

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

**O PAPEL DAS PESQUISAS CIENTÍFICAS NA INDÚSTRIA QUÍMICA PARA
A INOVAÇÃO NO PAÍS**

Marina Vicentin

Trabalho de Graduação apresentado ao
Departamento de Engenharia Química da
Universidade Federal de São Carlos

Orientador: **Prof. André Bernardo**

São Carlos – SP

2021

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Graduação apresentado no dia 16 de novembro de 2021 perante a seguinte banca examinadora:

Orientador: André Bernardo, DEQ/UFSCar

Convidado: Fernanda Perpétua Casciotori, DEQ/UFSCar

Professor da Disciplina: José Mansur Assaf, DEQ/UFSCar

AGRADECIMENTOS

O primeiro agradecimento vai aos meus pais, Edilson e Rosana, responsáveis por grande parte da minha trajetória universitária, desde as indecisões da época do vestibular até a revisão dos textos deste Trabalho de Graduação. Agradeço por terem me proporcionado experiências e aprendizados nestes sete anos que levarei para a vida inteira, e por serem sempre um lugar de amparo, incentivo e amor.

Agradeço também o meu irmão, Henrique, que esteve bem perto durante a elaboração deste trabalho, às vezes trazendo reflexões pertinentes a ele e, às vezes, trazendo apenas bom humor e um pouco de distração para a mente - ambos essenciais para a finalização dos textos.

Agradeço a todo o corpo de profissionais da UFSCar que, juntos, participaram da administração, limpeza, manutenção e organização do Campus. Em especial, agradeço aos professores do departamento de Engenharia Química, que dedicam muito tempo e esforço para transmitir o máximo de seus conhecimentos para os alunos, conhecimentos estes que vão muito além dos conteúdos teórico e técnicos das disciplinas. Agradeço especificamente o professor André Bernardo por ter aceitado a tarefa extra de me orientar neste trabalho e os professores Fernanda Casciatori e José Assaf por integrarem minha banca examinadora.

Um agradecimento especial vai às minhas três famílias de São Carlos, indispensáveis nas alegrias diárias: República Tudo Pela Dona, PET-EQ e PaCeqers. Agradeço pelas noites de estudo, pelos trabalhos em grupo, pelas festas, pelas reuniões, pelas discussões, mas, principalmente, pelo companheirismo e pela amizade verdadeira, que trouxeram sentido e agregaram valor inimaginável à minha graduação.

Agradeço, por fim, meu namorado, Leonardo que, não diferente de outros momentos, está ao meu lado também neste, compartilhando comigo minhas angústias e conquistas, sempre com paciência e afeto.

RESUMO

O amplo reconhecimento da associação entre a inovação e o desenvolvimento econômico e social motivou o Brasil a adotar uma série de mecanismos de fomento à inovação explicitamente dirigidos ao setor produtivo no país como a Lei de Inovação. Ainda que no período acumulado de 2015 a 2020 a produção científica brasileira tenha crescido 32,2%, não foi possível sentir mudanças significativas no poder inovativo do país e, muito menos, no seu desenvolvimento econômico e social.

Para compreender os possíveis motivos que comprometem o avanço do país neste quesito, este trabalho buscou olhar para as características políticas, industriais, sociais e econômicas do Brasil, assim como para os aspectos da pesquisa em si, como a sua qualidade e sua aplicabilidade dentro das empresas, aplicabilidade esta que se mostrou muito aderente dentro das indústrias químicas desde seu surgimento na Europa, principalmente a partir de uma relação próxima com as universidades.

Tanto as universidades quanto a indústria química serão destacadas neste trabalho juntamente com as pesquisas científicas. As universidades por serem os principais centros de pesquisa do Brasil e participarem de diversas formas como vetor da inovação e a indústria química por ter grande impacto na economia brasileira e por participar da produção de produtos de todas as intensidades tecnológicas. Em todos esses aspectos, o Brasil será comparado com outros países para que seja possível identificar gargalos estruturais que possam estar impedindo o avanço da inovação no país, especialmente na indústria química nacional.

De maneira geral, nos indicadores de CT&I (Ciência, Tecnologia e Inovação), o Brasil se posiciona à nível intermediário – atrás dos países desenvolvidos e junto aos países em desenvolvimento. Já em relação às condições necessárias para se inovar, o país possui uma fragilidade em relação à qualidade do ensino básico, principalmente nas áreas de exatas, que se reflete no ensino superior. Pela falta de planejamento e priorização, a infraestrutura dos centros de pesquisa são projetos pequenos e à curto prazo, o que impede a construção de grandes centros de tecnologia de ponta. Além disso, quando comparado a outros países, o Brasil ainda possui uma economia fechada ao comércio exterior e enfrenta muitas dificuldades em se fazer negócios internamente.

ABSTRACT

The wide recognition of the association between innovation and economic and social development motivated Brazil to adopt a series of mechanisms to encourage innovation explicitly directed at the productive sector in the country, such as the Innovation Law. Although in the accumulated period from 2015 to 2020, Brazilian scientific production grew 32.2%, it was not possible to feel significant changes in the country's innovative power, much less in its economic and social development.

To understand the possible reasons that compromise the country's progress in this regard, this work sought to look at the political, industrial, social and economic characteristics of Brazil, as well as at the aspects of the research itself, such as its quality and its applicability within the companies, an applicability that has proved to be very adherent within the chemical industries since its emergence in Europe, mainly from a close relationship with universities.

Both universities and the chemical industry will also be highlighted in this work along with scientific research. Universities for being the main research centers in Brazil and participating in various ways as a vector of innovation, and the chemical industry for having a great impact on the Brazilian economy and for participating in the production of products of all technological intensities. In all these aspects, Brazil will be compared with other countries so that it is possible to identify structural bottlenecks that may be preventing the advance of innovation in the country, especially in the national chemical industry.

In general, in the ST&I (Science, Technology and Innovation) indicators, Brazil is positioned at an intermediate level – behind developed countries and next to developing countries. Regarding the conditions necessary to innovate, the country has a weakness in relation to the quality of basic education, especially in the exact areas, which is reflected in higher education. Due to the lack of planning and prioritization, the infrastructure of the research centers are small and short-term projects, which prevents the construction of large state-of-the-art technology centers. Furthermore, when compared to other countries, Brazil still has an economy closed to foreign trade and faces many difficulties in doing business internally.

SUMÁRIO

Banca Examinadora.....	I
Agradecimentos.....	II
Resumo.....	III
Abstract.....	IV
Lista de Figuras.....	V
Lista de Tabelas e Quadros.....	VI
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Inovação.....	12
2.1.1. Definição.....	12
2.1.2. Os indicadores de CT&I.....	12
2.1.3. As condições necessárias.....	14
2.1.3.1. Educação.....	13
2.1.3.2. Infraestrutura.....	17
2.1.3.3. Ambiente.....	19
2.1.4. As estratégias brasileiras de fomento à inovação.....	21
2.1.4.1. Políticas.....	22
2.1.4.2. Principais órgãos.....	22
2.2. O papel das pesquisas científicas.....	24
2.2.1. Tipos de pesquisa.....	24
2.2.2. Quadrante de Pasteur.....	25
2.2.3. “Vale da Morte”	26
2.2.4. O caso da Engenharia Química.....	28
2.2.4.1. Histórico.....	28
2.2.4.2. O surgimento no Brasil.....	32
2.3. O impacto da indústria química brasileira na economia.....	33
3. METODOLOGIA.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Como estão os indicadores de CT&I no Brasil.....	35
4.1.1. Financiamento de P&D.....	43
4.1.2. Como funciona nos Estados Unidos.....	45

4.1.3. Como funciona na Austrália.....	46
4.1.4. Como funciona no Reino Unido.....	48
4.2. Quais são as condições do Brasil para inovar.....	49
5. CONCLUSÃO.....	61
6. REFERÊNCIAS.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.	TRL e o ciclo de vida do projeto	27
Figura 4.1.	Ranking das áreas de pesquisa com o maior número de artigos a partir da produção brasileira indexada na Web of Science (2015-2020)	36
Figura 4.2.	Ranking das áreas de pesquisa com o maior número de artigos a partir de toda produção global indexada na Web of Science (2015-2020)	36
Figura 4.3.	Número de publicações e impacto das publicações brasileiras por indicadores essenciais da ciência (média mundial linha pontilhada)	38
Figura 4.4.	Exportações de alta tecnologia como proporção das exportações totais em países selecionados (%): 2000 a 2014	40
Figura 4.5.	Estrutura da produção da indústria de transformação brasileira	41
Figura 4.6.	Evolução do déficit comercial brasileiro na indústria química	42
Figura 4.7.	Dispêndio em P&D em proporção do PIB	43
Figura 4.8.	Resultados da Avaliação Internacional de Estudantes em ciências, leitura e matemática para países selecionados: 2015	50
Figura 4.9.	Número de estudantes enviados para estudar no exterior e número de estudantes internacionais recebidos por países selecionados: 2011	51
Figura 4.10.	Distribuição percentual da participação de países na colaboração internacional dos artigos com a participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira	52
Figura 4.11.	Tarifas de importação efetivamente aplicadas para produtos industriais em países selecionados: média ponderada pelo valor das importações, 2015	57
Figura 4.12.	Fluxos de comércio (importações e exportações) em relação ao PIB (%) em países selecionados, 2015	58

LISTA DE TABELAS E QUADROS

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1.	Número de empresas que implementaram inovações com apoio do governo, por tipo de apoio, 2017	44
Tabela 4.2.	Ranking dos depositantes residentes de patentes de invenção 2019	54
Tabela 4.3.	Classificação e pontuação Doing Business 2019 e 2020 Brasil	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1.	Quadrante de Pasteur	25
--------------------	----------------------	-----------

1. INTRODUÇÃO

Sabendo da necessidade do Brasil de se desenvolver econômica e socialmente, principalmente por enfrentar dificuldades referentes a condições básicas de sobrevivência como falta de saneamento, escassez de moradia, dificuldade de acesso à educação, alimentação e saúde, começou a se enxergar na inovação um dos possíveis caminhos para a solução de tais problemas e por isso, ao longo das últimas décadas, esse tema tem sido debatido constantemente pelo governo brasileiro.

Foi a partir da década de 90 que algumas políticas públicas foram criadas para fomentar a inovação no país, como a Lei de Inovação e a Lei do Bem, mas que, até os dias de hoje, não foram suficientes para fazer o Brasil se destacar pelo seu potencial inovativo. Isso pode ser consequência de inúmeras fragilidades em tópicos que impactam diretamente a inovação, como: o tipo e a prioridade que se dá aos financiamentos de CT&I; o acesso e a qualidade do ensino básico ao superior para a população; as condições de infraestrutura disponíveis para se realizarem as pesquisas; e as estratégias comerciais e financeiras que podem propiciar um ambiente muito ou pouco estimulante para as empresas e instituições investirem em inovação.

Todas essas possibilidades serão mais bem analisadas neste trabalho para que seja possível criar uma imagem mais detalhada da posição que o Brasil se encontra frente às condições necessárias para se inovar em relação a outros países. Contudo, se buscará refletir mais a fundo sobre o papel das pesquisas científicas e da indústria química brasileira para o desenvolvimento científico e tecnológico do país, as primeiras por participarem ativamente no ciclo de vida de um projeto inovador, ou seja, serem etapas essenciais na construção de novos produtos ou processos e, a segunda, pelo seu forte impacto na economia brasileira seja pelo grande número de indústrias de transformação espalhadas pelo país, das mais diversas intensidades tecnológicas, seja pela sua repercussão financeira na economia atual.

A história da indústria química mostra, inclusive, que a relação próxima das universidades – um dos principais centros de pesquisa - com a indústria, cumpriu papel fundamental na emergência de grandes ciclos econômicos da época e destacou países como a Inglaterra, Alemanha e Estados Unidos industrialmente. Uma grande realização da universidade foi, por exemplo, ofertar a “disciplina” de Engenharia Química, essencial para atender ao aumento da demanda por parte da indústria em crescimento.

Essa história também exhibe a potencialidade das chamadas pesquisas aplicadas, que são as pesquisas que buscam ter utilidade prática, ou seja, buscam ajudar no desenvolvimento de novos produtos ou processos e, por isso, exigem maior interação com as empresas. Esse tipo de pesquisa possui maiores chances de resultar em inovação e poderiam estar mais presentes dentro das universidades, assim como acontece em outros países. No entanto, a responsabilidade pelas produções científicas não é apenas das universidades, as empresas e outros centros de pesquisa como a Embrapa e a Fiocruz também possuem essa função, tendo esses dois últimos, inclusive, o interesse quase que exclusivo de produzir conhecimento com utilidade prática.

A dificuldade está na imprevisibilidade de resultados quando a questão é pesquisa voltada à inovação pois, muitas vezes, o resultado não é satisfatório e, portanto, não há retorno financeiro. Agrava-se a isso o fato de que os processos de inovação são, em sua maior parte, muito caros e demandam muito tempo investido. Esses são os dois principais pontos que expõem as empresas de investirem em pesquisas que não possuem alto grau de comprovação e, portanto, necessita-se do apoio do governo.

O governo, por fim, além do papel de proporcionar condições favoráveis à inovação nos mais diversos campos, também age como órgão facilitador da relação pesquisa científica-indústria química que, apesar de se mostrar benéfica desde seu surgimento, necessita da proximidade centros de pesquisa-empresa para possibilitar a transformação do conhecimento em inovação. Ao mesmo tempo, é necessário balancear as obrigações de cada instituição para que não se tenha perdas nos diferentes tipos de conhecimento. Ao trazer exemplos de outros países, este trabalho buscará pontuar possibilidades de estratégias governamentais e exibir algumas responsabilidades que o governo possui neste tema como maior administrador e responsável pela concretização dos interesses públicos da comunidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Inovação

2.1.1. Definição

O simples e incompleto conceito de inovação é o de criar algo novo, como uma ideia, serviço ou produto, seja esse algo até então desconhecido, seja ele uma adaptação ou melhoria de algo já existente. Para a denominação correta de inovação, no entanto, essa ideia, serviço ou produto deve ser, necessariamente, aplicável e executável, tendo, portanto, uma utilidade prática, ou seja, além de ser nova, também deve possuir a capacidade de agregar valor aos produtos e processos.

Tendo essa definição em mãos, é natural que, atualmente, associa-se quase que instantaneamente a ciência com a tecnologia e a inovação de maneira contínua e linear, onde a inovação é resultante direta da tecnologia, que por sua vez deriva-se da ciência e que, quando combinadas, geram impactos no processo de desenvolvimento econômico e social. No entanto, as relações entre ciência, tecnologia, inovação e desenvolvimento são interativas, simultâneas e complexas, tendo as pessoas como centro do ciclo por serem a principal força propulsora do mesmo, a pesquisa como base, a inovação como vetor e o desenvolvimento como consequência (AUDY, 2017).

2.1.2. Os indicadores de CT&I

O desempenho científico e tecnológico de um país pode ser analisado a partir de várias dimensões, que vão desde a produção científica de seus pesquisadores até o desempenho inovativo de suas empresas. Independentemente da dimensão analisada, utiliza-se indicadores de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para que, além de se avaliar a maturidade dos países sobre o tema, também seja possível compará-los entre si. Nesta seção será pontuado alguns deles.

Embora haja uma razoável diversidade de tais indicadores, o mais tradicional é o dispêndio nacional em pesquisa e desenvolvimento (P&D) sobre o produto interno bruto (PIB) que, apesar de se tratar de um indicador de esforço – e não de resultado –, é sabido que os gastos em P&D estão fortemente correlacionados com os níveis de desenvolvimento econômico e social do país (ARAÚJO; CAVALCANTE, 2011). Tais gastos podem ser tanto públicos quanto empresariais, sendo os públicos um bom

indicador de resultado das políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico do país e, os empresariais, um processo inovativo pelo ponto de vista da empresa.

A quantidade de empresas que desenvolvem novos produtos e processos é outro indicador usado para medir o avanço da inovação empresarial – inovação essa que é completamente voltada aos processos produtivos e com o objetivo de ser bem introduzida no mercado, diferentemente da inovação realizada por um indivíduo ou instituição de pesquisa (ARAÚJO; CAVALCANTE, 2011).

O volume da produção científica nacional de um país também é usado para se avaliar quantitativamente o seu nível de desenvolvimento tecnológico e científico, visto a importância de se ter uma base científica forte e capaz de produzir conhecimento que possa ser utilizado nos processos de inovação. Neste caso, utiliza-se o número de publicações em revistas indexadas internacionalmente. No entanto, além de se avaliar os aspectos quantitativos também é necessário olhar para os aspectos qualitativos, já que pouco adianta muitos conhecimentos publicados sem utilidade nos processos de inovação. Para isso, devido à dificuldade de mensurar o impacto da pesquisa no país e no exterior, normalmente utiliza-se a quantidade de citações das publicações - quanto mais citado, mais influente tende ser o trabalho e maior o seu impacto acadêmico, o que também sugere um trabalho de melhor qualidade (NEGRI, 2018).

Outro indicador que insinua inovação em um país é a quantidade de tecnologias protegidas por patentes. Este número está fortemente relacionado com a evolução da produção de novas tecnologias, sendo, inclusive, uma motivação para que as empresas decidam alocar parte de suas receitas em investimentos em pesquisas, pois, ao protegerem suas inovações, conseguem obter lucros maiores do que os de seus concorrentes.

Olhar para o tipo de produtos que está sendo exportado pelo país também é um indicador que permeia o desenvolvimento tecnológico. Quanto maior a proporção de produtos de alta tecnologia nas exportações, como computadores, eletrônicos, produtos farmacêuticos, aparelhos de comunicação e aviões, maior a tendência de o país ser um país inovador, uma vez que sugere capacidade tecnológica para produzir produtos mais complexos (NEGRI, 2018).

Por último, a difusão e a utilização de novas tecnologias pela sociedade também servem para medir o desenvolvimento econômico do país, pois, dado que o tipo dominante de inovação é a incremental, a própria capacidade de inovar depende muito da

capacidade de utilizar as tecnologias disponíveis da melhor forma possível. Além disso, quanto mais rápida é a difusão e a utilização das tecnologias, mais rápida ela se tornou viável economicamente, acontecimento que sugere um poder aquisitivo geral mais elevado e bem distribuído e pressupõe que a população possui conhecimento suficiente para saber operar a tecnologia corretamente, mostrando um certo nível de instrução e educação (NEGRI, 2018).

