



ANE BRASIL
ACADEMIA
NACIONAL DE
ENGENHARIA

ENSINO DE ENGENHARIA: Avaliação e perspectivas da ANE

Comitê Permanente de Ensino da ANE

Academia Nacional de Engenharia
Dezembro / 2021

ENSINO DE ENGENHARIA: Avaliação e perspectivas da ANE

Comitê Permanente de Ensino da ANE - dezembro/2021

Coordenador do Comitê: **Paulo Alcântara Gomes**.

Coordenação de Redação: **Luiz Bevilacqua e Richard M. Stephan**.

Comissão de Redação: **Acher Mossé, Alcir de Faro Orlando, Luiz Bevilacqua, Edival Ponciano de Carvalho, Paulo Alcântara Gomes e Richard M. Stephan**.

Demais Integrantes do Comitê: **Alan Paes Leme Arthou, Antonio Seabra, Carlos Alberto Serpa de Oliveira, Cláudia Morgado, Francis Bogossian, Pedro Magalhães Guimarães Ferreira, Sergio Gargioni, Vahan Agopyan e Walter Arno Mannheimer**.

Projeto gráfico, diagramação e editoração eletrônica:
Lucia Lopes - email: lucialopesmatos@hotmail.com

SUMÁRIO

Preâmbulo por Paulo Alcântara Gomes.....	04
1. Introdução: A revolução do conhecimento.....	05
2. Ameaça: A revolução cultural.....	06
3. Desafio: O ensino superior em países em desenvolvimento.....	10
4. Brasil: Ciência e tecnologia, pontos positivos.....	13
5. Brasil: ciência e tecnologia, pontos a melhorar.....	19
6. A nova universidade e as escolas de engenharia.....	27
7. Organização curricular.....	29
7.1. Ações norteadas por princípios básicos.....	29
7.2. Ações de estruturação curricular.....	30
7.3. Ações de orientação didática em face da nossa tradição pedagógica e dos tempos atuais.....	31
7.4. Ações de integração nacional e de preservação da identidade regional.....	31
7.5. Ações para a internacionalização.....	32
7.6. Ações de aproximação com a sociedade.....	32
7.7. Ações de aproximação com a indústria.....	32
7.8. Ações para acreditação da formação do engenheiro.....	33
8. Conclusão: Um projeto de estado.....	33
Referências bibliográficas.....	36

ACADEMIA NACIONAL DE ENGENHARIA - ANE

A história da Academia Nacional de Engenharia (ANE) tem início no final da década de 80 quando durante reunião do Conselho Diretor do Clube de Engenharia, em setembro de 1988, o Prof. Antônio José da Costa Nunes sugeriu a criação de uma entidade civil de nível nacional com o objetivo de preencher uma lacuna no âmbito mais abrangente da Engenharia Nacional. Foi, então, constituída uma Comissão para consubstanciar a ideia, comungada, aliás, pelas maiores expressões da Engenharia Brasileira.

O desafio de constituir uma Academia, apesar do falecimento em abril de 1989 do idealizador Prof. Costa Nunes, encontrou solo fértil na mente de, pelo menos, cinco Engenheiros que, durante mais de três anos, dedicaram grande parte do seu tempo para conhecer o trabalho das Academias existentes em diferentes países.

Os documentos analisados possibilitaram o estudo comparado de como surgiram aquelas Academias, seus atos constitutivos, formas de funcionamento, de crescimento e de desdobramento ao longo de suas trajetórias. Este material foi de extrema importância para que esses pioneiros pudessem estabelecer os parâmetros norteadores do projeto de criação e início de existência da Academia Nacional de Engenharia.

Em 25 de abril de 1991, foi realizada assembleia de fundação da ANE e eleição de sua primeira diretoria. Muito embora seja uma instituição relativamente recente, a Academia já promoveu substancial conjunto de conferências, seminários, tendo emitido relevantes posicionamentos técnicos em apoio a gestão das mais destacadas ações necessárias ao desenvolvimento nacional. A Academia tem participado de atividades da mais elevada importância para a Engenharia, para as quais é convidada por autoridades federais e regionais constituídas. Por ser Instituição de caráter Nacional tem realizado importantes eventos em diversos estados da federação.

A ANE foi criada porque um grupo de engenheiros acreditou na necessidade de uma instituição nacional que detivesse prestígio próprio, cobrindo todas as disciplinas da Engenharia e se fizesse habilitada a promover o soerguimento da importância, da necessidade e do valor da Engenharia Brasileira, como fonte insubstituível na produção e distribuição dos produtos e dos benefícios da tecnologia, favorecendo à Sociedade como um todo. Na alma e no coração da Academia reside o somatório de capacidades pessoais e a integração do potencial de todos os seus Membros.

A plêiade de Engenheiros que integram o Quadro de Membros Titulares da ANE conduz à convicção de que esta entidade está fadada a projetar-se no País e no exterior, como epicentro de excelência,

impondo-se como credenciada a constituir fonte de orientação e influência segura e imparcial para a tomada de decisões nos organismos onde a Engenharia esteja presente, garantindo o aprimoramento da Engenharia Nacional.



O desenvolvimento das nações está diretamente ligado à existência de ciência e tecnologia tratadas como prioridades nacionais, do incentivo à inovação, de uma indústria forte e atuante e, conseqüentemente, de uma engenharia capaz de responder aos desafios trazidos pela sociedade do conhecimento. Para tanto, torna-se imperioso assegurar uma excelente preparação dos engenheiros, com formação básica capaz de permitir o acompanhamento dos avanços da ciência e da técnica, com uma formação profissional moderna e com uma forte componente de internacionalização.

O Brasil ainda enfrenta dificuldades para ser um protagonista no cenário internacional, em grande parte causadas pelos índices insuficientes verificados na investigação e na formação de recursos humanos, em particular no que se refere aos graduados em engenharia. São hoje mais de 6 mil cursos de graduação, principalmente nas áreas mais tradicionais (civil, mecânica, elétrica e produção). Embora o número de candidatos venha aumentando gradualmente, as taxas de evasão são muito elevadas, da ordem de 50%. Por outro lado, o setor produtivo encontra grandes dificuldades para recrutar profissionais aptos a atuar nas novas fronteiras do conhecimento que, além de conhecimentos técnicos, impõem o domínio de habilidades tais como liderança, gestão estratégica, planejamento, aprendizado de forma autônoma e trabalho em equipe.



<http://anebrasil.org.br>

OBSERVAÇÃO:

Os QR Codes levam o leitor aos sites indicados por essa publicação. Para acessá-los, é só direcionar a câmera do celular para o QR Code desejado ou usar um app leitor de QR Code.

O Comitê de Ensino da Academia Nacional de Engenharia foi instalado em julho de 2020, e tem por missão promover o debate, a reflexão e apresentar sugestões e recomendações sobre temas relacionados com a formação e a capacitação profissional de engenheiros. São exemplos de áreas em que ele atua as relações entre ensino, pesquisa e extensão nos cursos de engenharia, a organização dos cursos de pós-graduação, os novos modelos de formação nos cursos de graduação na área tecnológica, as competências e habilidades exigidas para o exercício profissional, e a acreditação dos cursos de engenharia, entre outros.

Para o cumprimento dessas tarefas, o Comitê debruçou-se sobre a elaboração do documento ora apresentado, e intitulado **Avaliação e Perspectivas do Ensino de Engenharia no Brasil**. Este documento foi dividido em oito partes, tratando dos temas que interferem na organização e na qualidade do ensino de engenharia, como a revolução do conhecimento, um diagnóstico do ensino superior nos países em desenvolvimento, o panorama da Ciência e Tecnologia no Brasil, a necessidade de reformas nas universidades e no ensino de engenharia e proposições para a reorganização curricular dos cursos de engenharia. Ele tem por objetivo oferecer subsídios e sugestões para a modernização dos cursos de engenharia e apoiar os cursos de engenharia do país em seu processo de reformulação.

Paulo Alcântara Gomes

1. Introdução: A revolução do conhecimento

5

A extraordinária evolução do conhecimento nos últimos anos impulsionada pela capacidade de observação do microcosmo e do macrocosmo e pela extraordinária capacidade de calcular, vem estabelecendo uma divisão das nações em diversas categorias de domínio do conhecimento. Mais importantes do que serem ricas ou pobres as nações estão se dividindo em classes de conhecimento. Estas novas categorias, mais do que a dependência tecnológica, tentam impor uma dependência de saberes.

Particularmente importante tem sido o rápido desenvolvimento de procedimentos utilizando inteligência artificial (IA) e máquinas “inteligentes”. Algoritmos sofisticados de tomada de decisão transferidos para as máquinas, que têm acesso a uma crescente quantidade de dados, demonstram grande eficiência em várias circunstâncias. Esta nova trajetória do conhecimento científico e tecnológico levanta sérias questões. Dentre elas destaca-se a educação superior e, em particular, a formação do engenheiro. A imprevisão da evolução do mercado de trabalho, do avanço científico e da convergência de conhecimentos exige uma revisão profunda na formação dos engenheiros.

A necessidade de reformular a estrutura curricular para a formação do jovem engenheiro encaixa-se na preservação da nossa independência como nação capaz de abrir seus próprios caminhos na evolução do conhecimento. A implantação de um currículo com fios condutores mais adequados ao mundo moderno e opções de formação mais flexíveis nos torna independentes e menos vulneráveis a uma globalização dominadora.

Um dos pontos essenciais para a proposta de uma nova estrutura é considerar as nossas próprias condições. O setor industrial brasileiro vem sendo desativado com grande rapidez. Portanto, essa circunstância precisa ser levada em conta para que a formação do engenheiro não se baseie em um contexto que não existe, mas ainda assim permaneça potencialmente capaz de atuar com criatividade quando as circunstâncias permitirem. A importação de soluções raramente atende a esse contexto, ou admite um parque industrial que não existe, ou projeta um curso com baixo teor técnico científico, ou ainda um curso que atende a demandas externas.

Além das demandas acadêmicas e adaptações ao contexto industrial brasileiro com as suas flutuações históricas, devem ser consideradas as interações entre universidades no Brasil e no exterior. O nosso intercâmbio interno precisa ser muito estimulado para que se mantenham as condições de sustentabilidade acadêmica. O incentivo do intercâmbio minimiza as dificuldades. O uso das redes de comunicação com atividades de cursos, conferências, seminários, entre outros, vem se consolidando e deve ser aperfeiçoado e incentivado.

“

A imprevisão da evolução do mercado de trabalho, do avanço científico e da convergência de conhecimentos exige uma revisão profunda na formação dos engenheiros.

”

“

Está às nossas portas uma nova revolução, “a revolução cultural”. Uma onda gigantesca que vai invadir o mundo e inibir o desenvolvimento do pensar independente, de modo semelhante à revolução industrial que inibiu o desenvolvimento do agir autônomo.

”

Devem ser estimuladas ações que envolvam interação com o setor industrial ainda ativo, mas sobretudo o estímulo ao empreendedorismo. A iniciativa de criar e produzir o novo é de fundamental importância. A formação dos jovens engenheiros não pode dispensar o desafio no exercício da independência intelectual e da redução da aversão ao risco.

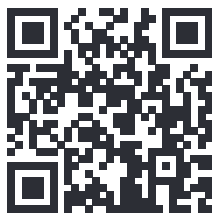
A presente proposta não requer alterações na legislação, o que a tornaria praticamente inviável. Mas também não é uma maquiagem. Exige mudanças estruturais, uma dedicação muito grande do corpo docente, técnico e administrativo, além dos estudantes. Ela ajusta o ensino superior em Engenharia às novas configurações requeridas pelo contexto atual e preserva a independência intelectual do nosso povo.

2. Ameaça: A revolução cultural

Está às nossas portas uma nova revolução, “a revolução cultural”. Uma onda gigantesca que vai invadir o mundo e inibir o desenvolvimento do pensar independente, de modo semelhante à revolução industrial que inibiu o desenvolvimento do agir autônomo. Estarão sujeitos à dominação cultural os países fracos onde a educação não tem inserção social forte e nem está nas prioridades reais do Estado, mas sempre está declaradamente nas suas prioridades virtuais. São vários os indicadores, p.ex. El País, em 05/ 01/2019:

A União Europeia lança um ambicioso plano para que em 2025 haja 20 campi transnacionais. A ideia surgiu numa cúpula em Gotemburgo (Suécia) em novembro de 2017, coincidindo com os 30 anos do programa Erasmus, mas é agora que começa a contagem regressiva. As universidades estão se mobilizando nas últimas semanas para criar consórcios de campi em pelo menos três países diferentes, compartilhando alunos - que se quiserem poderão começar sua formação num país e terminá-la em outro -, pesquisas e professores. Em 28 de fevereiro termina o prazo para que as alianças se apresentem ao programa-piloto, dotado de um orçamento de 30 milhões de euros (128,2 milhões de reais). Seis consórcios serão escolhidos para colocar o plano em funcionamento no final deste ano. Os grupos rejeitados terão outra oportunidade em 2020.

