

FAPESP 60 Anos:

A Ciência no  
Desenvolvimento  
Nacional



Uma homenagem da  
Academia de Ciências do Estado de São Paulo



# Capítulo 1

## Internacionalização e pesquisa colaborativa

Internationalization and collaborative research

### INTERNACIONALIZAÇÃO, CONTEXTO GERAL E HISTÓRIA

Internacionalização da pesquisa científica em todas as áreas do conhecimento pressupõe que a pesquisa seja colaborativa e, portanto, conjunta. Não é possível discorrer sobre internacionalização da pesquisa sem antes entendermos que ela deriva da existência de pesquisa conjunta (trabalhos em coautoria) e, em se-

guida, da pesquisa colaborativa, na qual pesquisadores ou instituições de pesquisa compartilham recursos intelectuais, materiais e financeiros.

Já nos séculos XVII e XVIII começaram a aparecer na França os primeiros trabalhos científicos publicados em coautoria, decorrentes de compartilhamento de resultados de pesquisas ou mesmo de dois ou mais pesquisadores trabalhando juntos em um mesmo laboratório. De fato, a “profissionalização” de pesquisadores estimulou o aparecimento de pesquisa conjunta e a publicação de resultados em coautoria (Beaver & Rosen, 1978). Profissionalização foi um processo organizacional dinâmico que levou a uma reestruturação revolucionária daquilo que havia sido um grupo livre de cientistas amadores em uma comunidade científica. A profissionalização redefiniu como a ciência era

### autores/authors

Edgar D. Zanotto<sup>1</sup>  
Glaucius Oliva<sup>2</sup>  
Helena B. Nader<sup>3</sup>  
Hernan Chaimovich<sup>2</sup>  
Jorge A. Guimarães<sup>4</sup>  
Marilda S. T. Bottesi<sup>5</sup>  
Sérgio F. Novaes<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil.

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo (USP), Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Brasil.

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil.

<sup>5</sup> Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Brasil.

<sup>6</sup> Universidade Estadual Paulista (Unesp), Brasil.

### INTERNATIONALIZATION, GENERAL CONTEXT, AND HISTORY

The internationalization of scientific research in all areas of knowledge presupposes that research is collaborative and, as such, shared. It would be impossible to consider the internationalization of research without firstly understanding that it emerges from research in teams (work in co-authorship) and, subsequently, from collaborative research, in which researchers or research institutions share intellectual, material, and financial resources.

During the 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> centuries, the first scientific studies published in co-authorship began to emerge in France resulting from the sharing of research results or even from two or more researchers working together in the same laboratory. In fact, the “professionalization” of researchers stimulated the emergence of group research and the publication of results in co-authorship (Beaver & Rosen, 1978). Professionalization was a dynamic organizational process that led to a revolutionary restructuring of what had been a group of amateur scientists working in a scientific community. It redefined how science was do-

ne, by whom it was done, where it was done, who paid for it, what its practitioners were seeking and how a person became a scientist. Beaver & Rosen (1978) highlighted that it was in Napoleonic France that the first professionalized scientific community was born. At the beginning of the 19<sup>th</sup> century, nearly all group research were undertaken by French researchers. Collaborative research only appeared in Germany and England much later when they also underwent professionalization. As such, scientific collaboration represents a response to the professionalization of science.

If the internationalization of science allowed for funding partnerships and resource optimization, it also led to a global search for the best talent, thus instigating competition and inequality between regions and countries, with consequences for economic competitiveness and national security (Internationalisation of EU Research Organisations, 2019; National Research Council, 2014). Internationalization is healthy and desirable, but it also has a direct relationship with diasporas that are increasingly more evident in a globalized world.

feita, quem a fazia, onde era feita, quem pagava, o que seus praticantes queriam e como se tornariam cientistas. Beaver & Rosen (1978) apontam que foi na França napoleônica que surgiu a primeira comunidade científica profissionalizada. No início do século XIX, praticamente todas as pesquisas conjuntas eram realizadas por pesquisadores franceses. A pesquisa colaborativa só apareceu muito mais tarde na Inglaterra e na Alemanha, quando eles também passaram por profissionalização. Ou seja, a colaboração científica representa uma resposta à profissionalização da ciência.

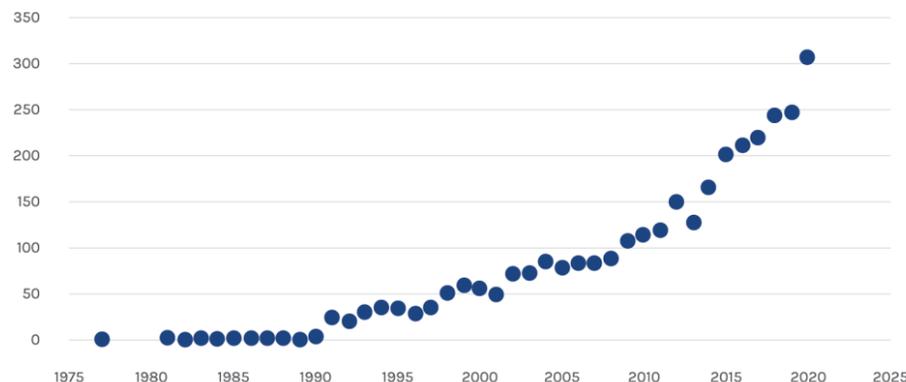
Se, por um lado, a internacionalização da ciência permitiu parcerias de financiamento, otimização de recursos, também levou à busca mundial pelos melhores talentos, gerando competição e desigualdades entre regiões, países, com implicações para

a competitividade econômica segurança nacional (Internationalisation of EU Research Organisations, 2019; National Research Council, 2014). A internacionalização é saudável e desejada, mas também tem relação direta com as diásporas que estão cada vez mais evidentes no mundo globalizado.

As bases de dados (como Scopus ou In-Cites) em geral analisam internacionalização de publicações tomando como base as publicadas desde 1980. A história científica da colaboração internacional é bem mais difícil de encontrar. Um exemplo desse tipo de dados pode ser encontrado no trabalho de Graf & Kalthaus (2018), que mostra como o número de publicações com autores de mais de um país referentes a energia fotovoltaica, quase desprezíveis até 1980, começa a crescer exponencialmente a partir da década de 1990.

**Número de publicações com autores Brasil/EUA em enzimas**

Number of publications with authors Brazil/USA about enzymes



**Figura 1.** Número de publicações com autores do Brasil/EUA com a palavra-chave “enzymes”.  
 Figure 1. Number of publications with authors from Brazil/USA with the keyword “enzymes”.

Demonstrando esta tendência, a Figura 1 apresenta dados obtidos do Web of Science em 04/10/2020 mostrando as publicações em que aparecem autores do Brasil e dos Estados Unidos no tema enzimas.

Claramente, em temas tão distintos como energia fotovoltaica e enzimas, contextos também distintos como os países da Europa e a colaboração Brasil-Estados Unidos, é na década de 1990 que a colaboração internacional, estimada pelas publicações com autores de mais de um país, aumenta exponencialmente. Certamente a colaboração entre cientistas tem uma história milenar, que se traduz em trabalhos publicados com autores de países diferentes somente nos últimos séculos. No século XIX, a colaboração se profissionalizou, mas o número de trabalhos com autores de países distintos era ainda pequeno.

Na esteira das grandes transformações globais decorrentes da segunda grande guerra, e seu final marcado pela trágica detonação das bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki em agosto de 1945, várias ações seminais foram estabelecidas aqui no Brasil no decênio pós-guerra. A ciência foi decisiva no desfecho do conflito global, e todos

os países entenderam que as descobertas científicas iriam determinar a geopolítica global e o bem-estar das pessoas e sociedades. Foi assim que no Brasil foram criados a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) em 1948, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) em 1949, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) em 1951. De forma pioneira e de grande vanguarda inclusive no cenário internacional, a Constituição paulista de 1947 determinou que o fomento à pesquisa científica seria propiciado **pelo Estado**, por intermédio de uma Fundação, que deveria receber “[...] como renda de sua privativa administração, quantia não inferior a meio por cento do total da receita ordinária arrecadada pelo Estado [...]” (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2022a). Esta Fundação, a FAPESP, foi criada somente quinze anos depois (São Paulo, 1960, 1962), por iniciativa de uma série de cientistas e implementada por um eminente Governador de Estado, **Carlos Alberto Alves de Carvalho Pinto**.

Databases (such as Scopus or InCites) usually analyze the internationalization of publications based on works published since 1980. The scientometric history of international collaboration is much more difficult to find. An example of this kind of data can be found in the work of Graf & Kalthaus (2018), which shows how the number of publications with authors from more than one country, related to photovoltaic energy, almost negligible in the 1980s, begins to grow exponentially starting from the 1990s.

