21, n. 1, p. 60–76, 23 fev. 2024.
- CRESPO, Nuno; CRESPO, Cátia. Global innovation index: Moving beyond the absolute value of ranking with a fuzzy-set analysis. **Journal of Business Research**, v. 69, n. 11, p. 5265–5271, 2016.

DE NEGRI, Fernanda *et al.* Análise da Nova “Estratégia Nacional de Inovação. **Nota Técnica – IPEA**. Brasília. 2021

D’ESTE, Pablo; AMARA, Nabil; OLMOS-PENUELA, Julia. Fostering novelty while reducing failure: Balancing the twin challenges of product innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 113, p. 280–292, 1 dez. 2016.

DIAS, Bruna *et al.* A NANOTECNOLOGIA NO BRASIL E O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COM ATIVIDADE ANTIMICROBIANA. **Química Nova**, v. 44, n. 8, p. 1084–1092, 2021a.

DIAS, Bruna de Paula *et al.* Nanotechnology in Brazil and the development of products with antimicrobial activity. **Química Nova**, v. 44, n. 8, p. 1084–1092, 2021b.

DOS SANTOS, Ulisses Pereira; RAPINI, Márcia Siqueira; MENDES, Philippe Scherrer. Impactos dos incentivos fiscais na inovação de grandes empresas: uma avaliação a partir da pesquisa Sondagem de Inovação da ABDI. **Nova Economia**, v. 30, n. 3, p. 803–832, 1 set. 2020.

DREJER, Ina; ØS ERGAARD, Christian R. Exploring determinants of firms’ collaboration with specific universities: employee-driven relations and geographical proximity. **Regional Studies**. v. 51, n. 8, p.1192–1205, 2017.

DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. **Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty**. 2023.

DUTTA, Soumitra; LANVIN, Bruno; WUNSCH-VINCENT, Sacha. **The Global Innovation Index 2018: Energizing the World with Innovation**. 2018.

EL-KADY, Maha M. *et al.* **Nanomaterials: A comprehensive review of applications, toxicity, impact, and fate to the environment**. **Journal of Molecular Liquids** Elsevier B.V., , 15 jan. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E INOVAÇÃO INDUSTRIAL (EMBRAPII). **Institucional EMBRAPPII**. Disponível em: <<https://embrapii.org.br/unidades-embrapii/>>. Acesso em: 23 out. 2024.

EUROPEAN COMMISSION OF PUBLIC HEALTH. **Nanotechnologies**. Disponível em: <https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/nanotechnologies/1-3/1-introduction.htm#0p0>. Acesso em: 23 out. 2024.

FAGERBERG, J. A technology gap approach. **Research Policy**, v. 16, n. 2–4, p. 87–99, ago. 1987.

FAGERBERG, J. International competitiveness. **Economic Journal**, v. 98, n. 391, p. 355–374, 1988.

FARIA, Adriana F. *et al.* **Perspectivas sobre o empreendedorismo tecnológico: da ação empreendedora aos programas de apoio e dinâmica do ecossistema**. 1ª ed. 2020.

FERNANDES, A. C. *et al.* Academy-industry links in Brazil: evidence about channels and benefits for firms and researchers. **Science and Public Policy**, v. 37, n. 7, p. 485–498, ago. 2010.

FERNANDES, Gabriela *et al.* Critical success factors of university-industry R&D collaborations. *In*: Elsevier B.V., 2023.

FERNANDES, Gabriela; O'SULLIVAN, David; FERREIRA, Lu s Miguel D F Addressing the Challenges to Successfully Manage University-Industry R&D Collaborations. *In: Elsevier B.V.*, 2021.

GARCIA, Renato; RAPINI, Márcia; CÁRIO, Sílvio. **Estudos de Caso da Interação Universidade-Empresa no Brasil**. 1. ed. Belo Horizonte: FACE/UFMG, 2018.

GERSBACH, Hans; WÖRTER, Martin. **Challenges for the Swiss Innovation System**. Disponível em: <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000657551>. 2024.

GOÑI, Edwin; MALONEY, William F Why don't poor countries do R D? Varying rates of factors return across the development process. **European Economic Review**, v. 94, p. 126–147. 2017.

GOVERNMENT OF INDIA. **Science, Technology, and Innovation Policy**. Disponível em: <https://dst.gov.in/sites/default/files/STIP_Doc_1.4_Dec2020.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Inovação – PINTEC**. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PINTEC - Pesquisa de Inovação**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 31 out. 2024.

KALIN, Furkan. R&D Expenditures and Economic Growth: A Panel Data Analysis For Selected Developing Economies. **Industrial Policy**, v. 3, n. 2, p. 39–46, 30 dez. 2023.

KLEVORICK, A. K. *et al.* On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. **Research Policy**, p. 185–205, 1995.

LEYDESDORFF, Loet. The Triple Helix of University-Industry-Government Relations (February 2012). **SSRN Electronic Journal**, 8 fev. 2012.

LEYDESDORFF, Loet; ETZKOWITZ, Henry. **Emergence of a Triple Helix of University-Industry-Government Relations Science and Public Policy**. 1996.

LUNDEVALL, Bengt-Åke. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Londres: Pinter Publishers, 1992.

MADEIRA, Maria José *et al.* Barriers to Innovation and the Innovative Performance of Portuguese Firms. **Journal of Business**, v. 9, n. 1, p. 2–22, 2017.

MALIK, Shiza; MUHAMMAD, Khalid; WAHEED, Yasir. **Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry**. **MoleculesMDPI**, , 1 jan. 2023.

MARUCCIA, Ylenia *et al.* Evidence from Network Analysis application to Innovation Systems and Quintuple Helix. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 161, 2020.

MAZZOLENI, Roberto; NELSON, Richard R. The Roles of Research at Universities and Public Labs in Economic Catch-up. **LEM Working Paper Series 01**. 2006.

MAZZUCATO, Mariana. **The Entrepreneurial State**. Londres: Anthem Press, 2013.

MAZZUCATO, Mariana. Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. **Industrial and Corporate Change**, v. 27, n. 5, p. 803–815, out. 2018.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Dispêndios nacionais em pesquisa e desenvolvimento (PD&I) em relação ao produto interno bruto (PIB) de países selecionados, 2000-2020.**

MOREIRA, Aldemir Freire; CÂMARA, Samuel Façanha; TAHIM, Elda Fontinele. Análise acadêmica dos indicadores do global innovation index. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e19911326092, 18 fev. 2022.

NASIR, Muhammad H.; ZHANG, Sen. Evaluating innovative factors of the global innovation index: A panel data approach. **Innovation and Green Development**, v. 3, n. 1, mar. 2024.

NAST, Carolin; BROEKEL, Tom; ENTNER, Doris. Fueling the fire? How government support drives technological progress and complexity. **Research Policy**, v. 53, n. 6, 1 jul. 2024.

NELSON, Richard R. **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. Nova York: Oxford University Press, 1993.

NSANZUMUHIRE, Silas U.; GROOT, Wim. Context perspective on University-Industry Collaboration processes: A systematic review of literature. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 10 jun. 2020.

ØSTERGAARD, Christian Richter; DREJER, Ina. Keeping together: Which factors characterize persistent university–industry collaboration on innovation? **Technovation**, v. 111, 1 mar. 2022.

PACHOURI, A.; SHARMA, S. **Barriers to Innovation in Indian Small and Medium Sized Enterprises**. Asian Development Bank Institute Paper Series. Disponível em: <http://www.adb.org/publications/barriers-innovation-indian-small-and-medium-sized->. Jul, 2016.

PAGOTTO, Gustavo. **Nanotecnologia: a chave para o progresso científico e econômico do Brasil**. Disponível em: <<https://monitormercantil.com.br/nanotecnologia-a-chave-para-o-progresso-cientifico-e-economico-do-brasil/>>. Acesso em: 1 de abril de 2025.

PEDRINHO, Gustavo Canaver *et al.* Universidade e o ecossistema de inovação: revisão estruturada de literatura. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 10, p. 01–23, 1 jan. 2020.

PETROBRÁS. **Relatório da Administração**. Disponível em: <https://www.investidorpetrobras.com.br/resultados-e-comunicados/central-de-resultados/>. Acesso em: 10 de abril de 2025

PINHO, Marcelo. Mais do que se supõe, menos do que se precisa: relações entre universidades e empresas no Brasil. *In*: ED. BELO HORIZONTE: FACE/UFMG (Org.). **Estudos de Caso da Interação Universidade-Empresa no Brasil**. v. 1. 2018.

RAPINI, Márcia. Interação Universidade-Empresa no Brasil: Evidências do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq. **Estudos Econômicos**, v. 37, n. 1, p. 211–233, 2007.

RAPINI, Marcia *et al.* The intensity of private funding and the results of university? Firm interactions: the case of Brazil. **Innovation and Management Review**, v. 16, n. 2, p. 161–184, 2019.

RAPINI, Márcia S. *et al.* A contribuição das universidades e institutos de pesquisa para o sistema de inovação brasileiro. ANPEC. Foz do Iguaçu. 2009.