A tecnologia é o substrato sobre o qual está sendo montada a revolução cultural. A facilidade de transferir informação permite que se criem canais de conhecimento que podem alimentar o mundo inteiro de uma única sede. Os professores, espalhados pelas universidades e institutos, são os artesãos contemporâneos com morte anunciada. O conhecimento gerado nos grandes centros transnacionais será climatizado e canalizado nas devidas proporções, via cursos *on-line*, para os países culturalmente periféricos. As universidades nos países periféricos serão reduzidas a filiais de acompanhamento e propaganda. Além de polo de co-



[2]
<https://taylorsgcsp.wordpress.com>

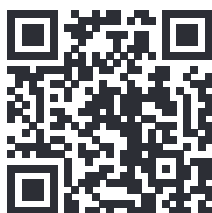
primeiros sintomas de uma grande invasão do sistema de educação superior. Frequentemente, essa invasão se estabelece dentro de um complexo internacional com a presença de um gestor que estabelece previamente a orientação temática, como no caso do projeto da Academia Nacional de Engenharia nos EUA com a proposta de 14 Grandes Desafios em Engenharia [2]:

Motivated by the National Academy of Engineering's 14 Grand Challenges for Engineering and increasing calls for a new engineering education paradigm, Duke's Pratt School of Engineering, The Franklin W. Olin College of Engineering, and the University of Southern California's Viterbi School of Engineering proposed a new education model to prepare engineers to be world changers. The program was endorsed by the National Academy of Engineering in February 2009.

The Grand Challenges Scholars Program (GCSP) has now been implemented at more than 40 engineering schools around the world. In a 2015 letter of commitment presented to President Barack Obama, 122 engineering schools announced their plans to join this initiative aimed at educating a new generation of engineers expressly equipped to tackle some of the most pressing issues facing society in the 21st century.

The GCSP is a combined curricular, co-curricular, and extra-curricular program with five competencies that are designed to prepare the next generation of students for addressing the grand challenges facing society in this century. Each institution creates their own specific realization of how the competencies are implemented, which are approved by the GCSP steering committee⁽¹⁾.

A presença dos EUA na orientação das prioridades de educação em engenharia no mundo é tão importante que merece a atenção do próprio Presidente dos EUA. O projeto está bem formulado, mas coloca sob o controle de um comitê externo a orientação acadêmica das universidades em outros países. Note que a proposta de cada instituição tem que ser aprovada pelo comitê gestor do projeto. Não é difícil imaginar as consequências a longo prazo dessa iniciativa.



[3]
<https://www.nap.edu/read/23645/chapter/1>

A falta de cuidado em examinar as consequências a longo prazo de nossas opções de colaboração, a falta de cuidado em investigar o modo como somos vistos pelos parceiros externos pode levar a decisões muito prejudiciais ao nosso desenvolvimento. Em reunião realizada em 2017 tratando da interação universidade-empresa, arguiu-se sobre o papel dos países em desenvolvimento. Aí está a resposta de um dos participantes [3]:

⁽¹⁾ Rama Ramakrishna, Director, National Academy of Engineering, GCSP Network Office.

At the same time that countries talk more about national value capture, their innovation policies are emphasizing the need for their centers to be connected globally to other centers. There is an interesting ongoing debate, said O’Sullivan, about the knowledge flow at a time when nations with mature innovation economies are partnering with countries whose innovation economies are less mature. This division of labor tends to have engineering and scientific research take place in more mature nations while prototyping, scale-up, and manufacturing occur in what he called “catch-up” economies.

Se aceitarmos o papel que nos reservam no contexto global estaremos na rota acelerada para a dominação cultural semelhante à que foi implantada no setor industrial. Outras iniciativas de alcance mundial, como *The Hamburg Declaration*, ou especificamente orientadas para o nosso país reforçam a hipótese do avanço acelerado da revolução cultural [4].

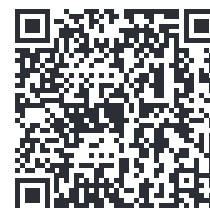
The Hamburg Declaration Organising Higher Education for the 21st Century

A statement adopted by the Hamburg Transnational University Leaders Council – a meeting of 50 university leaders from around the world invited for discussion in Hamburg from 7 to 9 June 2017 at the invitation of the German Rectors’ Conference, the Körber Foundation, and Universität Hamburg.

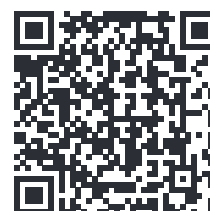
Preamble. Profound changes in the global economy have placed a premium on knowledge and information, and increased democratization has significantly broadened the demand for education at all levels. These continuing trends have confronted post-secondary education worldwide with unprecedented challenges, not only for post-secondary institutions but also for the many stakeholders with which these institutions engage, such as governments, community and industry groups, and quality assurance agencies. Post-secondary education in the 21st century has experienced nothing less than a global academic revolution, with extraordinary adaptations taking place at every level. University leaders must respond in ways that meet the needs of the society they serve while embracing their most precious time-proven academic assets.

A Universidade de Columbia no Rio acaba de selecionar 20 ou 30 mulheres com curso superior para um curso sobre como atuar na administração pública brasileira [5].

The Columbia Women’s Leadership Network in Brazil program selects annual groups of up to 20 mid-senior level professionals with the goal of creating a growing network of women who will contribute to the transformation of public service in Brazil. Taking advantage of the talents and academic excellence of Columbia University, each cohort will consist of women working in different areas of public management from different parts of Brazil. These professionals will participate in workshops in Brazil and at the Columbia University campus in New York City. The program consists of 10 modules that include strategic training and networking activities, roundtables, a seminar and mentorship sessions. All the activities will



https://www.hrk.de/fileadmin/redaktion/hrk/02-Dokumente/02-07-Internationales/Hamburg_Declaration_09062017.pdf



[5]
<https://globalcenters.columbia.edu/content/womens-leadership-network-program>

be closely supervised/facilitated/supported by the Columbia Global Center, Rio de Janeiro, including academic coordination and local management, in close collaboration with faculty from Columbia University.

“

As multinacionais do ensino estão às nossas portas.

”

Hoje, com a necessidade de expansão e visibilidade internacional, que se estende além do setor acadêmico, alcançando o público em geral pela via dos setores de comunicação de massa, as Universidades com maior prestígio encontram um campo aberto para atrair recursos e estudantes. Na realidade, essa ação pode ser feita com maior eficiência nos países em desenvolvimento. Por isso, as multinacionais do ensino estão às nossas portas.

As universidades transnacionais, que no fim das contas cobrarão por seus serviços, permanecendo na condição de atuar sem fins lucrativos do mesmo modo que as confessionais e comunitárias, estão se preparando para ocupar espaço onde houver. O uso de novas tecnologias de informação facilita muito a atuação dessas universidades. A oferta de cursos oferecidos em rede (MOOC⁽²⁾ e outras variedades de ensino não presencial) está crescendo aceleradamente. Essas tecnologias, utilizadas por professores com maior facilidade de comunicação, começam a revolucionar o ensino, pelo menos em algumas opções de carreira.

3. Desafio: O ensino superior em países em desenvolvimento

Como se organizará o ensino no futuro e como será distribuído no mundo é uma questão ainda em aberto. Pode-se marchar para uma dominação cultural ou para uma cooperação com independência. Para a academia, não existe o impossível, mesmo diante de conjunturas desfavoráveis internas e externas. Quando se fala de revolução industrial, a sofisticação tecnológica de equipamentos e instrumentação conta. Portanto, a dominação tecnológica é facilitada por esse fator. Mas, quando se fala em revolução cultural, a inteligência, o engenho e arte, são fatores predominantes. Então essas condições não favorecem a dominação, mas a independência, desde que se tome a decisão política de usá-las.

De certa forma, como os países em desenvolvimento têm necessidade ainda maior de instituições de ensino superior, são eles mais capazes e livres para elaborar projetos mais adequados ao mundo atual. As universidades tradicionais são conservadoras e muito lentas na reorientação de rumos. Essa é uma vantagem do mundo em desenvolvimento. A convergência disciplinar, a rápida mudança no conhecimento científico e tecnológico, e a consequente incapacidade de formar um profissional com diploma válido por mais de 10 anos, são desafios ainda sem resposta.

⁽²⁾ Massive Open Online Courses.

O destino da educação superior no mundo encontra-se numa encruzilhada. A via preferencial do mundo desenvolvido parece bastante clara. A via preferencial do mundo em desenvolvimento vai depender da resposta que se quiser (e se puder) dar. Trata-se de um dilema: ou “nós também podemos” ou “nós não queremos”. Felizmente, os caminhos da educação podem ser muito mais independentes do domínio de universidades externas nos países em desenvolvimento do que tem sido o desenvolvimento industrial dos complexos multinacionais. Mesmo considerando o uso de ensino à distância e os cursos em rede, a interação presencial ainda é fator indispensável à educação superior [6]. Uma questão importante na revolução em marcha é a distinção entre missão da universidade e função do ensino superior. Esse tema será explorado no capítulo que segue.

É interessante observar a evolução das preferências dos estudantes no ensino superior, segundo as matrículas nos cursos de graduação. Nos EUA o perfil de matrículas obedece bastante bem à evolução das oportunidades de trabalho nos últimos 50 anos, conforme pode-se notar com auxílio da **Tabela 1A**. A área de “business” hoje é a mais procurada e reflete, além das oportunidades no mercado de trabalho, as aspirações da juventude na busca de sucesso associado a ganhos materiais. Note-se que a busca por computação foi multiplicada por um fator de 40 nos últimos 45 anos. Educação caiu bastante e as áreas de ciências naturais, exceto biologia, permaneceram estáveis.

TABELA 1A

Evolução do número de graduados por área nos EUA

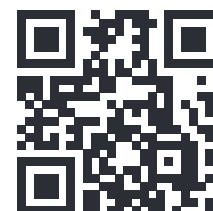
NCES National Center of Educational Statistics. Digest of Education Statistics 2020

DEGREES UNDERGRADUATE BY FIELD AND YEAR CONFERRED (USA)		
FIELD	1970/71 - 10 ³	2018/19 - 10 ³
Business	115	390
Education	176	84
Engineering	45	127
Social sciences and history	155	161
Health	25	251
Biology	35	121
Computer science	2	89
Mathematics	24	26
Physics	21	31
Multidisciplinary	6	53
Communication, journalism, and related programs	10	93
English language and literature/letters	64	39
Liberal arts and sciences, general studies, humanities	7	44
Psychology	38	117
Visual and performing arts	30	90



[6]

www.science.org



<https://nces.ed.gov>



Se não formos capazes de atrair jovens estudantes ficaremos cada vez mais dependentes das bases científicas fundamentais para o desenvolvimento tecnológico e social do Brasil.



Assim, podemos dizer que o desenvolvimento científico e tecnológico exerce forte influência na educação superior, assim como as expectativas de sucesso na vida profissional. O ensino superior encontra-se em franca fase de transição, com a diversificação do ensino em universidades de pesquisa num extremo e ensino técnico no outro, para atender à demanda explosiva imposta pelos avanços tecnológicos e a necessidade de maior integração disciplinar. O perfil de formandos vem mudando sensivelmente nos últimos 40 anos particularmente nos países desenvolvidos.

Algumas das tendências observadas nos EUA são semelhantes às observadas na Europa e no Brasil, particularmente no que se refere a área de administração (Business) cuja preferência predomina sobre as demais. Uma particularidade importante que precisa ser observada é a grande diferença entre a preferência para as áreas de ciências da natureza e matemática que nos EUA e na Europa atingem valores quatro a cinco vezes maiores do que no Brasil, **Tabela 1B**. A mesma observação vale para as áreas de ciências sociais, ciências humanas e arte. Note que a área de concentração multidisciplinar está em franco crescimento nos EUA. No Brasil esta opção de formação está crescendo particularmente em vista do crescimento de cursos de Bacharelado.

TABELA 1B

Evolução do número de graduados por área no Brasil OCDE

Fonte: MEC/Inep; Censo da Educação Superior, Education at a Glance (OCDE) e IBGE - Pnad

ÁREA DE CONHECIMENTO	BRASIL		OCDE
	2012	2019	2018
Educação	113	121	56
Artes e humanidades	14	15	61
Ciências Sociais, comunicação, informação	23	29	56
Negócios, administração e direito	207	199	130
Ciências naturais, matemática e estatística	7	7	29
Computação, tecnologias da informação e comunicação	21	21	17
Engenharia, produção e construção	41	76	78
Agricultura, silvicultura, pesca e veterinária	9	15	9
Saúde e bem-estar	84	98	64
Serviços	10	15	20

Os dados das **tabelas 1A e 1B** embora necessitem de análise mais aprofundada, que não cabe no documento presente, alertam para possíveis desequilíbrios futuros como indica o fraco poder de atração para as áreas do conhecimento fundamental. Se não formos capazes de atrair jovens estudantes para esses setores ficaremos cada vez mais dependentes das bases científicas fundamentais necessárias para o desenvolvimento tecnológico e social do Brasil. Como esses setores têm pouca demanda no mercado de trabalho cabe ao poder público cuidar

para que as oportunidades de trabalho sejam expandidas. O setor de educação, seja no nível médio, seja no nível superior é o mais apropriado para absorver jovens com esse perfil de formação. Isto significa maior investimento do Estado em educação. Essa meta é fundamental inclusive para a independência do país diante da crescente pressão para adotar e comprar padrões que veem de fora. A revolução industrial vem sendo substituída pela revolução educacional.

A necessidade de financiamento pressiona as universidades dos países desenvolvidos a buscar novas fontes de recursos e a demanda dos países em desenvolvimento é uma oportunidade que não pode ser perdida. Mas certamente não haverá lugar para todas elas se transformarem em universidades transnacionais. Os *rankings* que foram criados, talvez com outra finalidade, servem agora como cenário para permitir a atração dos melhores estudantes. Por outro lado, a internacionalização pode também servir de abertura para maior colaboração se for bem-organizada e entendida nos países em desenvolvimento.