Demonstrating this tendency, Figure 1 presents data obtained from Web of Science on Oct. 04, 2020, showing the publications about enzymes, in which authors from Brazil and the United States appear.

Clearly, in subjects as different as photovoltaic energy and enzymes, and contexts as diverse as European countries and Brazil-United States collaboration, it was in the 1990s that international collaboration, estimated according to publications by authors from more than one country, increased exponentially. Certainly, collaboration between scientists has a history going back centuries, which is reflected in works published by authors from different countries only in recent centuries. In the 19<sup>th</sup> century, collaboration was professionalized, with the number of works with authors from different countries still being small.

In the wake of the sweeping global transformations following the Second World War, and its conclusion marked by the tragic detonation of the atomic bombs over Hiroshima and Nagasaki in August 1945, numerous important steps were taken in Brazil in the post-war decades. Science was decisive for the outcome of the global conflict, and all countries understood that scientific discoveries would determine global geopolitics and the well-being of their peoples and societies. For these reasons, the Brazilian Society for the Advancement of Science (SBPC) was founded in 1948, the Brazilian Center for Research in Physics (CBPF), in 1949, the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) both in 1951. In a pioneering and visionary manner, the São Paulo Constitution of 1947 specified that encouragement of scientific research would be provided by the State, through a Foundation that would receive “[...] as funding for its administration, a sum of no less than 0.5% of the total ordinary revenue collected by the state [...]” (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2022a). This Foundation, FAPESP, was created only fifteen years later (São Paulo, 1960, 1962), at the behest of a group of scientists, and implemented by a distinguished governor of the state, **Carlos Alberto Alves de Carvalho Pinto**.

Science can be represented by a simple formula, Science = minds x resources. With many minds but few resources, the results will be negligible. With a vast amount of resources, but few minds, the outcome will be equally limited. Minds with knowledge and training to confront the unknown recognize no regional or national boundary. This is the essence of any project of internationalization for every nation in the world. Exchanges of knowledge between scientists, initially through the system of written correspondence and later on in a more systematic fashion with the creation of the main scientific journals in the world, was the most important instrument for internalization of science during centuries, and continues to be so. Another instrument for rapidly sharing new knowledge, with a global reach is the exchange of scientists and students. The movement of minds occurred in a forced manner many times throughout history, with the exodus of scientists persecuted by the Nazi regime, which carried them to other countries, where they contributed in a decisive manner to the outcome of the global conflict and subsequently to significant scientific advances during the second half of the 20<sup>th</sup> century. Serious geopolitical contexts such as the implantation of violent dictatorial regimes in Latin-American countries provoked a displacement of scientists within and outside the region. The fall of the Berlin wall led to a large exodus of Russian scientists. The lack of opportunities in Maoist China, and subsequently the economic growth strategy of the political group that came afterward, led to a significant exodus of students to other countries, many of whom returned decades later, drawn by the abundance of scientific resources in that country.

Similarly, countries without an academic tradition built the foundations for national education, science and technology systems, attracting professors and scientists worldwide and sending students to more well-established centers. This was the case of Imperial Brazil and of the First Republic, in areas such as Law, Humanities and Medicine that sustained themselves with the qualification of their representatives in Portuguese universities such as Coimbra, Lisbon and Porto. Oswaldo Cruz studied microbiology for two years at the Pasteur Institute and returned to Brazil to found the first Brazilian institute of biomedical research and public health. The University of São Paulo, the main structural reaction to the military defeats of 1930 and 1932, was organized by integrating professional Colleges around a central nucleus, the Department of Philosophy, Sciences and Humanities comprised by many scientific leaders brought from other countries.

A Ciência pode ser representada por uma equação simples, Ciência = cérebros x recursos. Se tivermos muitos cérebros e poucos recursos, o resultado será pequeno. Porém, mesmo se tivermos muitos recursos, mas poucos cérebros, o produto será igualmente limitado. E cérebros com conhecimento e preparação para trilhar o desconhecido são ativos que desconhecem barreiras regionais ou nacionais. Esta é a essência das ações de internacionalização de qualquer nação no mundo. O intercâmbio do conhecimento entre cientistas, inicialmente pelo sistema de correspondência escrita e depois de forma mais sistemática com a criação das principais revistas científicas no mundo, foi o principal instrumento de internacionalização da ciência durante séculos, e ainda continua sendo. Outro instrumento de rápido compartilhamento do conhecimento novo com alcance global é a mobilidade de cientistas e estudantes. O movimento de cérebros ocorreu de forma forçada em muitos momentos da história, como o êxodo de cientistas perseguidos pelo regime nazista, que os levou a outros países, onde contribuíram de forma decisiva para o desfecho do conflito mundial e depois para os grandes avanços científicos da segunda metade do século XX. Contextos geopolíticos graves como a implantação de regimes ditatoriais violentos nos países latino-americanos provocaram a movimentação de cientistas dentro e fora da região. A queda do muro de Berlim propiciou forte mobilidade de cientistas russos para o exterior. A falta de oportunidades na China maoista, e depois a estratégia desenvolvimentista do grupo político que lhe sucedeu, promoveram uma ampla saída de estudantes para o exterior, muitos dos quais retornaram depois de décadas, atraídos pela abundância de recursos para a ciência naquele país.

Da mesma forma, países sem tradição acadêmica construíram as bases de seus sistemas nacionais de educação, ciência e tecnologia com a atração de professores e cientistas e o envio de estudantes para os centros mais desenvolvidos. Este foi o caso característico do Bra-

sil Imperial e da Primeira República, em algumas áreas como o Direito, as Letras e a Medicina, que se nutriram com a qualificação de seus expoentes em Universidades portuguesas como Coimbra, Lisboa e Porto. Oswaldo Cruz estudou microbiologia por dois anos no Instituto Pasteur e retornou ao Brasil para estabelecer a primeira grande instituição nacional de pesquisa biomédica e de saúde pública. A Universidade de São Paulo, principal reação estrutural paulista às derrotas militares em 1930 e 1932, foi organizada integrando as Faculdades profissionais com um núcleo central, a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras constituída com muitas lideranças científicas trazidas do exterior.

**INTERNACIONALIZAÇÃO PARA QUE E POR QUÊ? TIPOS DE COLABORAÇÃO**

Hoje existe uma tendência de aumento de colaborações em praticamente todas as áreas da ciência, com foco principalmente na formação de recursos humanos e na produção conjunta de conhecimento. Estudos (Adams et al., 2019; The Royal Society, 2011; Wang & Barabási, 2021; Wuchty et al., 2007) mostram que colaborações promovem o contato com os expoentes da pesquisa científica, a melhoria na capacitação de novos pesquisadores, trazem o benefício da escala com acesso a grandes instalações e equipamento, acesso a conhecimentos interdisciplinares e têm a tendência de produzir descobertas de maior impacto.

As colaborações em pesquisa nacionais ou internacionais podem, em geral, começar de duas maneiras: (a) como iniciativa individual do pesquisador que, por interesse próprio, procura um colega que trabalha em área / tema semelhante à sua para troca de conhecimentos e acaba gerando uma parceria, seja ela eventual ou duradoura e (b) a colaboração estimulada por agências de fomento por meio de políticas de incentivo à pesquisa colaborativa e muitas vezes cofinanciada.

A colaboração individual é um hábito milenar entre cientistas e começa quando se encontram, ou trocam correspondência,

despertando interesses mútuos por procurar entender algum aspecto mal compreendido da natureza. Na medida em que a velocidade da comunicação aumenta, o número de encontros se amplia. E os cientistas, seguindo os seus naturais interesses e a partir de iniciativas individuais, aumentam a intensidade da colaboração. Este tipo de interação, ainda que possa produzir impactos notáveis, não depende, nem cresce, a partir de uma política institucional definida.

Ao estimular colaborações em pesquisa, as agências de fomento podem simplesmente usar as próprias linhas regulares de fomento para apoiar projetos que de algum modo envolvam pesquisadores parceiros de outras instituições, por exemplo, desde estágios de pesquisa no exterior, atração de pesquisador visitante, participação de pesquisadores em reuniões científicas nacionais ou internacionais, até o apoio à participação de pesquisadores em grandes colaborações internacionais (GCI). Podem também participar de chamadas internacionais de propostas ou celebrar acordos de cooperação com instituições nacionais ou internacionais e lançar, por meio desses acordos, editais (chamadas) visando receber propostas de projetos concebidos, escritos e desenvolvidos em conjunto com o pesquisador a ser apoiado pela instituição parceira.