A análise de todos esses indicadores, em conjunto, facilita o entendimento da atual situação em que o país se encontra frente à inovação. Ainda assim, é essencial que cada um seja o mais aprofundado possível e que se leve em consideração o contexto e as individualidades de cada local. Olhar para apenas um deles ou não estar atento às singularidades é estar sujeito a conclusões e comparações equivocadas.

2.1.3. As condições necessárias

Muito além do que se imagina, agregar valor aos produtos e processos com conhecimentos novos não depende apenas de altos financiamentos. É necessário também uma base educacional fortalecida para que se formem cientistas qualificados para lidar com os desafios tecnológicos atuais; instalações apropriadas para que esses cientistas consigam realizar pesquisas de ponta; um ambiente estimulante e dinâmico onde as empresas sintam a necessidade e a capacidade de investir em novas ideias e em desenvolver novos produtos e processos.

2.1.3.1. Educação

A educação é uma das grandes e talvez mais importantes alavancas para o desempenho científico e tecnológico de um país, isso porque as pessoas são a base da produção de novas tecnologias e de novos conhecimentos. Os recursos adequados, como instalações e ambiente dinâmico, servem apenas para potencializar a capacidade humana de inovar, sendo o capital humano, portanto, um insumo básico do progresso tecnológico.

As escolas e universidades são os principais órgãos responsáveis pela formação educacional das pessoas dentro de uma sociedade, sendo a escola o ambiente ideal para o aprendizado de conceitos básicos multidisciplinares e da construção moral e ética dos estudantes, e a universidade, o local onde prepara-se tais estudantes para o mercado de

trabalho a fim de que produzam conhecimentos que tragam benefício social, intelectual e econômico para a sociedade.

Com o entendimento da importância da educação para a inovação e, portanto, para o desenvolvimento econômico e social do país, é natural que se busque amplificar e facilitar o acesso às escolas e universidades. Por esse motivo a universalização do ensino tem sido um objetivo de todos os países nas últimas décadas e, por isso, maiores percentuais de matrículas, crescimento das taxas de alfabetização e aumento do tempo médio de estudo estão sendo encontrados de uma maneira geral (NEGRI, 2018).

No entanto, assim como o percentual de crescimento das pesquisas científicas, o aumento quantitativo de pessoas estudando não é suficiente para se atingir melhoras significativas na produtividade e na renda dos países. É necessário que a qualidade do ensino seja também fortalecida, com especial atenção para as disciplinas de exatas, já que são extremamente necessárias para o pleno entendimento das tecnologias atuais. Inclusive, é a partir desta demanda atual que muitos países estão estimulando os estudantes e se aprofundarem nas áreas chamadas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) (NEGRI, 2018), sendo a engenharia em particular uma área que, por estar diretamente envolvida com a resolução de problemas e com a inovação, é essencial para países que desejem se tornar mais inovadores. Por isso a quantidade de engenheiros e cientistas que um país produz está diretamente relacionado, também, ao desempenho científico e tecnológico de um país.

Por outro lado, ao passo que se levanta a necessidade de se haver mais engenheiros e cientistas instruídos por um ensino de qualidade em um país cujo objetivo é inovar, também se levanta o questionamento se haverá demanda de trabalho no mercado do país para absorvê-los. É um caminho de mão dupla: não havendo demanda suficiente ou valorização profissional, dificilmente haverá pessoas interessadas e motivadas para estudar e se dedicar na área.

Outra característica importante que vem sendo cada vez mais notada pelos estudiosos é o impacto positivo nas pesquisas científicas de qualidade da diversidade de habilidades e a interação entre disciplinas diversas. Entende-se que diferentes formações, experiências e culturas ajudam a reduzir o viés de algumas escolhas e proporcionam uma maneira diferente de se olhar o mundo e de se encontrar novas soluções. Como exemplo temos o MIT- Media Lab que possui entre seus pesquisadores uma extensa variedade de

profissionais de áreas e nacionalidades diferentes e tem essa característica como ponto forte para o seu sucesso nas inovações, sendo inclusive considerado um dos mais criativos e ativos laboratórios de pesquisa do mundo atualmente (NEGRI, 2018).

A mobilidade científica internacional é uma das possibilidades para se atingir visões distintas daquelas convencionais dentro das pesquisas científicas, ainda mais quando o país de origem é longe e/ou bem diferente culturalmente do país de destino. Esse intercâmbio cultural é benéfico para a inovação dos países, tanto quando se há a saída do país de pessoas para estudar ou trabalhar fora, quanto quando se há a entrada de pessoas estrangeiras com essa mesma finalidade. Por isso, hoje em dia, os estudiosos da mobilidade científica internacional não falam mais em “fuga” ou “ganho de cérebros”, mas sim em “circulação de cérebros”, querendo mostrar que a rotação de estudantes e profissionais pelo globo deixou de ser um problema e se tornou uma fonte de oportunidades (NEGRI, 2018).

A rotação de profissionais entre o ambiente universitário também é vista com bons olhos pelos estudiosos e, por isso, aconselha-se que as universidades deixem de contratar seus próprios ex-alunos como professores e pesquisadores pela redução da diversidade intelectual que isso acarreta, uma vez que a tendência é que se apliquem práticas e métodos já existentes na instituição e isso gera estagnação e pouca renovação de ideias. Além desse enrijecimento às mudanças dentro da universidade, percebe-se também que a produtividade e a qualidade da produção científica dos pesquisadores que se mantêm por muito tempo dentro da mesma instituição tende a ser mais baixa do que os demais (NEGRI, 2018).

Os pesquisadores e professores das universidades são um grande foco de atenção para a inovação porque são chave essencial nos diversos canais de transmissão de conhecimento para os setores produtivos, principalmente os informais que, de acordo com Turchi e Rauen (2017), são as formas mais comuns de transferência de conhecimento da universidade para as empresas no mundo todo. Dentre esses canais informais pode-se citar: a responsabilidade na formação de profissionais qualificados que, após saírem da universidade, entrarão para o mercado de trabalho e buscarão por inovações e melhorias; a produção das pesquisas de fato, pois muitas das pesquisas desenvolvidas dentro das universidades são aplicáveis nas indústrias e empresas e portanto são de extrema importância para o avanço tecnológico e, por fim, são ponte na transferência direta de conhecimento gerados pela universidade que podem ser absorvidos pelas empresas, seja

pelo uso das publicações e conferências científicas, seja pela atividade de consultoria exercida por eles. Os canais formais, por sua vez, apesar de serem menos representados na relação universidade-empresa, também são relevantes para o desenvolvimento científico e tecnológico do país. Entre eles estão o patrocínio de pesquisas por empresas, contratos de cessão de uso de laboratórios e o licenciamento de tecnologias patenteadas pelas universidades.

De acordo com estudo realizado entre professores e pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT), as atividades de consultorias dentro dos seus campi são apontadas como o canal mais importante de transferência tecnológica para as empresas por 26% do público entrevistado, sendo que 18% deles tendem a se engajar nesse tipo de atividade. Já o patrocínio de pesquisas por empresas e o patenteamento e licenciamento de tecnologias são expostos como canais menos expressivos, sendo o último representado por apenas 7% do total das interações com as empresas, segundo esse estudo. (AGRAWAL; HENDERSON, 2002 *apud* NEGRI, 2018).

2.1.3.2. Infraestrutura

As instalações físicas, equipamentos, instrumentos e insumos de pesquisa são variáveis determinantes para a qualidade e complexidade das inovações desenvolvidas pelos cientistas, engenheiros e estudantes uma vez que possuam acesso e incentivo à educação de qualidade. A infraestrutura contribui para esses profissionais trabalharem e potencializarem suas habilidades de forma plena e está muito relacionado aos resultados por eles atingidos, uma vez que ciência e tecnologia de ponta exigem sistemas cada vez mais avançados. Além disso, muitas vezes a falta de infraestrutura adequada impele bons cientistas a procurarem melhores condições de trabalho em outros países.

O requisito mais imediato para que se tenha uma infraestrutura adequada para os cientistas é o investimento financeiro pois, de modo geral, os equipamentos e as instalações são caros e difíceis de se encontrar prontas no mercado, precisando, muitas vezes, serem construídas e desenvolvidas pelos próprios cientistas. Como é o caso do acelerador de partículas para as pesquisas em física, os supercomputadores para as pesquisas em tecnologias da informação e os microscópios de alta capacidade de precisão para as pesquisas em biologia. No Brasil, por exemplo, o acelerador de partículas que está sendo construído em Campinas custará algo em torno de R\$1,5 bilhão e o colisor de

partículas localizado na Suíça custou aos países da União Europeia cerca de €5 bilhões (NEGRI, 2018).

Além dos preços dos equipamentos em si, outros custos devem ser adicionados a conta, como o de manutenções periódicas e cautelosas; a contratação de pessoas capacitadas para operá-los; o sistema de logística adequado para a importação e transporte dos mesmos e o de instalações especiais que porventura sejam necessárias para a operação (como sala climatizadas, pressurizadas ou esterilizadas, construções que suportem alto grau de impacto etc.). São projetos de investimentos que necessitam, portanto, imenso aporte de capital e que, além disso, muitas vezes demoram-se anos para serem concluídos.

Por conta dessa ordem de grandeza temporal e econômica, são os investimentos públicos que em grande medida financiam e permitem o avanço da infraestrutura de pesquisa de um país. A priorização desses investimentos é igualmente necessária para que seja possível alcançar maiores resultados em um intervalo menor de tempo e é por isso que muitos países criam ferramentas para selecionar os projetos de infraestrutura que mais irão alavancar a competitividade do país a longo prazo, como é o caso da Austrália e da Alemanha que organizam um *roadmap* de seus investimentos para os próximos 10 anos e os Estados Unidos que, a cada dois anos, faz uma pesquisa sobre as instalações de pesquisa e engenharia do país a fim de subsidiar o Congresso Norte-Americano na elaboração do orçamento para essas iniciativas (DULDIG, 2011; HELMHOLTZ ASSOCIATION, [s. d.]).

O tamanho das instalações, equipes e projetos é outro fator crítico para a produtividade e para a qualidade da ciência. Algumas vantagens para grandes instalações de pesquisa em relação à pequenos projetos e laboratórios podem ser citadas: acesso facilitado à insumos de pesquisa; fornecedores especializados; disponibilidade de equipamentos de alto custo e estrutura de serviços orientada especificamente a atender os pesquisadores e economias de escala, que são definidas pela redução no custo unitário de um determinado bem que ocorre em detrimento do aumento da produção, ou seja, ao produzir uma quantidade maior, é possível utilizar menos insumos do que seria necessário para uma produção pequena (NEGRI, 2018).

Outra contribuição dessas grandes instalações é a de tornar o centro de pesquisa uma referência para outros pesquisadores e instituições - o que fomenta a utilização de multiusuários e conseqüentemente possibilita uma ampla troca de conhecimentos e

informações entre cientistas de várias áreas e engaja indústrias e produtores locais tanto para sua construção, quanto para sua posterior utilização.

Isso não significa, é claro, que toda a pesquisa científica requeira grandes instalações para ser viável ou de qualidade. Boa parte da pesquisa científica mundo afora ainda é realizada em laboratórios de pequeno porte dentro das universidades. Além disso, existem diferenças importantes em como a escala afeta a produtividade nas diversas áreas da ciência. Algumas delas, pela sua própria natureza, demandam mais instalações de grande porte do que outras, como é o caso dos aceleradores de partículas, navios de pesquisa, reatores, telescópios etc.

2.1.3.3. Ambiente

Ter profissionais qualificados e instalações adequadas não são elementos suficientes, entretanto, para que um país seja inovador e competitivo, para isso é necessário que o conhecimento seja transformado em novos produtos e processos produtivos. Como as empresas são os principais vetores desses produtos e processos é imprescindível que elas estejam interessadas e busquem por inovação continuamente e para isso é preciso que se tenha um ambiente econômico dinâmico e estimulante.

De acordo com Joseph Schumpeter, o que move uma empresa a inovar é a busca pelo lucro de monopólio, que nada mais é do que o lucro exclusivo por possuir alguma tecnologia que é única no mercado. Essa busca surge não apenas para aumentar a margem de lucro da companhia, mas também quando se teme perder clientes para os concorrentes. A competição, portanto, é uma das ferramentas que interferem no processo de inovação nas economias capitalistas.

Apesar da divergência de opiniões sobre o efeito da concorrência sobre a inovação, estudos mais recentes revelam uma interdependência em formato de U invertido, querendo mostrar que mercados com pouca concorrência, como é o caso de monopólios, são ruins para a inovação assim como mercados com muita concorrência, onde há um elevado número de empresas pequenas competindo entre si (NEGRI, 2018). No primeiro caso, não havendo concorrência, as empresas não precisam despender tempo e dinheiro para criar produtos e processos novos, uma vez que o consumidor continuará consumindo seus produtos por falta de opção e, no segundo caso, as empresas por serem pequenas e por estarem muito pressionadas pela alta concorrência, tendem a reduzir custos e preços

ao invés de aumentar a qualidade e inovar. O ideal, portanto, é haver um meio termo, onde o mercado seja um pouco mais concentrado, as empresas maiores e os produtos mais diferenciados. A competição entre as empresas, nesses mercados, tende a ser mais focada na qualidade e na diferenciação de produtos.

Um dos principais canais pelos quais as empresas de um país são expostas à competição é o comércio internacional, que pode se dar tanto pela concorrência com produtos importados, dentro do próprio país, quanto pela venda para mercados externos. O acesso às tecnologias e produtos internacionais permite ao país a utilização de insumos ou equipamentos importados de menor preço ou de melhor qualidade e a utilização de tecnologia de ponta produzida no exterior, ajudando-o a se tornar mais competitivo interna e externamente.

As taxas de juros e o mercado financeiro do país também são importantes fatores que afetam a capacidade de investimento da economia e, em maior escala, nos investimentos em inovação, já que há uma tendência de investidores externos cobrarem taxas de juros mais altas para investir em projetos de inovação do que cobriam de investimentos convencionais, uma vez que a incerteza do retorno nesse tipo de investimento é maior.

O sistema bancário também tende a ser menos propenso a financiar projetos de inovação em virtude das garantias e colaterais exigidos nos empréstimos, que tendem a ser ativos reais e não intangíveis. Isso reduz as opções de financiamento disponíveis para os inovadores, que acabam por depender mais de outras fontes de financiamento, tais como recursos próprios, mercado de capitais ou Venture Capital.

Visto a dificuldade de se haver financiamento para as inovações, alguns governos pelo mundo estão dando incentivos fiscais para investimentos em P&D, no entanto, empresas menores e startups não são beneficiadas por esse tipo de incentivo. Os fundos de Venture Capital são o principal mecanismo utilizado nestes casos pois são voltados a empresas jovens em setores de grande dinamismo tecnológico e atuam participando do capital do negócio, monitorando-o e aconselhando-o a fim de reduzir a assimetria de informação entre os investidores e os empreendedores (NEGRI, 2018).

Além das taxas de juros e dos incentivos financeiros, a burocracia e o ambiente de negócios são outros fatores que podem influenciar o desenvolvimento tecnológico.

Quando os processos são muito burocráticos, demorados, pouco eficientes e caros, dificulta-se a abertura de novas empresas e desestimula os investimentos.

De acordo com publicação de 2015 da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), um ambiente macroeconômico estável, com inflação baixa e situação fiscal equilibrada, também reduz a incerteza associada aos novos investimentos e, principalmente, à inovação. Segundo ela, também, o sistema tributário pode incentivar ou inibir determinados tipos de inovação, como quando provê reduções de impostos para o investimento em P&D ou quando dá isenção para instituições de pesquisa ou reduções de impostos para produtos inovadores.

Em síntese, para a criação de um ambiente mais propício à inovação é necessário haver eficiência de órgãos e instituições governamentais em instrumentos legais e regulatórios, incentivos principalmente para novos e pequenos negócios e uma cultura ágil, flexível e competitiva que estimule as empresas a buscarem por novos produtos e processos e que tenha abertura internacional para o conhecimento e utilização das tecnologias de ponta desenvolvidas em outros países.

2.1.4. As estratégias brasileiras de fomento à inovação

Primeiramente vale dizer que, por muitos anos, a inovação no Brasil não era uma prioridade governamental. A economia voltada principalmente à exploração de matérias primas e a crença no poder de um grande mercado interno iam contra a necessidade de se aprofundar em novas tecnologias ou melhorias de processos. No entanto, a partir do século XXI esse cenário começa a mudar e algumas medidas são tomadas visando a reversão da situação no país, como o apoio financeiro direto para investimentos em pesquisas de universidades, centros de pesquisa e empresas e crédito e incentivos fiscais para investimentos empresariais em P&D. Algumas políticas também foram criadas, como a criação dos Fundos Setoriais em 1999 (que são instrumentos de financiamentos de pesquisa, desenvolvimento e inovação), a Lei de Inovação (Lei nº. 10.973 de 2004) e a “Lei do Bem” (Lei nº. 11.196, de 2005).

2.1.4.1. Políticas

A Lei de Inovação teve como objetivo fortalecer o sistema nacional de inovação por meio da facilitação da integração entre os centros de pesquisa e as empresas. Pela primeira vez, empresas privadas puderam colaborar com instituições de ensino – universidades públicas e instituições de pesquisa federais e estaduais - e vice-versa, compartilhando pessoal, recursos e instalações. Além disso, o Estado começou a poder subvencionar investimentos em P&D nas empresas privadas. Os principais pontos dessa lei eram explicitamente dirigidos ao setor produtivo no país e buscavam:

- Criar ambientes propícios a parcerias público-privadas no desenvolvimento de soluções;
- Estimular a saída do conhecimento acadêmico para o mundo corporativo;
- Modernizar os ambientes internos das empresas, de modo a reduzir obstáculos legais e burocráticos e conferir maior flexibilidade às instituições atuantes neste sistema;
- Aumentar o número de registros de patentes, de invenções tanto por parte de empresas quanto de inventores independentes;
- Criar fundos de investimento focados na inovação.

Já a Lei do Bem teve como objetivo ampliar a abrangência e facilitar o uso de incentivos fiscais para a realização de investimentos privados em P&D.

Com a implementação de todas essas mudanças institucionais criadas com o mesmo fim, os instrumentos de apoio à inovação no setor produtivo no Brasil puderam ser considerados modernos e semelhantes àqueles adotados nos países desenvolvidos.