Não há dúvidas que estamos vivendo uma época em que o conhecimento é o valor mais importante na sociedade moderna. Assim a corrida para a dominação do conhecimento em extensão e profundidade está nas prioridades das sociedades com um mínimo de apreciação pela educação. Cabe a nós atuarmos no sentido de manter a nossa independência cultural colaborando no conjunto das nações. Não existem soluções únicas. Portanto, a oportunidade está aberta para todos.

4. Brasil: Ciência e tecnologia, pontos positivos

O nosso **desempenho em ciência e tecnologia**, relativo à produção acadêmica, tem sido muito bom nos últimos 50 anos, considerando os investimentos públicos disponibilizados, como comprovam as avaliações de vários indicadores elaborados por agências de análise de desempenho científico e tecnológico (Sciago Institutions Ranking, National Science Board & Engineering Indicators, Nature Index).

É importante comentar que o advento da pós-graduação no Brasil, sempre associada ao avanço do conhecimento científico e tecnológico como carro chefe, promoveu o surgimento de outras atividades. Além do início de maior interação universidade/empresa, destacam-se três iniciativas importantes que transcendem a atuação universitária, embora dela necessitem: fundação de sociedades científicas, promoção de congressos nacionais e internacionais no Brasil, criação de revistas científicas importantes. A maioria dessas atividades surgiu nos anos 1960 e expandiu-se nas décadas seguintes. Elas são de grande importância, inclusive porque abrem janelas para a ciência no Brasil, tanto em nível nacional como internacional.

Como a maioria das nossas universidades ainda se mostra impermeável à cooperação interinstitucional espontânea, os congressos e reuniões científicas fa-

“

Não há dúvidas que estamos vivendo uma época em que o conhecimento é o valor mais importante na sociedade moderna.

”



O avanço que conseguimos nesses últimos 50 anos no que diz respeito ao progresso científico e, em parte, ao desenvolvimento tecnológico, foi bastante positivo.



cilitam o intercâmbio entre pesquisadores e docentes de diversas universidades brasileiras entre si e com colegas de outros países. As sociedades científicas abriram as portas para a participação brasileira em associações internacionais e as revistas, principalmente aquelas vinculadas a sociedades científicas, foram os primeiros veículos para apresentação de trabalhos científicos desenvolvidos no Brasil. Várias delas obtiveram reconhecimento internacional e são publicadas por editoras renomadas, mantendo, porém, a responsabilidade editorial sob controle das respectivas sociedades científicas nacionais. A **Tabela 2** mostra a lista das revistas brasileiras com maior fator de impacto [7].

TABELA 2
Fator de impacto de algumas revistas brasileiras

TÍTULO	IMPACTO
Journal of Materials Research and Technology	5.289
Jornal de Pediatria	3.418
Brazilian Journal of Physical Therapy	3.377
Diabetology & Metabolic Syndrome	3,320
Memórias do Instituto Oswaldo Cruz	2.743
Journal of Applied Oral Science	2.698
Jornal Brasileiro de Pneumologia	2.624
Brazilian Journal of Medical and Biological Research	2.590
Journal of the Brazilian Society of Mech. Sciences and Engineering	2.220
Revista Brasileira de Psiquiatria	2.181
Brazilian Journal of Infectious Diseases	1.949
Journal of the Brazilian Computer Society	1.833
Revista de Saúde Pública	1.768
Journal of the Brazilian Chemical Society	1.738
Brazilian Journal of Physics	1.326
Bulletin of the Brazilian Mathematical Society	1,177

O avanço que conseguimos nesses últimos 50 anos no que diz respeito ao progresso científico e, em parte, ao desenvolvimento tecnológico, foi bastante positivo. Podemos afirmar que, dentro dos objetivos a que se destinava, o retorno dos investimentos tem sido muito bom. O número de artigos publicados vem crescendo nas últimas décadas como mostra a **Figura 1. [8]**

Portanto, nós podemos. Resta saber quais as condições que permitem aumentar os fatores de qualidade, e se esses fatores de fato são representativos para o progresso da ciência e tecnologia no Brasil. É também importante analisar se os critérios usados para qualificação dos trabalhos são representativos da qualidade de nossa produção científica. No Brasil, as políticas de investimentos em C&T flutuaram muito ao longo dos últimos 50 anos e essa irregularidade certamente

deve ser levada em conta. Não obstante as dificuldades vividas em certos períodos, a trajetória foi ascendente. A avaliação do National Science Board & Engineering Indicators 2020, reproduzida na **Tabela 3**, classifica o Brasil na 11ª posição em termos de produção científica. Se examinarmos taxa de crescimento nos últimos dez anos o Brasil fica em quinto lugar.

FIGURA 1

(A) Número de artigos em revistas selecionadas. (B) Participação percentual na produção científica mundial. (Fonte indicadores de CTI 2018 - MCTIC/scimago).

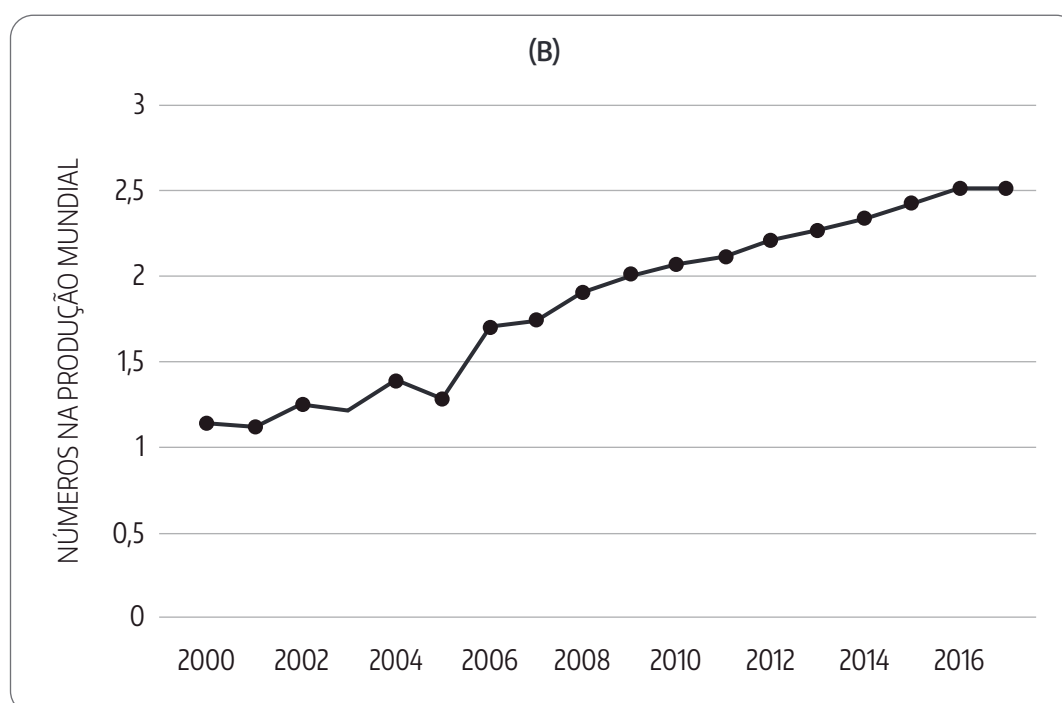
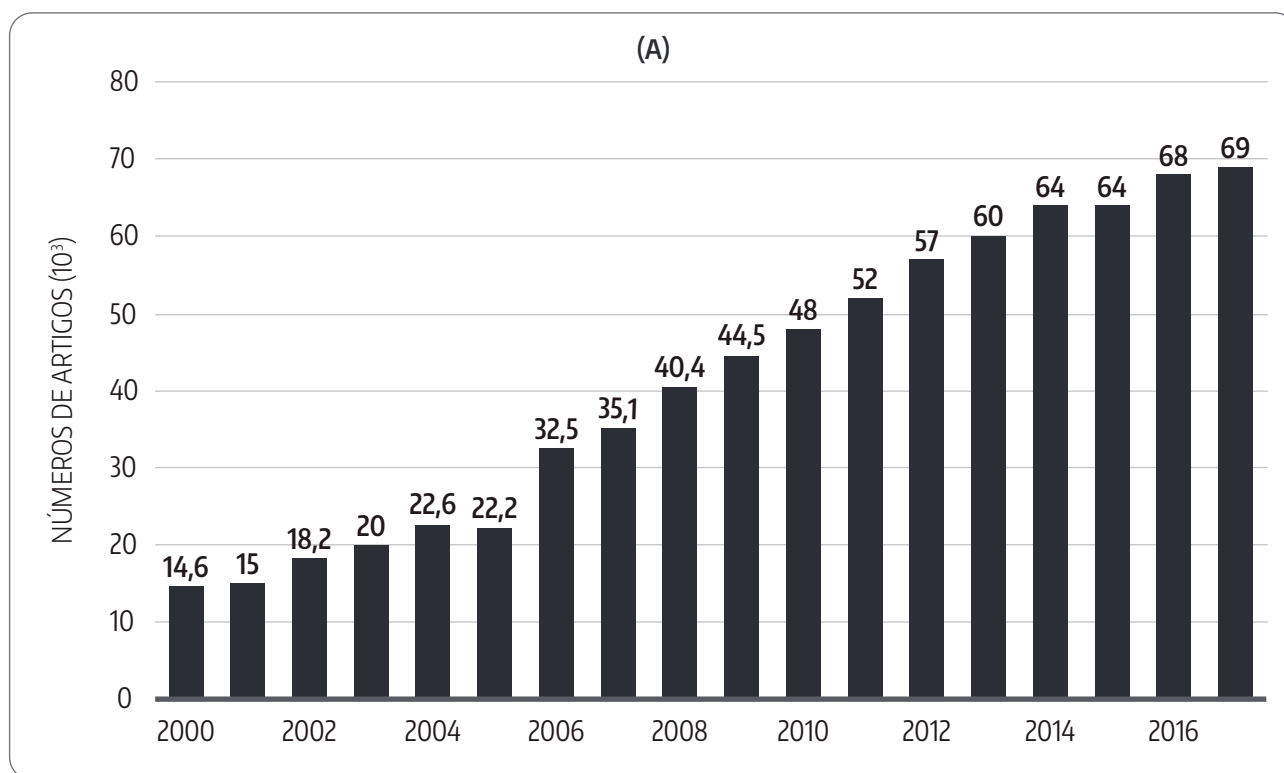


TABELA 3

Artigos em Ciência e Engenharia para as 15 maiores economias: 2008 a 2018

Fonte: National Science Board Science & Engineering Indicators 2020 Publications Output: U.S. Trends and International Comparisons S&E articles in all fields, for 15 largest producing regions, countries, or economies: 2008 and 2018

CLASSIFICAÇÃO	PAÍS	ÍNDICE	TAXA DE CRESCIMENTO 2008 / 2018
1	China	528	7.81
2	USA	423	0.71
3	India	136	10.73
4	Alemanha	104	1.28
5	Japão	99	- 0.91
6	UK	98	0.67
7	Rússia	82	9.88
8	Italia	71	2.41
9	Coreia do Sul	66	4.17
10	França	66	- 0.02
11	BRASIL	60	5.42
12	Canadá	60	1.19
13	Espanha	55	2,13
14	Austrália	54	3.73
15	Iran	48	10.99

“

Com índices de investimento equivalentes aos países europeus a nossa produtividade atinge patamares três vezes superior a alguns dos países da Comunidade Europeia.