- RATH, B.; SEENAI AH, K. Obstacles to innovation in selected Indian manufacturing firms. **Int. J. Technological Learning, Innovation and Development**, v. 9, n. 4, p. 379–398, 2017.
- RHI MAGNESITA N.V. **2024 Full Year Results**. Disponível em: <https://www.investidorpetrobras.com.br/resultados-e-comunicados/central-de-resultados/>. Acesso em: 10 de abril de 2025
- ROSSONI, A. L.; DE VASCONCELLOS, E. P. G.; CASTILHO ROSSONI, R. L. Barriers and facilitators of university-industry collaboration for research, development and innovation: a systematic review. **Management Review Quarterly**, v. 74, p. 1841–1877, 2024.
- SALA-I-MARTIN, X.; SCHWAB, K. **The global competitiveness report 2010-2011**. Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2012.
- SALTER, A. J.; MARTIN, B. R. The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. **Research Policy**, v. 30, n. 3, p. 509–532, 2001.
- SATTIRAJU, Vijay Kumar; JANODIA, Manthan D. Analysis of science, technology and innovation (STI) policies of India from 1958 to 2020. **Journal of Science and Technology Policy Management**, v. 15, 29 nov. 2023.
- SEBRAE; ANPROTEC. **Ecosystemas de Empreendedorismo Inovadores e Inspiradores**. 2020.
- STATNANO. **Nanotechnology Products Database**. Disponível em: <https://product.statnano.com>. Acesso em: 6 novembro de 2024.
- SUZANO. **Demonstrações Financeiras**. Disponível em: <https://ri.suzano.com.br/Portuguese/informacoes-inanceiras/central-de-resultados/default.aspx>. Acesso em: 10 de abril de 2025.
- SUZIGAN, Wilson; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. **A interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil**. Belo Horizonte. 2008
- TEIXEIRA, A.; RAPINI, Márcia. The role of Absorptive Capacity in the success of University-Firm Interaction in Brazil. **Econômica**, v. 20, n. 2, p. 7–32, dez. 2020.
- TIRONI, Luís F. Qualidade da inovação na indústria: explorando os dados da PINTEC. **Ciência e Tecnologia – IPEA**. 2023.
- UN, C. Annique; CUERVO-CAZURRA, Alvaro; ASAKAWA, Kazuhiro. R&D Collaborations and Product Innovation. **Journal of Product Innovation Management**, v. 27, n. 5, p. 673–689, maio 2008.
- VALE. **Relatório da Administração**. Disponível em: <https://vale.com/pt/comunicados-resultados-apresentacoes-e-relatorios#relatorios-anuais>. Acesso em: 10 de abril de 2025.
- VALLOUREC. **Q4 2024 Results**. Disponível em: <https://www.vallourec.com/app/uploads/2025/02/20250227-Vallourec-Q4-FY-2024-Results-Press-Release.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2025.
- VINCENZI, TICIANA BRAGA de; CUNHA, JOÃO CARLOS da. Characteristics of companies and innovations and their relations with barriers to innovation in the Brazilian services sector. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 17, n. 4, p. 1062–1078, out. 2019.
- WEID, Irene *et al.* **Nanotecnologia: panorama do patenteamento no Brasil e aplicações**. Rio de Janeiro. 2023.

WORLD BANK GROUP. World Bank Open Data. Disponível em: <https://data.worldbank.org/>. Acesso em: 23 de out de 2025.

WORLD OF INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION - WIPO. **GII-ranking**. Disponível em: <<https://www.wipo.int/gii-ranking/en/brazil>>. Acesso em: 23 out. 2024.

WU, Lanfen *et al.* Comparing nanotechnology landscapes in the US and China: a patent analysis perspective. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 21, n. 8, 1 ago. 2019.

APÊNDICE A – Definições dos indicadores do *Global Innovation Index* (WIPO, 2025)

Este apêndice complementa os perfis econômicos e as tabelas de dados on-line, fornecendo o título, a descrição, a definição e a fonte para cada um dos 78 indicadores incluídos no Índice Global de Inovação (IGI) deste ano. Para todas as 133 economias do GII em 2024, os valores mais recentes, dentro do período de 2013 a 2024, foram usados para cada indicador. O ano fornecido ao lado da descrição do indicador (logo abaixo do título do indicador) corresponde ao ano em que os dados estavam mais frequentemente disponíveis para as economias. Quando mais de um ano é considerado, o período utilizado é indicado no final da fonte do indicador, entre parênteses.

1. Instituições

1.1. Ambiente institucional

1.1.1 Estabilidade operacional para empresas*

Índice de risco político, legal, operacional ou de segurança*^b | 2023

Índice que mede a probabilidade e a gravidade dos riscos políticos, legais, operacionais ou de segurança que afetam as operações comerciais. As pontuações são anualizadas, padronizadas e agregadas para o final do 1º, 2º, 3º e 4º trimestres.

Fonte: S&P Global, Market Intelligence, Country Risk Dataset ([www.marketplace.spglobal.com/en/datasets/country-risk-\(255\)](http://www.marketplace.spglobal.com/en/datasets/country-risk-(255))). Ano dos dados: 2023.

1.1.2 Eficácia do governo*

Índice de eficácia do governo* | 2022

Índice que reflete as percepções sobre a qualidade dos serviços públicos, a qualidade do funcionalismo público e o grau de sua independência em relação a pressões políticas, a qualidade da formulação e implementação de políticas e a credibilidade do compromisso do governo com tais políticas. As pontuações são padronizadas.

Fonte: Banco Mundial, Indicadores de Governança Mundial (www.govindicators.org). Ano dos dados: 2022.

1.2 Ambiente regulatório

1.2.1 Qualidade regulatória*

Índice de qualidade regulatória*^a | 2022

Índice que reflete as percepções sobre a capacidade do governo de formular e implementar políticas e regulamentações sólidas que permitam e promovam o desenvolvimento do setor privado. As pontuações são padronizadas.

Fonte: Banco Mundial, Indicadores de Governança Mundial (www.govindicators.org).
Ano dos dados: 2022.

1.2.2 Estado de direito*

Índice do Estado de Direito*^a | 2022

Índice que reflete as percepções sobre o grau de confiança e o cumprimento das regras da sociedade pelos agentes, em particular a qualidade da execução de contratos, os direitos de propriedade, a polícia e os tribunais, bem como a probabilidade de crimes e violência. As pontuações são padronizadas.

Fonte: Banco Mundial, Indicadores de Governança Mundial (www.govindicators.org).
Ano dos dados: 2022.

1.3 Ambiente de negócios

1.3.1 Estabilidade da política para fazer negócios[†]

Até que ponto os governos garantem um ambiente político estável para fazer negócios[†] | 2023

Resposta média à pergunta da pesquisa: Em seu país, até que ponto o governo garante um ambiente político estável para fazer negócios? [1 = de forma alguma; 7 = em grande medida].

Fonte: Fórum Econômico Mundial, Pesquisa de Opinião Executiva 2023: Indicador “Governos garantindo estabilidade política” (EOSQ 3) (www.weforum.org). Anos dos dados: 2015–2023.

1.3.2 Políticas e cultura de empreendedorismo[†]

Índice de políticas e cultura de empreendedorismo[†] | 2023

Pontuações médias de percepção (média de cinco anos) de especialistas sobre políticas empreendedoras e cultura empreendedora (itens B, C e I3 e I4 da Pesquisa Nacional de Especialistas do GEM). Especialistas em diferentes áreas (amostragem intencional, mínimo de 36 especialistas por ano) avaliam as condições para o empreendedorismo em seus países por meio de afirmações (0 = completamente falso; 10 = completamente verdadeiro). A participação dos países na GEM varia e, portanto, o número de especialistas e os anos em que este item se baseia diferem de acordo com o país. Para serem elegíveis para inclusão neste indicador, os países devem ter participado da pesquisa GEM a partir de 2016. A participação em pesquisas realizadas antes de 2016 resultará na exclusão deste indicador.

Fonte: Global Entrepreneurship Monitor (GEM), Pesquisa Nacional de Especialistas (NES) (www.gemconsortium.org/wiki/1142). Anos dos dados: 2016–2023.

2. Capital humano e pesquisa

2.1 Educação

2.1.1 Despesa com educação, % PIB

Despesa governamental com educação (% do PIB) | 2022

Despesa total do governo geral (local, regional e central) com educação (corrente, de capital e transferências), expressa em porcentagem do PIB. Inclui despesas financiadas por transferências de fontes internacionais para o governo.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>). Anos dos dados: 2015–2023.

2.1.2 Financiamento governamental/aluno, secundário, % PIB/limite

Financiamento governamental por aluno do ensino secundário (% do PIB per capita) | 2020

Despesa média total (corrente, de capital e transferências) do governo geral por aluno, no nível secundário, expressa como uma porcentagem do PIB per capita.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>). Anos dos dados: 2014–2022.

2.1.3 Expectativa de vida escolar, anos

Expectativa de vida escolar, do ensino fundamental ao superior, ambos os sexos (anos) | 2022

Número total de anos que uma pessoa em idade de ingresso na escola pode esperar passar nos níveis de educação do ensino fundamental ao superior. Para uma criança de uma determinada idade, a expectativa de vida escolar é calculada como a soma das taxas de matrícula específicas por idade para os níveis de educação do ensino fundamental ao superior. A parte da matrícula que não é distribuída por idade é dividida pela população em idade escolar para o nível de educação do ensino fundamental ao superior em que estão matriculados e multiplicada pela duração desse nível de educação. O resultado é então adicionado à soma das taxas de matrícula específicas por idade. Um valor relativamente alto indica uma maior probabilidade de as crianças passarem mais anos na educação e uma maior taxa geral de retenção no sistema educacional. Deve-se notar que o número esperado de anos não coincide necessariamente com o número esperado de séries de ensino concluídas devido à repetência.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>). Anos dos dados: 2015–2023.

2.1.4 Escalas PISA em leitura, matemática e ciências

Escalas PISA em leitura, matemática e ciências | 2022

O PISA é o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico). O PISA mede a capacidade de jovens de 15 anos de usar suas habilidades de conhecimento em leitura, matemática e ciências. Os resultados do PISA indicam a qualidade e a equidade dos resultados de aprendizagem alcançados em todo o mundo. A pesquisa PISA de 2022 é a oitava rodada da avaliação trienal. O indicador é construído usando a média das pontuações de leitura, matemática e

ciências para cada país. As pontuações do PISA são definidas em relação à variação nos resultados observados entre todos os participantes do teste em um país. Teoricamente, não há pontuação mínima ou máxima no PISA; em vez disso, os resultados são dimensionados para se ajustarem a distribuições aproximadamente normais, com médias em torno de 500 pontos de pontuação e desvios-padrão em torno de 100 pontos de pontuação. A China não participou da Pesquisa PISA de 2022. Como resultado, as pontuações da China correspondem aos seus resultados do PISA de 2018 e são baseadas apenas nas províncias/municípios de Pequim, Xangai, Jiangsu e Zhejiang. As pontuações de 2022 do Azerbaijão correspondem apenas à capital Baku.

Fonte: Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) da OCDE (www.oecd.org/pisa). Anos dos dados: 2015–2022.

2.1.5 Proporção aluno-professor, ensino secundário

Proporção aluno-professor, ensino secundário^b | 2022

Número de alunos matriculados no ensino secundário dividido pelo número de professores do ensino secundário (independentemente da sua atribuição de ensino). Quando os dados estão ausentes para o ensino secundário como um todo, são reportados os rácios para o ensino secundário superior; se estes também estiverem ausentes, são reportados os rácios para o ensino secundário inferior. Um rácio aluno-professor elevado sugere que cada professor tem de ser responsável por um grande número de alunos. Por outras palavras, quanto maior o rácio aluno- professor, menor o acesso relativo dos alunos aos professores.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>). Anos dos dados: 2014–2023.