2.1.4.2. Principais órgãos

No Brasil existe uma gama de atores de fomento à inovação que contempla desde bancos com taxas especiais de financiamento para atividades de inovação; agências públicas de fomento para projetos de PD&I ou bolsas de estudo; até investimentos de capital de risco para alavancar startups.

Tais atores podem disponibilizar dois tipos diferentes de recursos: os reembolsáveis e os não reembolsáveis. Os reembolsáveis precisam ser devolvidos aos agentes fomentadores e geralmente são disponibilizados por meio de empréstimos que visam financiar projetos de PD&I, enquanto os não reembolsáveis não necessitam ser

devolvidos e são utilizados normalmente para apoiar o empreendedor e fomentar bolsas de mestrado e doutorado (PARAOL, 2020).

De forma geral, os recursos reembolsáveis são disponibilizados por meio de um fluxo contínuo onde os projetos são avaliados individualmente por um canal que está sempre aberto para recebimento de propostas e, caso o projeto se adeque às especificações da agência de fomento, ele é financiado. Já os recursos não reembolsáveis são disponibilizados por meio de chamadas públicas em editais que são abertos esporadicamente onde os projetos são avaliados e apenas os melhores são contemplados com recursos financeiros (PARAOL, 2020).

Os principais atores de fomento à inovação no Brasil são a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), sendo que os dois últimos de uma forma menos direta pois fomentam a pesquisa e recursos humanos do país (PARAOL, 2020)

A Capes é uma fundação do Ministério da Educação e tem como principal objetivo a expansão e consolidação da pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado) em todos os estados do país. Suas atividades incluem bolsas de estudo e pesquisa em instituições brasileiras e estrangeiras; avaliação de programas de pós-graduação; acesso e divulgação da produção científica; promoção da cooperação científica internacional; oferecimento de incentivos financeiros para projetos no Brasil e fomentação da formação inicial e continuada de professores para a educação básica (SOBRE A CAPES, 2020).

O CNPq é a mais antiga agência de fomento à ciência do país. É um instrumento de financiamento de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e tem como principais atribuições fomentar a pesquisa científica e tecnológica e incentivar a formação de pesquisadores brasileiros em todas as áreas do conhecimento. A associação concede bolsas para a formação de recursos humanos no campo da pesquisa científica e tecnológica, em universidades, institutos de pesquisa, centros tecnológicos e de formação profissional, tanto no Brasil como no exterior (DWI SÃO PAULO, [s. d.]).

O FINEP é uma empresa pública vinculada também ao MCTI que visa promover o desenvolvimento do país por meio do fomento público à ciência, tecnologia e inovação

em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas (DWI SÃO PAULO, [s. d.]). Ela financia toda a cadeia de inovação do Brasil, apoiando por exemplo todas as etapas de desenvolvimento científico e tecnológico desde a pesquisa básica, aplicada, inovações até o desenvolvimento de produtos, serviços e processos e implementando parques tecnológicos (PARAOL, 2020).

Já o BNDES, por sua vez, é visto como o principal instrumento do país para financiamentos em longo prazo para a realização de investimentos em todos os segmentos da economia. Ele oferece condições especiais para micro, pequenas e médias empresas e possui uma das linhas de investimento voltada exclusivamente à inovação (DWI SÃO PAULO, [s. d.]). Além disso, há um estímulo à parceria universidade/empresa contando com o Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (FUNTEC) que oferece recursos não-reembolsáveis para apoio à projetos de pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e inovação em parceria com empresas em áreas de interesse nacional (PARAOL, 2020).

2.2. O papel das pesquisas científicas

2.2.1. Tipos de Pesquisa

Para o desenvolvimento da inovação, ou seja, das novas formas de utilização prática do conhecimento, Vannevar Bush em 1945 sugeriu que era necessário, primeiramente, partir das pesquisas básicas ou puras, que nada mais são do que a busca de conhecimentos gerais e da compreensão da natureza e das suas leis sem ter o objetivo final de encontrar alguma utilidade prática. O autor reforça em um de seus textos: “Hoje em dia, é mais verdade do que nunca que a pesquisa básica é que marca o passo do progresso tecnológico”. Segundo ele, o progresso tecnológico seguiria a seguinte linearidade, que mais tarde foi nomeada como Modelo Linear de Inovação:

Pesquisa básica -> Pesquisa aplicada -> Desenvolvimento -> Produto ou processos

Acreditava-se amplamente em tal modelo até o pós-Segunda Guerra, época na qual muitos autores começaram a se dedicar a esse tema utilizando instrumentos analíticos mais precisos que haviam sido desenvolvidos. O modelo, então, sofreu inúmeras críticas por excesso de simplificação e, principalmente, pela não concordância com a sequência linear sugerida, uma vez que o desenvolvimento da inovação a partir de pesquisas puras

era enxergado apenas como uma das possibilidades de reciclagem do sistema e não como a única.

Tornou-se claro que o processo tecnológico poderia ser realimentado não apenas partindo-se das pesquisas básicas, mas também partindo de diversas outras fontes de conhecimento, como por exemplo: partindo das informações por parte do mercado consumidor - que é um dos principais agentes para o sucesso comercial do produto; ou das criações humanas já existentes, como o estudo científico da termodinâmica que surgiu após a invenção da máquina de vapor; ou até mesmo das necessidades de aplicações práticas, que foi o caso do surgimento da disciplina de Engenharia Química, criada a partir da necessidade do aprofundamento teórico para a construção de plantas industriais de grande porte com processos contínuos.

Também foi postulado que a pesquisa básica não seria necessariamente uma busca desinteressada por conhecimento; ela poderia ser orientada por objetivos práticos explícitos, sem perder a sua natureza científica. A partir desse momento, o Modelo Linear foi substituído pelo Modelo Moderno de Inovação.

2.2.2. Quadrante de Pasteur

A partir das diferentes possibilidades de motivação da investigação científica, Donald Stokes (1997) cria o termo “quadrante de Pasteur” em um livro do mesmo título, em dedicação a Louis Pasteur, cientista que se debruçou em vida sobre questões relativas ao conhecimento aplicado. Este quadrante nada mais é do que um plano contendo quatro situações que associam a utilidade da pesquisa e o conhecimento como motivação da mesma. O Quadro 2.1. abaixo facilita a visualização do plano:

Quadro 2.1. Quadrante de Pasteur

		Leva em conta o uso?	
		NÃO	SIM
Busca entender fundamentos?	SIM	Básica pura (Bohr)	Básica inspirada pelo uso (Pasteur)
	NÃO		Aplicada pura (Edson)

Fonte: Acervo pessoal

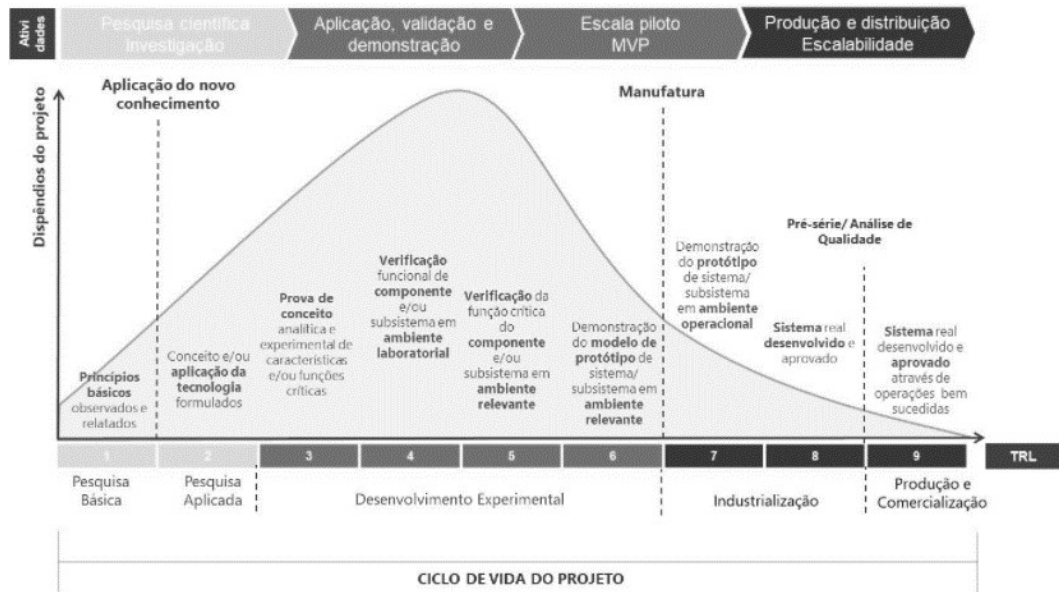
No primeiro quadrante, o superior esquerdo, o autor o chamou de quadrante de Bohr. Nele, o resultado é melhorar a compreensão dos fenômenos, ou seja, é a busca de conhecimento, mas sem considerações evidentes sobre seu uso. No quarto quadrante, ou quadrante inferior direito, que o denominou de quadrante de Edson, há a preocupação predominante com o uso do conhecimento existente, podendo partir tanto de uma tecnologia já existente ou ser uma pesquisa desenvolvida unicamente para ser aplicada, em ambos os casos o único resultado possível é a melhora da tecnologia. O terceiro quadrante, ou quadrante inferior esquerdo, Stokes reservou para as pesquisas particulares, em que não há uma motivação clara para a busca de novos conhecimentos e nem de seu uso. Mas aquela que foi mais explorada na sua tese é o segundo quadrante, ou quadrante superior direito, que caracterizou como quadrante de Pasteur, pois nele existe a busca de conhecimentos novos, mas inspirada pelo uso (MATOS, 2017), ou seja, é uma pesquisa que pode-se tanto gerar uma melhor compreensão dos fenômenos quanto o desenvolvimento de uma tecnologia.

Essa concepção a partir do modelo dos quadrantes, em suma, leva a uma visão mais abrangente das relações entre a pesquisa básica e a inovação tecnológica, permitindo um tratamento mais apropriado das políticas governamentais relacionadas ao suporte à ciência e a tecnologia.

2.2.3. “Vale da Morte”

A NASA idealizou na década de 1970 uma régua com escala de 1 a 9 para avaliar o grau de maturidade de uma tecnologia chamada Technology Readiness Level (TRL), que foi utilizada mais tarde para representar o ciclo de vida de um projeto de alguma tecnologia nova até sua produção e comercialização sobre o dispêndio necessário para cada etapa do ciclo (ABGI BRASIL, [s. d.]). A correlação do TRL com o ciclo de vida do projeto está apresentada na Figura 2.1.

Figura 2.1. TRL e o ciclo de vida do projeto



Fonte: ABGI Brasil

Ao analisar o gráfico da imagem é possível notar que as pesquisas básicas e aplicadas se situam nos níveis mais baixos de TRL (1 e 2), que são as etapas iniciais do ciclo de vida do projeto denominadas etapas de investigação. As etapas seguintes são relacionadas ao estudo da aplicabilidade da pesquisa, da validação dos conceitos utilizados e da análise de consistência dos resultados a partir de experimentos e protótipos. Essa etapa, denominada de desenvolvimento experimental, possui o TRL variando de 3 a 6 e é a que exige maior dispêndio financeiro. A partir daí o projeto vai para o ambiente operacional onde os níveis de TRL variam de 7 a 9. Essas são as etapas de industrialização e de produção e comercialização, onde os gastos do projeto se tornam mais amenos novamente.

Como no início e no fim do ciclo exige-se menor dispêndio, essas são as etapas onde se há maior investimento nas tecnologias: nos TRL de 1 a 3 estão, principalmente, as universidades e, por focarem em projetos já com maior grau de comprovação, nos TRL acima de 7 estão as indústrias. No entanto, para os projetos chegarem até o nível 7 de TRL é imprescindível passar pelas demais etapas anteriores - que são chamadas de “Vale da Morte”, uma vez que muitas das pesquisas iniciadas são perdidas nesta parte do caminho não sendo, portanto, concluídas e inseridas no mercado.

2.2.4. O caso da Engenharia Química

A química é um dos casos na história que mostra a relevância da realimentação entre tecnologia e ciência em contrapartida ao Modelo Linear de Inovação. Esse fato é particularmente verdadeiro por se tratar de uma ciência que ainda tem forte componente experimental. Pode-se mencionar, por exemplo, a crescente importância dos instrumentos de medida para que se observe e se meça a reação química no exato momento em que acontece, precisando, para isso, de instrumentos mais refinados do que os sentidos humanos e, por conta disso, surgiu-se a necessidade de criar-se tecnologia a partir da ciência. A balança era no início o instrumento-chave dessas medidas, mas, com o avanço da tecnologia, hoje tem-se o infravermelho, o ultravioleta e a ressonância magnética nuclear que são essenciais e muito mais precisos para tal funcionalidade e que, pelo seu desenvolvimento, permitiram muitos avanços teóricos no campo das pesquisas básicas.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, por outro lado, é cada vez mais frequente a necessidade de novos dados e teorias científicas para dar sustentação à continuidade do desenvolvimento tecnológico. Tal afirmação é verdadeira tanto no caso de processos químicos novos, como no caso de novos produtos, sendo o refino do petróleo um excelente exemplo.

2.2.4.1. Histórico

O primeiro departamento de química independente surgiu na Alemanha em 1609 na Universidade de Marburg, na Prússia (AFTALION, 1991 apud WEINBERG; JORGE; JORGE, 2009). Até então, as universidades europeias em geral não enfatizavam o ensino destinado à resolução de questões práticas. Com o avanço da Revolução Industrial a partir da segunda metade do século XVIII, no entanto, o mundo começou a se desenvolver industrialmente de maneira acentuada. A Inglaterra, como pioneira do movimento, se destacou como um dos países de maior capacidade produtiva, uma vez que despendia muito tempo, dinheiro e esforço buscando encontrar maneiras mais baratas e eficientes de se produzir. O Método da Câmara de Chumbo (Lead-Chamber Method), por exemplo, foi desenvolvido na Inglaterra em 1749 e era utilizado para produzir ácido sulfúrico, um dos principais químicos da época – usado na produção de sais alcalinos e corantes. (SETTING THE STAGE FOR A NEW PROFESSION, CHEMICAL ENGINEERING IN 1888, [s. d.]).

A produção de carbonato de sódio, por sua vez, foi facilitada pelo Processo Le Blanc que foi criado na França por Nicholas Le Blanc em 1789. Tal processo foi adotado na Inglaterra em 1810 e continuamente aprimorado nos 80 anos seguintes para a produção de diversos produtos como vidro, sabão e têxteis. Em 1873, o Processo Le Blanc foi substituído pelo Processo Solvay criado pelo químico belga Ernest Solvay, que produzia bicarbonato de sódio de uma maneira muito mais fácil de purificar, com nenhum produto sujo e difícil de descartar e a partir de uma operação contínua, ou seja, de uma maneira passível de ser usada em escala industrial (SETTING THE STAGE FOR A NEW PROFESSION, CHEMICAL ENGINEERING IN 1888, [s. d.]).

O Método da Câmara de Chumbo e os Processos Le Blanc e Solvay foram muito inspecionados por George Davis, um inglês cuja função à princípio era monitorar os níveis de poluição das fábricas de produtos químicos da região, mas que, ao visitar inúmeras vezes tais fábricas, adquiriu um conhecimento tão acurado sobre as necessidades de engenharia e química aplicada dos processos produtivos da época que, em 1884, se tornou um consultor independente que ajudava as indústrias a terem processos químicos mais eficientes e menos poluentes a partir da aplicação e sintetização do seu conhecimento. Em 1887, Davis moldou 12 palestras que visavam explorar empiricamente as práticas operacionais empregadas pela indústria química inglesa, que mais tarde foram chamadas de “operações unitárias” e, em 1901, publicou um “Manual da Engenharia Química” onde, além de abordar as operações unitárias, enfatizou o valor da experimentação em larga escala e as práticas de segurança. Davis foi o primeiro defensor da denominação “Engenharia Química”, que na época era vista como uma mistura de engenharia mecânica com a química pura e, de muitas maneiras, definiu a profissão moderna da engenharia química (WHILE, 2012).

Em paralelo a tudo isso, além da Inglaterra, a indústria química alemã também se destacava desde o início na sua industrialização, principalmente, pelos seus esforços no treinamento de cientistas (AFTALION, 1991 *apud* WEINBERG; JORGE; JORGE, 2009) e da relação mutuamente benéfica entre universidades e indústrias de corantes, que eram fortemente baseadas na ciência (science-based) e utilizavam alcatrão de carvão como matéria-prima (ROSENBERG, 1998 *apud* WEINBERG; JORGE; JORGE, 2009).

A importância da universidade alemã na química foi acentuada no final dos anos 1820, quando Justus von Liebig fundou na Universidade de Giessen um instituto que, além de ensinar química analítica quantitativa, qualitativa e síntese orgânica, também

desenvolvia pesquisa orientada à aplicação industrial do conhecimento. A escola de Liebig foi responsável pela introdução do ensino de química ao nível universitário na Inglaterra e pela formação de muitas gerações de químicos de alto nível, inclusive em outros países ao redor do mundo, uma vez que muitos cientistas alemães tiveram que migrar em busca de trabalho, já que, no início, o mercado naquele país não era suficientemente desenvolvido para absorver todos. Um exemplo foi August Hofmann, que foi para a Inglaterra, onde seu discípulo William Perkin descobriu o primeiro corante sintético (WEINBERG; JORGE; JORGE, 2009).

Com o aparecimento da química orgânica, no século XIX, a indústria conseguiu transformar o desenvolvimento científico em inovações de alto valor comercial de uma maneira muito mais rápida, alcançando rapidamente significativas escalas produtivas, principalmente na Alemanha, que tinha a vantagem da proximidade entre a indústria e os pesquisadores universitários, os quais tinham sido formados de acordo com uma ideologia favorável a essa aproximação. Além do crescimento do portfólio de produtos dos corantes sintéticos, surgiram também os fármacos e a fotoquímica.

Outra inovação alemã foi a construção de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento próprios das empresas, como na BASF, Bayer e Hoechst, que tinham seus centros de pesquisa intimamente conectados a professores de universidades e outros cientistas, inclusive aos estudantes de Liebig. O contato dos universitários era feito principalmente via consultorias às indústrias. Já as plantas eram réplicas em grande escala dos laboratórios e não foram projetadas para a operação contínua, havendo, inclusive, muitos produtos que eram feitos em equipamentos compartilhados (WEINBERG; JORGE; JORGE, 2009).