Em particular, as chamadas grandes colaborações internacionais que envolvem às vezes milhares de pesquisadores e dezenas de países têm sido cada vez mais adotadas em diferentes áreas da ciência. Apesar de não ser um fenômeno recente (e.g. Projetos Manhattan e Apollo e a Estação Espacial Internacional), a pesquisa colaborativa tem sido cada vez mais recorrente e indispensável em algumas áreas. Certamente seria impossível imaginar que algumas das mais importantes descobertas das últimas décadas pudessem ter sido realizadas com apenas alguns pesquisadores trabalhando em seus laboratórios. O sequenciamento do genoma humano, a descoberta das ondas gravitacionais ou do bóson de Higgs são alguns exemplos.

Algumas características são comuns à maioria das GCI: a instrumentação completa, o custo muito elevado, a grande escala de tempo e a sazonalidade na produção científica. Alguns exemplos confirmam esse perfil. O CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) opera o mais avançado acelerador de partículas – *Large Hadron Collider*, LHC –, que é constituído por um anel principal de 27 km na fronteira franco-suíça e do qual participam pesquisadores de instituições paulistas de pesquisa, com apoio da FAPESP. O LHC demorou mais de uma década para ser construído<sup>1</sup> a um custo aproximado de US\$ 10 bilhões. As colisões de prótons a 13 TeV que ocorrem a cada 25 ns são analisadas por quatro detectores, sendo dois deles multipropósito. O detector *Compact Muon Solenoide* (CMS) (Compact Muon Solenoid, 2022) envolve por volta de 5.000 físicos, engenheiros, técnicos, estudantes e equipes de apoio vindo de 200 institutos de 50 países. Com 5 andares de altura e 14 mil toneladas, o detector possui 150 mil sensores responsáveis pelas medidas dos produtos das colisões. O processamento dos dados é realizado por uma estrutura de 170 centros distribuídos por 40 países, que foi concebida e implantada com essa finalidade (*Worldwide LHC Computing Grid*, WLCG). As colaborações CMS e Atlas tornaram-se, de alguma forma, os protótipos das GCI. O artigo que combina os resultados de ambos os experimentos sobre a descoberta do bóson de Higgs, que deu origem ao Nobel de 2012, possuía 5.153 autores de mais de 500 endereços institucionais. Por meio de outro projeto apoiado pela FAPESP, um grupo de pesquisadores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) projetou e desenvolveu um chip, chamado de “Sampa”, que será instalado no sistema de detecção do ALICE (*A Large Ion Collider Experiment*), um dos quatro grandes experimentos do LHC.

<sup>1</sup> Na realidade, o túnel no qual operou na década de 1990 o *Large Electron-Positron collider* (LEP) foi aproveitado para receber os feixes de prótons do LHC.

INTERNATIONALIZATION: WHAT FOR AND WHY? TYPES OF COLLABORATION  
Currently, there is a tendency to increase collaboration in nearly all fields of science, focused mainly on the formation of human resources and on the shared production of knowledge. Studies (Adams et al., 2019; The Royal Society, 2011; Wang & Barabási, 2021; Wuchty et al., 2007) show that collaborations promote contact with representatives of scientific research, improve training of new researchers, benefit in scale with access to significant infrastructure and equipment, promotes access to interdisciplinary knowledge and has a tendency of producing discoveries of significant impact.

National or international research collaborations generally begin in two ways: (a) as an individual effort on the part of a researcher who, by his own initiative, contacts a colleague that works in the same area (similar topic) to exchange ideas, and to build a partnership, be it short or long-term, and (b) collaboration stimulated by funding agencies through policies encouraging collaborative and frequently co-funded research.

Individual collaboration is a millennial practice between scientists, and starts when they meet or exchange correspondence, awakening mutual interests in which they seek to investigate some poorly understood aspect of nature. To the extent that speed of communication increases, so does the number of meetings. Scientists, according to their natural interests and based on individual initiative, increase the intensity of their collaborations. This type of interaction, even if it can produce considerable impact, does not depend, or grow, based on an institutionally defined policy.

By encouraging research collaborations, funding agencies can use their own and already established support streams to support projects that may involve researchers from other institutions. As an example, we can mention overseas research exchanges, recruitment of visiting researchers, participation of investigators in national or international scientific congresses, or support for participation of scholars and students in large scale international collaborations (GCI). They can also participate in international calls for proposals or enter into cooperation agreements with national or international institutions and launch, by way of these agreements, calls for proposals of draft projects drafted, written up and developed with the researcher to be supported by the partnering institution.

Particularly, the large calls for international collaborations, that at times involve thousands of researchers and tens of countries, have been increasingly adopted in different scientific fields. Despite not being a recent phenomenon (e.g., Manhattan and Apollo Projects and the International Space Sta-

tion), collaborative research has been ever more present and necessary in certain areas. Unquestionably, it would be impossible to imagine that some of the most important discoveries of recent decades could have been made with only a limited number of researchers working in their laboratories. The sequencing of the human genome, the discovery of gravitational waves or the Higgs boson are some examples.

Certain characteristics are common to the majority of GCI: complex instrumentation, high costs, long-time scales, and the seasonality of scientific production. Specific examples confirm this profile. CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) operates the most advanced particle accelerator – the *Large Hadron Collider* (LHC) – which is made up of a 27 km main ring on the Franco-Swiss border and in which researchers from São Paulo research institutes participate supported by funding from FAPESP. The construction of the LHC took over a decade<sup>2</sup> at a cost of approximately US\$10 billion. Proton collisions at 13 TeV that occur every 25 ns are analyzed by four detectors, two of which are multipurpose. The *Compact Muon Solenoide* (CMS) (Compact Muon Solenoid, 2022) detector involves around 5,000 physicists, engineers, technicians, students, and support teams from 200 institutes in 50 countries. Five stories tall and weighing 14 thousand tons, the detector has 150 thousand sensors responsible for measuring the outcome of the collisions. Data processing is carried out by a group of 170 centers spread across 40 countries, which was conceived of and established with this purpose in mind (*Worldwide LHC Computing Grid*, WLCG). The Atlas and CMS collaborations became, in some manner, prototypes for GCI. The article that combines the results for both experiments regarding the discovery of the Higgs boson, which was the basis for the 2012 Nobel Prize, had 5,153 authors from more than 500 institutions. Through another project supported by FAPESP, a group of researchers from the Polytechnic School of the University of São Paulo (Poli-USP) conceived and developed a chip called “Sampa” that would be installed in the detection system of ALICE (*A Large Ion Collider Experiment*), one of the four large experiments of the LHC.

Some big projects in Astronomy have presented a similar profile. *Rubin Observatory of the Legacy Survey of Space and Time* (LSST) (*Legacy Survey of Space and Time*, 2022) will study dark energy and matter. The LSST collaboration has approximately 1,500 members from 35 institutions in 23 countries. The construction proposal for the more than 8-me-

<sup>1</sup> In fact, the tunnel in which it operated during the 1990s, the *Large Electron-Positron collider* (LEP) was approved to receive the bundles of protons from the LHC.

Alguns grandes projetos em Astronomia possuem um perfil similar. O *Rubin Observatory* do *Legacy Survey of Space and Time* (LSST) (*Legacy Survey of Space and Time*, 2022) deverá estudar a energia escura e a matéria escura. A colaboração do LSST possui aproximadamente 1.500 membros vindo de 35 instituições de 23 países. A proposta de construção do telescópio de mais de 8 m foi feita em 2003, o sítio de Cerro Pachón foi selecionado para abrigar o telescópio em 2006 e ele deverá entrar em operação em 2023<sup>2</sup>.

O mesmo padrão de complexidade, custo e escala de tempo aparece no ITER (*ITER Organization Headquarters Building*, 2022) o maior projeto de produção de energia através da fusão nuclear. Seu *tokamak* com 23 mil toneladas está sendo implantado no sul da França por uma colaboração de 35 países. O ITER deverá demorar 30 anos para ser construído (2005-2035), com um custo previsto de US\$ 22 bilhões, que poderá atingir a cifra de US\$ 45 bilhões, segundo algumas estimativas.

Outro exemplo de GCI, o *Deep Underground Neutrino Experiment* (DUNE), nos Estados Unidos, é um projeto com o objetivo de descobrir novas propriedades dos neutrinos, partícula elementar com pouquíssima massa e que viaja a uma velocidade muito próxima à da luz. O DUNE tem participação de grupo de pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que desenvolveu, também por meio de um projeto financiado pela FAPESP, um detector de luz chamado de Arapuca, que está sendo instalado no DUNE.

Apesar de 95% dos artigos publicados mundialmente terem 10 ou menos autores (Adams et al., 2019; The Royal Society, 2011; Wang & Barabási, 2021; Wuchty et al., 2007) temos que nos adaptar à realidade das grandes colaborações internacionais caso queiramos atacar alguns dos problemas científicos mais relevantes. Com cer-

<sup>2</sup> Além do *Legacy Survey of Space and Time* (LSST), os experimentos *Southern Photometric Local Universe Survey* (S-PLUS) e o *Javalambre Physics of the Accelerating Universe Survey* (J-PAS) vêm sendo apoiados pela FAPESP.