2.2 Ensino superior

2.2.1 Matrícula no ensino superior, % bruto

Matrícula escolar, ensino superior (% bruto) | 2022

A proporção entre o total de matrículas no ensino superior, independentemente da idade, e a população da faixa etária que corresponde oficialmente ao nível de ensino superior. O ensino superior, seja ou não um nível de qualificação avançada em pesquisa, normalmente exige, como condição mínima de admissão, a conclusão bem-sucedida do ensino médio. A taxa de matrícula escolar pode ultrapassar 100% devido à repetência e à inclusão de alunos menores de idade e maiores de idade, que ingressam precocemente ou tardiamente.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>). Anos dos dados: 2015–2023.

2.2.2 Graduados em ciências e engenharia, %

Graduados em programas de ciências, tecnologia, engenharia e matemática (% do total de graduados do ensino superior) | 2021

A proporção de todos os graduados em nível superior em ciências naturais, matemática, estatística, informação e tecnologia, manufatura, engenharia e construção como uma percentagem de todos os graduados em nível superior.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO

(UIS) (<http://data.uis.unesco.org>); banco de dados do Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>); e OCDE, Education at a Glance (<https://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=RGRADSTY>). Anos dos dados: 2015–2023.

2.2.3 Mobilidade terciária de entrada, %

Taxa de mobilidade de entrada terciária (%) | 2022

O número de estudantes estrangeiros estudando em um determinado país como uma porcentagem do total de matrículas de nível superior naquele país.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>). Anos dos dados: 2015–2023.

2.3 Pesquisa e desenvolvimento (P&D)

2.3.1 Pesquisadores, população FTE/mn.

Pesquisadores, equivalente em tempo integral (ETI) (por milhão de habitantes) | 2022

Pesquisadores em P&D são profissionais engajados na concepção ou criação de novos conhecimentos. Eles conduzem pesquisas e aprimoram ou desenvolvem conceitos, teorias, modelos, técnicas, instrumentação, software ou métodos operacionais.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>); banco de dados do Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>); banco de dados da OCDE, Principais Indicadores de Ciência e Tecnologia (MSTI) (<https://data-explorer.oecd.org>); e Rede Ibero-americana e Interamericana de Indicadores de Ciência e Tecnologia (RICYT) (www.riicyt.org/en). Anos dos dados: 2014–2022.

2.3.2 Despesa bruta em I&D, % PIB

Despesa bruta em P&D (% do PIB) | 2022

A despesa bruta em P&D (GERD) é o total da despesa interna em P&D durante um determinado período, como porcentagem do PIB. "Despesa interna em P&D" refere-se a todas as despesas com P&D realizadas dentro de uma unidade estatística ou setor da economia durante um período específico, independentemente da fonte de financiamento.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>); banco de dados do Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>); banco de dados da OCDE, Principais Indicadores de Ciência e Tecnologia (MSTI) (<https://data-explorer.oecd.org>); e Rede Ibero-americana e Interamericana de Indicadores de Ciência e Tecnologia (RICYT) (www.riicyt.org/en). Anos dos dados: 2014–2022.

2.3.3 Investidores corporativos globais em P&D, 3 principais, milhões de dólares

Gastos médios das três maiores empresas globais de um país em P&D, milhões de dólares | 2023

Gastos médios em P&D das três maiores empresas globais. Se um país tiver menos de três empresas globais listadas, o valor será a média da soma das duas empresas listadas ou o total de uma única empresa listada. Uma pontuação de 0 é atribuída a países sem empresas listadas. Os dados incluem economias fora da União Europeia (UE).

Fonte: Painel de Avaliação do Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento Industrial da

UE de 2023 (<https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2023-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>). Ano dos dados: 2023.

2.3.4 Classificação universitária QS, top 3*

Pontuação média das três melhores universidades de acordo com o ranking mundial de universidades QS* | 2023

Pontuação média das três melhores universidades por país. Se menos de três universidades estiverem listadas no ranking QS das 1.000 melhores universidades do mundo, a soma das pontuações das universidades listadas será dividida por três, resultando em uma pontuação zero para as universidades não listadas. O ranking de 2024 corresponde aos dados publicados em junho de 2023. Observação: a versão de 2024 do QS incluiu um grande aprimoramento metodológico, com a adição de três novas métricas: Sustentabilidade, Resultados de Emprego e Rede Internacional de Pesquisa.

Fonte: QS Quacquarelli Symonds Ltd, QS World University Rankings, Melhores Universidades (www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2024). Ano dos dados: 2023.

3. Infraestrutura

3.1 Tecnologias de informação e comunicação (TIC)

3.1.1 Acesso às TIC*

Índice de acesso às TIC* | 2022

O índice de acesso às TIC é um índice composto que atribui pesos a três indicadores de TIC (33% cada): (1) Indivíduos que possuem telefone celular; (2) Domicílios com acesso à internet em casa; e (3) Percentual da população coberta por redes móveis (pelo menos 3G, pelo menos LTE/WiMax). O indicador de TIC (3) Percentual da população coberta por redes móveis (pelo menos 3G, pelo menos LTE/WiMax) é calculado atribuindo-se um peso de 40% à população coberta por pelo menos 3G e um peso de 60% à população coberta por pelo menos LTE/WiMax.

Fonte: OMPI (www.wipo.int); e OMPI com base na UIT (<https://datahub.itu.int>). Anos dos dados: 2021–2022.

3.1.2 Uso das TIC*

Índice de uso de TIC* | 2022

O índice de uso de TIC é um índice composto que atribui pesos a cinco indicadores de TIC (20 por cento cada): (1) Cesta de Internet de banda larga fixa (% RNB per capita); (2) Tráfego de Internet de banda larga fixa (GB por assinatura); (3) Cesta de alto consumo de dados e voz móveis (% RNB per capita); (4) Tráfego de Internet de banda larga móvel dentro do país (GB por assinatura); e (5) Assinaturas ativas de banda larga móvel por 100 pessoas. Fonte: OMPI (www.wipo.int); e OMPI com base na UIT (<https://datahub.itu.int>). Ano dos dados: 2022.

3.1.3 Serviço online do governo*

Índice de serviços governamentais online* | 2022

O Índice de Serviços Online (ISO) é um componente do Índice de Desenvolvimento do Governo Eletrônico. O IOS é um indicador composto que avalia o quão bem os governos utilizam a tecnologia para prestar serviços públicos em nível nacional. Ele se baseia em uma pesquisa com sites nacionais e políticas de governo eletrônico, com pontuações normalizadas em um intervalo de 0 a 1. Na edição de 2022, o IOS agora é calculado com base em cinco subíndices ponderados: prestação de serviços (45%), tecnologia (5%), estrutura institucional (10%), prestação de conteúdo (5%) e participação eletrônica (35%), com a pontuação geral calculada a partir dos valores normalizados de cada subíndice.

Fonte: Divisão de Instituições Públicas e Governo Digital (DPIDG) do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (UNDESA), Pesquisa de Governo Eletrônico 2022 (<https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2022>). Ano dos dados: 2022.

3.1.4 E-participação*

Índice de Participação Eletrônica* | 2022

O Índice de Participação Eletrônica (IPE) mede o engajamento dos cidadãos na formulação de políticas públicas por meio de programas de governo eletrônico. É um suplemento à Pesquisa de Governo Eletrônico das Nações Unidas, que avalia o quão bem os governos utilizam serviços online para fornecer informações, interagir com as partes interessadas e se envolver na tomada de decisões. As pontuações variam de 0 a 1, com valores mais altos indicando maior participação eletrônica. As perguntas do índice são atualizadas periodicamente para refletir as mudanças nas tendências e tecnologias de governo eletrônico. Na Pesquisa de 2022, as perguntas de participação eletrônica foram expandidas para refletir as tendências e modalidades atuais sobre como os governos envolvem sua população na formulação, implementação e avaliação de políticas públicas.

Fonte: Divisão de Instituições Públicas e Governo Digital (DPIDG) do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (UNDESA), Pesquisa de Governo Eletrônico 2022 (<https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2022>). Ano dos dados: 2022.

3.2 Infraestrutura geral

3.2.1 Produção de eletricidade, GWh/mn pop.

Produção de eletricidade (GWh por milhão de habitantes) | 2022

Produção de eletricidade, medida nos terminais de todos os conjuntos de alternadores de uma estação. Além da geração de energia hidrelétrica, a carvão, a petróleo, a gás e nuclear, este indicador abrange a geração por energia geotérmica, solar, eólica, das marés e das ondas, bem como a geração de energias renováveis combustíveis e resíduos. A produção

inclui a produção de usinas projetadas para produzir exclusivamente eletricidade, bem como a produção de usinas combinadas de calor e energia. A produção de eletricidade em GWh é calculada por população.

Fonte: Agência Internacional de Energia (AIE), Balanços Energéticos Mundiais, edições de 2023 e 2024 (População) (www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview). Anos dos dados: 2021–2022.

3.2.2 Desempenho logístico*

Índice de Desempenho Logístico* | 2023

Uma avaliação multidimensional do desempenho logístico, o Índice de Desempenho Logístico (LPI) de 2023 classifica 139 países, combinando dados sobre seis componentes principais de desempenho em uma única medida agregada que inclui desempenho alfandegário, qualidade da infraestrutura e pontualidade das remessas. Os dados usados no ranking vêm de uma pesquisa com profissionais de logística que são questionados sobre os países estrangeiros em que operam. Os seis componentes do LPI são: (1) Alfândega: a eficiência do desembarço aduaneiro e da gestão de fronteiras; (2) Infraestrutura: a qualidade da infraestrutura de comércio e transporte; (3) Remessas internacionais: a facilidade de organizar remessas com preços competitivos; (4) Qualidade dos serviços: a competência e a qualidade dos serviços logísticos;

(5) Rastreamento e localização: a capacidade de rastrear e rastrear remessas; e (6) Pontualidade: a frequência com que as remessas chegam aos destinatários dentro dos prazos de entrega programados ou esperados.

Fonte: Banco Mundial, Índice de Desempenho Logístico 2023 (<https://lpi.worldbank.org>); e Banco Mundial (2023) *Connecting to Compete 2023: Logística Comercial na Economia Global*

—
O Índice de Desempenho Logístico e seus Indicadores (https://lpi.worldbank.org/sites/default/files/2023-04/LPI_2023_report_with_layout.pdf). Ano dos dados: 2023.

3.2.3 Formação bruta de capital, % PIB

Formação bruta de capital (% do PIB, média de três anos) | 2023

A formação bruta de capital é expressa como a razão entre o investimento total em moeda local corrente e o PIB em moeda local corrente. O investimento ou formação bruta de capital é medido pelo valor total da formação bruta de capital fixo e pelas variações nos estoques e aquisições, menos as alienações de ativos de valor para uma unidade ou setor, com base no Sistema de Contas Nacionais (SCN) de 1993.

Fonte: Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2022–2023.