Fritz Haber, químico alemão, com o apoio da equipe da BASF liderada pelo químico Carl Bosch, foram os primeiros a mobilizarem os recursos exigidos para o desenvolvimento da pesquisa em duas frentes: o aperfeiçoamento do catalisador e a construção de um equipamento grande e mecanicamente resistente para a produção contínua em grande escala. Sua pesquisa de interesse era voltada às reações em fase gasosa na produção da amônia por meio da reação entre nitrogênio e hidrogênio: $N_2(g) + 3 H_2(g) \leftrightarrow 2 NH_3(g)$. A amônia produzida, por sua vez, serviria de matéria prima para a produção do ácido nítrico, essencial para a produção de explosivos e para a produção de fertilizantes a base de nitrogênio (SETTING THE STAGE FOR A NEW PROFESSION, CHEMICAL ENGINEERING IN 1888, [s. d.]).

Segundo Aftalion (1991), a síntese da amônia pela empresa reforçou os elos da química com a física e a engenharia, uma vez que exigia conhecimentos sobre projetos de processo, reações de equilíbrio, altas pressões, catálise, resistência de materiais e projeto de equipamentos de grande escala. Haber, em 1918, pela síntese da amônia, e Bosch, em 1931, pelo desenvolvimento dos processos químicos de alta pressão, ganharam o Prêmio Nobel de Química.

A geração de Haber abriu caminho para as indústrias de grande escala baseadas em processos contínuos operados sob condições extremas. Na geração seguinte surgiu Hermann Staudinger, responsável pela base científica que permitiu o estudo e o desenvolvimento das moléculas poliméricas que dominaram a economia da indústria química internacional durante a segunda metade do século XX, alavancando o desenvolvimento científico e tecnológico.

Apesar da crescente importância dos estudos aplicados, principalmente nas indústrias químicas, a Alemanha separava tais estudos dos convencionais, ou seja, daqueles voltados às pesquisas básicas com um caráter mais teórico. O estudo de engenharia, portanto, não fazia parte do currículo das universidades e era realizado nas criadas Technische Hochschulen, instituições que possuíam um status inferior ao das universidades e que, até 1899, não estavam credenciadas para conceder o título de doutor (ROSENBERG, 1998 *apud* WEINBERG; JORGE; JORGE, 2009).

O modelo alemão das universidades dedicadas à pesquisa foi espalhado nos Estados Unidos, mas, diferentemente da Alemanha, os estudos eram feitos dentro das próprias universidades e não em instituições separadas, uma vez que o objetivo das universidades americanas eram explorar as potencialidades do país, como a agricultura e as riquezas geológicas e, por isso, focou-se em questões de engenharia. Como resultado, as plantas das indústrias químicas nos Estados Unidos eram contínuas e de grande escala, enquanto na Alemanha, pareciam-se com laboratórios ampliados.

Os Estados Unidos foram os pioneiros do mundo na construção de refinarias de petróleo e das plantas petroquímicas, projetadas pela nova categoria profissional criada no país: os engenheiros químicos. Já na Alemanha, as plantas de produção de amônia seguiam sendo construídas por químicos e engenheiros mecânicos. O crescimento da indústria petroquímica em larga escala foi resultado dos esforços americanos de guerra,

sendo que seu objetivo principal se destinava a aumentar dramaticamente a produção de borracha sintética, dado o bloqueio às fontes de borracha natural.

Além das universidades, as empresas americanas também começaram a estabelecer seus próprios centros de pesquisa, assim como havia acontecido na Alemanha, estão entre elas: General Chemical (1899), Dow (1901), DuPont (1902), Standard Oil of Indiana (1906), Goodyear (1909), Eastman Kodak (1912) e American Cyanamid (1912).

2.2.4.2. O surgimento no Brasil

A instalação da indústria química no Brasil inicia-se no final do século XIX com as fábricas de sabão, de pólvora, de vidros, de papel e de velas. A indústria químico-farmacêutica também era uma realidade, surgindo os primeiros projetos e mesmo as primeiras fábricas de ácido sulfúrico, de ácido nítrico, de ácido clorídrico e de cloro. Mas, pela falta de escolas que preparassem profissionais para este setor industrial, o país dependia da importação de técnicos, equipamentos e processos (DA SILVA; DOS SANTOS; AFONSO, 2006).

Com o avanço da indústria química alemã, cientistas e ingleses espalharam para o mundo sua preocupação de que a Alemanha representaria um perigo real e imediato a todo o continente europeu – repercutindo inclusive nos intelectuais brasileiros. Além disso, com a Primeira Guerra Mundial, as importações de bens de consumo e de técnicos especializados ao Brasil foram dificultadas, evidenciando que o país precisava ter sua própria base de produção e desenvolvimento de produtos químicos além, é claro, da necessidade de formação de técnicos especializados.

O primeiro curso oficial de Química para preparo de técnicos foi oferecido pelo Instituto de Química, fundado no Rio de Janeiro em 1918. A partir daí criaram-se cursos de Química Industrial anexos a instituições técnicas já existentes, que eram voltados para o preparo profissional para a indústria química através do aprendizado dos processos e das reações químicas envolvidas na preparação dos produtos fabricados na época. Em 1925 se criou o primeiro curso brasileiro independente de Químico Industrial pela Escola Politécnica de São Paulo (USP) e, apenas em 1952, após inúmeras reformulações de grade e emendas, que se oficializou a oferta do curso com a denominação de Engenharia Química (DA SILVA; DOS SANTOS; AFONSO, 2006). Atualmente, consta aproximadamente 190 instituições autorizadas pelo MEC a ofertarem tal graduação.

2.3. O impacto da indústria química brasileira na economia

A indústria química desempenha um papel muito importante para as economias mundiais, inclusive no Brasil. Através da produção industrial neste setor, são gerados milhares de novos empregos, alta quantidade e qualidade de importações e exportações, injeção de dinheiro e renda para o mercado com investimentos em empresas, infraestrutura, logística e mais tecnologia.

No Brasil, em relação às divisões de intensidade tecnológicas da indústria de transformação definidas pela OCDE disponíveis na Nota Econômica nº 20, da Confederação Nacional da Indústria (CNI) de 2021 (VARRICHIO, 2020), os setores de alimentos e coque, derivados de petróleo e biocombustíveis, que são intensivos em recursos naturais e de baixa e média-baixa intensidade tecnológica, responderam por 30% de toda produção manufatureira nacional e, seguido deles, se encontrava os Químicos, com um crescimento de 7,7% em 2007/2008 para 8.75% em 2017/2018.

De acordo com o a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), o desempenho da indústria química brasileira em 2020 faturou cerca de US\$101,7 bilhões, sendo US\$44,1 bilhões em produtos químicos de uso industrial, US\$ 15,6 bilhões em produtos farmacêuticos e US\$9,3 bilhões em fertilizantes. Valor que, se comparado em dólares, mostra um decréscimo de 14% em relação ao ano de 2019.

Apesar do impacto dos valores de faturamento, a balança comercial de produtos químicos revela que o déficit acumulado do primeiro semestre de 2021 em relação ao ano anterior teve um aumento expressivo de 32,7%, chegando a US\$18,6 bilhões - as importações tiveram um crescimento de 27,8%, totalizando US\$25 bilhões e as exportações, de 15,6%, com US\$6,4 bilhões (VARRICHIO, 2020).

Já em relação ao PIB total do país, a participação da indústria química representou 2,3% em 2019 e, dentro apenas da indústria de transformação ela permaneceu tendo a 3º maior participação do PIB industrial quando comparada a outros setores industriais de transformação, correspondendo a 11,3% dele (ABIQUIM, 2020).

A nível internacional, a indústria química brasileira também se destaca, ocupando a 6ª posição no ranking mundial de faturamento líquido em 2019, ficando atrás apenas da China, Estados Unidos, Japão, Alemanha e Coreia (ABIQUIM, 2020). No entanto, ao

comparar as vendas líquidas com o primeiro lugar do ranking, a China, percebe-se que as vendas do Brasil representam pouco mais que 7% do total das vendas líquidas da China.

3. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo do estudo, primeiramente buscou-se entender a definição de inovação e os fatores que a impactam. Para isso foi pesquisado nas plataformas Scielo e Web of Science as palavras-chave “inovação”, “indicadores de inovação” e “políticas de incentivo à inovação”. Depois disso, visando entender a associação da inovação com as pesquisas científicas, principalmente no campo da engenharia química, pesquisou-se da mesma maneira utilizando dessa vez as palavras “pesquisa científica”, “pesquisa aplicada”, “engenharia química” e “relação universidade empresa”.

Além disso, coletou-se dados em relatórios da OCDE, MCTIC, INPI, IPEA, CAPES, IBGE, PINTEC, principalmente relacionados à CT&I e P&D. Esses dados foram utilizados para mensurar a situação atual do país em quesitos que afetam a inovação direta ou indiretamente e proporcionar a comparação com outros países.

Dados sobre a indústria química também foram procurados em relatórios como os do ABIQUIM com o intuito de proporcionar a magnitude do setor na economia brasileira e, conseqüentemente, reforçar sua importância nas decisões políticas relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Além disso, foi realizada uma revisão da literatura sobre as políticas públicas desenvolvidas no Brasil e em outros países para fomento e financiamento tanto da inovação quanto das pesquisas científicas, com a finalidade de entender seu impacto para a sociedade e trazer sugestões de possíveis soluções para as fragilidades encontradas no país.

Ao final, analisou-se tanto os dados numéricos e estatísticos encontrados quanto às comparações sobre as diferentes políticas públicas e formas de financiamento da inovação entre o Brasil e os demais países.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

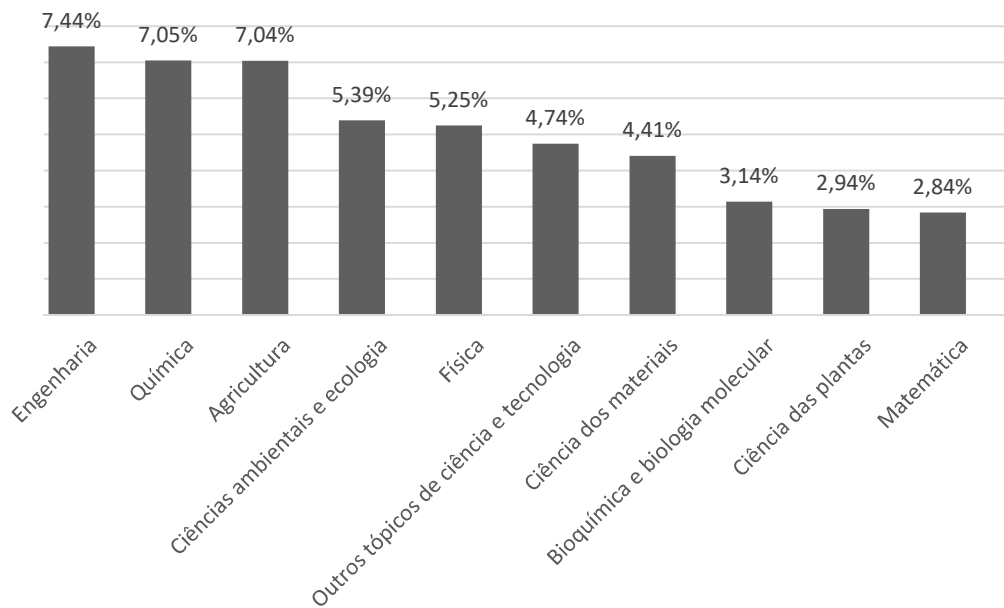
4.1. Como estão os indicadores de CT&I no Brasil

Entendendo que a inovação de um país não depende apenas de uma ou duas variáveis e que, entre elas, é possível existir diferentes graus de influência e interdependência, se buscará analisar a situação do Brasil nos mais diferentes aspectos citados anteriormente para que as principais dificuldades e as principais possibilidades do país em relação ao desenvolvimento tecnológico possam ser identificadas e, posteriormente, trabalhadas.

Os primeiros indicadores que serão analisados serão os relacionados à produção científica nacional. De acordo com o Boletim Anual OCTI de junho de 2021, olhando apenas para os artigos científicos indexados na base Web of Science (WoS), a produção científica brasileira representou, em 2020, 3,2% da produção científica mundial com um total de aproximadamente 372 mil artigos com pelo menos um autor vinculado a uma instituição brasileira. Esse número relata um aumento expressivo de 32,2% em relação a 2015 contra 27,1% de aumento mundial no mesmo período.

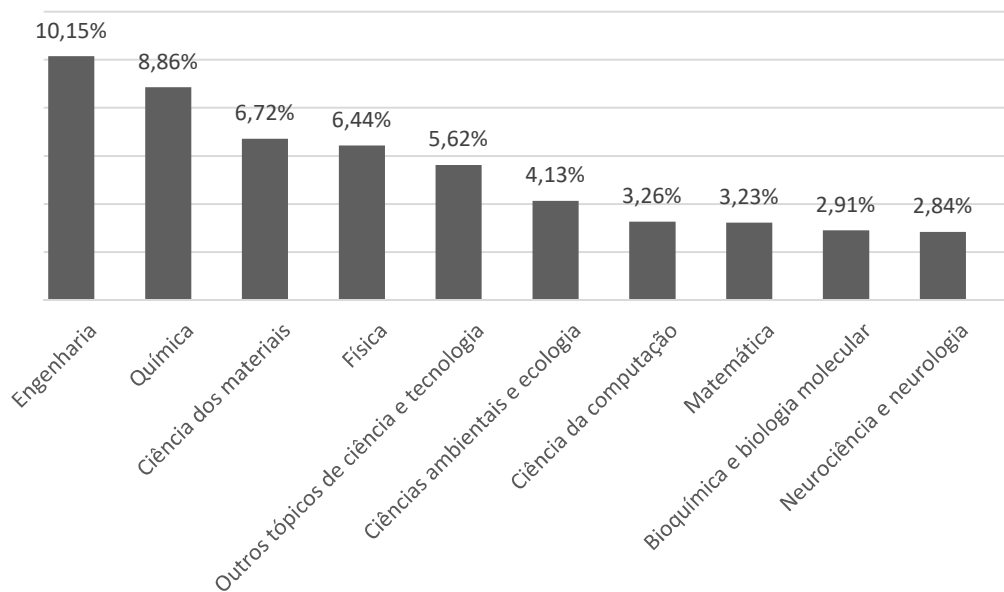
A Figura 4.1. mostra quais são as áreas de pesquisa que mais se destacaram no Brasil de acordo com esse levantamento de dados. Já na Figura 4.2., os dados são referentes à produção global.

Figura 4.1. Ranking das áreas de pesquisa com o maior número de artigos a partir da produção brasileira indexada na Web of Science (2015-2020)



Fonte: Adaptado de (CGEE, 2021)

Figura 4.2. – Ranking das áreas de pesquisa com o maior número de artigos a partir de toda produção global indexada na Web of Science (2015-2020)



Fonte: Adaptado de (CGEE, 2021)

Olhando para a produção científica global, é possível perceber que as áreas com mais artigos publicados são aquelas mais fortemente associadas à inovação, mostrando o crescente destaque mundial para as áreas exatas e tecnológicas para a sociedade e para o mercado atual, destacando-se a área de Engenharia. O Brasil, por sua vez, tem demonstrado interesse em seguir a tendência mundial de pesquisas, mas ainda se encontra abaixo da média global na maioria das áreas expostas, exceto em Agricultura, Ciências Ambientais e Ecologia e Bioquímica e Biologia molecular, áreas de grande impacto ao país visto sua economia predominantemente voltada à comercialização de produtos primários.

Áreas importantes para a inovação que demandam mais conhecimento técnico e tecnológico como Ciência da Computação e Neurociência, são tópicos que não aparecem no ranking brasileiro. Até a Engenharia, que está na primeira colocação, está cerca de 3% abaixo da média mundial. Outra maneira de olhar para essa questão é pelo índice de especialização (SI) do Brasil em relação às áreas de Tecnologia. O SI é dado pela razão entre a fração da produção (número de artigos) de determinada área de pesquisa em um país e a fração da produção (número de artigos) da mesma área no mundo, em um mesmo período. Para a maioria das áreas de Tecnologia do Brasil, seus SI apresentam valores abaixo de 1,0 (CGEE, 2021), o que significa que o nível de especialização desta área é menor do que em relação à produção global. Tal percepção evidencia ainda certa desconexão entre as áreas nas quais o país é mais competitivo e aquelas que são mais demandadas pelas atividades de inovação no resto do mundo.

Com os dados apresentados até agora é possível perceber que a produção científica brasileira de maneira geral tem apresentado crescimento acentuado nos últimos anos e que os temas de suas pesquisas estão seguindo muito dos tópicos priorizados nos outros países, embora de forma menos expressiva e, ainda, com muitos temas voltados às necessidades de uma economia agrária. Tais necessidades, por mais que englobem também estudos e aplicações de alta complexidade e tecnologia, são menos relacionadas às tendências tecnológicas recentes.

Além da quantidade produzida e do tema da pesquisa científica, olha-se também sua quantidade de citações, buscando mensurar seu impacto e, conseqüentemente, a qualidade do conteúdo publicado. Essa é uma medida muito criticada por estudiosos que alegam que as citações não refletem a qualidade de uma publicação e que, além disso, dependem da área da pesquisa e da sua idade (uma vez que documentos mais antigos

possuem mais tempo para se obterem citações). Por conta desses dois fatores, no relatório Research in Brazil (CROSS; THOMSON; SINCLAIR, 2017), o indicador de citações foi normalizado em relação à média mundial de citações esperada para o campo de conhecimento e o ano de publicação e, para o caso do Brasil, percebeu-se um aumento de impacto de 0,73 em 2011 para 0,86 em 2016. Apesar do crescimento razoável, o valor absoluto ainda é muito abaixo da média mundial, levantando o questionamento se a qualidade das pesquisas científicas brasileiras está em ascensão, assim como a quantidade de publicações.

Abaixo segue figura retirada do mesmo relatório onde a quantidade de publicações e seu impacto (medido pela quantidade de citações) estão distribuídas pelos indicadores essenciais da ciência (ESI – Essential Science Indicators). Com ela, reforça-se que a maior quantidade de publicações não indica maior relevância e impacto das pesquisas e que, na maior parte das áreas de conhecimento, o Brasil se encontra abaixo da média mundial no que se diz respeito à quantidade de citações.