Um aspecto importante dos grandes projetos internacionais são os incontáveis spinoffs, que decorrem da instrumentação sofisticada utilizada pelas GCI.

teza, os parâmetros da cientometria usuais, válidos para os artigos típicos, não devem ser diretamente aplicados ao caso das grandes colaborações. No entanto, há formas universalmente aceitas para avaliar pesquisadores e suas atividades científicas nesse caso.

Um aspecto importante dos grandes projetos internacionais são os incontáveis spinoffs, que decorrem da instrumentação sofisticada utilizada pelas GCI. Não são esses subprodutos da investigação em ciência básica que justificam o investimento em grandes projetos internacionais: eles, naturalmente, possuem seus próprios méritos. No entanto, é inegável o número de avanços induzidos por essas pesquisas que tem grande impacto para toda a sociedade.

O projeto internacional genoma, apoiado no Brasil pela FAPESP, recebeu de diversas fontes investimentos diretos de aproximadamente US\$ 4 bilhões e foi capaz de gerar mais de 300.000 empregos apenas em 2010, levando a um crescimento econômico estimado em US\$ 800 bilhões (Drake, 2011). No caso da física de altas energias, talvez o exemplo mais conhecido seja a implementação de um meio de acesso compartilhado de informações armazenadas em bancos de dados geograficamente dispersos. Berners-Lee e Cailliau, encarregados de desenvolver uma ferramenta colaborativa para cientistas e engenheiros que atuavam em colaborações internacionais, apresentaram no final de 1990 a proposta “*World Wide Web* (WWW) Proposta para



ter-long telescope was made in 2003; the site of Cerro Pachón was selected to house the telescope in 2006, which should be operational by 2023<sup>2</sup>.

The same level of complexity, cost and timeframe is observed with ITER (ITER Organization Headquarters Building, 2022), the biggest energy production project that uses nuclear fusion. Its tokamak, weighing 23 thousand tons, is being installed in the south of France in a collaboration between 35 countries. ITER will take 30 years to complete (2005-2035), at a predicted cost of US\$22 billion; but could cost as much as US\$45 billion according to some estimates.

Another example of GCI, the Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), in the United States, is a project that seeks to investigate new properties of neutrinos, an elementary particle with incredibly small mass that travels at a velocity very close to the speed of light. DUNE involves the participation of a group of researchers from the State University of Campinas (Unicamp), which developed, as another project funded by FAPESP, a light detector called Arapuca, that is being installed in DUNE.

Although 95% of the articles published globally have 10 or fewer authors (Adams et al., 2019; The Royal Society, 2011; Wang & Barabási, 2021; Wuchty et al., 2007), we must adapt to the reality of large international collaborations in case we intend to confront some of the most relevant scientific problems. Certainly, the usual scientometric parameters, valid for most articles, should not be directly applied to the case of large-scale collaborations. However, there are universally accepted ways of evaluating researchers and their scientific activities in this case.

An essential aspect of large-scale international projects is the numerous spinoffs that emerge from the sophisticated instrumentation used in GCI. These subproducts of basic scientific investigation do not necessarily justify the investment in large-scale international projects: they obviously have their own merits. However, the number of advances originated from such research that has a significant impact on the whole society is undeniable.

The international genome project, supported in Brazil by FAPESP, received numerous direct funding sources for around US\$4 billion and was able to generate over 300,000 jobs in 2010 alone, producing an estimated economic growth of US\$ 800 billion (Drake, 2011). In the case of high energy physics, maybe the most well-known example is the implemen-

tation of a means of access to shared information stored in geographically diffuse data banks. Berners-Lee and Cailliau, in charge of developing a collaborative tool for scientists and engineers who were involved in international collaborations, presented at the end of the 1990s the “World Wide Web” (WWW) Proposal for a “Hypertext Project”, in which they outlined the main steps for creating the WWW. It is unnecessary to highlight the impact that the WWW had on all aspects of society. There are various other examples of the impact of high energy physics in different areas (Amaldi, 1999; Florio et al, 2016; Lecoq, 2007).

It is important to observe the effect on training of students who participate in GCI (Camporesi et al., 2017). The student’s immersion in a multicultural and multidisciplinary environment, with researchers coming from hundreds of institutions, allows for an ample education aiming at the development of competencies that could be incorporated into other fields of activity. Learning how to have different approaches to new problems, mastering abilities for advanced techniques, learning to deal with an enormous amount of data, gaining experience in managing complex projects and working with large, diverse teams are valuable assets of interest to the most different sectors of society.

#### INTERNATIONALIZATION IN BRAZIL

The significant growth of Brazilian science in the last quarter of the 20<sup>th</sup> century was driven by the ample investment in the training of PhDs overseas, with large-scale financial support from FAPESP and federal agencies. During the second decade of the 21<sup>st</sup> century, The Science without Borders (CsF) program promoted a new round of investment in international exchange, expanding to include graduate students. In this program, only areas associated with technological innovation were included, and all graduate scholarship holders had to undertake an internship in a company or laboratory of a large multinational corporation that offered internships for scholarship holders of CsF overseas. Following, they recommended their Brazilian partners offer trainee opportunities for these students. Recently, the head of human resources of EMS pharmaceutical company reported that most trainees they hired in recent years were previous scholarship holders of the CsF program.

FAPESP adopted a model that encouraged student mobility through exchange programs, via Grants for Research Internships Abroad (BEPE), made available for all FAPESP undergraduate, master, doctoral and post-doctoral scholarship holders.

However, internationalization of science cannot be reduced to academic mobility. In the modern world, and especially following

um Projeto de Hipertexto”, na qual delineavam as principais etapas para a criação da WWW. É desnecessário ressaltar o impacto que o WWW teve em todos os aspectos da sociedade. Há vários outros exemplos do impacto da física de altas energias em diferentes áreas (Amaldi, 1999; Florio et al, 2016; Lecoq, 2007).

É importante observar o impacto na formação dos estudantes que participam de GCI (Camporesi et al., 2017). A imersão do estudante em um ambiente multicultural e multidisciplinar, formado por pesquisadores vindos de centenas de instituições, permite uma formação ampla capaz de gerar competências que podem ser incorporadas em outras áreas de atividades. Aprender a ter diferentes abordagens para novos problemas, dominar habilidades em técnicas avançadas, aprender a tratar uma enorme quantidade de dados, ter experiência em gestão de projetos complexos e trabalhar em grandes equipes heterogêneas, são ativos valiosos que interessam a diversos setores da sociedade.

#### A INTERNACIONALIZAÇÃO NO BRASIL

O grande crescimento da ciência brasileira no último quarto do século XX foi impulsionado pelo amplo investimento na formação de doutores no exterior, com expressivo apoio financeiro da FAPESP, bem como das agências federais, neste sentido. Na segunda década do século XXI, o Programa Ciência sem Fronteiras (CsF) promoveu um novo ciclo de investimento na mobilidade internacional, ampliado para estudantes de graduação. Neste programa somente foram contempladas as áreas associadas à inovação tecnológica, e todos os bolsistas de graduação tinham que fazer estágio em empresa ou laboratório de grandes empresas multinacionais que ofereceram estágios para bolsistas do CsF no exterior, e depois recomendaram suas filiais brasileiras que oferecessem vagas de *trainees* a estes egressos. Recentemente, a diretora de recursos humanos da farmacêutica EMS relatou que a maioria dos *trainees* que contrataram nos últimos anos foram bolsistas do CsF.

A FAPESP adotou modelo indutor de mobilidade estudantil na modalidade sanduíche, com o programa de Bolsas de Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE), disponibilizado a todos os bolsistas de iniciação científica, mestrado, doutorado, doutorado direto e pós-doutorado da FAPESP.

No entanto, internacionalização da ciência não pode se resumir a mobilidade acadêmica. No mundo atual, e em especial após a radical transformação da estrutura do trabalho para o modelo remoto, a circulação de informação e conhecimento é instantânea e sem barreiras. Neste cenário, o grande valor da internacionalização na ciência está na realização de projetos de pesquisa concebidos, escritos e desenvolvidos em parceria com pesquisadores de diferentes países e cofinanciados por meio dos mais variados mecanismos de colaboração internacional.

Ainda que seja esperado haver profundas mudanças no contexto mundial, no que concerne ao funcionamento das universidades no cenário pós-covid-19, as instituições sobreviventes precisarão, com mais razão, estar atentas com a perspectiva de forte interação internacional.

Apesar do grande crescimento do sistema de C&T nacional nas últimas décadas, o Brasil ainda apresenta um baixo índice de cooperação científica internacional, medida pelo número de publicações de autores brasileiros em coautoria com pesquisadores de outros países.