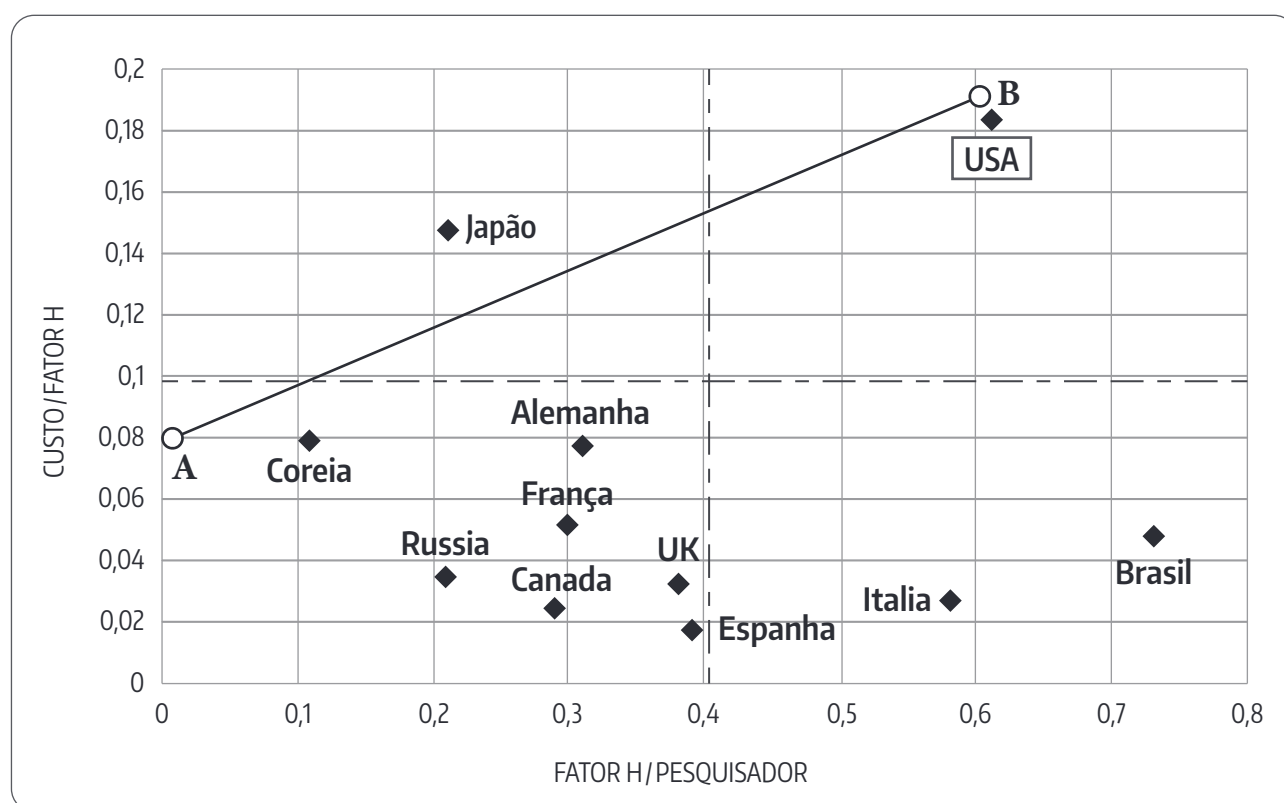
”

Apenas a comparação da produção de publicações científicas entre países não é um dado suficientemente completo para avaliar a eficiência do esforço de pesquisa. Pelo menos dois fatores são importantes, os recursos alocados para P&D e a respectiva força de trabalho, isto é, o número de pesquisadores. Considerando-se estes dois fatores e o índice de produtividade definido pelo fator H avaliado pela SCImago Institutions Ranking, que mede volume e qualidade da produção científica, a relação entre gasto e eficácia no setor de C&T está apresentado na **Figura 2**, que apresenta o (Custo/Produtividade) x (Produtividade/Pesquisador). Nesta avaliação o indicador mais complexo é o índice de produção científica, fator H, que depende de vários critérios que podem variar em função do desempenho em atividades selecionadas. Adotamos o índice H proposto pela SCImago Institutions Ranking que tem tradição nesse tipo de análise. O índice H reflete a qualidade das publicações em nível internacional em função dos meios de divulgação e do impacto internacional medido pelas citações avaliadas com os devidos filtros. Embora possa ser objeto de algumas críticas pertinentes é um critério que parece oferecer resultados bastante relevantes. Fica evidente que o nosso desempenho é muito bom. De fato, com índices de investimento (Custo/Produtividade) equivalentes aos países europeus a nossa produtividade (Produtividade/Pesquisador) atinge patamares três vezes superior a alguns dos paí-

ses da Comunidade Europeia. Não incluímos na **Figura 2** dois casos importantes, China e Índia, para que ficasse melhor visível a distribuição dos demais países. A China destaca-se por um grande investimento em C&T, da ordem de 0.18 no gráfico, mas com produtividade ainda reduzida, da ordem de 0,3 no gráfico. Fica claro que a China está no grupo que se distribui em torno da reta AB constituído por USA, Coreia e Japão. É interessante que o gráfico também fornece informação quanto à política de investimentos em C&T. O outro caso extraordinário é a Índia que se destaca pela grande produção bem qualificada, superior a 0.8 no eixo horizontal do gráfico (Fator H/Pesquisador), mas com baixo investimento, da ordem de 0.01 relativo ao índice Custo/Fator H.

FIGURA 2

Eficácia da produção científica medida por artigos publicados em periódicos selecionados em função do número de pesquisadores e investimentos em C&T. Número de pesquisadores e investimentos a partir de dados do Banco Mundial e o índice H dos dados da SCImago Institutions Ranking. Custo/produção valores em 10-3 USD/por unidade de produção e produtividade em 10⁶ unidades de produção/pesquisador.



Dentro desse mesmo contexto, é importante avaliar a formação de pessoal qualificado com graus de mestre e doutor e o crescimento da rede de pós-graduação. No seminário “Sistema Nacional de Avaliação, Desafios e Perspectivas” (USP, Escola Politécnica, Comissão de Pós-Graduação, 2015), foram apresentados os quadros de distribuição regional de docentes doutores e estudantes de pós-graduação, apresentados nas **Figuras 3 e 4**, abaixo com base nos dados obtidos

peelo prof. Arlindo Philippi Jr.. O resultado é muito animador, mostrando a tendência no sentido de maior equilíbrio na distribuição de pessoal qualificado no Brasil.

FIGURA 3
Evolução do número de docentes qualificados

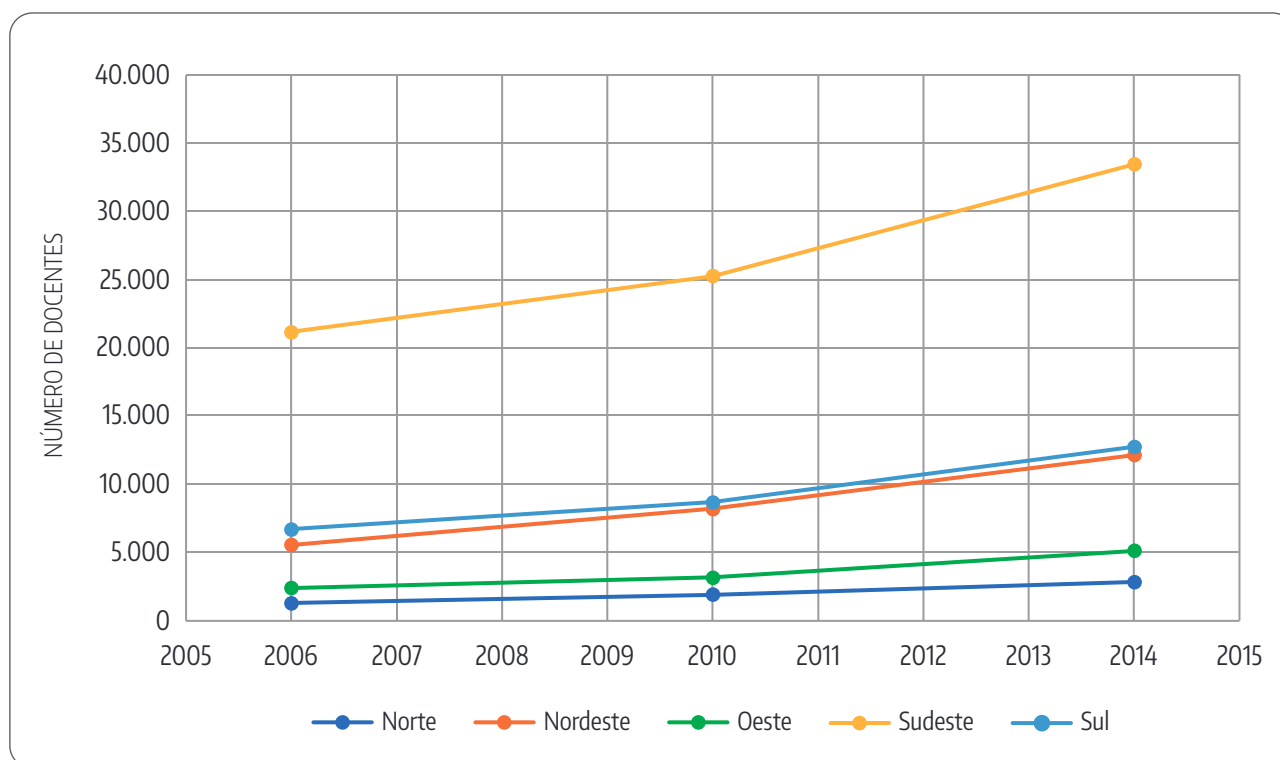
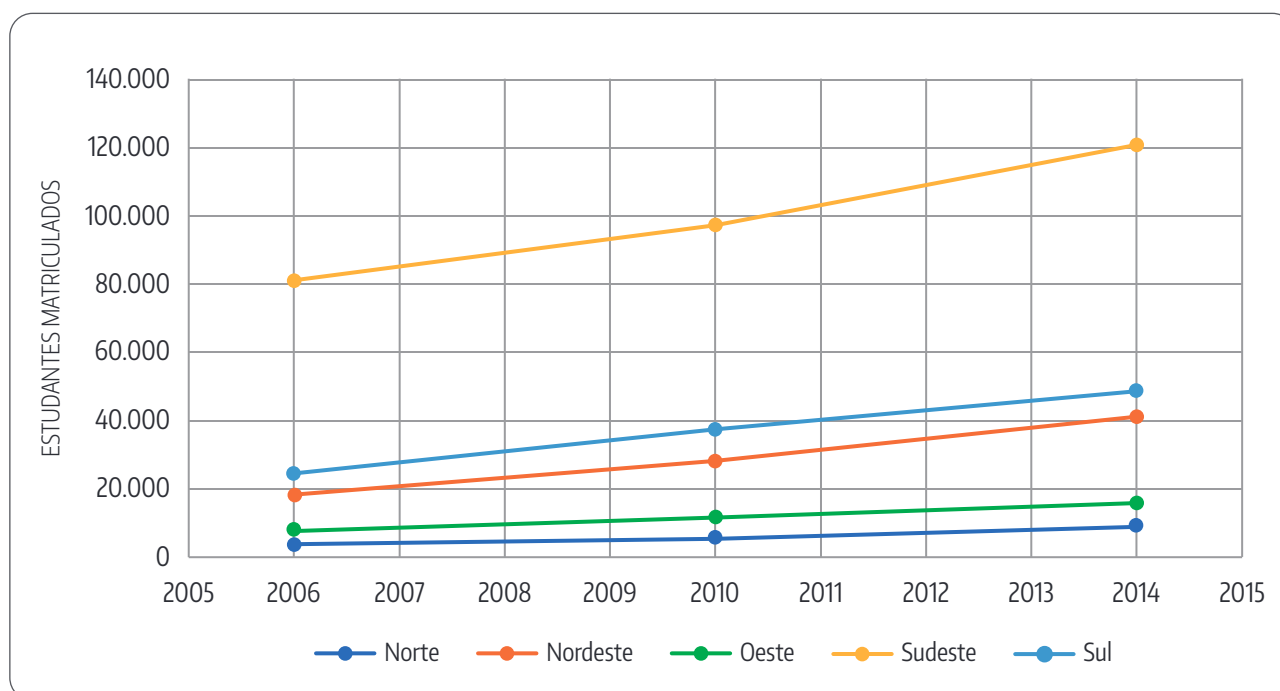


FIGURA 4
Evolução do número de estudantes matriculados em cursos de pós-graduação

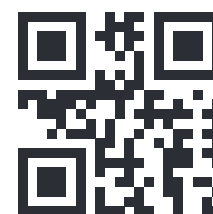


Outro resultado revelador dessa tendência, avaliando indiretamente qualidade, é a distribuição dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia⁽³⁾ aprovados em 2016. Não obstante haver ainda grande concentração na região Sudeste, programas do Norte e Nordeste já começam a aparecer no quadro dessas iniciativas (**Tabela 4**). O sucesso na formação de pós-graduados e sua distribuição regional mostra bem que as prioridades de desenvolvimento estão sendo observadas.

A distribuição de projetos “Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia” financiados pelo CNPq vem apresentando melhor distribuição regional embora ainda muito concentrados em São Paulo e Rio de Janeiro.

TABELA 4
Distribuição regional de projetos INCT-CNPq

PROJETO INCT APROVADOS 2016			
ESTADO	NÚMERO PROJETOS	ESTADO	NÚMERO PROJETOS
Roraima	1	Minas Gerais	8
Amazonas	2	Goiás	5
Para	2	São Paulo	24
Ceará	1	Rio de Janeiro	14
Rio Grande do Norte	1	Paraná	1
Pernambuco	2	Santa Catarina	3
Bahia	6	Rio Grande do Sul	3



www.cnpq.br

5. Brasil: Ciência e tecnologia, pontos a melhorar

Os primeiros trinta anos desde a implantação do novo modelo de universidade, que agrega à docência a atividade de investigação científica e tecnológica, revelam que o resultado foi positivo. Nessa nova organização os docentes são contratados em tempo integral e com a formação adequada à função de pesquisa. No entanto, certas questões críticas foram-se acumulando e atingem níveis que podem representar riscos muito graves, principalmente tendo em vista o progressivo e desejado processo de “internacionalização”. É importante analisar alguns desses riscos para que se possa reorganizar e planejar novas diretrizes para o ensino superior.

⁽³⁾ Os Institutos nacionais são grupos de pesquisa patrocinados em parte pelo CNPq definidos como: *Os Institutos Nacionais serão formados a partir de uma instituição sede, caracterizada pela excelência de sua produção científica e/ou tecnológica, alta qualificação na formação de recursos humanos e com capacidade de alavancar recursos de outras fontes, e por um conjunto de laboratórios ou grupos associados de outras instituições, articulados na forma de redes científico-tecnológicas que devem incluir pesquisadores de grupos em novos campi universitários, e/ou em instituições em regiões menos favorecidas.*



Não obstante o extraordinário serviço que o programa de avaliação da pós-graduação da CAPES prestou para o desenvolvimento da pesquisa, temos que reconhecer que introduziu uma fissura na estrutura acadêmica.