Figura 4.3. Número de publicações e impacto das publicações brasileiras por indicadores essenciais da ciência (média mundial linha pontilhada)

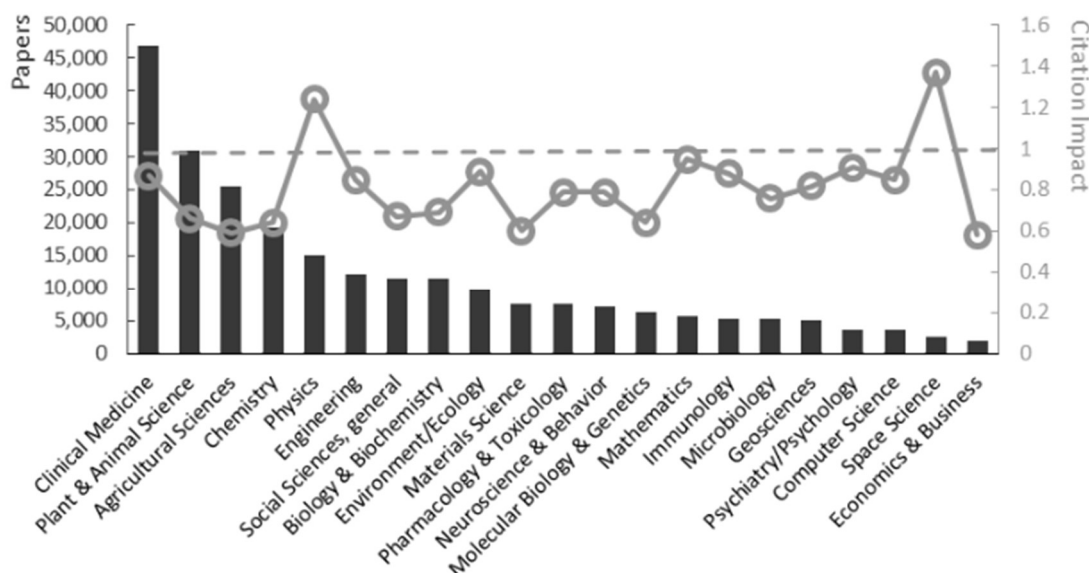


Figure 33 ESI categories by number papers and impact (world average in dotted line) of Brazilian papers, 2011 – 2016.

Fonte: (CROSS; THOMSON; SINCLAIR, 2017)

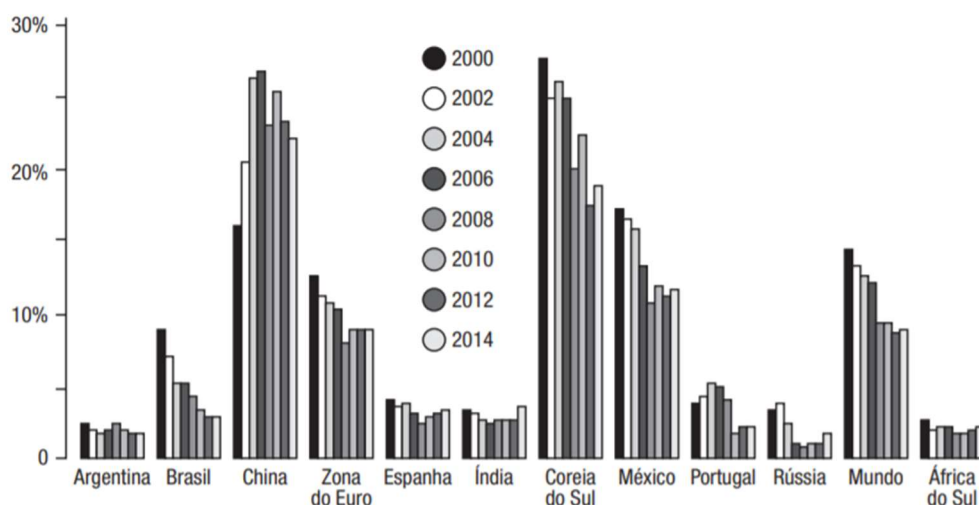
Outro indicador mencionado que possui forte relação com a evolução da produção de novas tecnologias foi a quantidade de tecnologias protegidas por patentes que, nacionalmente, são depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Esse número subiu de aproximadamente 20 mil para 30 mil entre 2000 e 2016 para o Brasil, crescimento cerca de 50% menor do que observado na atividade mundial, mas suficientes para o posicionar na frente dos países latino-americanos e Portugal e atrás dos demais países da BRICS (NEGRI, 2018).

Além do crescimento abaixo do mundial, outro ponto de preocupação aparece quando se desdobra o número de patentes produzidas no Brasil: primeiro por ter 80% dessa quantidade provinda de não-residentes, ou seja, de pessoas ou empresas instaladas fora do país e segundo, pelas empresas instaladas localmente representarem apenas 7% dos 20% que é provinda de residentes (NEGRI, 2018). Tais porcentagens mostram o quanto o ambiente brasileiro não é estimulante para a busca por inovação nas empresas, que demonstram baixo interesse de despendere esforços para isso.

Outro número que ilustra a presença das empresas nos processos de inovação do país foi levantado pela Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) com os dados de 2015-2017 sobre a quantidade de empresas que implementaram inovações de produto e/ou processos naquele triênio. Em números aproximados, de um total de 120 mil empresas, 85% são definidas como indústria de transformação e, por ambas as visões – empresas no total e isolando apenas a indústria de transformação - 30% delas implementaram inovações. Esses números salientam o impacto da indústria de transformação nos processos industriais brasileiros e reforçam a pouca presença das empresas no desenvolvimento de processos e produtos inovadores dentro do país.

O Brasil também assume posição intermediária em relação às exportações de produtos intensivos em tecnologia, à frente de vários países em desenvolvimento e atrás dos países desenvolvidos. No entanto, em 2000 elas representavam cerca de 9% do total das exportações brasileiras e, em 2014, esse número se reduziu para 3% (NEGRI, 2018), uma das quedas mais bruscas de todos os indicadores. Relembrando que a exportação de produtos mais complexos pode refletir as competências científicas e tecnológicas do país, ao se priorizar as commodities nas exportações brasileiras em detrimento de outros produtos mais tecnológicos, o Brasil se colocou em uma posição de baixa necessidade ou até mesmo, de baixo interesse pelo desenvolvimento científico no país.

Figura 4.4. Exportações de alta tecnologia como proporção das exportações totais em países selecionados (%): 2000 a 2014

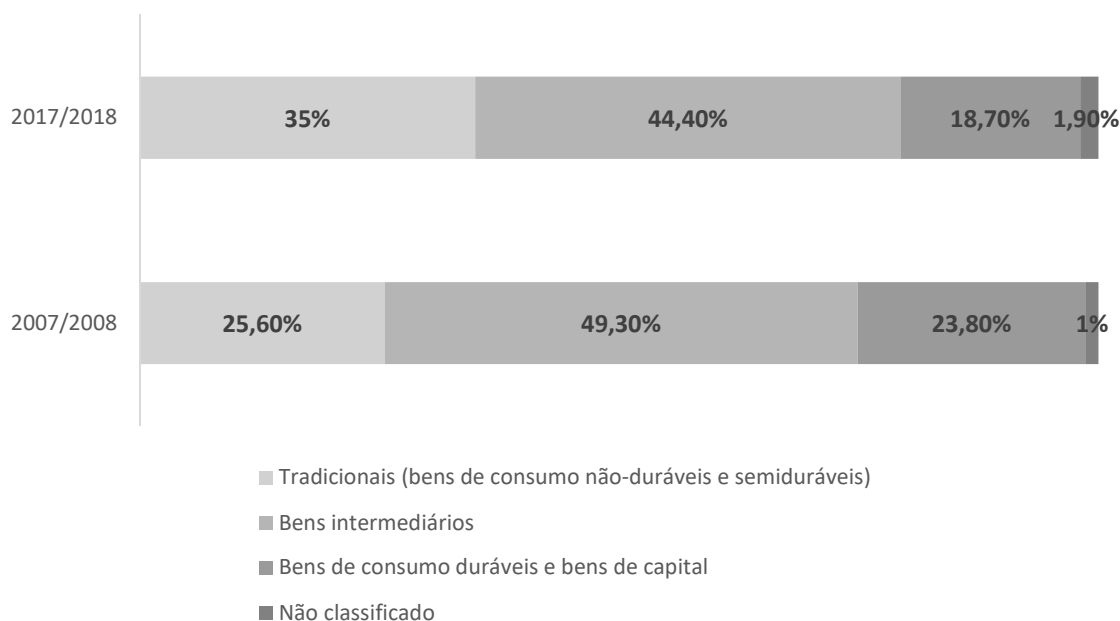


Fonte: (NEGRI, 2018)

Ainda sobre exportações de produtos de alta intensidade tecnológica, de acordo com análise feita pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), houve um crescimento de 4% no 1º trimestre de 2021 em relação ao mesmo período do ano passado, porém o valor reflete o segundo pior desde 2010, quando iniciou-se as divulgações desses dados. Ao mesmo tempo, as compras de bens de tecnologia chinesa subiram 46%, compondo 38% dos fornecedores de tais tecnologias no país. O superintendente da CNI, João Emílio Gonçalves, afirma que o Brasil vem enfrentando um processo estrutural de desindustrialização e, conseqüentemente, perdendo empregos de qualidade ligados a atividades de alto valor agregado, que exigem alta especialização dos profissionais e pagam salários mais elevados (BONFANTI, 2021).

A baixa exportação de produtos de alta intensidade tecnológica reflete o panorama atual da indústria de transformação brasileira que, em uma década, teve a participação das empresas de produtos de alta e média tecnologia, como itens de informática e veículos, recuada de 23,8% para 18,7% no setor industrial e, nas empresas de bens intermediários, como madeira, celulose e papel, de 49,3% para 44,4%. Apenas os fabricantes de bens tradicionais, como alimentos e bebidas, ampliaram sua fatia de 25,6% para 35%, como mostra a figura a seguir.

Figura 4.5. Estrutura da produção da indústria de transformação brasileira

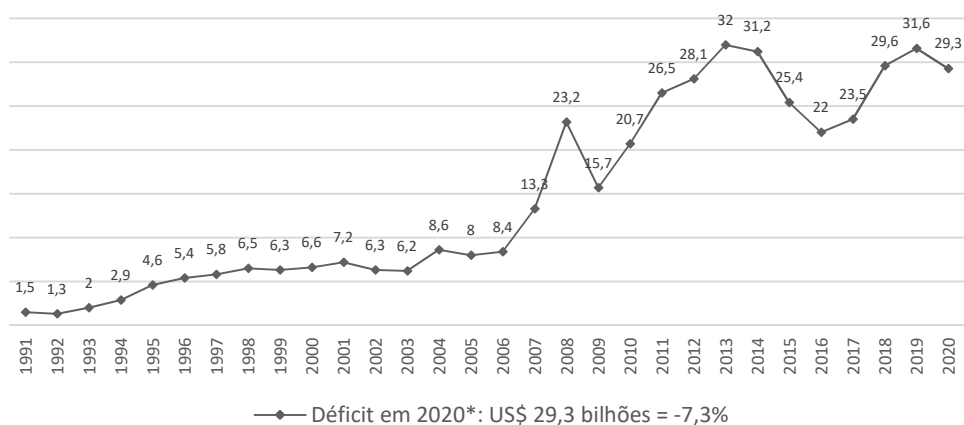


Fonte: Adaptado de (CNI, 2021)

Os bens de consumo duráveis e bens de capital são mais sofisticados, com alto valor agregado e contribuem para o aumento do nível de educação e de renda, ao contratarem profissionais mais qualificados. Além disso, esses setores elevam a capacidade tecnológica do país por serem mais intensivos em pesquisa e desenvolvimento e estimulam o desenvolvimento de novos produtos, gerando novos mercados e mais crescimento. Os bens tradicionais como o setor agropecuário, por sua vez, cresceram em média 3,5% ao ano, enquanto a economia como um todo cresceu de 0,1% a 0,3% (BONFANTI, 2021), mostrando que o agronegócio, sozinho, não consegue estimular a economia.

O fato de, no Brasil, a maioria das indústrias serem de baixa e média intensidade tecnológica pode acarretar duas condições no país: a menor necessidade de investimentos em P&D, uma vez tais segmentos necessitam de menos investimentos pela sua dinâmica (ARAÚJO; CAVALCANTE, 2011) e no déficit da balança comercial do país, que exporta produtos de baixo valor agregado, consequentemente mais baratos, e importa produtos de alta tecnologia. A Figura 4.6. abaixo retirada adaptado do ABIQUIM 2020 retrata a evolução do déficit brasileiro desde 1991, afirmando que o país tende a, cada vez mais, exportar produtos que geram menor renda em relação àquilo que é importado.

Figura 4.6. Evolução do déficit comercial brasileiro na indústria química



Fonte: Adaptado de (ABIQUIM, 2020)

O último indicador é relacionado a utilização de novas tecnologias pela sociedade e pelos produtores de bens e serviços, resumidamente porque o acesso ao que há de mais novo no mercado agiliza e complementa avanços no desenvolvimento científico. O Brasil, além de exportar pouca tecnologia incorporada nos seus produtos, também é um país muito fechado às importações de bens, conhecimentos e de tecnologias produzidas no exterior. Negri (2018) pontua, por exemplo, que os fluxos de pagamentos e receitas tecnológicas são muito inferiores a quase todos os países desenvolvidos, inclusive a Argentina e a África do Sul; os pagamentos efetuados por empresas brasileiras ao exterior pelo uso de propriedade intelectual é cerca de 0,3% do PIB, inferior à média da OCDE, mas superior ao México e China; e que o fluxo de comércio em relação ao PIB é de 25%, um dos menores do mundo.

Todos os indicadores mostram um resultado intermediário para o Brasil, quase sempre atrás dos países desenvolvidos e à frente dos em desenvolvimento, incluindo os latino-americanos, sendo incorreto dizer que é um país atrasado do ponto de vista científico e tecnológico. Apesar disso, quando analisada a trajetória histórica com mais atenção, percebe-se que o crescimento econômico vivido nos anos 2000 não acompanhou o avanço científico e tecnológico, notado pelo crescimento relativo reduzido e às vezes até retrógrado quando comparado a outros países, exceto na quantidade absoluta de publicações científicas.

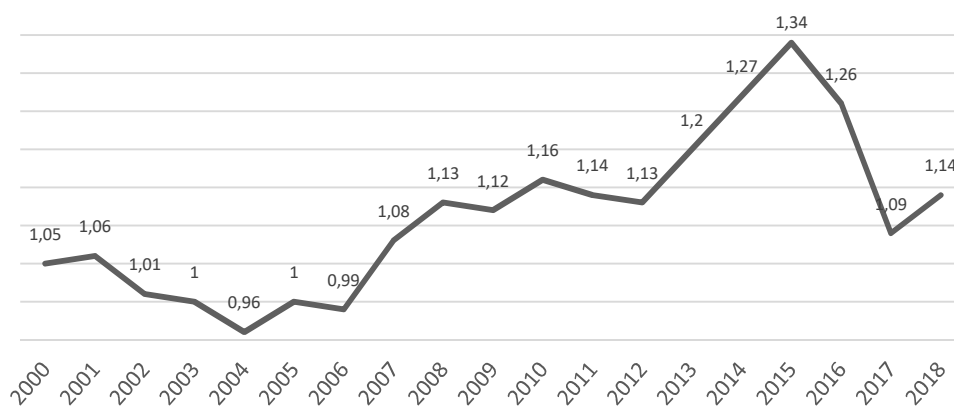
4.1.1. Financiamento de P&D

Em geral, os investimentos em C&T no Brasil não são o que se chama na literatura de investimentos “orientados para a missão”, no sentido de que a maioria desses investimentos não está vinculada a ministérios com uma missão específica como acontece em vários outros países. A exceção está nos investimentos do Ministério da Agricultura e no Ministério da Saúde, principalmente executados pelas instituições de pesquisa Embrapa e Fiocruz (NEGRI, 2018).

Em relação à valores, segundo estudo de Fernanda De Negri (NEGRI, 2020 *apud* ESTADÃO, 2021), em 2020 o governo federal investiu R\$17,2 bilhões em ciência e tecnologia, investimento inferior ao realizado em 2009, quando despendeu R\$19 bilhões neste setor. Quando comparado o investimento de 2020 com 2013, ano onde tal investimento atingiu seu ápice, se nota uma queda acentuada de 37%.

Além do dispêndio em P&D é importante correlacioná-lo ao Produto Interno Bruto (PIB) para que se chegue no indicador mais utilizado para a medição de tecnologia, ciência e inovação. Na Figura 4.7. a seguir é possível visualizar a evolução de tal indicador no Brasil ao decorrer dos anos.

Figura 4.7. Dispêndio em P&D em proporção do PIB



Fonte: Adaptado de (ODS, 2021)

Olhando para os gastos em P&D tanto em valor absoluto quanto para eles relacionados ao PIB do país, percebe-se que até meados de 2015 o Brasil vinha fortalecendo seu apoio à produção científica e tecnológica, alcançando neste ano 1,34% do seu PIB em P&D. Nos anos posteriores, no entanto, a situação mudou de rumo e o país

sofreu perdas significativas no incentivo à ciência - de acordo com essas duas variáveis – tendo atingido, em 2018, o valor de 1,14% neste mesmo indicador, valor muito abaixo aos dos países da OCDE, que investia, em média, 2,28% do seu PIB em P&D neste mesmo período e vêm crescendo sistematicamente nos últimos 40 anos (GAZETA DO POVO, 2021). No entanto, o valor investido no Brasil era superior aos países latino-americanos, México e Argentina e países como Espanha ou Portugal (NEGRI, 2018).

A diferença mais gritante entre a proporção dispêndio em P&D e PIB do Brasil em relação aos países da OCDE é dado, em grande parte, à pouca representatividade de investimentos empresariais à inovação no país, que é, em média, de 50%, um valor inferior à maioria dos demais países (EM DISCUSSÃO!, 2012). Para ordem de grandeza, de acordo com levantamento realizado pela PINTEC em 2017, as empresas dispenderam aproximadamente R\$25 milhões com atividades internas de pesquisa e desenvolvimento e, isolando as indústrias de transformação, esse valor foi de R\$17 milhões.

As políticas públicas de incentivo à inovação foram implementadas e aprimoradas desde 2004 na tentativa de reverter o quadro de poucas empresas terem o interesse de investir no desenvolvimento de novos processos ou produtos no país. Em 2017 a PINTEC contabilizou a quantidade de empresas que implementaram inovações com algum tipo de apoio do governo, expressa na Tabela 4.1. a seguir.