O estudo que analisa as publicações indexadas no Web of Science de 1980 até 1999 (Leta & Chaimovich, 2002) mostra que, embora tenha crescido a percentagem de publicações de cientistas brasileiros com colegas de outros países, ao se estagnar no começo da década de 1990, não acompanhou a explosão global de colaboração.

Reconhecida importância da colaboração científica no desenvolvimento de pesquisas conjuntas, a evolução deste índice tem sido mais lenta do que o esperado, atingindo atualmente 45% somente quando um (ou mais) dos autores trabalha em alguma Instituição do Estado de São Paulo. Assim, o Brasil, com uma por-

<sup>2</sup> In addition to the Legacy Survey of Space and Time (LSST), the experiments of the Southern Photometric Local Universe Survey (S-PLUS) and the Javalambre Physics of the Accelerating Universe Survey (J-PAS) is being supported by FAPESP.

centagem de colaboração de apenas 42%, encontra-se em evidente posição de inferioridade na comparação com os vizinhos Colômbia, Chile, Argentina e México, e com Portugal, Espanha e África do Sul, e mesmo com países de produção científica modesta, como Indonésia, Eslováquia, Bulgária, Paquistão e muitos outros, todos com este índice acima dos 45%. Somente o Estado de São Paulo ultrapassa os 45% de trabalhos com autores de São Paulo e outros países. Na Figura 2, Espanha aparece no gráfico para exemplificar o grau de internacionalização de um país representativo da Comunidade Europeia.

Mesmo quando se analisa tal índice entre nossas universidades, vê-se que apenas USP, UERJ, UFRJ e UCB situam-se entre 41% e 43%, e a PUCRJ um pouco acima com 48%. Destaque-se, todavia, que em áreas médi-

cas e biomédicas, o índice de cooperação atinge percentagens acima dos 40%, e em várias outras áreas como Astronomia e Astrofísica, Física de Partículas, Biologia da Evolução, Ecologia, Física Nuclear, Neurologia Clínica, Meteorologia & Ciências Atmosféricas, Psiquiatria, Estudos Ambientais, Físico-Química Atômica e Molecular e Geociências, o índice situa-se acima dos 50%. Observa-se, no entanto, que áreas de pesquisa importantes no cenário científico brasileiro, como Ciências Agrárias e Veterinária, Ciências da Computação e a maioria das ciências humanas e sociais, não aparecem entre as 50 áreas mais destacadas na produção científica brasileira, e têm, em comum, baixíssimo índice de cooperação internacional. A observação é útil como alerta sobre a necessidade de estimular essas áreas para adotar uma atitude

the radical transformations in the structure of work according to the distance working model, the circulation of information and knowledge is instantaneous and without borders. In this context, the great value of internationalization in science concerns the execution of research projects, conceived, written and developed in partnership with researchers from different countries and cofounded by varied mechanisms for international collaboration.

Even if profound changes are expected in the global context, in terms of the functioning of universities in the post-COVID-19 scenario, surviving institutions will understandably need to be aware of the dynamics of strong international cooperation.

Despite the significant expansion of the national S&T system in recent decades, Brazil still presents a low level of international scientific cooperation, measured according to the number of publications of Brazilian authors in co-authorship with researchers from other countries.

The study that analyzes the publications indexed in the Web of Science from 1980 until 1999 (Leta & Chaimovich, 2002) shows that, although the percentage of publications of Brazilian scientists with colleagues from other countries has grown, due to stagnation in the 1990s, they did not keep up with the explosion in global cooperation.

Despite the recognized importance of scientific cooperation for the development of shared research, the growth of this index has been slower than expected, currently reaching only 47% when one (or more) of the authors work in some institution in the state of São Paulo. Therefore, Brazil, with a percentage of cooperation of only 42%, finds itself at an evident disadvantage if compared to neighboring countries such as Colombia, Chile, Argentina, and Mexico, as well as with Portugal, Spain, and South Africa, and even if compared with countries with a modest scientific production such as Indonesia, Slovakia, Bulgaria, Pakistan and many others (which have more than 45% of cooperation projects). Only the state of São Paulo exceeds 45% of papers with authors from São Paulo and other countries. In Figure 2 Spain is presented on the graph to exemplify the degree of internationalization of a country representative of the European Community.

Even when we analyze this index amongst our universities, we find that only USP, UERJ, UFRJ and UCB have between 41% and 43% of cooperation, and PUCRJ has a slightly higher rate of 48%. It is notable however, that in the medical and biomedical fields, the level of cooperation reaches percentages above 40%, and in various other areas such as Astronomy and Astrophysics, Particle Physics, Biology of Evolution, Ecology, Nuclear Physics, Clinical Neurology, Meteorology & Atmospheric Sciences, Psychiatry, Environmental Studies, Atomic Physical Chemistry, and Geo-

sciences the level is above 50%. We can see, however, that important fields of research for the Brazilian scientific context, such as Agrarian and Veterinary Sciences, Computer Science and most social and human sciences do not appear among the 50 most emphasized areas in Brazilian scientific production. These areas present very low levels of international cooperation. This observation is useful as a warning about the need to encourage these areas to adopt a more pragmatic attitude regarding the expansion of measures seeking greater international cooperation. International scientific cooperation shows its importance when we observe the high correlation between the impact factor of publications and the volume of articles resulting from international cooperation. As such, of the 20 countries with the highest levels of impact factors, the average of articles in international co-authorship is 73.4% varying from 52% to 100% of articles published in international cooperation.

The table above draws immediate attention to the urgent need to increase scientific cooperation of our scientists through international partnerships. The initiatives to confront such a demand fall on the academic institutions and require support from funding agencies that should establish a well-defined internationalization strategy.

Considering the features of universities in the globalized context, the presence of institutions at World Class University (WCU) level is a central element for scientific qualification, for technological development, and for guaranteeing the nation's human development index, since WCUs play a fundamental role in the development and competitiveness of the knowledge economy (Altbach & Salmi, 2011).

Considerations for Universities to qualify as WCU

For Brazilian universities to qualify as World Class Universities, the first step is to seek an adequate level of internationalization, which is supported by the existence of a graduate program of excellence. To this end, in addition to the different qualitative characteristics already mentioned, challenges arise at three other levels. Firstly, the issue of governance, including full autonomy, ethical transparency, and responsibility, which together are widespread aspects of World Class Universities, is absent in the large majority of Brazilian universities. Such principles give institutions the power to manage their own future, a necessary condition to achieve planning objectives, which already occurs, for example, with the three state universities of São Paulo state - USP, Unicamp and Unesp -, whose autonomy creates conditions for governance. Secondly, the need to achieve performance centered on basic principles inherent to international stan-

mais pragmática em relação às perspectivas de ampliar as ações com vistas à cooperação internacional. A cooperação científica internacional mostra sua importância quando se verifica a elevada correlação entre o fator de impacto das publicações e o volume de artigos provenientes da cooperação internacional. Com efeito, nos 20 países com os maiores índices do fator de impacto, a média de artigos em coautoria internacional é de 73,4%, variando de 52% a 100% dos artigos publicados em cooperação internacional.

O quadro mostrado acima desperta imediata atenção para a aguda necessidade de acelerar a cooperação científica de nossos cientistas com parceiros internacionais. As iniciativas para enfrentar tal demanda recaem sobre as instituições acadêmicas e requerem apoio das agências de fomento que deveriam mostrar uma estratégia de internacionalização bem definida.

Considerando as características das universidades no contexto globalizado, a presença de instituições no nível das Universidades de Classe Mundial (WCU na sigla em inglês) constitui elemento central para a qualificação científica, para o desenvolvimento tecnológico e para a garantia crescente do índice de desenvolvimento humano das nações, pois as WCUs exercem importância fundamental no desenvolvimento e na competitividade na economia do conhecimento (Altbach & Salmi, 2011).

Considerações para as Universidades se qualificarem como WCU

Para as universidades brasileiras buscarem se qualificar como World Class University, o primeiro passo é a busca por um adequado nível de internacionalização, o que é facilitado pela existência da Pós-graduação de excelência eventualmente existente. Para isso, além das reconhecidas características qualitativas diferenciais acima expostas, surgem desafios em três outros níveis. Primeiro, a questão da governança, aí incluídas a plena autonomia e a transparência e responsabilidade com ética, que juntas são componentes amplamente desfrutados pelas Universidades de

Para as universidades brasileiras buscarem se qualificar como World Class University, o primeiro passo é a busca por um adequado nível de internacionalização (...)

Classe Mundial, ausentes na operação diária da grande maioria das universidades brasileiras. Tais princípios dão às instituições o poder de desenhar o próprio futuro, condição necessária para atingir o planejado objetivo, o que já ocorre, por exemplo, com as três universidades estaduais do Estado de São Paulo – USP, Unicamp e Unesp –, cuja autonomia lhes permite tais condições de governança. Segundo, a necessidade de buscar atingir desempenho centrado em outros princípios básicos inerentes à condição de instituição de padrão internacional e que impõe, entre nós, profundas mudanças funcionais tanto na pesquisa como no ensino.