3.3 Sustentabilidade ecológica

3.3.1 PIB/unidade de uso de energia

PIB por oferta total de energia (por mil PIB PPP\$ 2015) | 2021

Paridade do poder de compra do Produto Interno Bruto (PIB PPC\$ 2015) por oferta total de energia (TES). TES é composto por produção + importações – exportações – bunkers marítimos internacionais – bunkers de aviação internacional +/- variações de estoque. PIB/TES é um indicador de produtividade energética.

Fonte: Agência Internacional de Energia (AIE), Balanços Energéticos Mundiais, edição de 2023 (www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview). Anos dos dados: 2021–2022.

3.3.2 Uso de energia de baixo carbono, %

A parcela do consumo total de energia primária de um país proveniente de fontes intensivas em baixo carbono | 2022

A parcela de energia de baixo carbono é calculada com base em sua participação no consumo total de energia primária de um país (expressa em petajoules). Energia primária é a energia disponível em recursos naturais brutos e não processados que servem como insumos para o sistema energético. Ela mede a energia total consumida antes de quaisquer perdas significativas de eficiência devido à sua conversão em energia secundária (uma forma transportável) ou energia final (entregue ao consumidor). A matriz energética completa é considerada, compreendendo fontes de combustíveis fósseis de alto carbono; petróleo, carvão e gás natural; bem como fontes de baixo carbono; hidrelétrica, nuclear, eólica, biomassa, solar, geotérmica, etc. O cálculo da energia primária total consumida por cada país considera a energia que é importada e consumida (em oposição à importada, mas transitada para outro país) e a energia primária que é produzida, mas exportada para o exterior para ser consumida em outro lugar. Todas as fontes de energia são expressas em petajoules. Para permitir que as fontes de energia primária de baixo carbono sejam comparadas de forma consistente com os combustíveis fósseis, é utilizada a metodologia de "equivalência de combustível fóssil" (ou substituição total/parcial). Isso ocorre porque a energia primária destinada a energias renováveis, como eólica e solar, não é registrada. Essa abordagem converte a produção elétrica de fontes de energia renováveis não combustíveis e nucleares em insumos de energia primária equivalentes que seriam necessários se a mesma quantidade de eletricidade fosse gerada usando combustíveis fósseis. Consequentemente, a geração de eletricidade a partir de combustíveis não fósseis é dividida por um "fator de eficiência térmica", que é uma eficiência média presumida da frota global de usinas termelétricas movidas a combustíveis fósseis. Para os dados de 2022, esse valor era de 40,7%. Esse fator muda ao longo do tempo, à medida que a composição da matriz global de combustíveis fósseis muda e melhorias de eficiência em usinas termelétricas são realizadas. Fonte: Instituto de Energia, Revisão Estatística da Energia Mundial (www.energyinst.org/statistical-review). Ano dos dados: 2022.

3.3.3 ISO 14001 meio ambiente/bn PPP\$ PIB

ISO 14001 Sistemas de gestão ambiental – Número de certificados emitidos (por bilhão de dólares PPP do PIB) | 2022

A ISO 14001 especifica os requisitos para um sistema de gestão ambiental que uma organização pode usar para aprimorar seu desempenho ambiental. A ISO 14001 destina-se a organizações que buscam gerenciar suas responsabilidades ambientais de maneira sistemática, contribuindo para o pilar ambiental da sustentabilidade. A ISO 14001 auxilia uma organização a atingir os resultados pretendidos com seu sistema de gestão ambiental, agregando valor ao meio ambiente, à própria organização e às partes interessadas. Consistente com a política ambiental da organização, os resultados pretendidos com um sistema de gestão ambiental incluem a melhoria do desempenho ambiental, o cumprimento das obrigações de conformidade e a consecução dos objetivos ambientais. A ISO 14001 é aplicável a qualquer organização, independentemente de porte, tipo ou natureza, e se aplica aos aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços que a organização determina que pode controlar ou influenciar a partir de uma perspectiva de ciclo de vida. A ISO 14001 não estabelece critérios específicos de desempenho ambiental. Ela pode ser usada, no todo ou em parte, para aprimorar sistematicamente a gestão ambiental. No entanto, alegações de conformidade com a ISO 14001 não são aceitáveis, a menos que todos os seus requisitos sejam incorporados ao sistema de gestão ambiental da organização e cumpridos sem exceções. Os dados são reportados por bilhão de dólares PPP (Produto Interno Bruto) do PIB.

Fonte: Organização Internacional para Padronização, Pesquisa ISO de Certificações para Padrões de Sistemas de Gestão, 2022 (www.iso.org/the-iso-survey.html); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Ano dos dados: 2022.

4. Sofisticação do mercado

4.1 Crédito

4.1.1 Finanças para startups e scaleups †

Finanças para startups e scaleups † | 2023

Pontuações médias de percepção (média de cinco anos) de especialistas em finanças para empresas em fase de arranque e crescimento (item A1 do Inquérito Nacional de Especialistas do GEM). Especialistas em diferentes áreas (amostragem intencional, mínimo de 36 especialistas por ano) avaliam as condições para o empreendedorismo no seu país através de afirmações (0 = completamente falso; 10 = completamente verdadeiro). A participação dos países no GEM varia e, portanto, o número de especialistas e os anos em que este item se baseia diferem de acordo com o país. Para serem elegíveis para inclusão neste indicador, os países devem ter participado no inquérito GEM a partir de 2016. A participação em inquéritos realizados antes de 2016 será excluída deste indicador.

Fonte: Global Entrepreneurship Monitor (GEM), Pesquisa Nacional de Especialistas (NES) (www.gemconsortium.org/wiki/1142). Anos dos dados: 2016–2023.

4.1.2 Crédito interno ao setor privado, % PIB

Crédito interno ao setor privado (% do PIB) | 2022

Crédito interno ao setor privado refere-se aos recursos financeiros fornecidos ao setor privado por empresas financeiras, como por meio de empréstimos, compras de títulos não patrimoniais, créditos comerciais e outras contas a receber, que estabelecem um direito de reembolso. Para alguns países, esses direitos incluem crédito a empresas públicas. As empresas financeiras incluem autoridades monetárias e bancos de depósito, bem como outras empresas financeiras para as quais há dados disponíveis (incluindo empresas que não permitem depósitos transferíveis, mas aceitam passivos como depósitos a prazo e de poupança). Exemplos de outras empresas financeiras são empresas de financiamento e leasing, agiotas, seguradoras, fundos de pensão e empresas de câmbio.

Fonte: Fundo Monetário Internacional, Estatísticas Financeiras Internacionais e arquivos de dados (<https://data.imf.org>); e estimativas do PIB do Banco Mundial e da OCDE, extraídas do banco de dados de Indicadores de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial (<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>). Anos dos dados: 2015–2022.

4.1.3 Empréstimos de instituições de microfinanças, % PIB

Empréstimos de todas as instituições de microfinanças (% do PIB) | 2022

Empréstimos pendentes de todas as instituições de microfinanças de um país como uma porcentagem do seu PIB.

Fonte: Fundo Monetário Internacional, Pesquisa de Acesso Financeiro (<https://data.imf.org/?sk=E5DCAB7E-A5CA-4892-A6EA-598B5463A34C>). Anos dos dados: 2016–2022.

4.2 Investimento

4.2.1 Capitalização de mercado, % PIB

Capitalização de mercado das empresas nacionais listadas (% do PIB, média de três anos) | 2022

A capitalização de mercado (também conhecida como "valor de mercado") é o preço da ação multiplicado pelo número de ações em circulação (incluindo suas diversas classes) para empresas nacionais listadas. Fundos de investimento, fundos de investimento e empresas cujo único objetivo comercial é deter ações de outras empresas listadas são excluídos. Os dados são a média dos valores de fim de ano dos últimos três anos.

Fonte: Banco de dados da Federação Mundial de Bolsas (www.world-exchanges.org/our-work/statistics); e extraído do banco de dados de Indicadores de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial (<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>). Anos dos dados: 2014–2022.

4.2.2 Investidores de capital de risco (VC), negócios/bn PPP\$ PIB

Número de negócios de capital de risco investidos (por bilhão de dólares PPP do PIB, média de três anos) | 2023

Dados da Refinitiv sobre negócios de private equity, por negócio, com informações sobre a localização da empresa que investe em um negócio de capital de risco (VC), entre outros detalhes. A extração de dados corresponde a uma consulta sobre negócios de VC entre 1º de janeiro de 2021 e 31 de dezembro de 2023, com os dados agregados pela localização da empresa investidora. Os dados representam a média de três anos dos negócios investidos entre 2021 e 2023 e são reportados por bilhão de dólares PPP do PIB.

Fonte: Refinitiv (uma empresa do London Stock Exchange Group (LSEG)) Eikon (analisador de private equity) acessado em março de 2024 (<https://solutions.refinitiv.com/eikon-trading-software>); e Banco de Dados de Perspectivas Econômicas Mundiais do Fundo Monetário Internacional, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2021–2023.

4.2.3 Beneficiários de VC, negócios/bn PPP\$ PIB

Número de acordos de capital de risco recebidos (por bilhão de PPP\$ PIB, média de três anos) | 2023

Dados da Refinitiv sobre negócios de private equity, por negócio, com informações sobre a localização da empresa que recebe o investimento de capital de risco, entre outros detalhes. A extração de dados corresponde a uma consulta sobre negócios de capital de risco entre 1º de janeiro de 2021 e 31 de dezembro de 2023, com os dados agregados por local do investimento. Os dados representam a média trienal dos negócios recebidos entre 2021 e 2023 e são reportados por bilhão de dólares PPP do PIB.

Fonte: Refinitiv (uma empresa LSEG) Eikon (analisador de private equity) acessado em março de 2024 (<https://solutions.refinitiv.com/eikon-trading-software>); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2021–2023.

4.2.4 VC recebido, valor, % PIB

Valor total do capital de risco recebido (% do PIB, média de três anos) | 2023

Dados da Refinitiv sobre o valor monetário de negócios de private equity, por negócio, com informações sobre a localização da empresa que recebe o investimento de capital de risco, entre outros detalhes. A extração de dados corresponde a uma consulta sobre negócios de capital de risco entre 1º de janeiro de 2021 e 31 de dezembro de 2023, com os dados agregados por local do investimento. Os dados representam a média trimestral do valor reportado dos negócios, em dólares americanos (bilhões) atuais, recebidos e reportados.

Fonte: Refinitiv (uma empresa LSEG) Eikon (analisador de private equity) acessado em março de 2024 (<https://solutions.refinitiv.com/eikon-trading-software>); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases).