Tabela 4.1. Número de empresas que implementaram inovações com apoio do governo, por tipo de apoio, 2017

Incentivo fiscal – a Pesquisa e Desenvolvimento	1.861
Incentivo fiscal – Lei da Informática	507
Subvenção econômica	491
Financiamento – a projetos de Pesquisa e Desenvolvimento e inovação tecnológica – sem parcerias com universidades ou institutos de pesquisa	930
Financiamento – a projetos de Pesquisa e Desenvolvimento e inovação tecnológica – em parcerias com universidades ou institutos de pesquisa	516
Financiamento – a compra de máquinas e equipamentos utilizados para inovar	5.086
Bolsas oferecidas pelas fundações de amparo à pesquisa e RHAe/CNPq para pesquisadores em empresas	259

Aporte de capital de risco	318
Compras públicas	1.008
Outros	2.368
Total	10.290

Fonte: PINTEC. Acesso em out 2021

Pela Tabela 4.1. evidencia-se que, em 2017, 10.290 empresas utilizaram algum tipo de apoio governamental para implementar inovações, uma quantidade de aproximadamente 8,5% do total de empresas daquele ano e que apresentou uma queda de 35% quando comparado a 2014. É preciso considerar, contudo, que a maior parte do suporte público esteve vinculada a programas de financiamento a máquinas e equipamentos do BNDES, que não são desenhados especificamente para a inovação. Vale-se dizer também que 90% das empresas que inovaram utilizando suporte público são indústrias de transformação.

Além da pouca participação das empresas no processo de inovação, outra problemática em relação a esses valores está na instabilidade dos investimentos públicos em ciência e em tecnologia ao passar do tempo, uma vez que os resultados das pesquisas de inovação são encontrados a longo prazo e, por isso, requerem tempo e persistência. Como no Brasil não há estabilidade e previsibilidade nas políticas de apoio à C&T, a qualidade da pesquisa científica no país é afetada negativamente.

4.1.2. Como funciona nos Estados Unidos

Nos Estados Unidos as universidades são denominadas ou ensino ou pesquisa, sendo as de ensino menos relevantes ao sistema norte-americano e as de pesquisa, as maiores responsáveis pelas pesquisas científicas de alto nível do país, como Harvard, MIT e Columbia. Essas universidades de pesquisa são instituições privadas sem fins lucrativos e são as que mais recebem financiamento de fundos de investimentos, muitos deles obtidos a partir de doações individuais, de ex-alunos e empresários, chegando à, aproximadamente, 30% em 2015 (NEGRI, 2018). O governo, por sua vez, representou nesse ano uma participação média de 16%.

No geral, todos os tipos de instituição norte-americana têm seus financiamentos oriundos de fontes diversas: fundos de investimentos, mensalidade dos estudantes, cofres

públicos, doações de empresas, entre outras. No entanto, quando se restringe à gastos com pesquisa dessas universidades, a participação de recursos públicos supera os 60%. Até no MIT por exemplo, que sua vocação é voltada para a tecnologia, os recursos públicos representam mais de 40% do orçamento total e quase 90% das receitas com pesquisa.

De modo geral, instituições mais voltadas a produzir pesquisa aplicada ou desenvolvimento de produtos e processos – tais como a Fraunhofer, na Alemanha – contam com um volume maior de recursos privados para se financiarem. Instituições mais voltadas para a pesquisa básica, como vários dos laboratórios nacionais norte-americanos, por sua vez, são fortemente dependentes de recursos públicos.

Mesmo sendo instituições focadas em pesquisa aplicada e em inovação, ainda assim o financiamento público é crítico. Segundo dados da EARTO, apresentados em estudo recente de pesquisadores do MIT, cerca de 41% do financiamento dessas instituições é proveniente de contratos com empresas privadas. Do restante, parte é financiamento público básico e parte é financiamento público e privado competitivo – no qual as instituições precisam concorrer para ganhar apoio financeiro a determinados projetos.

4.1.3. Como funciona na Austrália

A Austrália é o sexto maior país do mundo em extensão territorial, mas conta apenas com 0,3% da população mundial. Apesar disso, ocupa a 13ª posição no ranking das maiores economias do mundo em 2021, de acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Por várias razões históricas e geográficas, o financiamento da área de P&D na Austrália depende muito mais dos cofres públicos que o da maioria dos outros países desenvolvidos e os dispêndios empresariais são baixos se comparados com os outros países da OCDE. Apesar disso, a contribuição da Austrália à ciência mundial é impressionante, particularmente no que diz respeito às disciplinas de medicina e saúde, às ciências biológicas e à astronomia (VINCENT, 2004).

Até meados dos anos de 1980, a riqueza do país dependia de produtos primários, principalmente minérios e agricultura. Entretanto, a partir daí, houve uma tentativa deliberada por parte do governo e da indústria de mudar a base da economia australiana para o conhecimento, criando assim, um “país inteligente” - expressão utilizada pelo primeiro-ministro da época.

Para isso, o governo criou políticas públicas destinadas a alterar drasticamente o sistema da educação superior, levando-a à competição de mercado, à diversificação dos orçamentos e à mercantilização do conhecimento. Passaram a ver a educação superior não apenas como geradora e difusora de conhecimentos, mas também como “um importante agente de crescimento econômico”. Isso provocou uma redefinição do valor da pesquisa universitária em termos comerciais e desvalorizou as pesquisas de algumas áreas tradicionais.

Para a movimentação em direção à competição de mercado, algumas reformas estruturais foram adotadas, como: a conversão ou eliminação das cotas de importação, bem como com redução de tarifas - que até 1996 praticamente todas foram reduzidas a não mais que 5%; significativa liberação do setor financeiro, inclusive a eliminação dos controles sobre taxas de câmbio e taxas de juros; introdução das metas inflacionárias; elevação da poupança nacional e redução da dívida pública, financiada basicamente pela venda de ativos (privatização) (CASSIONLATO, 2007).

Em relação à diversificação dos orçamentos destinados ao ensino superior australiano, a principal mudança foi a redução da participação da União, que até o fim dos anos 1980 era a principal financiadora dos orçamentos universitários e hoje contribui, em média, com apenas um terço de todo o orçamento. O ônus financeiro foi desviado, às indústrias e, em sua maior parte, aos próprios alunos, principalmente aos estudantes estrangeiros que quase sempre pagam mensalidades integrais. Como consequência direta, entre 1995 e 2001, o número de alunos ingressantes australianos aumentou 8,6% enquanto o número de alunos estrangeiros, 146% (VINCENT, 2004).

Já a mercantilização do conhecimento se deu, principalmente, com o objetivo de voltar as pesquisas científicas para temas que trariam mais retornos econômicos para o país. Para isso estimulou-se a competição entre instituições, principalmente no que diz respeito ao financiamento de pesquisas, estabelecendo métricas de rendimento das pesquisas e quantidade de publicações, por exemplo. Priorizaram-se também as pesquisas dadas às ciências naturais e às engenharias em detrimento das ciências sociais e humanas, com a justificativa de que essas eram as áreas que mais contribuiriam para o avanço da ciência e da tecnologia (VINCENT, 2004). Em paralelo a isso, foram firmados programas de parcerias entre as universidades e as empresas para promover vínculos colaborativos e utilização dos produtos de pesquisa (CASSIONLATO, 2007).

4.1.4. Como funciona no Reino Unido

Contando com aproximadamente 1% da população mundial, em 2014-2015, o Reino Unido congregava 4% dos pesquisadores, 3,2% dos gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e produzia 16% dos artigos mais citados em periódicos influentes. O impacto estimado das universidades no país foi de contribuir 2,8% ao PIB do país e de gerar £ 10,7 bilhões nas receitas de exportação. Por mais que tais resultados decorram de uma gama de fatores, o sistema de financiamento da pesquisa universitária, conhecido como *dual-support system*, é amplamente considerado pela comunidade acadêmica um dos pilares da robustez do sistema de inovação do Estado.

O *dual-support system* consiste no apoio de financiamento à pesquisa realizado, por um lado, pelos *Research Councils (RCs)* e, por outro lado, pelos *Higher Education Funding Councils (HEFCs)*, ambas realizadas a partir de um processo competitivo, baseado na avaliação por pares da excelência acadêmica e do impacto da pesquisa. Enquanto os *RCs* concedem financiamento para projetos de pesquisas básicas de alto risco em um processo competitivo para as instituições, com base em submissões feitas pela comunidade acadêmica, os *HEFCs* distribuem recursos para as instituições de ensino superior com base no seu desempenho passado, com recursos utilizados para a manutenção da capacidade de pesquisa, sem direcionamento a projetos específicos, podendo ser usados pelas instituições de acordo com a necessidade (SQUEFF; NEGRI, 2016).

Para os dois tipos de financiamento é necessário haver, portanto, informações sobre a relevância das pesquisas, especificando inclusive o custo econômico total do projeto, incluindo o custo dos acadêmicos envolvidos, de instalações de pesquisa e os custos indiretos. Essa avaliação serve como base para alocação de recursos nos sete anos subsequentes a sua publicação, garantindo assim estabilidade para as universidades.

Além disso, as submissões são revistas por sistema de avaliação por pares externos, com o objetivo de monitorar e avaliar a qualidade do ensino nas universidades britânicas. Essa iniciativa busca criar uma cultura em que o ensino tenha o mesmo status que a pesquisa, de modo que excelentes professores tenham oportunidades e reconhecimento como já dado aos excelentes pesquisadores. Os órgãos financiadores, por sua vez, também são revistos periodicamente, analisando sua atuação, o impacto de suas atividades e, se

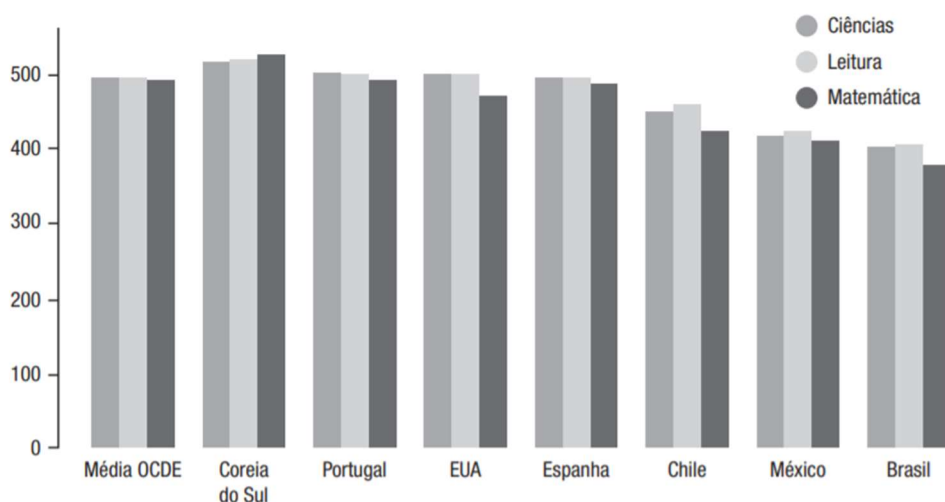
necessário, reformulando o escopo desempenhado por cada órgão (SQUEFF; NEGRI, 2016).

4.2. Quais são as condições do Brasil para inovar

A primeira condição necessária para que um país possa progredir científica e tecnologicamente é o amplo acesso à educação de qualidade. Alguns dados sobre a situação educacional no Brasil são importantes de serem citadas: de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), a taxa de analfabetismo que era 7,2% em 2016 passou para 6,6% em 2019, enquanto a média mundial atualmente é de apenas 2,6% (MAIA; HERÉDIA; COELHO, 2021); o número médio de anos de estudos que era 8,9 em 2016, passou a ser 9,4 anos em 2019 (TOKARNIA, 2020); o Brasil investe 70% a menos do que o mundo por estudante anualmente e, ao mesmo tempo, esse valor representa 5,6% do seu PIB na área de educação enquanto a porcentagem dos países da OCDE é de 4,4%; a taxa de matrículas no ensino médio e a proporção de pessoas entre 25 e 34 anos no ensino superior é 23,8% e 22,2% abaixo dos índices mundiais, respectivamente; e o país ocupa última posição entre 64 países no ranking de qualidade de educação elaborado pelo IMD World Competitiveness Center (2021).

Todos esses números apontam uma ampliação no acesso à educação brasileira nos últimos anos, mesmo que de maneira tímida e abaixo das médias mundiais. Esse avanço, inclusive, não parece ser acompanhado de um aumento na qualidade do ensino, principalmente quando se analisa o histórico das avaliações utilizadas no país como o PISA e o SAEB. O PISA (Programa de Avaliação de Estudantes Internacionais) possui três frentes de avaliação: leitura, matemática e ciências e, desde 2000, que foi quando o Brasil aderiu ao programa, seus resultados em todas as frentes foram menores do que a média dos países da OCDE, principalmente em matemática, sua área com pior desempenho (TOKARNIA, 2020). O SAEB (Sistema de Avaliação do Ensino Básico), por sua vez, mostra que, quando comparadas as notas de 1995 e 2015, houve uma piora em matemática e português.

Figura 4.8. Resultados da Avaliação Internacional de Estudantes em ciências, leitura e matemática para países selecionados: 2015



Fonte: (Negri, 2018)

O que se pode tirar de tudo isso é que muitos estudantes saem do ensino médio absorvendo muito pouco daquilo que leem e entendendo muito pouco, principalmente no que diz respeito às áreas de exatas. Em contramão, porém, as áreas de exatas são justamente as mais demandadas para a resolução de problemas da atualidade e por isso, a defasagem desse tipo de aprendizado influencia na qualificação dos futuros profissionais do país e, conseqüentemente, no seu potencial de inovação.

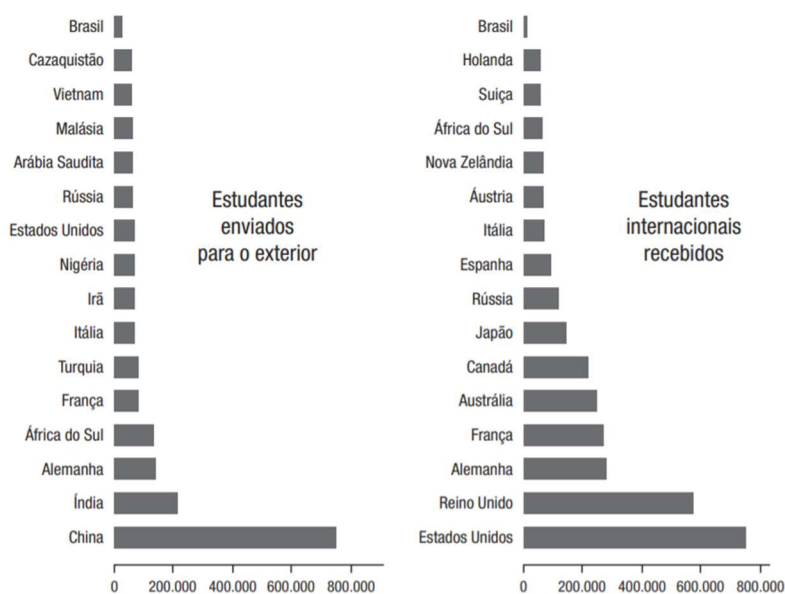
A dificuldade com a matemática é um dos motivos do Brasil formar poucos cientistas e engenheiros – profissões necessárias para o desenvolvimento científico do país. Em 2015 o Brasil tinha 6 engenheiros a cada 1000 habitantes e, de acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o ideal seria 15. Nos Estados Unidos eram quase 25 engenheiros a cada 1000 habitantes e eles ainda eram o terceiro no ranking dos países que mais formavam engenheiros, estando atrás da Rússia e da China. Por outro lado, ao mesmo tempo em que parecia haver escassez de engenheiros no país, não havia, por exemplo, aumento de média salarial para essa classe profissional, incentivo esperado pela lei da oferta e da demanda (NEGRI, 2018), o que levanta o questionamento se o mercado brasileiro tem, de fato, demanda por tais profissionais.

A OCDE divulgou que muitos países estão adotando estratégias e políticas de incentivo e fortalecimento da educação nas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, como a Argentina, Austrália e Dinamarca que oferecem bolsas e incentivos

financeiros ou como a Alemanha, Irlanda e Noruega que aumentaram o número de aulas para tais matérias. O Brasil também tentou estimular seus estudantes com o programa Ciência sem Fronteiras, mas acabou não indo adiante. No entanto, além de estimular a formação de mais engenheiros e cientistas, o país precisa criar condições para que eles sejam empregados produtivamente pela sociedade, ou seja, que o mercado esteja preparado para absorvê-los e valorizá-los.

Para a qualidade dos profissionais e das pesquisas científicas, vem se valorizando cada vez mais a diversidade e a interação para estimular novas visões e escolhas, como a mobilidade internacional, a colaboração internacional na produção científica e a mudança de instituição acadêmica pelos profissionais de ensino. Em relação à mobilidade internacional, o Brasil ocupa 98ª posição de 100 países classificados na quantidade de estudantes estrangeiros no ensino superior, com o valor de 0,2% e, na Universidade Federal do ABC, a universidade mais internacionalizada do país, os docentes estrangeiros representam 10% do seu quadro, enquanto no Massachusetts Institute of Technology (MIT), uma das melhores universidades americanas, esse valor é algo entre 30 e 40% e na Universidade de Cambridge o valor é de 33% (NEGRI, 2018).