A internacionalização plena das atividades de ensino e pesquisa tem vários componentes a serem considerados para uma gestão atualizada de uma universidade de qualidade internacional. O ensino informativo deve ser substituído por atividades formativas desafiantes e inovadoras. Os currículos, em cada tipo de formação profissional, devem, levando em consideração a realidade local, observar os padrões de currículos internacionais. Considerando o fato de que inglês é a língua franca de comunicação global, é essencial que desde o início da vida acadêmica se ofereçam a todos os estudantes oportunidades para que possam dominar um mínimo da língua inglesa. Assim, podem se ofertar disciplinas, seminários e outras atividades acadêmicas em inglês e em outras línguas. Convênios que permitam parcerias internacionais para du-

Internacionalização da produção científica estimada pela porcentagem de artigos com autores de mais de um país

Internationalization of scientific production estimated by percentage of articles with authors from more than one country

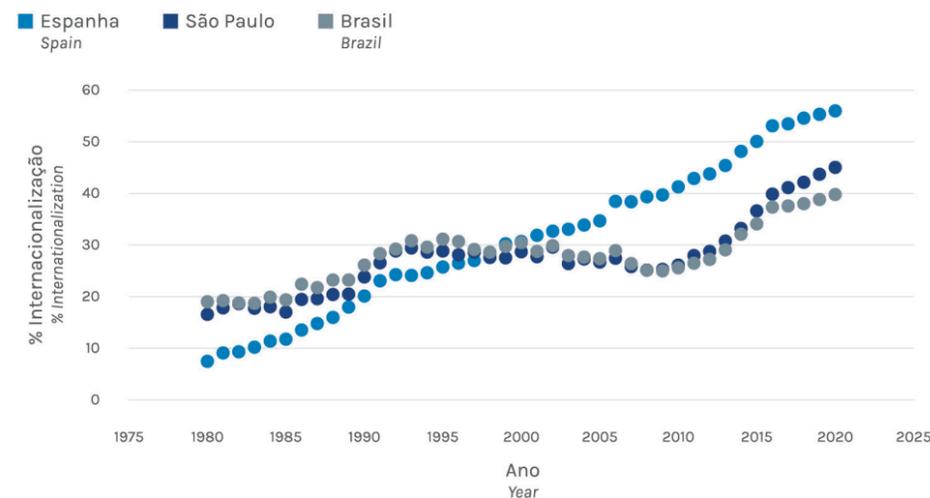


Figura 2. Porcentagem de trabalhos científicos indexados com autores de mais de um país. Dados comparativos de Brasil, Espanha e do estado de São Paulo. Fonte: Dados extraídos de InCites (2022). Figure 2. Percentage of scientific papers indexed with authors from more than one country. Comparative data for Brazil, Spain, and São Paulo state. Source: Data obtained from InCites (2022).

pla titulação possibilitam um aumento substancial da mobilidade internacional de estudantes, professores e corpo técnico-científico. Essas mudanças devem permitir a atração de estudantes e pesquisadores estrangeiros, bem como estimular publicações internacionais de artigos em coautoria. O contato permanente com o setor privado deveria também permitir a oferta de estágios aos estudantes, em larga escala, em empresas.

**E**m terceiro lugar, há de se considerar as novas circunstâncias geradas pela pandemia da covid-19, que impõe novos e profundos desafios para as instituições acadêmicas mundo afora (Witze, 2020). No enfrentamento desses desafios, certamente a cooperação internacional vai impor profundas adaptações no ensino e na pesquisa, mas ao mesmo tempo tornará ainda mais aguda a necessidade da cooperação científica e educacional para as universidades.

O conjunto de dados e considerações aqui levantados faz pressupor que um projeto de internacionalização da universidade brasileira deva ser cuidadosamente montado, tendo como alvo a busca da qualificação paulatina das instituições objetivando alcançar êxito na formação das nossas primeiras WCUs. Um avanço sobre este grande e inadiável desafio pode ser facilitado pelo envolvimento e inclusão dos Programas de Pós-Graduação (PPG) mais qualificados que já apresentam um bom grau de internacionalização e na promoção ao melhor desempenho desses mesmos cursos de Pós-graduação. Vale ressaltar que ações na direção de melhor explorar oportunidades de cooperação internacional devem estar centralizadas no melhor preparo institucional na qualificação em recursos humanos e no mais eficiente desempenho científico da universidade. Este cuidado busca evitar o risco de participação e atuação de forma subserviente na parceria, situação comum na grande maioria dos países menos desenvolvidos, especialmente em certas áreas de pesquisa, e que se caracteriza por

uma cooperação assimétrica e desbalanceada na contribuição científica entre os grupos de pesquisa do lado nacional e do lado internacional. A cooperação desbalanceada mais atrapalha do que ajuda o desenvolvimento das sociedades de tais países (Zanotto et al., 2016). Neste particular, destaque-se a posição favorável do Brasil, em face do seu extraordinário esforço de formação de recursos humanos pela via da Pós-graduação, que oferece oportunidade de maior garantia para a formatação da requerida simetria.

O formato de cooperação internacional aqui enfatizado impõe a adoção de iniciativas muito mais profundas e abrangentes do que as usualmente adotadas no Brasil pelo sistema federal de fomento centrado tão somente na concessão de bolsas de estudo oferecidas na demanda-balcão, e mesmo nos programas tipo Ciência sem Fronteiras ou Programa Institucional de Internacionalização (PrInt/CAPES) para formação no exterior. Implica, isto sim, oferecer financiamento substancial a projetos de pesquisa conjuntos entre grupos de pesquisa brasileiros e do exterior na perspectiva de verdadeira cooperação internacional visando desenvolver a pesquisa colaborativa pelo apoio financeiro específico, promovendo interações científicas e tecnológicas compartilhadas. Isto se torna ainda mais relevante considerando os extraordinários avanços nas tecnologias modernas e suas aplicabilidades que impõem desde já profundas mudanças nos modelos educacionais mundo afora.

Porém, ao olhar para o Estado de São Paulo, o quadro acima descrito tem uma significativa diferença. Ao analisarmos o investimento em pesquisa colaborativa, preferencialmente com instituições parceiras internacionais, observamos que as universidades públicas sediadas em São Paulo se destacam em rankings, publicações, citações e investimento em pesquisa. E parte desse destaque deve ser atribuído à FAPESP e às estratégias adotadas pela fundação para estimular a internacionalização.

*standard institutions requires the implementation of profound structural changes both for research and teaching.*

*The complete internationalization of teaching and research activities has various components to be considered for an updated management of a university of international quality. Informative teaching should be substituted by challenging and innovative teaching activities. Curricula for each type of professional training should observe the standards of international curricula, considering simultaneously the local reality. Given that today English is the lingua franca for global communication, it is of utmost importance that all students are offered opportunities to master a basic knowledge of the English language from the start of their academic life. Thus, courses, seminars, and other academic activities in English and in other languages should be offered. Agreements that allow for international partnerships for double degrees make a substantial contribution to the expansion of international exchange of students, professors, and technical-scientific staff. These changes should allow attracting foreign students and researchers, as well as stimulating international publication of co-authored articles. Permanent contact with the private sector should also permit large-scale availability of student's internships in companies.*

*Thirdly, the new circumstances created by the COVID-19 pandemic, which impose new and profound challenges for academic institutions around the world, must also be considered (Witze, 2020). In confronting these challenges, international cooperation will certainly lead to far reaching adaptations for teaching and research, but at the same time make the need for scientific and educational cooperation even more important for universities.*

*The data and considerations presented here lead us to believe that an internationalization project for the Brazilian university should be carefully established, having as its aim to gradually improve the institutions, and to achieve success in developing of our first WCUs. A step towards this significant and urgent challenge could be facilitated through the involvement and inclusion of more qualified Graduate Programs (GP) that already present a strong degree of internationalization, and the promotion of better outcomes in such post-graduate courses. Actions seeking to better exploit international cooperation opportunities should be focused on better institutional preparation for the qualification of human resources and on more efficient scientific performance for the university. This would avoid the risk of participating and acting in the partnership in a subservient position, a common situation in most underdeveloped countries, especially observed in certain areas of research.*

*A subservient position is characterized by an asymmetrical and unbalanced cooperation in scientific contribution between the research groups on the Brazilian and the international sides. Unequal cooperation interferes with, rather than helps, the development of societies of such countries (Zanotto et al., 2016). Brazil has, notably, a favorable position given its extraordinary efforts in training human resources through graduate programs, which offers a stronger guarantee of achieving the desired symmetry.*