Anos dos dados: 2021–2023.

4.3 Comércio, diversificação e escala de mercado

4.3.1 Taxa tarifária aplicada, média ponderada, %

Taxa tarifária aplicada, média ponderada, todos os produtos (%)^b | 2022

A tarifa efetivamente aplicada é a tarifa mínima imposta por um país a outro, representando a tarifa mais vantajosa, abrangendo todos os acordos comerciais preferenciais e tarifas de nação mais favorecida (NMF), e ponderada pelos valores de importação dos pares produto e país de origem. Todos os cálculos foram realizados com base em produtos importados no nível de subposição do Sistema Harmonizado (SH). As tarifas incluem direitos ad valorem e equivalentes ad valorem nos cálculos. Quaisquer tarifas ausentes ou equivalentes ad valorem não calculados no nível de subposição foram omitidos. A União Europeia (27) é tratada como uma entidade unificada, portanto, o comércio intra-UE foi desconsiderado.

Fonte: Banco de dados analítico da Organização Mundial do Comércio (www.wto.org/english/tratop_e/tariffs_e/tariffs_e.htm). Anos dos dados: 2017–2022.

4.3.2 Diversificação da indústria nacional

Diversificação da indústria nacional (com base na produção industrial)^b | 2021

O Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) para a indústria nacional é definido como a soma das participações quadradas das indústrias na produção industrial total.

Fonte: Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), Banco de Dados de Estatísticas Industriais, nível de dois dígitos da Classificação Industrial Uniforme Internacional (ISIC) Revisão 3 (INDSTAT 2 2022), Melhoria da Qualidade das Políticas Industriais (EQUIP) Ferramenta 4: Diversificação – Dimensões Doméstica e Exportadora, 2015 (<https://stat.unido.org>). Anos dos dados: 2014–2022.

4.3.3 Escala do mercado interno, bilhões de dólares PPP

Escala do mercado interno medida pelo PIB, bilhões de dólares PPP | 2023

O tamanho do mercado interno é medido pelo PIB com base na avaliação PPP do PIB do país, em dólares internacionais correntes (bilhões).

Fonte: Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2022–2023.

5. Sofisticação empresarial

5.1 Trabalhadores do conhecimento

5.1.1 Emprego intensivo em conhecimento, %

Emprego em serviços intensivos em conhecimento (% da força de trabalho, 15+ anos) | 2022

Soma de pessoas nas categorias de 1 a 3 como porcentagem do total de pessoas empregadas, de acordo com a Classificação Internacional Uniforme de Ocupações (ISCO). As categorias incluídas na ISCO 08 são: 1 Gerentes; 2 Profissionais; 3 Técnicos e Profissionais Associados. Quando os dados da ISCO 08 não estavam disponíveis, foram utilizados os dados da ISCO 88. As categorias incluídas na ISCO 88 são: 1 Legisladores, altos funcionários e gerentes; 2 Profissionais; 3 Técnicos e profissionais associados.

Fonte: Organização Internacional do Trabalho (OIT), Banco de Dados de Estatísticas do Trabalho ILOSTAT (<https://ilostat.ilo.org>). Anos dos dados: 2014–2023.

5.1.2 Empresas que oferecem treinamento formal, %

Empresas que oferecem treinamento formal (% das empresas) | 2023

Percentual de empresas que oferecem programas formais de treinamento para seus funcionários permanentes e em tempo integral na amostra de empresas da Pesquisa Empresarial do Banco Mundial em cada país. Os dados de Bangladesh, Índia, Iraque e Madagascar, publicados em 2022 e referentes ao período da COVID-19, não estão sendo utilizados após discussões com a equipe da Pesquisa Empresarial do Banco Mundial.

Fonte: Pesquisas Empresariais do Banco Mundial (www.enterprisesurveys.org). Anos dos dados: 2013–2023.

5.1.3 GERD realizado por empresas, % PIB

GERD realizado por empresas comerciais (% do PIB) | 2022

Despesas brutas em P&D realizadas por empresa como porcentagem do PIB. Para a definição de GERD, veja o indicador 2.3.2.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>); banco de dados do Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>); banco de dados da OCDE, Principais Indicadores de Ciência e Tecnologia (MSTI) (<https://data-explorer.oecd.org>); e Rede Ibero-americana e Interamericana de Indicadores de Ciência e Tecnologia (RICYT) (www.ricyt.org/en). Anos dos dados: 2014–2022.

5.1.4 GERD financiado por empresas, %

GERD financiado por empresas comerciais (% do GERD) | 2021

Despesa bruta em P&D financiada por empresa, como porcentagem da despesa bruta total em P&D. Para a definição de GERD, veja o indicador 2.3.2.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>); banco de dados do Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>); banco de dados da OCDE, Principais

Indicadores de Ciência e Tecnologia (MSTI) (<https://data-explorer.oecd.org>); e Rede Ibero-americana e Interamericana de Indicadores de Ciência e Tecnologia (RICYT) (www.ricyt.org/en). Anos dos dados: 2014–2023.

5.1.5 Mulheres empregadas com diplomas avançados, %

Mulheres empregadas com diplomas avançados (% total de empregadas, 25+ anos) | 2023

Percentual de mulheres empregadas com diplomas de nível superior em relação ao total de empregados. Os empregados compreendem todas as pessoas em idade ativa que, durante um breve período especificado, estiveram em uma das seguintes categorias: (1) emprego remunerado; ou (2) trabalho autônomo. Os dados são desagregados por nível de escolaridade, que se refere ao nível mais alto de escolaridade concluído, classificado de acordo com a Classificação Internacional Uniforme da Educação (ISCE). Os dados para o Canadá baseiam-se na Tabela 14 10 0020 01 das estimativas da Pesquisa da Força de Trabalho do país.

Fonte: Organização Internacional do Trabalho, Banco de Dados ILOSTAT de Estatísticas do Trabalho (<https://ilostat.ilo.org>); e Statistics Canada, Tabela 14-10-0020-01 Taxa de desemprego, taxa de participação e taxa de emprego por nível educacional, anual (www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=1410002001). Anos dos dados: 2014–2023.

5.2 Vínculos de inovação

5.2.1 Co-publicações públicas de pesquisa e indústria, %

Publicações de pesquisa em coautoria pública e privada (% do total de publicações de pesquisa, média de cinco anos) | 2023

Publicações de pesquisa em coautoria público-privada como uma porcentagem de todas as publicações de pesquisa. As publicações de pesquisa limitam-se aos quatro principais campos científicos a seguir: Ciências biomédicas e da saúde, Ciências da vida e da terra, Matemática e ciência da computação e Ciências físicas e engenharia. A definição de "setor privado" inclui todas as empresas com fins lucrativos, abrangendo todos os setores de manufatura e serviços. Isso inclui institutos de pesquisa e outros laboratórios corporativos de P&D que são totalmente financiados ou de propriedade de empresas com fins lucrativos. Organizações do setor privado de educação e organizações privadas do setor de saúde (incluindo hospitais e clínicas) não são classificadas como setor privado.

Fonte: Centro de Estudos de Ciência e Tecnologia (CWTS), Universidade de Leiden, com base no Clarivate Web of Science (www.cwts.nl). Ano dos dados: 2023.

5.2.2 Colaboração entre a universidade e a indústria em I&D †

Até que ponto as empresas e as universidades colaboram em I&D † | 2023

Resposta média à pergunta da pesquisa: Em seu país, até que ponto as empresas e universidades colaboram em pesquisa e desenvolvimento (P&D)? [1 = de forma alguma; 7 = muito].

Fonte: Fórum Econômico Mundial, Pesquisa de Opinião Executiva 2023 (www.weforum.org)

). Anos dos dados: 2014–2023.

5.2.3 Estado do desenvolvimento do cluster †

Quão difundidos são os aglomerados † | 2023

Resposta média à pergunta da pesquisa: Em seu país, quão difundidos são os clusters bem desenvolvidos e profundos (concentrações geográficas de empresas, fornecedores, produtores de produtos e serviços relacionados e instituições especializadas em um campo específico)? [1

= inexistente; 7 = difundido em muitos campos].

Fonte: Fórum Econômico Mundial, Pesquisa de Opinião Executiva 2023 (www.weforum.org). Anos dos dados: 2015–2023.

5.2.4 Acordos de joint venture/aliança estratégica/bn PPP\$ PIB

Número de acordos de joint venture/aliança estratégica, contagem fracionária (por bilhão de dólares PPP do PIB, média de três anos) | 2023

Dados da Refinitiv sobre joint ventures/alianças estratégicas, por negócio, com detalhes sobre o país de origem das empresas parceiras, entre outros. A extração de dados corresponde a uma consulta sobre acordos de joint ventures/alianças estratégicas entre 1º de janeiro de 2021 e 31 de dezembro de 2023. A nação de cada empresa participante de um negócio (n empresas por negócio) recebe, por negócio, uma pontuação equivalente a $1/n$ (com o efeito de que todas as pontuações dos países somam o número total de negócios). Os dados são reportados por bilhão de PIB PPP.

Fonte: Banco de dados SDC Platinum da Refinitiv (uma empresa LSEG) (www.refinitiv.com/en/financial-data/deals-data/joint-venture-deals); e Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial do Fundo Monetário Internacional, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2020–2023.

5.2.5 Famílias de patentes/bn PPP\$ PIB

Número de famílias de patentes depositadas em pelo menos dois escritórios (por bilhão de dólares PPP do PIB) | 2020

Uma família de patentes é um conjunto de pedidos de patente inter-relacionados depositados em um ou mais países ou jurisdições para proteger a mesma invenção. Famílias de patentes contendo pedidos depositados em pelo menos dois escritórios diferentes são um subconjunto de famílias de patentes em que a proteção da mesma invenção é buscada em pelo menos dois países diferentes. Neste relatório, "dados de famílias de patentes" referem-se a famílias de patentes contendo pedidos depositados em pelo menos dois escritórios de propriedade intelectual (PI); os dados são escalonados por PPP\$ PIB (bilhões). Uma patente é um conjunto de direitos exclusivos concedidos por lei aos requerentes de invenções que são novas, não óbvias e industrialmente aplicáveis. Uma patente é válida por um período

limitado (geralmente 20 anos) e dentro de um território definido. O sistema de patentes é projetado para incentivar a inovação, fornecendo aos inovadores direitos legais exclusivos por tempo limitado, permitindo-lhes colher os frutos de sua atividade inovadora.

Fonte: Organização Mundial da Propriedade Intelectual, Estatísticas de Propriedade Intelectual (www.wipo.int/ipstats); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Ano dos dados: 2020.