Figura 4.9. Número de estudantes enviados para estudar no exterior e número de estudantes internacionais recebidos por países selecionados: 2011



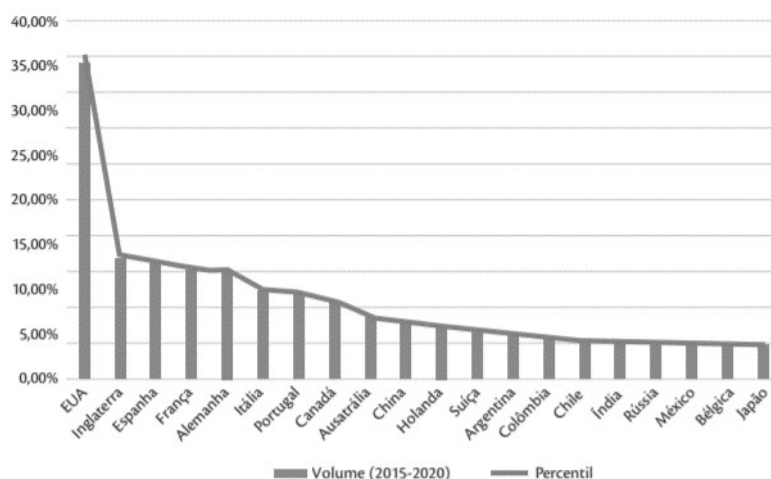
Fonte: (NEGRI, 2018)

A pouca presença estrangeira nas universidades e instituições de pesquisa brasileiras e o pouco envio de estudantes ao exterior gera um distanciamento nas relações entre estudantes e instituições brasileiras e internacionais e isso dificulta a cooperação na produção de artigos científicos. A discussão da importância da colaboração internacional entre pesquisadores é extensa, entende-se, por exemplo, que ela pode aumentar o impacto da produção científica em algumas áreas, bem como pode ampliar os caminhos para o avanço científico e tecnológico.

No período acumulado entre 2015-2020 a produção de artigos científicos por meio de colaboração internacional foi representada por 32,8% de toda produção brasileira (CGEE, 2021) e, de acordo com reportagem da Pesquisa Fapesp, o percentual brasileiro é bem menor do que em países como Argentina, Espanha e Reino Unido, mas, ao mesmo tempo, é maior do que a média mundial (NEGRI, 2018).

A Figura 4.10. abaixo mostra a distribuição dos principais países parceiros do Brasil considerando o volume de dados extraídos no período de 2015-2020 da WoS pelo CEGG (2021). Nele é possível perceber que os EUA são, de longe, o país que mais colabora com os autores brasileiros, totalizando 36% de toda a produção científica. A área de pesquisa em que os dois países mais colaboram é a Física (10%) (CGEE, 2021). Além disso, pelo mesmo boletim, ressalta-se que a colaboração do Brasil com outros países da América do Sul no período cresceu 67%.

Figura 4.10. Distribuição percentual da participação de países na colaboração internacional dos artigos com a participação de, ao menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira



Fonte: (CGEE, 2021)

Pode-se dizer que mesmo com baixos níveis de mobilidade internacional, o Brasil está longe de não possuir colaboração de autores de outros países para a produção de seus artigos científicos, no entanto, o incentivo e fortalecimento dessa prática ainda deve ser pauta na comunidade acadêmica. A Fapesp e várias outras instituições, por exemplo, tem feito acordos de cooperação com algumas das mais importantes agências de fomento ao redor do mundo (NEGRI, 2018).

Outro gênero de diversidade é a respeito da endogamia acadêmica, que é quando as universidades contratam seus próprios ex-alunos como professores e pesquisadores. Tal prática, por mais que seja conveniente, tende a reproduzir conhecimentos, prática e métodos já existentes na universidade, afetando a inovação e até mesmo a produtividade das pesquisas acadêmicas. Por um estudo desenvolvido na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) divulgado na Revista Fapesp, cerca de 46% dos pesquisadores brasileiros mapeados trabalhavam a menos de 10 km da instituição onde haviam se formado (PIERRO, 2016), mostrando que, provavelmente, eles trabalham na mesma instituição que se formaram. Uma das formas de evitar essa situação foi adotada pela Fapesp mais recentemente quando limitou a concessão de bolsas de pós-doutorado para alunos da mesma instituição que se formaram, o que, apesar de ajudar, ainda não impede a ocorrência da endogamia acadêmica brasileira.

As universidades, como já falado, são imprescindíveis para o desenvolvimento tecnológico e industrial de um país, seja de maneira direta ou indireta. Um dos caminhos é o estreitamento entre universidade-indústria, que pode acontecer de diversas formas, como a prestação de consultoria às empresas por parte dos professores universitários, financiamento de pesquisas acadêmicas pelas empresas e a concessão de acesso para as empresas a laboratórios universitários para análises, testes ou pesquisa.

No Brasil, até a promulgação da Lei de Inovação em 2004, não havia previsão legal consolidada de que pudesse haver colaboração entre instituições públicas de pesquisa e empresas privadas, reduzindo a aplicabilidade das pesquisas acadêmicas voltadas à indústria e ao mercado e, portanto, retardando o desenvolvimento científico e tecnológico do país. A partir desse ano, no entanto, percebeu-se alguns avanços nesse sentido, a mudança de 8% em 2002 a 13% em 2010 de grupos de pesquisa do CNPq que declararam ter algum tipo de relacionamento com as empresas e, no caso das engenharias, esse percentual chegava a ser de 30%. Além disso, 43% dos pesquisadores responsáveis por laboratórios em universidades e instituições de pesquisa declararam que seu laboratório

prestava algum tipo de serviço para as empresas por um levantamento realizado pelo Ipea em parceria com o CNPq. Nesse levantamento também foi divulgado que, em 2012, pouco mais de 7% dos recursos disponíveis para pesquisa nos laboratórios foram arrecadados por empresas privadas e mais de 20%, pela Petrobrás (NEGRI, 2018). Já sobre os contratos de pesquisa ou consultorias para empresas, um estudo de caso compara o MIT com a Unicamp e revela que os incentivos de ambos não são tão discrepantes, mas sim as condições, principalmente no que diz respeito à burocratização dos processos internos.

Outra forma de colaboração entre universidade-empresa é no licenciamento de tecnologias produzidas pelas universidades para uma empresa interessada. No Brasil, as universidades estão sempre no topo do ranking dos maiores depositantes institucionais de patentes no INPI, como mostrado na Tabela 4.2. abaixo referente à 2019.

Tabela 4.2. Ranking dos depositantes residentes de patentes de invenção 2019

Rank	Nome	2019	Part. No Total Residentes (%)
1	UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA	100	1,8
2	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE	90	1,7
3	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO	88	1,6
4	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	61	1,1
5	PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS	56	1,0
6	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINAS - UNICAMP	54	1,0
7	CNH INDUSTRIAL BRASIL LTDA.	50	0,9
8	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP	45	0,8
9	UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	44	0,8
10	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	37	0,7
11	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	35	0,6
12	ROBERT BOSCH LTDA.	30	0,6
13	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	30	0,6
14	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE	30	0,6
15	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI	29	0,5
16	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	28	0,5
17	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	27	0,5
18	UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS	25	0,5
19	UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA	25	0,5
20	UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO	25	0,5

Fonte: Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI)

Pelo ranking, percebe-se a presença marcante das universidades brasileiras em relação às empresas residentes no quesito de desenvolvimento de novas tecnologias. Já no caso dos Estados Unidos, não há nenhuma universidade na lista dos 50 maiores depositantes e, no instituto europeu, há apenas uma instituição pública de pesquisa (NEGRI, 2018). No entanto, grande parte das tecnologias protegidas por patentes no

Brasil não são utilizadas pelo setor produtivo. No relatório de 2016 da Universidade de Campinas, por exemplo, que é uma das universidades que possui maior interação com as empresas, mostrou que apenas 9% das patentes foram licenciadas para utilização por empresas, enquanto no MIT, no mesmo ano, esse percentual foi de 30%.

Essa baixa taxa de utilização das pesquisas universitárias brasileiras pelas empresas pode ser fruto de dois principais motivos: a baixa procura das empresas por soluções inovadoras dentro das universidades ou por não serem estimuladas externamente para isso ou pela fraca relação com as universidades; e a não aplicabilidade das tecnologias produzidas no setor produtivo, ou seja, tecnologias que são patenteadas inutilmente, já que, ao não terem funcionalidade na sociedade, não há necessidade de serem protegidas. Para evitar a ocorrência do segundo motivo, os escritórios responsáveis pelo patenteamento nas universidades de ponta em nível mundial dispõem de pessoal qualificado e com experiência de mercado em vários setores – o que não acontece no Brasil.

Além de condições relacionadas à educação, também necessita-se refletir sobre a infraestrutura do país para compreender o quão adaptável ele se encontra para desenvolver e receber a inovação. Como dito anteriormente, os investimentos financeiros e sua priorização são fatores determinantes para possuir instalações físicas, equipamentos, instrumentos e insumos de pesquisa adequados para os cientistas realizarem pesquisas de ponta, já que na maioria das vezes, são projetos muito caros e de longo prazo. No Brasil, até 2015, não havia informações sobre a infraestrutura que o país continha e muito menos uma estrutura de priorização dos projetos dessa finalidade. Foi a partir de um levantamento feito pelo Ipea e pelo CNPq entre 2012 e 2015 que esses dados foram obtidos pela primeira vez, muito mais tarde do que em vários outros países (NEGRI, 2018).

Percebeu-se que a maioria dos laboratórios e instalações de pesquisa disponíveis no país começaram a operar apenas na década de 2000 após o aumento dos investimentos em CT&I e que são as universidades, especialmente as públicas, as principais instituições que abrigam a infraestrutura científica do país, diferentemente de vários outros países que optam pela descentralização e pela diversidade institucional. É o caso da Alemanha, Inglaterra e dos Estados Unidos, onde grande parte das suas instituições são exclusivamente de pesquisa, mesmo que, muitas delas, sejam também financiadas pelo Estado. Nesses países é muito comum diversos tipos de arranjos público-privados, como

a gestão de instituições de pesquisa por empresas ou associações privadas sem fins lucrativos. Já no Brasil, são poucas as instituições voltadas apenas para a pesquisa desvinculada da universidade, podendo citar como principais a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), o Instituto Butantan e o Centro Brasileiro de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM).

A centralização dos centros de pesquisa nas universidades é um ponto crítico à infraestrutura de pesquisa no Brasil, pois demanda desses laboratórios múltiplas funcionalidades distintas, como a formação de profissionais para o mercado, cientistas e ainda, realizar pesquisa de ponta. Além de não ser possível realizar simultaneamente todas as funcionalidades, nas universidades brasileiras, existe um outro agravante à competitividade da ciência produzida por elas, que é a predominância da necessidade do pesquisador universitário ser também, professor. O professor tem por obrigação ensinar, fazer pesquisa, contribuir com os assuntos administrativos da instituição e fazer o que se chama de extensão universitária, que consiste basicamente na realização de serviços ou cursos voltados à comunidade. Mesmo que essa multifuncionalidade do profissional o qualifique para o exercício de suas atividades, não se pode negar que sua dedicação não será exclusiva para nenhuma delas e, mesmo assim, a responsabilidade posta sobre eles pelas pesquisas no país ainda é muito grande.

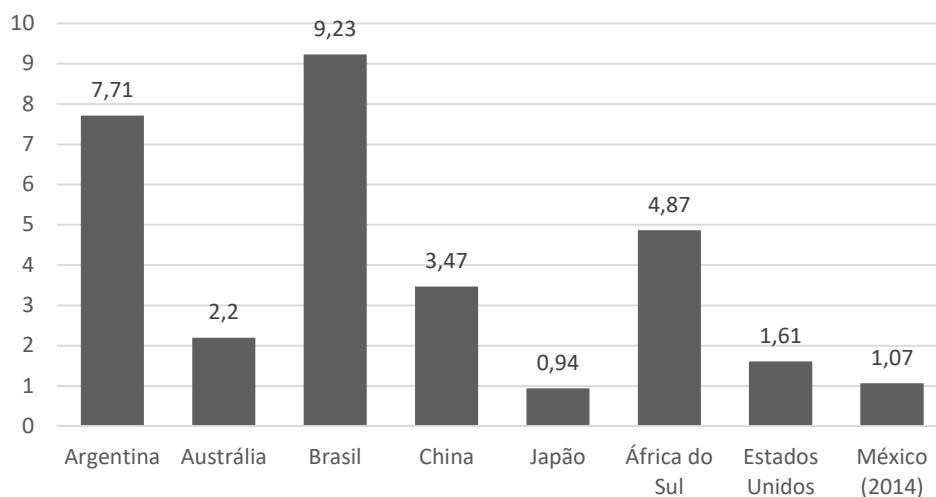
Outro ponto que impacta a produtividade e qualidade da ciência é o tamanho das instalações, equipes e projetos, que, quanto maiores são, mais benefícios associados trazem, como a economia de escala e o fato de se tornarem multiusuários e possibilitarem a troca de conhecimentos e informações. Para a construção de infraestruturas de pesquisa de grande porte é necessário, no entanto, organizar e priorizar os projetos em ordem de maior impacto no desenvolvimento científico do país a longo prazo, uma vez que são muito caros e demorados. É com esse objetivo que muitos países vêm realizando *roadmaps* de 2 a 10 anos de duração, enquanto no Brasil, ainda não há mecanismos de diálogo com a comunidade científica para realizar tal tipo de planejamento e financiamento. O Sirius, nova fonte de luz Síncrotron que está sendo construído em Campinas é uma exceção, todos os outros projetos de grande escala como o reator multipropósito estão a muito tempo sendo construídos e seguem inacabados.

Pela falta de planejamento e priorização, o único órgão de financiamento de instalações científicas do Brasil, o CT-Infra, acaba distribuindo seus recursos entre as universidades que, por sua vez, constroem ou mantêm seus pequenos laboratórios. A

infraestrutura de pesquisa brasileira, portanto, é em grande parte, de pequeno porte, o que, como já visto, impede alguns benefícios que aceleram e fomentam a inovação.

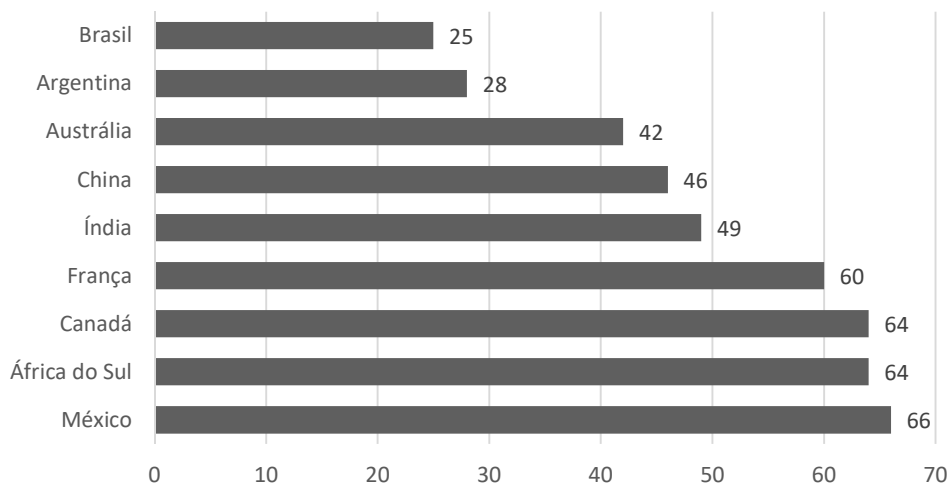
Além da educação e da infraestrutura, um ambiente econômico estimulante é outra condição necessária para se ter um país inovador. Entende-se como estímulos à inovação a existência de competição entre as empresas na disputa pelo consumidor, a abertura ao mercado internacional, os incentivos às pesquisas e a estrutura do sistema bancário. No Brasil, existem três principais inibidores deste ambiente desejável: a proteção excessiva ao seu mercado, as altas taxas de juros e seus processos burocráticos. Sobre o primeiro inibidor, pode-se averiguá-lo olhando, por exemplo, as tarifas médias de importação aplicadas pelo Brasil que são superiores a vários outros países, como mostra a Figura 4.11. e para o valor dos fluxos de comércio em relação ao PIB, que no Brasil é de 25%, valor muito baixo quando comparado a até outros países em desenvolvimento, como mostra a Figura 4.12.

Figura 4.11. Tarifas de importação efetivamente aplicadas para produtos industriais em países selecionados: média ponderada pelo valor das importações, 2015



Fonte: Adaptado de (NEGRI, 2018)

Figura 4.12. Fluxos de comércio (importações e exportações) em relação ao PIB (%) em países selecionados, 2015



Fonte: Adaptado de (NEGRI, 2018)

A pequena abertura ao comércio exterior traz como consequência para o país o distanciamento da necessidade e possibilidade de inovação nas empresas. Primeiro por terem menos concorrência com os produtos internacionais, uma vez que são protegidas pela barreira tarifária (menor a concorrência, menor a motivação de inovar), segundo por dificultar a utilização de insumos e equipamentos importados, muitas vezes mais tecnológicos e de melhor qualidade que os nacionais.

Em relação às taxas de juros, o Brasil em 2021 alcançou a segunda posição de país com maior taxa de juro real do mundo, atrás apenas da Turquia, segundo levantamento feito pela gestora de recursos Infinity Asset Management em parceria com o portal MoneYou (SOUZA, 2021). Esse é um número que vem crescendo há mais de duas décadas e ele prejudica tanto a capacidade de investimentos da economia quanto (e principalmente), os investimentos em inovação, uma vez que o investimento não é compensatório quando a rentabilidade esperada de um investimento é menor do que a taxa de juros cobrada pelos bancos e, para os investimentos em inovação, há ainda o adicional da imprevisibilidade e do risco, dificultando a mensuração do ganho esperado. É por isso que os investidores externos tendem a cobrar taxas de juros ainda mais altas

para investir em projetos de inovação e que os financiamentos bancários são mais difíceis de serem aprovados.

Para compensar o gap de juros para a inovação, muitos países adotam a estratégia de incentivos fiscais para investimentos em P&D. No entanto, são as Venture Capital a saída para as empresas menores e startups – as que possuem projetos mais inovadores e, portanto, mais arriscados. A boa notícia é que, em 2013, os investimentos em Venture Capital no Brasil representavam apenas 0,01% do PIB enquanto nos Estados Unidos, 0,33%, e hoje, em 2021, esses números cresceram para 0,12% e 0,6% respectivamente. Apesar de ainda muito abaixo dos EUA, o Brasil vem se destacando mundialmente com suas startups de maneira rápida. Os investimentos de Venture Capital e Private Equity atingiram R\$10,71 bilhões no primeiro trimestre de 2021 pelos dados divulgados pela Associação Brasileira de Private Equity e Venture Capital (ABVCAP) e a consultoria KPMG, o que representou uma alta de 88% em relação ao primeiro trimestre de 2020. (FONSECA, 2021).