Embora se tenha implantado uma cultura de pesquisa nas nossas universidades, na maioria dos casos ela ficou contida dentro dos círculos departamentais, cada um com seus próprios critérios. Nesse processo, a universidade não se organizou como instituição central unificadora dos objetivos básicos relativos ao ensino e à pesquisa. De fato, seria impossível impor, a uma cultura centenária, a ideia de que cada instituto ou faculdade ou escola devesse renunciar à sua independência em favor de uma unidade central, pelo menos em curto prazo. Os critérios de admissão, promoção e avaliação de desempenho do corpo docente ficaram sujeitos a regras determinadas dentro do âmbito de cada unidade exceto pelos formalismos exigidos por lei ou por regimentos internos. Os estudantes são admitidos nas unidades (faculdades, escolas e institutos) e não na universidade.

Em alguns departamentos de várias de nossas universidades com excelente classificação de desempenho no sistema de avaliação da pós-graduação da CAPES, docentes que não alcançam a taxa de produtividade – “papers”/ano – requerida para manter ou avançar posições na classificação são excluídos da apresentação do departamento. Essa orientação é perversa e não reconhece outras atividades importantes como, por exemplo, dedicação prioritária para a formação de graduação ou atividades de extensão pouco valorizadas na avaliação da CAPES. Isto provoca desconforto no quadro docente e, de certa forma, desqualifica a dedicação de muitos professores à formação dos jovens estudantes de graduação. O quadro docente encaminhado à CAPES para análise de desempenho é flutuante e depende da contribuição do docente para aumentar a pontuação requerida para manter ou elevar a nota do curso. Atividades que contribuem diretamente para a formação na graduação não são consideradas, em geral, como relevantes para o progresso da pontuação na CAPES. Não obstante o extraordinário serviço que o programa de avaliação da pós-graduação da CAPES prestou para o desenvolvimento da pesquisa, temos que reconhecer que introduziu uma fissura na estrutura acadêmica.

Além da separação das áreas de conhecimento, foi introduzido outro fator de desagregação, graduação em um compartimento e pós-graduação em outro. É verdade que esse problema vem aos poucos sendo superado em algumas instituições, mas não a ponto de reunirem as pró-reitorias com as duas denominações.

A tentativa de expandir a colaboração universidade-empresa, que foi um dos fatores importantes na implantação dos cursos de pós-graduação em engenharia, inclusive abrindo a oportunidade de cofinanciamento das pesquisas tecnológicas com a participação de empresas, progrediu até 1990. Porém, a abertura descontrolada de importações promovida pelo Governo Collor, supondo dessa forma estimular a competitividade, mas sem atenção ao equilíbrio de forças entre os competidores e sem considerar a importância do desenvolvimento interno, levou a um desmonte de vários setores industriais, inclusive o setor de biotecnologia que se mostrava promissor.

Mesmo se contássemos com os melhores participantes do mundo, o que não era o caso, o modo disparatado como foi feita a abertura do mercado só poderia conduzir à derrota. Esse episódio trouxe grandes perdas para a cooperação universidade/empresa que mal começava. Metal-Leve, Biobrás, Engesa, Celma, para citar apenas algumas, eram empresas com forte interseção com o setor universitário que foram descontinuadas, **Tabela 5**.

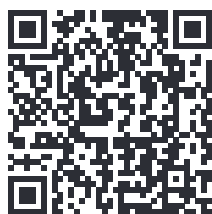
TABELA 5
O curto tempo de vida de excelentes iniciativas brasileiras

EMPRESA	FUNDAÇÃO	ENCERRAMENTO	ATIVIDADE
ESTALEIRO MAUÁ	1846	2000	Construção Naval
FNM	1939	1997	Veículos
ENGESA	1958	1993	Equipamento militar
CELMA	1961	1996	Turbinas
METAL LEVE ⁽¹⁾	1961	1996	Componentes de motores
GURGEL	1969	1992	Automóveis
EMBRACO	1971	2019	Compressores
BIOBRAS	1971	2001	Farmacêutica
CONSUB	1983	2001	VOR, Embarcações
EMBRAER ⁽²⁾	1965	????	Aeronáutica
ODEBRECHT, OAS, QUEIROZ GALVÃO, CAMARGO CORRÊA		2016	Complexo de empresas de construção civil

(1) Foi absorvida pela Mahle Metal Leve.

(2) A EMBRAER foi criada em 1965 por iniciativa do Brigadeiro Casimiro Montenegro, posicionando-se como a terceira empresa de aviação no mundo ocidental abaixo da Boeing e da Airbus. Foi dissolvida como empresa nacional pelo governo Temer. Em julho de 2018, foi criada uma joint venture entre Embraer e Boeing, denominada Boeing Brasil-Commercial. No entanto, em 24 de abril de 2020, a Boeing desistiu da parceria. Como constata Alexandre Saconi em colaboração para o UOL, em São Paulo, em 07/09/2019, a Embraer caiu mais 5 posições no “ranking” internacional entre 2018 e 2019. Em novembro de 2021 a Força Aérea Brasileira cancelou o contrato com a EMBRAER reduzindo a encomenda do avião de carga KC-390 agravando a sustentabilidade da empresa.

Algumas empresas, no entanto, ainda permanecem operando e podemos citar quatro de grande porte, Petrobras, WEG, Braskem, Eletrobras e algumas de menor porte Orbital, Fibraforte, Equatorial Sistemas, Avibras, Visiona, Stella, que atuam no setor aeroespacial com tecnologias relativamente avançadas. Recentemente algumas empresas multinacionais atuando no Brasil têm também patrocinado alguns projetos em certas universidades de grande porte. Infelizmen-



<https://propp.ufms.br/diretorias/research-in-brazil-report-for-capes-by-clarivate-analytics/>

“

Atualmente a ameaça sobre as empresas brasileiras que ainda tentam manter protagonismo no desenvolvimento tecnológico e a cooperação com universidades está em risco.

”

te grandes empresas brasileiras que apoiavam projetos de pesquisa em universidades foram descontinuadas, conforme visto acima, e atualmente a Petrobrás que é a empresa que mais colabora com o setor universitário no país em projetos de alto conteúdo científico e tecnológico está ameaçada de manter sua identidade nacional, o que invariavelmente tem levado a uma redução de projetos de cooperação com alto conteúdo tecnológico [9]. Atualmente a ameaça sobre as empresas brasileiras que ainda tentam manter protagonismo no desenvolvimento tecnológico e a cooperação com universidades está em risco como se depreende das declarações do atual ministro da economia:

...“Temos um presidente que adora Coca-Cola e Disneylândia.” E complementando em discurso na Câmara de Comércio dos EUA declara: Eu os convido para essa nova parceria. (...) Vocês podem ir lá ajudar a financiar nossas rodovias, ir atrás de concessões de petróleo e gás. Daqui a três, quatro meses, vamos vender o pré-sal. Todos vão estar lá: chineses, americanos, noruegueses.” E mais tarde complementa: “Em discurso nos Estados Unidos,” em maio de 2019,” Guedes disse que pretende entregar o Banco do Brasil ao Bank of America, nos moldes do que foi feito “entre a Embraer e Boeing”. (março 2019)

As opções de cooperação com o setor de pesquisa nas Universidades ficaram muito reduzidas até recentemente, tendo o setor de exploração de petróleo como o principal (e quase único) parceiro no desenvolvimento de pesquisa e inovação. O controle ficou a cargo da ANP. É importante notar que várias Universidades implantaram laboratórios que se tornaram muito dependentes do suporte de cooperação com o setor de energia, particularmente petróleo e gás. É preciso que as universidades estejam preparadas para reagir à possíveis mudanças nas políticas de P&D nesse e em outros setores estratégicos. Uma questão de administração poucas vezes considerada na gestão universitária.

Outra alteração importante foi a nova estrutura acadêmica de dedicação exclusiva, associada à implantação da pós-graduação, que trouxe consequências preocupantes nas áreas da engenharia. Como foi visto, antes da implantação da pós-graduação, as nossas universidades eram dominadas pelas três áreas – Medicina, Direito e Engenharia – todas elas com forte viés profissionalizante. Isto significa que a atuação como docente era compartilhada e muitas vezes harmonizada com a atuação profissional. Se observarmos o perfil atual, veremos que, na maioria das nossas universidades, essa situação predomina na Medicina e no Direito, enquanto o perfil de dedicação dos docentes em engenharia privilegia a atividade de pesquisa na universidade. Tomando como referência a USP, vemos que no campus São Paulo, apenas 14% dos docentes da Faculdade de Direito optam pelo Regime de Dedicação Integral (RDI), na Medicina totalizam 44%; entretanto, nas engenharias a fração de docentes em RDI chega a 79%. Isto é, a dedicação dos engenheiros está muito próxima ao padrão dos docentes das áreas de ciências da natureza, matemática e ciências humanas. Nos casos de Medicina

e Direito, como o exercício da profissão está mais relacionado com a interação direta com as pessoas que demandam o serviço, o tempo do docente é dividido entre atendimento profissional e atividade docente. Como os problemas levantados pelo atendimento profissional são frequentemente desafiadores, essa atividade é de todo desejável e proporciona real avanço no conhecimento.

Nas atividades de ensino, nota-se uma progressiva tendência das Escolas de Engenharia, no processo de ensino-aprendizagem, desconectarem-se das aplicações, levando à extinção do corpo docente com dupla inserção, na academia e na indústria. A tendência de reduzir todas as contratações ao regime de dedicação exclusiva é prejudicial à formação dos jovens engenheiros. A formação de engenheiros com a perspectiva de superar grandes desafios parece estar perdendo força. Certas disciplinas necessitam de experiência profissional e não podem dispensar a colaboração com engenheiros experientes. O conhecimento de problemas que requerem grandes desafios é mais eficaz quando se faz mediante contato com pessoas que viveram esses problemas. A demanda tem aumentado na opção de Engenharia de Produção, principalmente pela perspectiva de ocupação de postos no mercado financeiro e nas esferas executivas da indústria.

Essas considerações são cruciais no projeto de novas instituições universitárias e particularmente na reforma de instituições existentes. Ficou demonstrado que temos possibilidades de efetivamente realizar a necessária e desejada transformação institucional, desde que as condições mínimas necessárias para promover a educação superior e a pesquisa sejam garantidas.

A instabilidade nas políticas de desenvolvimento industrial, sem um projeto de Estado com investimentos suficientes e estáveis para estimular o desenvolvimento de um verdadeiro parque industrial criativo e permanente vem destruindo a vertente de inovação nas nossas indústrias.

No mês de novembro de 2017, a FAPESP concluiu a primeira versão do Plano Diretor para Ciência, Tecnologia e Inovação, que deveria ser encaminhado ao Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia. A apresentação feita pelo Professor Brito Cruz, Diretor Científico da FAPESP àquele Colegiado, segundo noticiado pela Agência FAPESP em 21 de novembro de 2017, mostra que, segundo dados levantados para a elaboração do Plano, o volume declarado pelas empresas em investimento intramuros em P&D corresponde a 60% do total registrado no Estado de São Paulo:

A participação da iniciativa privada em atividades de pesquisa é intensa no Estado de São Paulo, segundo os dados apurados. As empresas são responsáveis pelos maiores volumes de investimento em pesquisas (60%), a maior parte executada em seus próprios centros ou departamentos de P&D. O investimento público estadual corresponde a 23% do total e o federal, a 15% – no conjunto dos demais estados, o dispêndio federal respon-

“

A tendência de reduzir todas as contratações ao regime de dedicação exclusiva é prejudicial à formação dos jovens engenheiros.

”

de por 57% do total, o estadual por 17% e o empresarial por 26%. O Plano Diretor aponta para a oportunidade da busca pelo investimento privado em P&D no Estado, inclusive por empresas estrangeiras, contrariando a avaliação de que as multinacionais não investem em pesquisa fora de seus países-sede.

“

A simples formação de Mestres e Doutores, por si só, não teve o impacto necessário para colocar o Brasil na condição de país industrializado, com repercussão relevante no PIB brasileiro.

”

Na mesma oportunidade, o Professor Brito Cruz afirma que São Paulo precisa usar as oportunidades que estão sendo oferecidas por essas organizações. “Mais do que isso, a qualidade do investimento privado merece atenção, buscando maior competitividade internacional”. Como exemplo, comentou que os dados levantados mostram que as empresas brasileiras obtêm 29 registros de patentes a cada 10 mil pesquisadores empregados por empresas. No Japão, essa relação é de 934 para 10 mil. De fato, a atividade criativa com registros de patentes é ainda muito incipiente (**Figuras 5A e 5B**). Ou a eficácia dos investimentos em P&D no Brasil para o desenvolvimento industrial é pífia, o que seria um grave indicador de ineficiência, ou o que as empresas declaram como investimento em P&D tem outro suporte conceitual. A questão é mais complexa pois depende da conexão entre programas de Estado para investimento a longo prazo em projetos arrojados sem soluções prontas e os desafios que surgem para as empresas brasileiras. Entretanto, se não conseguirmos essa conexão ficaremos com pequenas inovações, mas sem grandes invenções. A simples formação de Mestres e Doutores, por si só, não teve o impacto necessário para colocar o Brasil na condição de país industrializado, com repercussão relevante no PIB brasileiro. O setor industrial tem-se mostrado tímido quando se trata de fazer avançar a tecnologia a partir de ideias próprias. Um levantamento recente da “**ACCENTURE**” – *Brazil Unleashed: Lessons in building world-class international operations* – mostrou que não obstante 79% dos empresários brasileiros considerarem a expansão internacional como fator crítico para o crescimento nos próximos 3-5 anos; que 75% pretendem aumentar o investimento na expansão internacional nos próximos 3-5 anos; que 74% têm uma clara estratégia de entrada e expansão no mercado internacional, porém apenas 18% estão plenamente confiantes de possuir capacidade operacional necessária para executar as estratégias programadas para crescimento internacional!?