5.3 Absorção de conhecimento

5.3.1 Pagamentos de propriedade intelectual, % do comércio total

Taxas de utilização de propriedade intelectual, ou seja, pagamentos (% do comércio total, média de três anos) | 2022

Encargos pelo uso de propriedade intelectual não incluídos em outras partes, ou seja, pagamentos (% do comércio total), média dos três anos mais recentes ou ano mais recente. O valor é calculado de acordo com a Classificação Ampliada de Serviços da Balança de Pagamentos EBOPS 2010, ou seja, código SH: Encargos pelo uso de propriedade intelectual não incluídos em outras partes, como uma porcentagem do comércio total. O comércio total é definido como a soma do total de importações de bens do código G e serviços comerciais do código SOX (excluindo bens e serviços governamentais não incluídos em outras partes) mais o total de exportações de bens do código G e serviços comerciais do código SOX (excluindo bens e serviços governamentais não incluídos em outras partes), dividido por 2. De acordo com a sexta edição do *Manual de Balança de Pagamentos e Posição de Investimento Internacional (BPM6)* do Fundo Monetário Internacional, o item "Bens" abrange mercadorias em geral, exportações líquidas de bens sob o regime de comércio e ouro não monetário. A categoria "serviços comerciais" é definida como sendo igual a "serviços" menos "bens e serviços governamentais não incluídos em outras partes". Os recibos são entre residentes e não residentes pelo uso de direitos de propriedade (como patentes, marcas registradas, direitos autorais, processos e designs industriais, incluindo segredos comerciais e franquias) e por licenças para reproduzir ou distribuir (ou ambos) propriedade intelectual incorporada em originais ou protótipos produzidos (como direitos autorais sobre livros e manuscritos, software de computador, obras cinematográficas e gravações de som) e direitos relacionados (como para apresentações ao vivo e transmissão de televisão, cabo ou satélite).

Fonte: OMC | Estatísticas - Global Services Trade Data Hub. Conjunto de dados sobre o Comércio de Serviços por Modo de Fornecimento (www.wto.org/english/res_e/statistics_e/services_trade_data_hub_e.htm). Ano dos dados: 2022.

5.3.2 Importações de alta tecnologia, % do comércio total

Importações de alta tecnologia (% do comércio total) | 2022

Importações de alta tecnologia como porcentagem do comércio total. As exportações e

importações de alta tecnologia incluem produtos técnicos com alta intensidade de P&D, definidos pela classificação do Eurostat, que se baseia na Classificação Padrão do Comércio Internacional (SITC) Revisão 4 e na definição da OCDE (ver http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/htec_esms_an5.pdf). As commodities pertencem aos seguintes setores: aeroespacial; computadores e máquinas de escritório; eletrônica e telecomunicações; farmácia; instrumentos científicos; máquinas elétricas; química; máquinas não elétricas; e armamento.

Fonte: Banco de Dados Comtrade das Nações Unidas (<http://comtrade.un.org>); e Organização Mundial do Comércio e Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (<https://stats.wto.org>). Anos dos dados: 2015–2022.

5.3.3 Importações de serviços de TIC, % do comércio total

Importações de serviços de telecomunicações, informática e informação (% do comércio total) | 2022

Importações de serviços de telecomunicações, informática e informação como porcentagem do comércio total, de acordo com a Classificação Ampliada de Serviços da Balança de Pagamentos (EBOPS 2010) da OCDE, codificada como SI: Telecomunicações, informática e serviços de informação. Os valores baseiam-se na classificação da sexta edição (2009) do *Manual da Balança de Pagamentos e da Posição de Investimento Internacional* do Fundo Monetário Internacional e no banco de dados da Balança de Pagamentos. Para a definição de comércio total, consulte o indicador 5.3.1.

Fonte: OMC | Estatísticas - Global Services Trade Data Hub. Conjunto de dados sobre o Comércio de Serviços por Modo de Fornecimento (www.wto.org/english/res_e/statis_e/services_trade_data_hub_e.htm). Anos dos dados: 2021–2022.

5.3.4 Entradas líquidas de IDE, % PIB

Entradas líquidas de investimento estrangeiro direto (IED) (% do PIB, média de três anos) | 2022

A entrada líquida de IED é a média dos três anos mais recentes de entradas líquidas de investimento para adquirir uma participação gerencial duradoura (10% ou mais do capital votante) em uma empresa que opera em uma economia diferente da do investidor. É a soma do capital próprio, reinvestimento de lucros, outros capitais de longo prazo e capitais de curto prazo, conforme demonstrado no balanço de pagamentos. Esta série de dados mostra as entradas líquidas (novas entradas de investimento menos desinvestimentos) na economia declarada, provenientes de investidores estrangeiros, e é dividida pelo PIB. Dados extraídos do banco de dados de Indicadores de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial.

Fonte: Fundo Monetário Internacional, Estatísticas Financeiras Internacionais e bases de dados da Balança de Pagamentos (<https://data.imf.org>); Banco Mundial, Estatísticas da Dívida Internacional (www.worldbank.org/en/programs/debt-statistics); e estimativas do PIB da OCDE (<https://data.oecd.org>). Anos dos dados: 2021–2022.

5.3.5 Talento em pesquisa, % em empresas

Pesquisadores em empreendedorismo empresarial (%) | 2022

Pesquisadores no setor empresarial, medidos em equivalência de tempo integral (ETI), referem-se a pesquisadores como profissionais envolvidos na concepção ou criação de novos conhecimentos, produtos, processos, métodos e sistemas, bem como na gestão desses projetos, discriminados pelos setores em que atuam (empresas, governo, ensino superior e organizações privadas sem fins lucrativos). No contexto das estatísticas de P&D, o setor empresarial inclui todas as empresas, organizações e instituições cuja atividade principal é a produção de bens ou serviços (exceto ensino superior) para venda ao público em geral a um preço economicamente significativo, e principalmente as instituições privadas sem fins lucrativos que as atendem; o núcleo desse setor é composto por empresas privadas.

Fonte: Banco de dados online do Instituto de Estatística da UNESCO (UIS) (<http://data.uis.unesco.org>); banco de dados do Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>); banco de dados da OCDE, Principais Indicadores de Ciência e Tecnologia (MSTI) (<https://data-explorer.oecd.org>); e Rede Ibero-americana e Interamericana de Indicadores de Ciência e Tecnologia (RICYT) (www.ricyt.org/en). Anos dos dados: 2014–2022.

6. Resultados de conhecimento e tecnologia

6.1 Criação de conhecimento

6.1.1 Patentes por origem/bn PPP\$ PIB

Número de pedidos de patentes de residentes depositados em um determinado escritório nacional ou regional de patentes (por bilhão de dólares PPP do PIB) | 2022

A definição de patente pode ser encontrada na descrição do indicador 5.2.5. Um pedido de patente de residente refere-se a um pedido depositado em um escritório de propriedade intelectual para ou em nome do país de residência do primeiro requerente. Por exemplo, um pedido depositado no Escritório de Patentes do Japão por um residente do Japão deve ser considerado um pedido de residência para o Japão. Da mesma forma, um pedido depositado no Escritório Europeu de Patentes (EPO) por um requerente que resida em qualquer um dos estados-membros do EPO (por exemplo, Alemanha) é considerado um pedido de residência para esse estado-membro (Alemanha). Os dados são escalonados por PIB (em bilhões de dólares do país).

Fonte: Organização Mundial da Propriedade Intelectual, Estatísticas de Propriedade Intelectual (www.wipo.int/ipstats); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2014–2022.

6.1.2 Patentes PCT por origem/bn PPP\$ PIB

Número de pedidos de Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT) (por bilhão de dólares PPP do PIB) | 2023

Um pedido PCT refere-se a um pedido de patente internacional depositado por meio do Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes, administrado pela OMPI. O sistema PCT permite buscar proteção de patente para uma invenção simultaneamente em vários países, mediante o depósito de um único pedido internacional de patente. A origem dos pedidos PCT é definida pela residência do primeiro requerente. Os dados estão disponíveis apenas para as economias que são Estados Contratantes do PCT (157 até o momento). Os dados são escalonados por PIB em dólares da PPC (bilhões).

Fonte: Organização Mundial da Propriedade Intelectual, Estatísticas de Propriedade Intelectual (www.wipo.int/ipstats); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2022–2023.

6.1.3 Modelos de utilidade por origem/bn PPP\$ PIB

Número de pedidos de modelo de utilidade residente depositados no escritório nacional de patentes (por bilhão de dólares PPP do PIB) | 2022

Um modelo de utilidade (MU) é uma forma especial de direito de patente. Os termos e condições para a concessão de um UM são ligeiramente diferentes daqueles para patentes e incluem um prazo de proteção mais curto e requisitos de patenteabilidade menos rigorosos. Um pedido de UM residente refere-se a um pedido depositado em um instituto de propriedade intelectual para ou em nome do país de residência do primeiro requerente. Por exemplo, um pedido depositado no instituto de propriedade intelectual da Alemanha por um residente na Alemanha é considerado um pedido de residente na Alemanha. Os dados são escalonados por PIB (em bilhões) em PPP.

Fonte: Organização Mundial da Propriedade Intelectual, Estatísticas de Propriedade Intelectual (www.wipo.int/ipstats); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2017–2022.

6.1.4 Artigos científicos e técnicos/bn PPP\$ PIB

Número de artigos de periódicos científicos e técnicos (por bilhão de dólares PPP do PIB) | 2023

Número de artigos publicados nas áreas de ciência e tecnologia. Abrange 182 categorias de pesquisa diferentes, pertencentes a áreas como engenharia, química, física, ciências ambientais, ciência da computação, matemática, bioquímica, biologia molecular, oncologia, agricultura, biologia celular e muitas outras. A contagem de artigos é obtida de um conjunto de periódicos abrangidos pelo Science Citation Index Expanded (SCIE) e pelo Social Sciences Citation Index (SSCI). Os artigos são classificados por ano de publicação e

atribuídos a cada economia com base no(s) endereço(s) institucional(ais) listado(s) no artigo.

Os artigos são contabilizados por contagem (em vez de frações) – ou seja, para artigos com instituições colaboradoras de diversas economias, cada economia recebe crédito com base em suas instituições participantes. Os dados são reportados por bilhão de dólares PPC do PIB.

Fonte: Clarivate, Web of Science, acessado em 17 de abril de 2024 (<https://clarivate.com/webofsciencelgroup/solutions/web-of-science>); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2022– 2023.