O último inibidor à um ambiente estimulante no Brasil são seus processos altamente burocráticos. Segundo o Doing Business 2020, publicação do Banco Mundial, o Brasil se encontra na 124ª posição entre 190 nações analisadas. Os indicadores utilizados na construção desse ranking visam medir como as leis e regulamentações promovem ou restringem as atividades empresariais. Os indicadores do Brasil podem ser conferidos na Tabela 4.3. abaixo:

Tabela 4.3. Classificação e pontuação Doing Business 2019 e 2020 Brasil

Tópicos	DB 2020 Classificação	DB 2020 Pontuação	DB 2019 Pontuação	Mudança percentual
Global	124	59,1	58,6	+0,5
Abertura de empresas	138	81,3	80,3	+1
Obtenção de alvarás de construção	170	51,9	52,1	-0,2
Obtendo eletricidade	98	72,8	72,8	-
Registro de propriedades	133	54,1	51,9	+2,2
Obtenção de crédito	104	50,0	50,0	-
Proteção dos investimentos minoritários	61	62,0	62,0	-
Pagamento de impostos	184	34,4	34,3	-
Comércio internacional	108	69,9	69,9	-
Execução de contratos	58	64,1	64,1	-
Resolução de insolvência	77	50,4	48,5	+1,9

Fonte: Doing Business

De modo geral, o Brasil não aparenta estar avançando nas medidas de incentivo à atividade empresarial uma vez que ainda ocupa uma posição distante em relação aos

demais países analisados e, apesar de ter tido alguns indicadores que mostraram uma evolução positiva, outros tiveram uma evolução negativa, neutralizando assim, os possíveis avanços. Inclusive, apesar de ter melhorado sua nota em relação à 2019 (de 58,6 para 59,1), o país caiu 15 posições no ranking. Vale citar, ainda, que as economias com uma alta posição no Doing Business tendem a possuir níveis mais altos de empreendedorismo e menores índices de corrupção. Os dados do Doing Business mostram que as empresas brasileiras ainda encaram dificuldades em operar dentro do país, fato que dificulta tanto as inovações de chegarem ao mercado quanto a entrada de novas empresas ao ambiente de negócios (o que afeta negativamente também a capacidade de inovação do país).

Outro ponto crítico está na aprovação de patentes. O Brasil possui fama pela sua demora no exame de pedidos de patentes. Entre todas as patentes de invenção concedidas no Brasil entre 2014 e 2019, 62% levaram mais de 10 anos desde a data do depósito até a decisão final (UOL, 2019), tempo que impede o avanço contínuo do desenvolvimento tecnológico. Foi apenas em 2019 que o Ministério da Economia anunciou medidas para reduzir o número de pedidos de patentes para análise (backlog) em 80% até 2021, movimentação que, até 2020, já conseguiu diminuir o tempo de espera para aproximadamente 5 anos, mostrando que as movimentações estratégicas governamentais e a eficiência de seus órgãos e instituições são de extrema importância para a ascensão a um país inovador.

A burocracia se estende também às universidades, que possuem processos longos de compras, assinaturas de contratos e convênios ou de contratações, principalmente por precisarem de aprovação de seus departamentos até os colegiados superiores da universidade. Nas instituições norte-americanas, como no MIT por exemplo, o convênio é automaticamente aprovado caso haja tempo de laboratório disponível e sua utilização seja devidamente remunerada pelo projeto. O engessamento administrativo das universidades é apontado como fator limitante na realização de contratos com empresas, recebimentos de doações de empresas ou ex-alunos e até na preferência dos pesquisadores brasileiros por universidades estrangeiras.

Criou-se uma expressão para representar todas essas dificuldades estruturais, burocráticas, trabalhistas e econômicas, chamada “Custo Brasil”. Estima-se que esse custo corresponda a uma perda de R\$1,5 trilhão por ano das empresas instaladas no país, cerca de 20,5% do Produto Interno Bruto (PIB). São dificuldades que atrapalham o

crescimento do país, influenciam negativamente o ambiente de negócios, encarecem os preços dos produtos nacionais e custos de logística, comprometem investimentos e contribuem para uma excessiva carga tributária.

5. CONCLUSÃO

A partir dos dados coletados sobre os mais diversos aspectos que influenciam direta ou indiretamente o potencial inovativo de um país, é possível concluir que o Brasil está longe de ser um país que não se desenvolve científica e tecnologicamente, uma vez que mostra resultados intermediários para a maioria dos indicadores de CT&I, geralmente atrás dos países desenvolvidos e à frente dos países em desenvolvimento. No entanto, ainda existem muitos gargalos que devem ser resolvidos para que seja possível utilizar o conhecimento produzido ou adquirido como alavanca para seu desenvolvimento econômico e social.

Começando pela formação de capital humano, que são os motores do conhecimento. Apesar de ter ampliado o acesso à educação, o Brasil se posiciona na última posição (64ª) do ranking de qualidade de educação elaborado pelo IMD World Competitiveness Center (2021), mostrando a necessidade de fortalecer a qualidade do ensino básico até o superior. Ainda, aconselha-se priorizar as áreas de exatas pela sua essencialidade no entendimento das tecnologias atuais e, ademais, ser a área com pior desempenho nas avaliações do Brasil.

Ainda sobre educação, as universidades merecem destaque especial, pois são importantes centros de pesquisa no Brasil e no mundo. Elas não só são as principais produtoras de artigos científicos como também as responsáveis pela formação dos futuros profissionais do mercado de trabalho. No Brasil, o crescimento da produção científica foi superior à média mundial, mas, por outro lado, seu impacto não cresceu na mesma proporção, mostrando que o crescimento em volume não representa, necessariamente, maior impacto e influência da pesquisa e pode não influenciar no desenvolvimento científico do país. O mesmo acontece com as patentes depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), que em sua maior parte são depositadas pelas universidades: apesar do aumento da quantidade de patentes, poucas foram, de fato, apropriadas pelas indústrias, ou seja, não foram convertidas em novos produtos ou processos.

Essas constatações levam a duas principais conclusões. A primeira é sobre a criticidade dos centros de pesquisas no Brasil serem centralizados nas universidades, uma vez que, além de terem a função de realizar pesquisa de ponta, também são responsáveis pelo ensino dos futuros profissionais e de realizar o que se chama de extensão universitária. Tomando outros países como exemplo, sugere-se que se crie instituições e centros de pesquisa com missões específicas, mais focadas na necessidade do mercado ou da sociedade, como a Embrapa e a Fiocruz. Já sobre as patentes, ter pessoas com experiência de mercado nos escritórios responsáveis pelas aprovações delas, ajudariam a distinguir se há interesse pelo mercado, ou seja, se há necessidade ou não de protegê-las.

A segunda conclusão é relativa à qualidade das pesquisas. Necessita-se fortalecer a base científica e universitária. Para isso, algumas sugestões são levantadas, como: estimular a internacionalização e a diversidade na ciência brasileira, promovendo programas de mobilidade acadêmica, produção de artigos por meio da colaboração internacional e a rotação de profissionais entre o ambiente universitário; promover a diferenciação e especialização das instituições, estimulando as universidades a se voltarem à sua área de expertise ao invés de precisarem desenvolver inúmeras atividades em todas as áreas do conhecimento e, como já dito anteriormente, criar outras instituições de pesquisa além das universidades; fomentar a excelência acadêmica, proporcionando, por exemplo, recursos extras ao orçamento das universidades distribuídos com base em critérios estritos específicos de desempenho, assim como acontece no dual support system no Reino Unido; e criando fontes alternativas de receitas para as universidades e instituições de pesquisa como doações, fundos patrimoniais, mensalidades, assim como acontece na Austrália e Estados Unidos.

Um último ponto de fortalecimento da base científica e universitária é a proximidade das universidades com as indústrias que deve ser expandida e fortalecida. Essa relação pode ser estabelecida a partir de consultorias dadas pelos professores às indústrias, concessão de uso de laboratórios, licenciamento de tecnologias patenteadas pelas universidades ou pela produção de pesquisas mais aplicadas, localizadas no quadrante de Pasteur, que possuem mais utilidade prática para as indústrias, como fez a Austrália. No entanto, a decisão estratégica de se enfatizar apenas pesquisas que tragam retorno financeiro deve ser pensada com cautela, uma vez que todo tipo de pesquisa traz benefícios diferentes à sociedade e a universidade por si só, não tem a função única de ser orientada para as necessidades da indústria.

Para evitar que projetos que poderiam trazer benefícios à sociedade acabem caindo no “Vale da Morte” é imprescindível a colaboração de toda a sociedade para o financiamento das pesquisas, incluindo as indústrias e o governo. No Brasil, a quantidade de empresas que inovam e o quanto investem em P&D é muito abaixo da média mundial, enquanto o investimento do governo é muito instável e imprevisível. Como a ciência e o conhecimento geram benefícios para a sociedade como um todo, não apenas para quem o produz ou para quem paga pela sua produção, benefícios esses que tendem a ser infinitamente superior aos custos das pesquisas que foram necessárias para chegar ao tal descobrimento científico, o Estado é quem financia, primordialmente, a produção científica no mundo inteiro. Ele pode financiar diretamente às pesquisas, mas também investir em educação, em infraestrutura adequada às necessidades das pesquisas e promover um ambiente dinâmico, pouco burocrático e estimulante para a inovação.

Com as informações levantadas neste trabalho conclui-se que o Brasil possui alguns pontos de melhoria nestes quesitos e, portanto, pode sugerir-se, por exemplo, a priorização e previsibilidade dos investimentos em P&D e CT&I; a construção de centros de pesquisa de referência e de grande porte, elaborado a partir de planejamento a longo prazo juntamente com a comunidade científica brasileira - como os *roadmaps* da Europa e da Austrália - uma vez que os projetos deverão ser priorizados por ordem de urgência; maior abertura ao comércio internacional para incitar a competição entre as empresas e, principalmente, facilitar o uso de tecnologias de ponta produzidas no exterior; avaliar e reforçar políticas de incentivos fiscais para P&D, tais como a Lei do Bem; estimular o mercado de Venture Capital no país, que é um dos principais mecanismos de financiamento de tecnologias disruptivas; reduzir a burocracia e melhorar o ambiente de negócios, facilitando, por exemplo, o processo de abertura e fechamento de empresas e a concessão de patentes.

Em suma, existem muitos gargalos para que o Brasil se torne um país mais inovador. Esses gargalos vão desde a formação de cientistas e pesquisadores até o fortalecimento da infraestrutura necessária para o pleno desenvolvimento de suas atividades, passando por um ambiente econômico mais propício à inovação. Para resolvê-los é preciso que a concepção de que a ciência e a tecnologia são essenciais para o desenvolvimento esteja disseminada pela sociedade, pelas empresas e pelas pessoas públicas.

6. REFERÊNCIAS

- ABGI BRASIL. TRL: Recursos financeiros por níveis de maturidade tecnológica. **Radar Inovação**, [s. l.], Disponível em: <https://brasil.abgi-group.com/radar-inovacao/artigos-estudos/trl-recursos-financeiros-por-niveis-de-maturidade-tecnologica/>
- ABIQUIM. **O desempenho da Indústria química brasileira 2020**. [S. l.: s. n.], 2020.
- ARAÚJO, BC; CAVALCANTE, LR. Determinantes dos gastos empresariais em pesquisa e desenvolvimento no Brasil: uma proposta de sistematização. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, [s. l.], n. 16, p. 9–18, 2011.
- AUDY, Jorge. A inovação, o desenvolvimento e o papel da Universidade. **Estudos Avancados**, [s. l.], v. 31, n. 90, p. 75–87, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.3190005>
- BONFANTI, Cristiane. Exportação de produtos de alta tecnologia cresce 4% no primeiro trimestre, diz CNI. **Portal da Indústria**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/economia/exportacao-de-produtos-de-alta-tecnologia-cresce-4-no-primeiro-trimestre-diz-cni/>
- BRASIL ocupa 124ª posição em ranking que avalia facilidade de fazer negócios. **UOL**, [s.l.], 24 out. 2019. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/efe/2019/10/24/brasil-ocupa-124-posicao-em-ranking-que-avalia-facilidade-de-fazer-negocios.htm>>. Acesso em: 10 out. 2021.
- CASSIONLATO, José Eduardo. O sistema nacional de inovação australiano: um resumo das principais políticas com ênfase na relação universidade-indústria e uma breve avaliação. Rio de Janeiro, jul. 2007. Disponível em <www.redesust.ie.ufrj.br> Acesso em: fev. 2021
- CGEE. **Panorama da ciência brasileira : 2015-2020. Boletim Anual OCTI**. [S. l.: s. n.], 2021.
- CNI. Diversificação setorial da Indústria se reduz com crescimento dos setores

tradicionais. **Nota Econômica**, [s. l.], v. 20, 2021. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.5007/2175-8085.2020.e67407> .

CROSS, Di; THOMSON, Simon; SINCLAIR, Alexandra. Research in Brazil: a report for CAPES by Clarivate Analytics. **Clarivate Analytics**, [s. l.], p. 73, 2017.

DA SILVA, Alexandro Pereira; DOS SANTOS, Nadja Paraense; AFONSO, Júlio Carlos. The creation of the chemical engineering course at the National School of Chemistry of the University of Brazil. **Química Nova**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 881–888, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-40422006000400044>

DULDIG, Marc. President’s column: Strategic roadmap for Australian research infrastructure. **Australian Physics**, [s. l.], v. 48, n. 5, p. 133, 2011.

DWI SÃO PAULO. **Financiamento de Pesquisa e Inovação**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.dwih-saopaulo.org/pt/pesquisa-e-inovacao/cenario-de-pesquisa-e-inovacao-no-brasil/financiamento-de-pesquisa-e-inovacao/>. Acesso em: 20 out. 2021.

FONSECA, Mariana. Venture capital e private equity batem recorde no mundo e no Brasil. E não só por causa da pandemia. **InfoMoney**, São Paulo, 10 maio 2021. Disponível em < <https://www.infomoney.com.br/do-zero-ao-topo/venture-capital-e-private-equity-batem-recorde-no-mundo-e-no-brasil-e-nao-so-por-causa-da-pandemia/>>. Acesso em: 10 out. 2021.

HELMHOLTZ ASSOCIATION. HELMHOLTZ-ROADMAP FOR RESEARCH INFRASTRUCTURES As of 2011. [s. l.],

IBGE. Pesquisa industrial de inovação tecnológica: PINTEC 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 20 set. 2021.

INVESTIMENTO do governo em ciência voltou ao nível de 2009, mostra estudo. **Estadão**, [s.l.], 27 ago. 2021. Disponível em < <https://exame.com/brasil/investimento-do-governo-em-ciencia-voltou-ao-nivel-de-2009-mostra-estudo/>>. Acesso em: 10 out. 2021.

INVESTIMENTO em pesquisa e desenvolvimento no Brasil e em outros países: o setor privado. **Em discussão!**, set 2012. Disponível em: <

<https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/inovacao/ciencia-tecnologia-e-inovacao-no-brasil/investimento-em-pesquisa-e-desenvolvimento-no-brasil-e-em-outros-paises-o-setor-privado.aspx>>. Acesso em: 13 out. 2021

MAIA, Rodrigo (CNN); HERÉDIA, Thais (CNN); COELHO, Larissa (CNN). Educação brasileira está em último lugar em ranking de competitividade. **CNN Brasil**, São Paulo, 17 jun. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/educacao-brasileira-esta-em-ultimo-lugar-em-ranking-de-competitividade/>

MATOS, Haroldo José de. O quadrante de Pasteur e a pesquisa clínica: por um mundo melhor. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 07–08, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/s2176-62232017000300001>

NEGRI, F. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Novos caminhos para a inovação no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2018.

ODS – OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Objetivo 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura**, 2021. Página inicial. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/objetivo9/indicador951>>. Acesso em: 01 out. 2021.

PARAOL, Guilherme. Conheça mais sobre o fomento à inovação no Brasil. **VIA**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://via.ufsc.br/conheca-mais-sobre-o-fomento-a-inovacao-no-brasil/>

PIERRO, Bruno De. Circulação limitada. [s. l.], 2016.

SETTING THE STAGE FOR A NEW PROFESSION, CHEMICAL ENGINEERING IN 1888. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: http://web.boun.edu.tr/akman/history/h_1888.html

SQUEFF, Flávia de Holanda Schmidt; NEDRI, Fernanda de. Financiamento à Pesquisa no Reino Unido: o Dual Support System. Radar nº 48. Dez, 2016. Disponível em <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/20170110_radar_48_art1.pdf>. Acesso em: fev. 2021

SOBRE A CAPES. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/perguntas-frequentes/sobre-a-cap>. Acesso em: 20 out. 2021.

SOUZA, Felipe de. Brasil tem 2º maior juro real do mundo, atrás só da Turquia; veja ranking. **UOL**, Campinas, 27 set. 2021. Disponível em <<https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2021/09/27/brasil-tem-o-2-maior-juro-real-do-mundo-confira-ranking.htm>>. Acesso em: 10 out. 2021.

TOKARNIA, Mariana. Analfabetismo cai, mas Brasil ainda tem 11 milhões sem ler e escrever. **Agência Brasil**, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2020-07/taxa-cai-levemente-mas-brasil-ainda-tem-11-milhoes-de-analfabetos>

VARELA, Hamilton. Investimento em ciência é mais necessário em tempos de crise. O que faz o Brasil? **Gazeta do Povo**, 27 jan. 2021. Disponível em <<https://www.gazetadopovo.com.br/educacao/investimento-em-ciencia-e-mais-necessario-em-tempos-de-crise-o-que-faz-o-brasil/>>. Acesso em: 10 out. 2021.

VARRICHIO, Pollyana Carvalho. Promoção à inovação por meio das políticas institucionais nas Universidades brasileiras: uma reflexão sobre as iniciativas aprovadas entre 2016 e 2020. **Textos de Economia**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 1–28, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-8085.2020.e67407>

VINCENT, Lynn Meek. Produção do conhecimento na educação superior australiana: do acadêmico ao comercial. *Educ. Soc.*, Campinas, vol.25, n.88, p. 1023-1043, Especial – Out. 2004 Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/es/a/78SdVQ6yJ898RstrBDtr5sc/?lang=pt#>> Acesso em: fev. 2021.

WEINBERG, Georg M.L.; JORGE, Marcelino José; JORGE, Marina Figueiras. Produção de conhecimento e busca de aplicações: a experiência da universidade com a indústria química. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 747–761, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0104-59702009000300011>

WHILE, Claudia Flavell. George e Davis - Meet the Daddy. **The Chemical Engineer**, [s. l.], 2012. Disponível em: <https://www.thechemicalengineer.com/features/cewctw-george-e-davis-meet-the-daddy/>