*The format for international cooperation emphasized here requires the adoption of much deeper, far-reaching initiatives than are usually adopted in Brazil by the federal funding system, focused only on the provision of study scholarships offered over the counter, and even in programs such as Science without Borders or the Institutional Internationalization Program (PrInt/CAPES) to study abroad. This change implies in offering substantial funding for shared research projects between Brazilian and foreign research groups from a perspective of truly international cooperation, seeking to develop collaborative research through targeted financial support to promote shared scientific and technological interactions. This proposal becomes even more relevant given the extraordinary advances in modern technology and its applicability, which immediately imposed considerable changes in educational models around the world. In the state of São Paulo, the description above is significantly different. When analyzing the investment in collaborative research, preferably with international partner institutions, we observe that public universities situated in São Paulo stand out in the rankings, publications, citations, and research investment. Part of this emphasis should be attributed to FAPESP, and its strategies formulated to promote internationalization.*

#### THE ROLE OF FAPESP IN INTERNATIONALIZATION

*Since its creation in 1962, FAPESP has offered opportunities for researchers from the state of São Paulo to interact with colleagues from Brazil and around the world, thereby encouraging collaborative research.*

*In the first two decades of effective activity of FAPESP, an important part of the investment in internationalization provided conditions for Brazilian researchers to acquire training abroad. Full PhD's scholarships were offered for academic staff already hired by São Paulo universities who did not hold that degree. These undergraduates came from various USP and Unicamp campuses from Rural Higher Education Institutes in the state of São Paulo. They also came from university campuses situated in different rural areas of São Paulo state, and*

#### O PAPEL DA FAPESP NA INTERNACIONALIZAÇÃO

Desde sua implantação em 1962, a FAPESP sempre ofereceu, e continua oferecendo, oportunidades para pesquisadores do Estado de São Paulo interagirem com colegas do Brasil e de todo o mundo, e assim estimular a pesquisa colaborativa.

Nas primeiras duas décadas de efetiva atividade da FAPESP, uma parte importante do investimento em internacionalização foi dedicado a providenciar condições para que pesquisadores brasileiros adquirissem formação no exterior. Bolsas integrais de doutorado foram dedicadas a docentes já contratados pelas Universidades Paulistas que não tinham essa formação. Docentes de várias Unidades da USP e da Unicamp de Institutos Isolados de Ensino Superior do Estado de São Paulo, então unidades universitárias situadas em diferentes pontos do interior paulista, e desde 1976 da Unesp. A Pós-graduação foi formalmente instalada no Brasil em 1965, porém, a densidade de centros de pesquisa capazes de formar pesquisadores que, conhecendo o ambiente internacional, fossem capazes de dialogar cientificamente na fronteira do conhecimento era muito reduzido. O papel da FAPESP nessas décadas, permitindo a estudantes obterem o doutoramento no exterior ou se associarem como pós-doutores com grupos de excelência fora do Brasil, foi crucial. A decisão estratégica de aumentar o quadro de pesquisadores com experiência internacional foi tão bem-sucedida que já no começo da década de 1980 o número de grupos internacionalmente competitivos permitiu mudar a estratégia de internacionalização. Hoje, dificilmente a FAPESP financia bolsas de doutorado pleno no exterior, com as exceções necessárias em áreas do conhecimento em que grupos internacionalmente competitivos inexistem no Estado de São Paulo.

A Fundação oferece oportunidades de interação com grupos de pesquisa dentro e fora do Brasil para bolsistas e pesquisadores por meio de muitas das linhas regulares de financiamento à pesquisa.

Na FAPESP, a definição de linha regular de pesquisa se refere especialmente a Projetos de Pesquisa Regulares (não mais que dois anos de duração), Temáticos (mais de um pesquisador principal, duração de cinco anos) e Programas Especiais, como BIOTA, BIOEN, E-SCIENCE, entre outros, e os Centros de Pesquisa, Divulgação e Inovação (CEPIDs) (vários pesquisadores principais e financiamento até 11 anos) e os Centros de Pesquisa em Engenharia (CPE) (investimentos conjuntos Empresa/FAPESP por até 11 anos).

Um dos primeiros Programas Especiais da FAPESP, originado, como muitos outros, numa proposta conjunta de cientistas e da Diretoria Científica, foi o Programa de Desenvolvimento da Bioquímica em São Paulo (Bioq-FAPESP), que começou a operar em 1971. A internacionalização do Bioq-FAPESP estava determinada pela participação de cientistas do exterior na análise do programa, na avaliação dos projetos e no acompanhamento do Programa. O comitê externo contava com um bioquímico que havia sido agraciado, em 1968, com o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina.

Entre as modalidades da linha regular oferecidas pela FAPESP, destacamos aquelas com foco específico em interação com pesquisadores de instituições no exterior, como, por exemplo, os auxílios à participação em reuniões científicas, organização de reuniões e professor visitante, a bolsa pesquisa no exterior. Há que se destacar também as dezenas de chamadas de propostas lançadas anualmente em parceria com organizações e instituições nacionais e internacionais de pesquisa.

Deve ser acrescentado que a Fundação espera de todos os seus bolsistas um estágio no exterior num grupo de pesquisa que trabalhe em área de relevância para o Projeto do bolsista. Acreditando que fronteiras não limitam o conhecimento ou a produção científica, e que quanto mais interação melhores serão os resultados, a FAPESP estimula a colaboração em pesquisa com parceiros no Brasil e no exterior, incentivando a apresentação de projetos ousados e abrangentes, concebidos,



escritos e desenvolvidos em conjunto, preferencialmente de longo prazo, internacionalmente competitivos e com objetivos avançados.

Com o estabelecimento de parcerias internacionais, a FAPESP espera que pesquisadores do Estado de São Paulo conduzam o maior número possível de projetos com colegas estrangeiros, colocando-os em posições-chave de governança no contexto de seus grupos de pesquisa e possibilitando que os pesquisadores baseados no Brasil tenham protagonismo e liderança nos grandes projetos internacionais. Por exemplo, com a participação de pesquisadores de instituições sediadas no Estado de São Paulo em grandes projetos de colaboração internacional, tem-se conseguido tal protagonismo.

Nas duas últimas décadas houve um crescimento impressionante da oferta, pela FAPESP, de oportunidades para realização de pesquisas colaborativas com pesquisadores mundo afora. Esse crescimento é resultado de uma política efetiva de internacionalização que começou

mais fortemente em 2005 e que inclui várias estratégias.

A FAPESP, desde 2005, numa clara direção estratégica, começou a estabelecer contatos internacionais com agências nacionais de fomento à pesquisa, bem como fundações privadas dedicadas a investir em pesquisa de forma desinteressada. Ao mesmo tempo, contatos com universidades e institutos de pesquisa começaram a se estabelecer. O propósito deste esforço foi claramente apoiar uma internacionalização da pesquisa paulista que fosse bem além do intercâmbio de pesquisadores, mecanismo que, em função dos bons resultados, segue incorporado aos projetos de internacionalização da FAPESP. Seria longo demais relatar, em qualquer nível de detalhe, o investimento de tempo e esforço que esta internacionalização significou. É preferível resumir os dados do último Relatório da Fundação em 2020 (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2020) que mostra (Figura 3) a lista de acordos de cooperação vigentes em 2020, no qual se podem

lastly, since 1976, from Unesp. Graduate Programs were formally established in Brazil in 1965. However, the density of research centers able to train researchers who, understanding the international environment, were able to scientifically dialogue with the frontiers of knowledge, was small. The role of FAPESP during these decades, allowing students to obtain their PhD's overseas or to be associated as postdocs with groups of excellence outside Brazil, was crucial. The strategic decision to increase the team of researchers with international experience was so successful that in the early 1980's the number of internationally competitive groups allowed for a change in the internationalization strategy of FAPESP. Currently, FAPESP rarely finances full overseas PhD's scholarships, except for areas of knowledge where internationally competitive groups cannot be found in the state of São Paulo.

The Foundation offers opportunities for scholarship holders and researchers to interact with research groups within and outside Brazil by means of established lines of research financing.

In FAPESP, the definition of an established line of research refers especially to Regular Research Projects (no more than two years long), Thematic (more than one main researcher, five-year extent) and Special Programs, such as BIOTA, BIOEN, and E-SCIENCE, among others, and the Centers for Research, Outreach and Innovation (CEPIDs) (various main researchers, and up to 11 years of financing) and the Centers for Research in Engineering (CPE) (joint investment company/FAPESP for up to 11 years of financing).

One of the main Special Programs of FAPESP, which, like many others, is based on a joint proposal from scientists and the Scientific Board, was the Biochemistry Development Program in São Paulo (Bioq-FAPESP), which began to operate in 1971. The internationalization of Bioq-FAPESP was determined by the participation of international scientists in the analysis of the program, in the evaluation of projects, and in monitoring the Program. The external committee included a biochemist who had won, in 1968, a Nobel Prize in Physiology or Medicine.