6.1.5 Documentos citáveis H-index

O índice H é o número de artigos publicados (H) da economia que receberam pelo menos H citações | 2023

O índice H expressa o número de artigos (H) do periódico que receberam pelo menos H citações. Ele quantifica tanto a produtividade científica quanto o impacto científico do periódico, sendo também aplicável a cientistas, periódicos e assim por diante. O índice H é calculado a partir do número de citações recebidas em anos subsequentes por artigos publicados em um determinado ano, dividido pelo número de artigos publicados naquele ano.

Fonte: SCImago, SJR SCImago Journal & Country Rank, recuperado em abril de 2024 (www.scimagojr.com). Ano dos dados: 2023.

6.2 Impacto do conhecimento

6.2.1 Crescimento da produtividade do trabalho, %

Taxa de crescimento do PIB por pessoa empregada (% , média de cinco anos) | 2023

Taxa de crescimento do PIB real por pessoa empregada, média dos cinco anos mais recentes disponíveis (2019-2023). O crescimento do PIB por pessoa empregada fornece uma medida da produtividade do trabalho (definida como produção por unidade de trabalho). O PIB por pessoa empregada é o PIB dividido pelo emprego total na economia.

Fonte: The Conference Board Total Economy Database, abril de 2024 (www.conference-board.org/data/economydatabase). Anos dos dados: 2021–2023.

6.2.2 Valoração Unicórnio, % PIB

Valoração combinada dos unicórnios de um país (% do PIB) | 2024

Valor total de todos os unicórnios em um país como porcentagem do PIB. Uma empresa unicórnio é uma empresa privada com valor de mercado superior a US\$ 1 bilhão. Empresas unicórnio em 20 de março de 2024, com 1.229 unicórnios em todo o mundo.

Fonte: CBInsights, Tracker – The Complete list of Unicorn Companies (www.cbinsights.com/research-unicorn-companies); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Ano dos dados: 2024.

6.2.3 Gastos com software, % PIB

Gastos totais com software de computador (% do PIB) | 2023

Os gastos com software de computador incluem o valor total de pacotes de software adquiridos ou alugados, como sistemas operacionais, sistemas de banco de dados, ferramentas de programação, utilitários e aplicativos. Excluem-se os gastos com desenvolvimento interno de software. Os dados são estimados com base em dados de vendas do setor de software e serviços. Os dados são reportados como uma porcentagem do PIB.

Fonte: S&P Global, Market Intelligence (www.marketplace.spglobal.com/en/datasets). Ano dos dados: 2023.

6.2.4 Fabricação de alta tecnologia, %

Indústria de alta e média-alta tecnologia (% da produção industrial total) | 2021

Produção de alta tecnologia e média-alta tecnologia (MHT) como uma porcentagem da produção industrial total, com base na classificação da OCDE de Definição de Intensidade Tecnológica, baseada na Classificação Industrial Internacional Uniforme (ISIC) Rev.4 e Rev.3.

Fonte: Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), Estatísticas Industriais

Base de dados (INDSTAT) Rev.3 e 4 (<https://stat.unido.org>); OCDE, Diretoria de Ciência, tecnologia e Indústria, Divisão de Análise Econômica e Estatística, “ISI Rev 3 Definição de Intensidade Tecnológica: Classificação das Indústrias de Manufatura em Categorias com Base nas Intensidades de P D” ([https://one.oecd.org/document/OCDE/GD\(97\)216/en/pdf](https://one.oecd.org/document/OCDE/GD(97)216/en/pdf)); Fernando Galindo-Rueda e Fabien Verger (201) “ axonomia de Atividades Econômicas da O DE com ase na Intensidade de P D” (www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-taxonomy-of-economic-activities-based-on-rd-intensity_5jlv73sqqp8r-en). Anos dos dados: 2014–2022.

6.3 Difusão do conhecimento

6.3.1 Receitas de propriedade intelectual, % do comércio total

Taxas de utilização de propriedade intelectual, ou seja, receitas (% do comércio total, média de três anos) | 2022

Encargos pelo uso de propriedade intelectual não incluídos em outro lugar, ou seja, receitas (% do comércio total), média dos três anos mais recentes ou ano mais recente. O valor é calculado de acordo com a Classificação Estendida de Serviços de Balança de Pagamentos

EBOPS 2010, ou seja, código SH: Encargos pelo uso de propriedade intelectual não incluídos em outro lugar, como uma porcentagem do comércio total. As receitas são entre residentes e não residentes pelo uso de direitos de propriedade (como patentes, marcas registradas, direitos autorais, processos e designs industriais, incluindo segredos comerciais e franquias) e por licenças para reproduzir ou distribuir (ou ambos) propriedade intelectual incorporada em originais ou protótipos produzidos (como direitos autorais sobre livros e manuscritos, software de computador, obras cinematográficas e gravações sonoras) e direitos relacionados (como para apresentações ao vivo e transmissão de televisão, cabo ou satélite). Os valores são baseados na classificação da sexta edição (2009) do *Manual de Balança de Pagamentos e Posição de Investimento Internacional* do Fundo Monetário Internacional e no banco de dados da Balança de Pagamentos. Para a definição do comércio total, veja o indicador 5.3.1.

Fonte: OMC | Estatísticas – Global Services Trade Data Hub. Conjunto de dados sobre o Comércio de Serviços por Modo de Fornecimento (www.wto.org/english/res_e/statis_e/services_trade_data_hub_e.htm). Ano dos dados: 2022.

6.3.2 Complexidade de produção e exportação

Índice de Complexidade Econômica | 2021

O Índice de Complexidade Econômica é um ranking de países com base na diversidade e complexidade de sua pauta de exportações. Países de alta complexidade possuem uma gama de capacidades sofisticadas e especializadas e, portanto, são capazes de produzir um conjunto altamente diversificado de produtos complexos. Determinar a complexidade econômica de um país não depende apenas de seu conhecimento produtivo. Informações sobre quantas capacidades o país possui estão contidas não apenas no número absoluto de produtos que ele fabrica, mas também na ubiquidade desses produtos (o número de países que importam esses produtos) e na sofisticação e diversidade dos produtos que esses outros países fabricam. A complexidade econômica expressa a diversidade e a sofisticação das capacidades produtivas incorporadas às exportações de cada país.

Fonte: Atlas da Complexidade Econômica, Laboratório de Crescimento da Universidade de Harvard (<https://atlas.cid.harvard.edu>). Ano dos dados: 2021.

6.3.3 Exportações de alta tecnologia, % do comércio total

Exportações de alta tecnologia (% do comércio total) | 2022

Exportações de alta tecnologia como porcentagem do comércio total. Veja o indicador 5.3.2 para mais detalhes. Os dados de Hong Kong e China são corrigidos para reexportações usando dados do Monitor de Dados Comerciais.

Fonte: Banco de Dados Comtrade das Nações Unidas (<http://comtrade.un.org>); Organização Mundial do Comércio e Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (<https://stats.wto.org>); e Monitor de Dados Comerciais (www.tradedatamonitor.com). Anos dos dados: 2015–2022.

6.3.4 Exportações de serviços de TIC, % do comércio total

Exportações de serviços de telecomunicações, informática e informação (% do comércio total) | 2022

Exportações de serviços de telecomunicações, informática e informação como porcentagem do comércio total, de acordo com a Classificação Ampliada de Serviços da Balança de Pagamentos (EBOPS) de 2010, codificada como SI: Telecomunicações, informática e serviços de informação. Os valores baseiam-se na classificação da sexta edição (2009) do *Manual da Balança de Pagamentos e da Posição de Investimento Internacional* do Fundo Monetário Internacional e no banco de dados da Balança de Pagamentos. Para a definição de comércio total, consulte o indicador 5.3.1.

Fonte: OMC | Estatísticas – Global Services Trade Data Hub. Conjunto de dados sobre o Comércio de Serviços por Modo de Fornecimento (www.wto.org/english/res_e/statistics_e/services_trade_data_hub_e.htm). Ano dos dados: 2022.

6.3.5 Qualidade ISO 9001/bn PPP\$ PIB

Sistemas de gestão da qualidade ISO 9001 – número de certificados emitidos (por bilhão de dólares PPP do PIB) | 2022

A ISO 9001 especifica requisitos para um sistema de gestão da qualidade quando uma organização precisa demonstrar sua capacidade de fornecer produtos e serviços que atendam aos requisitos do cliente e aos requisitos legais e regulamentares aplicáveis. Seu objetivo é aumentar a satisfação do cliente por meio da aplicação eficaz do sistema, incluindo processos para aprimorá-lo e garantir a conformidade com os requisitos do cliente e os requisitos legais e regulamentares aplicáveis. Todos os requisitos da ISO 9001 são genéricos e devem ser aplicáveis a qualquer organização, independentemente de seu tipo ou porte, ou dos produtos e serviços que fornece. Os dados são reportados por bilhão de dólares PPP (PIB).

Fonte: Organização Internacional para Padronização, Pesquisa ISO de Certificações para Padrões de Sistemas de Gestão, 2022 (www.iso.org/the-iso-survey.html); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Ano dos dados: 2022.

7. Resultados criativos

7.1 Ativos intangíveis

7.1.1 Intensidade de ativos intangíveis, 15 principais, %

Valor dos ativos intangíveis como porcentagem do valor total da empresa, média das 15 maiores empresas | 2023

Os dados abrangem uma lista global de empresas para as quais o valor dos ativos intangíveis e o valor total da empresa são observados. Apenas as 15 maiores empresas de cada economia são consideradas, classificadas por ativos intangíveis em termos absolutos (em dólares americanos). Países com menos de 15 empresas não são considerados. Para cada empresa, o

valor dos ativos intangíveis é dividido pelo valor total da empresa antes do cálculo da média aritmética entre as 15 maiores empresas de cada economia.

7.1.2 Marcas registradas por origem/bn PPP\$ PIB

Número de classes em pedidos de marcas registradas de residentes emitidos em um determinado escritório nacional ou regional (por bilhão de dólares PPP do PIB) | 2022

Uma marca registrada é um sinal usado pelo proprietário de certos produtos ou pelo prestador de certos serviços para distingui-los dos produtos ou serviços de outras empresas. Uma marca registrada pode consistir em palavras ou uma combinação de palavras e outros elementos, como slogans, nomes, logotipos, figuras e imagens, letras, números, sons e imagens em movimento. Os procedimentos para registro de marcas são regidos pela legislação e pelos procedimentos dos escritórios nacionais e regionais de PI. Os direitos de marca registrada são limitados à jurisdição do escritório de PI que registra a marca. As marcas registradas podem ser registradas mediante o depósito de um pedido no(s) escritório(s) nacional(ais) ou regional(ais) relevante(s) ou mediante o depósito de um pedido internacional por meio do Sistema de Madri. Um pedido de marca registrada de residente refere-se a um pedido depositado em um escritório de PI para ou em nome do país de residência do primeiro requerente nomeado. Por exemplo, um pedido depositado no Escritório de Patentes do Japão por um residente do Japão é considerado um pedido de residência para o Japão. Da mesma forma, um pedido depositado no Instituto Europeu da Propriedade Intelectual (EUIPO) por um requerente residente em qualquer um dos Estados-Membros da UE, como a França, é considerado um pedido de residência para esse Estado-Membro (França). Este indicador baseia-se na contagem de classes – o número total de classes de bens e serviços especificadas em pedidos de marca registrada de residente. Os dados são escalonados por PIB em dólares do país (PPP) (bilhões).