O descompasso do setor industrial brasileiro, ou o que sobrou dele, não age compativelmente com um projeto de país que se quer tecnologicamente autônomo tanto quanto possível. Não se pode, porém, imputar exclusivamente à nossa indústria a falta de atividade criativa. O Estado brasileiro não tem contribuído como deveria. Não temos um estado empreendedor capaz de deflagrar um processo de industrialização que seja mais criativo e autônomo.

As circunstâncias que nos envolvem tanto no desenvolvimento científico, até agora bem-sucedido, quanto no desenvolvimento industrial medíocre, impactam definitivamente a organização curricular para a formação do engenheiro.

FIGURA 5A
Patentes registradas na Itália

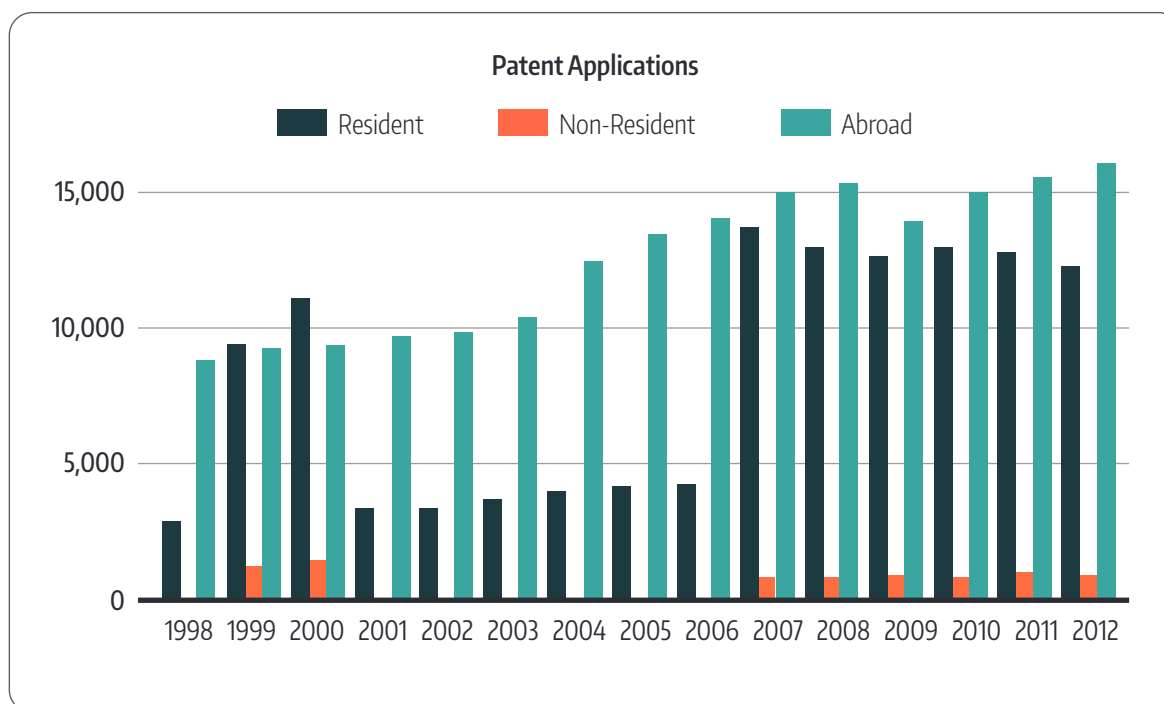
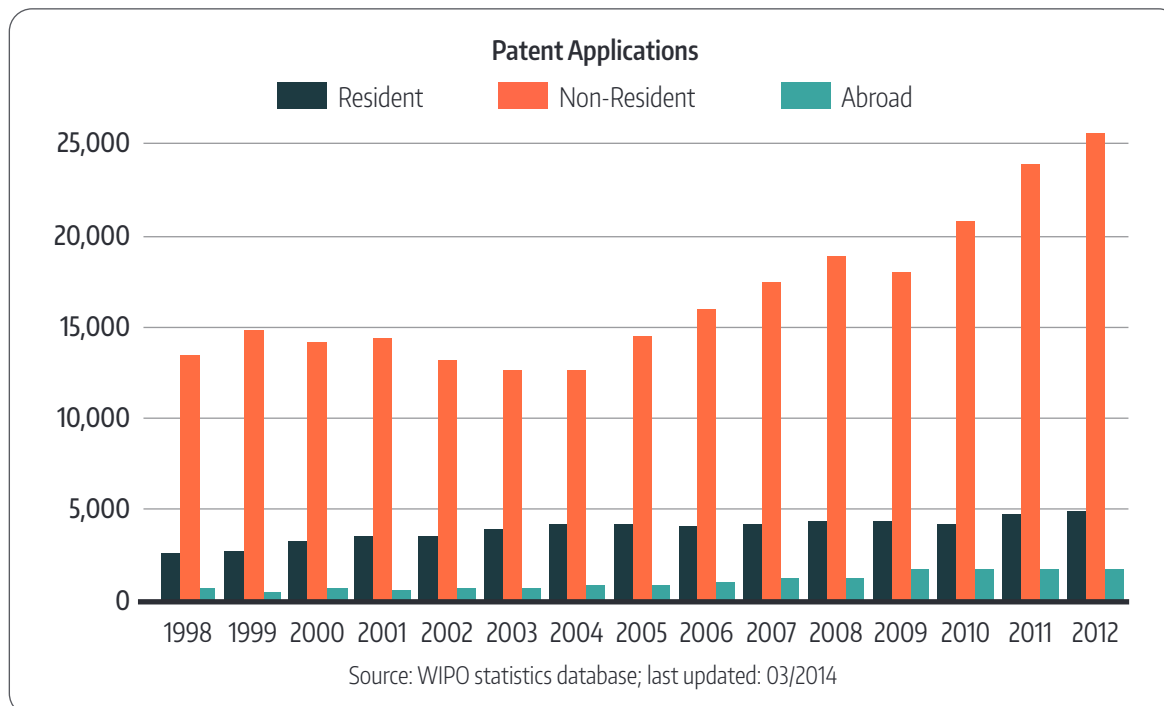


FIGURA 5B
Patentes registradas no Brasil



Outro dado interessante refere-se às publicações conjuntas entre universidades e empresas. Entre 2015 e 2017 foram publicados cerca de 1379 trabalhos importantes cujos autores eram de empresas e de universidades ou institutos de pesquisa [9]. Foram 819 trabalhos provenientes do setor industrial e mineração dos quais 543 foram em parceria com a Petrobrás e os demais distribuídos entre Em-



O processo de desindustrialização é resultado principalmente de uma política interna medíocre que privilegia o capital e impede a industrialização criativa.



braer, Eletrobras, IBM, Whirlpool-Embraco, Ericsson, Braskem e Itaipu. Os outros 276 trabalhos cooperativos concentram-se no setor de fármacos e papel/celulose distribuídos entre 15 empresas. É evidente a importância de uma empresa nacional de grande porte na cooperação com a universidade e institutos de pesquisa para a produção de conhecimento com projeção internacional. É preciso que se considere que na cooperação entre empresa e universidade além de temas de pesquisa com impacto nas aplicações práticas há normalmente a participação de estudantes que após se formarem são contratados pelas empresas. Portanto não é apenas um fator de avanço do conhecimento aplicado, mas também a contribuição para a qualificação da força de trabalho das empresas.

O processo de desindustrialização, que vem se tornando cada vez mais agudo na administração atual, é resultado principalmente de uma política interna medíocre que privilegia o capital e impede a industrialização criativa. Essa opção é antiga e prevalece desde os tempos de Brasil colônia. Existem várias provas da capacidade criativa tecnológica brasileira como apresentada na relação a seguir:

Fotografia: *Inventor de um dos primeiros métodos de fotografia do mundo, **Hercules Florence** foi, certamente, um dos mais interessantes e notáveis estrangeiros que se estabeleceu no Brasil, no século XIX. Viveu no país entre 1824 e 1879, quando faleceu em Campinas.*

Dirigível e aviação: *Todos conhecemos **Santos Dumont** e sua contribuição encontra-se registrada em inúmeros documentos. No entanto, por influências econômicas, vende-se a mensagem que os norte-americanos irmãos Wright foram os pioneiros, ainda que tenham se valido de um sistema de propulsão externo à aeronave.*

Câmbio automático: *O câmbio automático como o conhecemos hoje foi invenção de dois brasileiros: **Fernando Iehly de Lemos** e **José Braz Araripe**. A patente foi vendida à GM por US\$ 10 mil em 1932, e os primeiros veículos saíram da linha em 1939, com o tradicional câmbio chamado por décadas aqui no Brasil de hidramático.*

Rádio transmissão: *Em 1893 o padre, cientista e engenheiro gaúcho **Roberto Landell de Moura** testa a primeira transmissão de fala por ondas eletromagnéticas, sem fio. Graças a ele, a Marinha Brasileira realizou, em 1 de março de 1905, diversos testes de mensagens telegráficas no encouraçado Aquidaban. Todavia, o primeiro mundo reconhece o cientista Guglielmo Marconi como o “descobridor do rádio”*

Motor a álcool: *Foi inventado na década de 1970 pelo engenheiro brasileiro **Stumpf** (1916-1998). Após os testes, no início da década de 1980 começaram a surgir os primeiros veículos em série fabricados com motor 100% a álcool, sendo o primeiro deles o **Fiat 147**.*

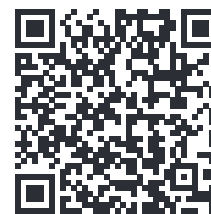
No entanto a desconsideração da criatividade industrial no Brasil é uma praga que está incrustada na nossa cultura inclusive no meio dos que deveriam exaltar a sua importância, isto é, a própria universidade. Um exemplo característico acontece mesmo nesse século. Trata-se da “Luz Engarrafada” inventada pelo mecânico de Uberaba, **Alfredo Moser**. Um invento que tem alcance mundial. Aqui no Brasil tem sido desconsiderada, desconhecida na maioria das nossas universidades. O invento foi apropriado indevidamente por um estudante do MIT e depois marginalmente corrigido pela instituição que citou Alfredo Moser sem dizer uma só palavra sobre sua vida, seu país, sua profissão [10-12]. Atualmente explorado pela MyShelter Foundation o processo vem sendo instalado no sudeste asiático em grande escala. O estudante que copiou o invento foi citado no “Young Global Leaders de 2008” pelo “World Economic Forum” (WEF). É inacreditável como deixamos que as nossas invenções se deixem explorar por outros no mundo inteiro usufruindo de valores e prestígios que deveriam ser nossos.

Além da formação profissional as nossas universidades deveriam promover o apreço pelas nossas invenções, estimular o amor-próprio e a iniciativa em explorar novas ideias. É preciso que se reconheça que ideias novas podem surgir de vários setores sociais. É preciso estimular os estudantes a tomarem iniciativas corajosas e defenderem a nossa participação no cenário industrial internacional.

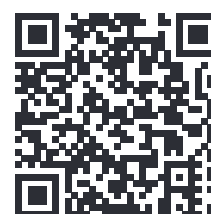
6. A nova universidade e as escolas de engenharia

A formação superior em engenharia no Brasil é atribuição de Escolas de Engenharia ou Escolas Politécnicas, (doravante denominadas EE), encaixadas em instituições de maior porte, **as Universidades e Centro Universitários**. No entanto permanece na quase totalidade **dessas Instituições de Ensino Superior** como um instituto praticamente independente. Portanto, não é correto admitir a EE como inserida em uma universidade mesmo porque esta não existe, permanece no projeto como foi dito pelo Professor Galvão, primeiro Reitor da Universidade do Brasil criada por decreto em 1920⁽⁴⁾. A história da Universidade de São

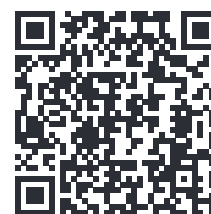
⁽⁴⁾ As críticas à forma como a Universidade do Rio de Janeiro foi criada em 1920 não param nesse ano. Sem ir muito longe, cabe citar algumas partes do relatório de seu primeiro Reitor Benjamin Franklin Ramiz Galvão, encaminhado ao Ministro de Estado e Negócios da Justiça, Joaquim Ferreira Chaves, em 1921: “Cumpre-me oferecer à atenção do governo o relatório do que de mais importante ocorreu na Universidade do Rio de Janeiro, durante o ano de 1921, que acaba de findar. Ele será, forçosamente, sucinto, já porque a Universidade, criada pelo decreto nº. 14.343, de 7 de setembro de 1920, e regulada pelo regimento constante do decreto nº. 14. 572, de 23 de dezembro do mesmo ano, está, apenas, em início de funções, já porque as condições em que ela se instituiu forçaram a mesma Universidade a permanecer dentro dos moldes estabelecidos pelo decreto nº. 11.530, de 18 de março de 1915, que é, por enquanto, lei vigente. Não errarei afirmando, pois, que a Universidade do Rio de Janeiro está, apenas, criada in nomine, e por esta circunstância, se acha, ainda, longe de satisfazer o desideratum do seu Regimento: estimular a cultura das ciências, estreitar, entre os professores, os laços de solidariedade intelectual e moral, e aperfeiçoar os métodos de ensino” (Galvão, 1921).