Fonte: Organização Mundial da Propriedade Intelectual, Estatísticas de Propriedade Intelectual (www.wipo.int/ipstats); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2015–2022.

7.1.3 Valor global da marca, top 5.000, % PIB

Valor global da marca das 5.000 principais marcas (% do PIB) | 2024

Soma dos valores globais das marcas das 5.000 maiores como porcentagem do PIB. A Brand Finance calcula o valor da marca usando a metodologia de isenção de royalties, que determina o valor que uma empresa estaria disposta a pagar para licenciar sua marca caso não a possuísse. A metodologia está em conformidade com os padrões do setor definidos na norma ISO 10668. Essa abordagem envolve a estimativa da receita futura atribuível a uma marca e o cálculo da taxa de royalties que seria cobrada pelo uso da marca. O estudo da Brand Finance baseia-se em informações publicamente disponíveis sobre as maiores marcas do mundo. Este indicador avalia as marcas da economia no banco de dados das 5.000 maiores marcas globais e produz a soma dos valores de marca correspondentes a essa economia. Essa soma é então calculada pelo PIB. Uma pontuação 0 é atribuída quando não há marcas no país entre as 5.000 maiores. Uma pontuação "n/a" é atribuída quando a Brand Finance não consegue determinar se há marcas do país que se classificariam entre as 5.000

maiores devido a limitações na disponibilidade de dados.

Fonte: Banco de dados Brand Finance (<https://brandirectory.com>); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Ano dos dados: 2024.

7.1.4 Desenhos industriais por origem/bn PPP\$ PIB

Número de desenhos contidos em pedidos de desenho industrial residentes depositados em um determinado escritório nacional ou regional (por bilhão de dólares PPP do PIB) | 2022

Um desenho industrial é um conjunto de direitos exclusivos concedidos por lei aos requerentes para proteger o aspecto ornamental ou estético de seus produtos. Um desenho industrial é válido por um período limitado de tempo e dentro de um território definido. Um pedido de desenho industrial residente refere-se a um pedido depositado no escritório de PI para ou em nome do país de residência do requerente. Por exemplo, um pedido depositado no Escritório de Patentes do Japão por um residente do Japão é considerado um pedido residente para o Japão. Da mesma forma, um pedido depositado no Instituto Europeu da Propriedade Intelectual (EUIPO) por um requerente que reside em qualquer um dos estados-membros do EUIPO, como a Itália, é considerado um pedido residente para esse estado-membro (Itália). Este indicador é baseado na contagem de desenhos – o número total de desenhos contidos nos pedidos de desenho industrial residente. Os dados são escalonados por PPP\$ PIB (bilhões).

Fonte: Organização Mundial da Propriedade Intelectual, Estatísticas de Propriedade Intelectual (www.wipo.int/ipstats); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2014–2022.

7.2 Bens e serviços criativos

7.2.1 Exportações de serviços culturais e criativos, % do comércio total

Exportações de serviços culturais e criativos (% do comércio total) | 2022

Exportações de serviços criativos como porcentagem do total das exportações, de acordo com a Classificação Ampliada de Serviços da Balança de Pagamentos (EBOPS) de 2010 – ou seja, código EBOPS SI3: Serviços de informação; código SJ22: Serviços de publicidade, pesquisa de mercado e pesquisas de opinião pública; código SK1: Serviços audiovisuais e relacionados; e código SK23: Serviços patrimoniais e recreativos como porcentagem do total do comércio. Os valores baseiam-se na classificação da sexta edição (2009) do *Manual da Balança de Pagamentos e da Posição de Investimento Internacional* do Fundo Monetário Internacional e no banco de dados da Balança de Pagamentos. Consulte o indicador 5.3.1 para a definição completa do total do comércio.

Fonte: Centro de Dados de Comércio de Serviços Globais da Organização Mundial do Comércio, conjunto de dados sobre Comércio de Serviços por Modo de Fornecimento (www.wto.org/english/res_e/statis_e/services_trade_data_hub_e.htm). Anos dos dados: 2014–2022.

7.2.2 Longas-metragens nacionais/pop mn. 15–69

Número de longas-metragens nacionais produzidos (por milhão de habitantes, 15 a 69 anos) | 2022

Um longa-metragem é definido como um filme com duração de 60 minutos ou mais. Inclui

obras de ficção, animação e documentários. Destina-se à exibição comercial em cinemas. Longas-metragens produzidos exclusivamente para transmissão televisiva, bem como cinejornais e filmes publicitários, são excluídos. Os dados são reportados por milhão de habitantes de 15 a 69 anos.

Fonte: OMDIA (<https://omdia.tech.informa.com/products/cinema-and-movies-intelligence-service>); e Nações Unidas, Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População, Perspectivas da População Mundial 2024 (atualização de abril de 2024) (<https://population.un.org/wpp>). Anos dos dados: 2015–2022.

7.2.3 Mercado de entretenimento e mídia/th pop. 15–69

[Perspectivas globais de telecomunicações, entretenimento e mídia \(por mil habitantes, 15 a 69 anos\) | 2023](#)

O Panorama Global de Telecomunicações, Entretenimento e Mídia é uma fonte abrangente de análises globais e previsões quinquenais de gastos do consumidor e de publicidade em diferentes territórios e segmentos de entretenimento e mídia. Os números para Argélia, Bahrein, República Islâmica do Irã, Jordânia, Kuwait, Líbano, Malta, Marrocos, Omã, Catar, Tunísia e Iêmen foram estimados a partir de um total correspondente aos países do Oriente Médio e Norte da África (MENA), utilizando uma análise do PIB total (em dólares americanos correntes) dos países mencionados para definir as porcentagens de referência.

Fonte: PwC, Global Telecom and Entertainment and Media Outlook, 2023–2027 (www.pwc.com/gx/en/industries/tmt/media/outlook.html); Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, Divisão de População, World Population Prospects 2024 (atualização de abril de 2024) (<https://population.un.org/wpp>); e Fundo Monetário Internacional, World Economic Outlook Database, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2022–2023.

7.2.4. Exportações de bens criativos, % do comércio total

[Exportações de bens criativos \(% do comércio total\) | 2022](#)

Valor total das exportações de bens criativos (dólares correntes) sobre o comércio total. Exportações de bens criativos com base no Quadro de Estatísticas Culturais da UNESCO de 2009, Tabela 3, Comércio internacional de bens e serviços culturais definido com os códigos do Sistema Harmonizado (SH) de 2007; Organização Mundial do Comércio e Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento, base de dados sobre Comércio de Serviços Comerciais, baseada na sexta edição (2009) do *Manual de Balança de Pagamentos e Posição de Investimento Internacional* do Fundo Monetário Internacional e na base de dados da Balança de Pagamentos. Para a definição de comércio total, ver indicador 5.3.1.

Fonte: Banco de Dados Comtrade das Nações Unidas (<http://comtrade.un.org>); e Organização Mundial do Comércio e Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (<https://stats.wto.org>). Anos dos dados: 2015–2022.

7.3 Criatividade online

7.3.1 Domínios de nível superior (TLDs)/th pop. 15–69

Domínios genéricos de nível superior (TLDs) e TLDs de código de país (por mil habitantes, 15 a 69 anos) | 2023

A soma de domínios de topo genéricos (TLDs) e TLDs de código de país como proporção de milhares de pessoas, de 15 a 69 anos. Um domínio de topo (TLD) abrange várias categorias mantidas pela Autoridade para Atribuição de Números da Internet (IANA) para uso na internet. TLDs genéricos abrangem cinco domínios genéricos (.biz, .info, .org, .net e .com), excluindo domínios patrocinados, como .name ou .pro, e todos os novos TLDs genéricos. TLDs de código de país são atribuídos a economias, países ou territórios específicos e representam o total de registros de domínio dentro de cada TLD de código de país, com exceção de ccTLDs licenciados para uso comercial global. Por motivos de confidencialidade, apenas valores normalizados são relatados; embora as posições relativas sejam preservadas, as magnitudes não são.

Fonte: ZookNIC Inc (www.zooknic.com); e Nações Unidas, Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População, Perspectivas da População Mundial 2024 (atualização de abril de 2024) (<https://population.un.org/wpp>). Anos dos dados: 2021–2023.

7.3.2 Commits/mn pop do GitHub 15–69

GitHub confirma pushes recebidos e enviados (por milhão de habitantes, 15 a 69 anos) | 2023

O GitHub é o maior host de código-fonte do mundo, e "commit" é o termo usado para uma alteração nessa plataforma. Um ou mais commits podem ser salvos (ou enviados por push) para projetos (ou repositórios). Portanto, "commits enviados e recebidos pelo GitHub" refere-se à soma do número de alterações em lote recebidas e enviadas por projetos disponíveis publicamente no GitHub dentro de uma economia específica. Atividades automatizadas que resultem em commits não produtivos são excluídas.

Fonte: GitHub (<https://github.com>); e Nações Unidas, Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População, Perspectivas da População Mundial 2024 (atualização de abril de 2024) (<https://population.un.org/wpp>). Ano dos dados: 2023.

7.3.3 Criação de aplicativos móveis/bn PPP\$ PIB

Downloads globais de aplicativos móveis (por bilhão de dólares PPP do PIB, média de dois anos) | 2023

Downloads globais de aplicativos móveis, por origem da sede do desenvolvedor/empresa, escalonados por PIB (em bilhões) em PPP. Os downloads globais são compilados pelo data.ia, por fontes de dados públicas e pelo modelo de previsão proprietário da empresa, com base em dados da Google Play Store e da App Store do iOS em cada país. Como os dados da China não estão disponíveis para a Google Play Store e apenas para a App Store do iOS, os dados da China são tratados como ausentes e classificados como "n/a".

Fonte: data.ia (uma empresa da Sensor Tower) (www.data.ai/en); e Fundo Monetário Internacional, Banco de Dados do Panorama Econômico Mundial, outubro de 2023 (www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October). Anos dos dados: 2021–2023.