[10]
<https://believe.earth/pt-br/alfredo-moser-o-genio-da-lampada-engarrafada/>



[11]
<https://www.morethangreen.es/en/a-liter-of-light-by-mit/>



[12]
<https://sigus-r1.mit.edu/news/illac-diaz-presents-liter-light-recycled-water-bottle-projects>

Paulo (USP) seguiu trajetória semelhante. Basta dizer que, na maioria das instituições, os estudantes não são admitidos para a Universidade, mas para um determinado Departamento ou Curso.

Assim vamos admitir a formação do engenheiro autocontida nas escolas de engenharia embora com possibilidade de acesso a outros saberes quando autorizado ou requerido pela administração e conselhos das EE.

“

Como primeira proposta sugere-se que as admissões dos novos estudantes sejam para EE e não para um departamento, cortando precocemente as preferências dos estudantes e bloqueando o exercício da livre escolha e capacidade de assumir riscos.

”

Dadas essas circunstâncias que geram contradições intrínsecas à própria legislação em vigor, uma vez que os órgãos federais e estaduais de educação legislam na hipótese de existência de Universidades, o que é uma ilusão, convém que as respectivas organizações acadêmicas das EE procurem soluções que minimizem a falta que faz a sua inserção em um contexto universitário aproveitando as possíveis interações com outros institutos e tomando decisões internas que promovam a melhor formação para o mundo moderno em rápida mutação.

Como primeira proposta sugere-se que as admissões dos novos estudantes sejam para EE e não para um departamento, cortando precocemente as preferências dos estudantes e bloqueando o exercício da livre escolha e capacidade de assumir riscos. Prosseguindo nessa direção de aproximação com um verdadeiro contexto universitário as EE deveriam reservar um número de vagas para atender à demanda de estudantes de outros Institutos ou Escolas que fazem parte da chamada universidade, adotados os procedimentos adequados.

Mesmo não havendo Universidade no sentido integral convém que as EE ofereçam condições para uma formação que vá além das atribuições exclusivas das profissões e que prepare o futuro engenheiro para enfrentar os desafios do mundo moderno tanto no seu contexto social como no tecnológico que se estendem para além das fronteiras nacionais. Os engenheiros graduados nas Escolas Politécnicas devem ter uma formação tão próxima quanto possível da formação universitária necessária para o mundo em rápida mutação.

Algumas observações valem para qualquer EE independentemente da sua inserção. Em primeiro lugar a maior atenção deve ser para o exercício da liberdade intelectual estimulando os estudantes a andarem com suas próprias pernas. A nossa cultura está mais próxima de projetar bengalas do que estimular independência intelectual e o exercício da criatividade.

Precisamos também reconhecer os limites da formação acadêmica:

- As Escolas de Engenharia devem ser entendidas como o lugar do *know why*.
- O *know how* pertence às Empresas.
- Já a pós-graduação deve provocar com a pergunta *why not?* Por que não?

Norteados nos argumentos anteriormente levantados, seguem algumas ações que na visão da ANE são essenciais e devem ser implantadas com urgência. É importante deixar claro que a proposta que se segue foi projetada para cursos que se inserem na proposta universitária. Cursos que se propõem a formação tecnológica, tão importante no Brasil, seguem outra linha de formação. Não é inferior nem superior à formação universitária, simplesmente tem outro objetivo.

7.1. Ações norteadas por princípios básicos

a) Toda Escola de Engenharia (EE) deve estar inserida em um ambiente universitário e interagir como as outras unidades dedicadas prioritariamente a outros focos do conhecimento.

b) A EE é um lugar onde sobretudo se aprende e não onde prioritariamente se ensina.

c) O objetivo central e indispensável na formação superior é estimular os estudantes a exercerem a independência intelectual e reduzir a aversão ao risco, favorecendo o espírito inovador.

d) Os conteúdos didáticos devem ser organizados para atender à convergência do conhecimento científico e tecnológico (interdisciplinaridade).

e) Nas últimas décadas, a organização dos conteúdos das disciplinas tem sofrido revisões frequentes em virtude do acelerado avanço do conhecimento proporcionado pela crescente integração disciplinar. É essencial que se acompanhe esse movimento rompendo barreiras departamentais e introduzindo a dinâmica necessária no conteúdo das disciplinas.

f) O número de horas de aula bancária deve ser reduzido, delegando ao estudante responsabilidade pelo aprendizado. Aqui o recurso de aulas assíncronas (gravadas), largamente empregado em função da COVID19, será de grande valia, mas deve ser considerada com critério. A interação presencial não se reduz a aulas, mas vai muito além promovendo a discussão e geração de novas ideias. O principal é promover novas atividades presenciais insubstituíveis via virtual. Trabalhos em laboratórios é um dos meios para promover os encontros indispensáveis.

g) As EE, em consonância com as Universidades em que estão inseridas, devem definir sua missão e afirmar os princípios fundamentais que sustentam seu projeto de educação superior.

7.2. Ações de estruturação curricular

h) A formação do engenheiro deve ocorrer em dois ciclos:

- I. Ciclo Básico Comum, que garantirá o acesso ao ciclo profissionalizante.
- II. Formação Profissionalizante. Concluído o Ciclo Básico, caso o estudante decida continuar na EE, ele deverá fazer uma escolha profissionalizante a partir de um leque de oportunidades que deve ser amplo, porém com foco na especialização (formação vertical) e não na generalidade (formação horizontal).

São vantagens do Ciclo Básico comum:

- Permitir que sua escolha no ciclo profissionalizante seja feita com estudos que melhor justifiquem sua preferência.
- Facilitar aos seus concluintes a transferência entre EE e mesmo entre universidades.
- Permitir uma decisão de não continuar a EE e optar por outros fios condutores sem perda dos estudos já concluídos.
- Permitir um engajamento profissional antes do término do ciclo profissionalizante.

i) O Ciclo Básico deverá ser organizado de modo a promover a formação integral de todos como cidadãos e cidadãs. Os fios condutores da formação deverão capacitar os estudantes a conhecer o universo (matéria, energia e processos de transformação) em que vivem, quem são como pessoas e como se vive em sociedade.

j) O Ciclo Básico deverá incluir disciplinas de Matemática, Estatística, Física, Química, Biologia, Ciências Humanas e Sociais, e Computação, essa última especialmente voltada para os conhecimentos de Inteligência Artificial e métodos que sustentam a revolução da informação presenciada nos dias de hoje, proporcionando inclusive maior aproximação com o campo das neurociências. Ao terminar o Ciclo Básico o estudante deverá dispor de conhecimentos suficientes para tomar uma decisão consciente em relação à sua carreira de engenheiro. Este conhecimento deverá ser transmitido através de cursos, ciclos de palestras e outras atividades que farão parte integrante do Ciclo Básico.

k) Aos concluintes do Ciclo Básico Comum que cursarem pelo menos mais um ano de estrutura curricular específica, com ênfase na formação interdisciplinar, integrando ao processo formativo as dimensões humanística, cidadã, empreendedora e ambiental, ao lado de uma base sólida em Física, Química, Matemática, Informática, entre outras disciplinas, e definida pelas respectivas Instituições de Ensino Superior, será concedido o diploma de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

l) Tal diploma facilitará o engajamento profissional e o ingresso em outros cursos e universidades. O diploma de Bacharel em Ciência e Tecnologia, obtido com dis-

ciplinas adicionais focadas na interdisciplinaridade, permitirá um leque maior opções para entrada no mercado de trabalho, fornecendo elementos para adaptação dinâmica do profissional ao mercado em evolução contínua. A inserção das EE no ambiente universitário, sempre que possível, é importante para uma formação de qualidade.

É indispensável que haja projetos de pesquisa em curso nas EE congregando vários professores e pesquisadores e que os estudantes de graduação tenham acesso a esses projetos inclusive com tarefas a serem desenvolvidas para o avanço do conhecimento. A participação em Equipes de Competição deve ser incentivada e, em parte, poderá compensar a insuficiência de projetos de pesquisa na absorção de estudantes. A formação horizontal ocorrerá nesse ambiente e não na opção profissionalizante.

7.3. Ações de orientação didática em face da nossa tradição pedagógica e dos tempos atuais

O número de cursos oferecidos à distância tem crescido exponencialmente, estimulados ultimamente pelas condições de inter-relacionamento impostas pela COVID-19. Este fenômeno veio reforçar a implantação dos cursos não presenciais. Vários estudos em andamento ocupam-se com esse tema – OECD Centre for Educational Research and Innovation (CERI) – e embora apontem os exageros de certas projeções, alertam para o crescimento dos MOOC (Massive Online Open Courses) em redes internacionais. Embora os novos cursos devam explorar a oferta de disciplinas à distância para certos temas devem promover a interação presencial nas universidades utilizando as várias opções de atividade possíveis na formação dos jovens estudantes.

Em especial, deve-se reconhecer que a tradição brasileira de formação em engenharia tem privilegiado a exposição teórica, procurando explorar modelos matemáticos e computacionais para justificar dados experimentais obtidos da literatura disponível. Esta orientação afasta os estudantes da realidade física, procurando experimentos simplificados que se ajustem aos modelos. A orientação no processo de aprendizado deve favorecer o espírito crítico do estudante, questionando diferenças obtidas entre os experimentos e os resultados esperados. Justificativas simplistas, jogando meramente a culpa nos instrumentos, não enriquecem a formação. Assim, o aumento percentual de carga de trabalho experimental investigativo em relação ao de cursos teóricos deve ser incentivado.

“

O aumento percentual de carga de trabalho experimental investigativo em relação ao de cursos teóricos deve ser incentivado.

”

7.4. Ações de integração nacional e de preservação da identidade regional

m) Recomendamos a interação entre EE's no Brasil, estimulando o intercâmbio de estudantes, flexibilizando a aceitação de créditos adquiridos em outras instituições congêneres. O diploma de Bacharel em Ciência e Tecnologia facilitará essa ação.

n) Além dos professores universitários, as instituições de ensino devem criar mecanismos para profissionais de reconhecida competência lecionarem e orientarem nas suas respectivas especializações.

o) Professores visitantes de outras EE são de todo desejável para estimular o desenvolvimento de pesquisas conjuntas e trocas de experiências pedagógicas.

p) Cada região deve ter a liberdade para propor suas opções para as diversas formações inclusive aquelas ainda sem regulamentação. Os Conselhos de autorização do exercício profissional não devem interferir na organização curricular, mas instituir um exame para exercício da profissão.

7.5. Ações para a internacionalização

q) A interação com instituições de outros países é também desejável estimulando particularmente o fluxo nas duas direções.

r) Para estimular a cooperação internacional, as EE devem oferecer cursos selecionados em língua inglesa.

7.6. Ações de aproximação com a sociedade

s) Ex-alunos devem ter o direito de acesso à formação complementar e atualização profissional.

t) As EE devem procurar interagir com a sociedade contribuindo dentro de sua competência para resolver problemas especiais que requeiram a incorporação de conhecimento especializado e não disponível na prática de engenharia.

u) Cabe ainda às EE a tarefa de examinar o contexto do mercado de trabalho para orientar a formação dos estudantes, principalmente para promoverem as inovações necessárias, verificando suas fragilidades e potencialidades de modo a tentar incluir na formação dos estudantes o conhecimento necessário para modificar positivamente as condições para o progresso.

7.7 Ações de aproximação com a indústria

v) As EE devem estar atentas também às oportunidades de cooperação com setores industriais envolvendo os estudantes nos projetos. As ações de estímulo ao empreendedorismo devem ser orientadas sobretudo para o desenvolvimento de invenções industriais.

w) Recomenda-se que os projetos de fim de curso possam ser realizados em grupos. A interação com o setor industrial é desejável e os projetos devem apre-

sentar resultados concretos. Sugere-se que os resultados sejam apresentados em simpósio público organizado pela própria EE.

x) Sugere-se fortemente que as EE com o apoio do setor industrial participem ativamente da elaboração das normas técnicas nacionais junto à ABNT ou mesmo elaborando recomendações técnicas paralelas. Essa atividade pode gerar inúmeros temas para investigação tecnológica e elaboração de teses e dissertações.

7.8 Ações para acreditação da formação do engenheiro

y) Deve ser introduzido um sistema nacional de acreditação dos cursos e das Escolas de Engenharia (EE), com a participação da representantes qualificados da universidade, do governo e da indústria, inclusive a Academia Nacional de Engenharia.

z) Para a implantação de modelos educacionais mais convenientes ao nosso tempo, e em um país tão grande e diversificado como o nosso, o processo de reconhecimento dos cursos de engenharia deve ser modificado. Na realidade, é mais conveniente estabelecer exame de qualificação para o exercício da profissão do que atribuir ao CREA interferência nas estruturas curriculares dos cursos de engenharia. As EE deveriam analisar essa alternativa em conjunto e discutí-las com o CREA.

8. Conclusão: Um projeto de estado

A presença do Estado é essencial para o sustento do sistema educacional e o progresso da indústria de ponta [13]. Seja indiretamente através de projetos de desenvolvimento com estímulo à produção industrial inovadora, seja diretamente através do investimento nas instituições públicas de ensino superior. É ilusória a proposta de transferir para o corpo docente a tarefa de obter recursos para sua sustentação em P&D com contratos com a indústria. Mesmo em países em que o setor industrial é forte e criativo isso não acontece como mostra distribuição de recursos em duas famosas universidades dos EUA, **Figura 6**.

Claramente a participação da indústria no financiamento à pesquisa é insuficiente para manter funcionando esta atividade de fundamental importância. No MIT que é a universidade com maior participação do setor industrial dentre as grandes universidades norte-americanas a contribuição da indústria não passa de 20% do total do investimento. Na UC Berkeley uma universidade pública do sistema da Califórnia também com grande contribuição ao avanço do conhecimento a participação da indústria não vai além de 6% do investimento total em pesquisa.

De fato, o investimento público em educação superior tem sido prioridade em países como os EUA que está comprometido com bolsas de estudo no montante de 1.6 trilhões de USD, cerca de 30% do PIB brasileiro.

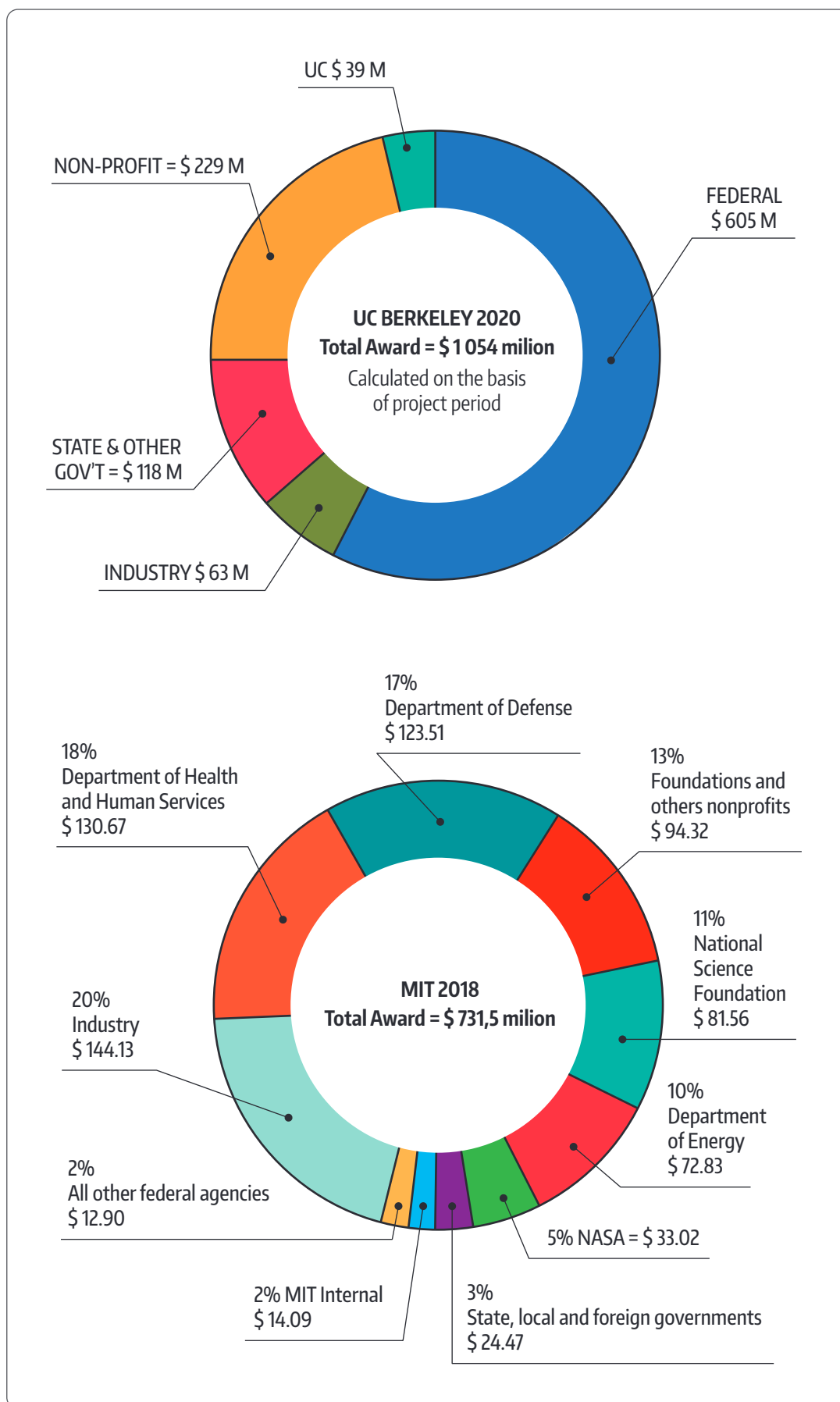
“

Deve ser introduzido um sistema nacional de acreditação dos cursos e das Escolas de Engenharia (EE), com a participação da representantes qualificados da universidade, do governo e da indústria, inclusive a Academia Nacional de Engenharia.

”

FIGURA 6

Investimento em pesquisa na UC Berkeley (2020) e no MIT (2018)



Nos primeiros 15 anos desse século, o investimento do Estado foi crescente e proporcionou um considerável avanço em P&D. Tanto no MEC (**Figura 7**) como no MCT (**Figura 8**) os recursos permitiram considerável progresso. Infelizmente, desde 2016, o país vem mergulhando em um total abandono dos sistemas de pesquisa e educação. Será necessária muita disposição para vencer esse período nunca visto na nossa história.

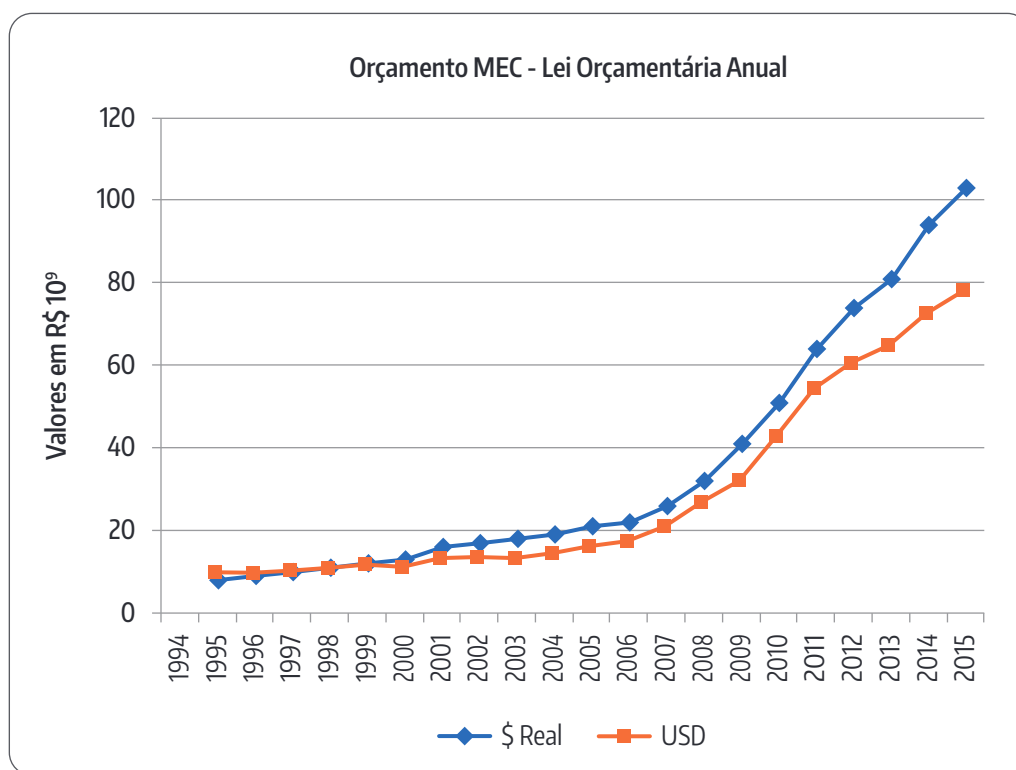


FIGURA 7
Orçamento do Ministério da Educação

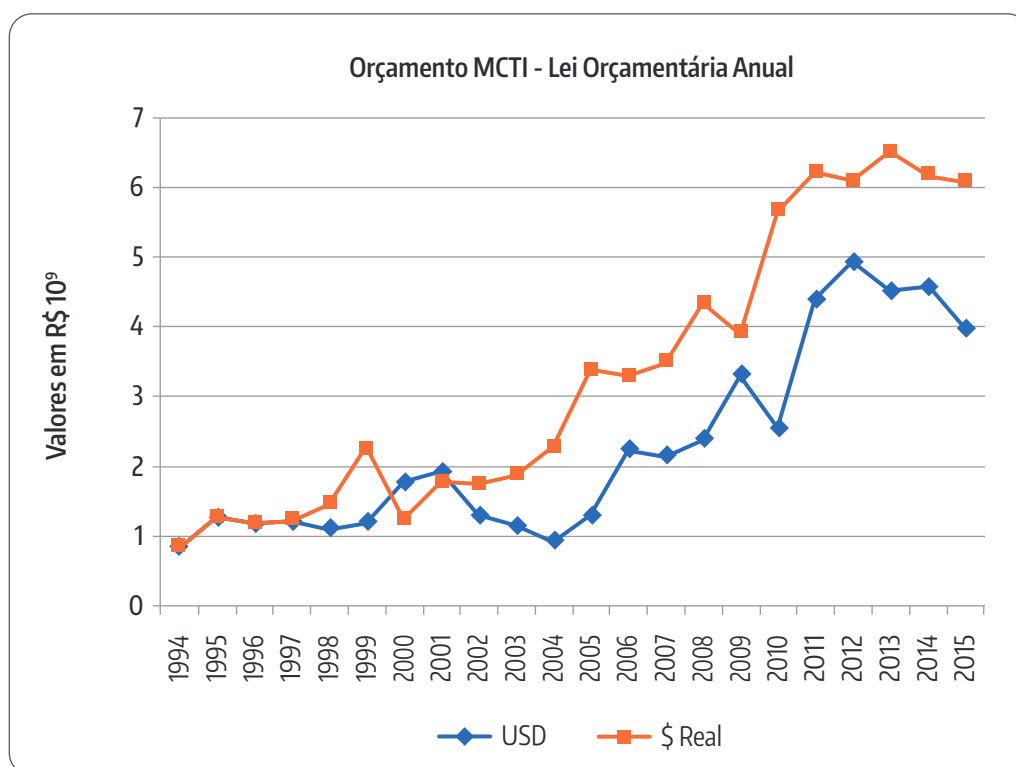


FIGURA 8
Orçamento do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação



Em todos os países desenvolvidos, a formação básica está sob a responsabilidade do Estado (Alemanha, Inglaterra, EUA, Japão, China, etc...). Infelizmente, aqui no Brasil, as escolas particulares para o ensino fundamental e ensino médio proliferam. Certamente, estamos no caminho errado.



Finalizando esse relatório em defesa do Ensino Superior de Engenharia, destacamos que nada será possível se não houver uma preocupação consistente e duradoura para a educação básica. Em todos os países desenvolvidos, a formação básica está sob a responsabilidade do Estado (Alemanha, Inglaterra, EUA, Japão, China, etc...). Infelizmente, aqui no Brasil, as escolas particulares para o ensino fundamental e ensino médio proliferam. Certamente, estamos no caminho errado. Urge uma correção.

Referências Bibliográficas

- [1] Jason Lane; Kevin Kinser, Is today's university the new multinational corporation? *The Conversation*, June, 2015.
- [2] <https://taylorsgcsp.wordpress.com>, acessado em 01/12/2021.
- [3] Joe Alper, *A Vision for The Future of Center-Based Multidisciplinary Engineering Research, Proceedings of a Symposion*, National Academies Press, Washigton, 2016.
- [4] Hamburg Transnational University Leaders Council, *The Hamburg Declaration: Organizing Higher Education for the 21st Century*, Universität Hamburg, June, 2017.
- [5] <https://globalcenters.columbia.edu/content/womens-leadership-network-program>, acessado em 01/12/2021.
- [6] W.A. Anderson et all, Changing the Culture of Science Education at Research Universities, *Science*, vol 331, 2011.
- [7] Fabrício Marques, Produção científica acessível: acesso aberto a artigos publicados por revistas do Brasil é significativo, mas impacto ainda é limitado. *Pesquisa FAPESP*, Ed. 259, setembro 2017.
- [8] Fabrício Marques, Ciclo interrompido de indicadores de ciência e tecnologia do MCTIC mostram efeito da recessão nos dispêndios em pesquisa e desenvolvimento no país em 2016, *Pesquisa FAPESP*, Ed. 275, janeiro 2019.
- [9] Di Cross, Simon Thomson, Alexandra Sinclair, *Research in Brazil: a report for CAPES by Clarivate Analytics*, CAPES, 2018.
- [10] <https://believe.earth/pt-br/alfredo-moser-o-genio-da-lampada-engarrafada/>, acessado em 01/12/2021.
- [11] <https://www.morethangreen.es/en/a-liter-of-light-by-mit/>, acessado em 01/12/2021.
- [12] <https://sigus-r1.mit.edu/news/illac-diaz-presents-liter-light-recycled-water-bottle-projects>, acessado em 01/12/2021.
- [13] Mariana Mazzucato, *O Estado Empreendedor: desmascarando o mito do setor privado vs o setor público*, Portfolio-Penguin, Rio de Janeiro, 2014.