Among the modalities of established programs offered by FAPESP, we highlight those with a specific focus on interaction with researchers from institutions abroad, which assist in participating in scientific meetings, organizing meetings, and visiting professors, and providing overseas research grants. We note the tens of proposals presented annually in partnership with national and international research institutions and organizations.

FAPESP expects all its scholarship holders to participate in an internship in a research group working in his/her area. Believing that borders do not limit knowledge or scientific

production, and that the more interaction there is the better the results, FAPESP promotes cooperation in research with partnerships in Brazil and overseas. It encourages the proposal of ambitious and far-reaching projects, designed, written, and developed together, and preferably over a longer time-frame, that is both internationally competitive and with innovative goals.

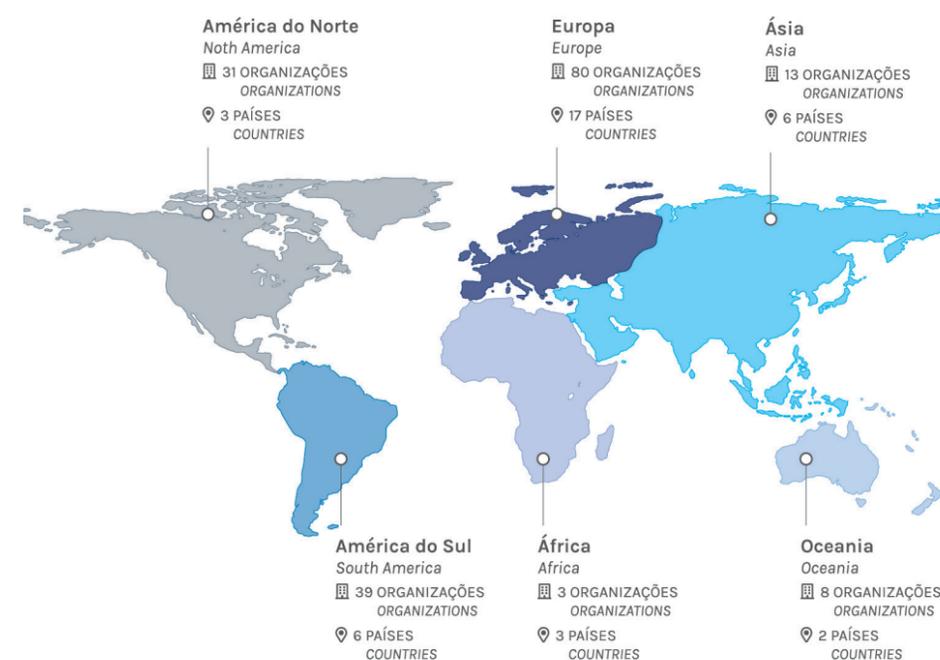
With the establishment of international partnerships, FAPESP expects researchers from the state of São Paulo to develop the greatest possible number of projects with international colleagues, placing them in key positions of governance in their research groups and allowing researchers based in Brazil to play a leadership role in large-scale international projects. Such influence has been achieved with the participation of researchers from institutions in the state of São Paulo in large-scale international collaborations.

In the last two decades the opportunities offered by FAPESP to undertake international collaborative research have grown significantly. This growth is the result of an effective policy of internationalization that began strongly in 2005 and included various strategies.

Since 2005, implementing a clear strategic course of action, FAPESP began to establish international contacts with national research funding bodies, as well as with private foundations dedicated to investing in research in an unbiased manner. Simultaneously, contact with universities and research institutes was established. The purpose of these efforts was clearly to support the internationalization of research in São Paulo, going far beyond the exchange of researchers, a mechanism that, due to good results, continues to include FAPESP internationalization projects. Reporting at any level of detail on the time and effort that this internationalization entailed is beyond our scope here. It is preferable to summarize the data from the 2020 Foundation Report, which shows a detailed list of cooperation agreements ongoing in 2020 (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2020), where we can find (Figure 3) the organizations with which FAPESP formalized agreements.

Notably, in each region the organizations can refer to funding agencies, universities, or research institutes.

As part of FAPESP internationalization policy, the growth in existing funding areas encourages researchers from the state of São Paulo to expand their interaction with colleagues from other countries. Such trends are:



**Figura 3.** Quantidade de acordos de cooperação firmados entre a FAPESP e instituições nas diversas regiões e vigentes em 2020.

Figure 3. Number of cooperation agreements formalized between FAPESP and institutions from diverse regions, ongoing in 2020.

encontrar, em detalhe, as organizações correspondentes com as quais a FAPESP estabeleceu um acordo.

Deve-se notar que em cada região as organizações podem se referir a agências de fomento, universidades ou instituições de pesquisa.

Como parte da política de internacionalização da FAPESP, o incremento de linhas de fomento já existentes estimula os pesquisadores do Estado de São Paulo a ampliarem sua interação com colegas de outros países. Destacam-se aqui:

1. o aumento do valor da “Reserva Técnica” nas bolsas de pós-doutorado, doutorado e doutorado direto, mestrado e iniciação científica, facilitando a participação de bolsistas em reuniões científicas internacionais e, conseqüentemente, estimulando o início da experiência internacional do futuro pesquisador;

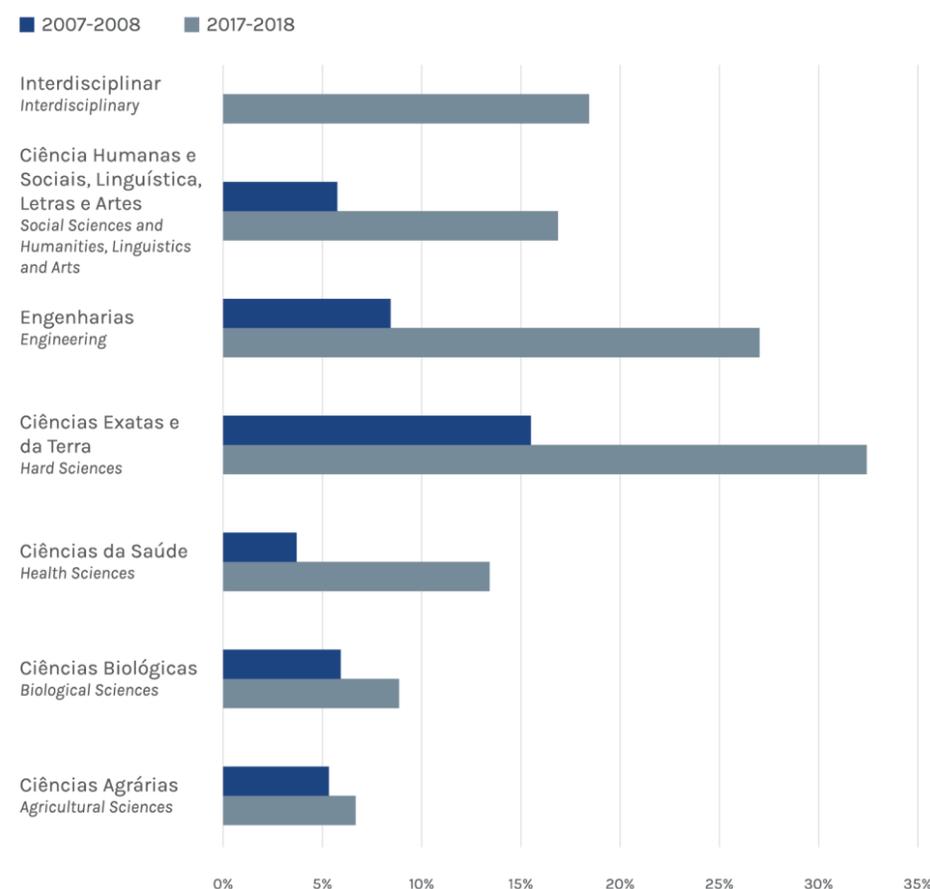
2. a inclusão dos chamados “Benefícios Complementares” (BC) em “Auxílios Regulares” que, semelhante aos Projetos Temáticos, permite ao pesquisador responsável flexibilidade e agilidade para participar de reuniões científicas internacionais ou para convidar colegas de instituições estrangeiras a passarem um pequeno período na instituição paulista;
3. o aumento do valor dos Benefícios Complementares nos Projetos Temáticos, melhorando a possibilidade de interação do Pesquisador Responsável e dos Pesquisadores Principais de cada Projeto Temático com colegas no exterior;
4. a concessão de bolsas de pós-doutorado como item do orçamento de Projetos Temáticos, dando ao pesquisador responsável pelo projeto flexibilidade para a escolha do bolsista, desde que a divulgação dessa oportunidade seja interna-

cional. A Figura 4 mostra o crescimento do número de pesquisadores estrangeiros entre os bolsistas de pós-doutorado da FAPESP.

Outra estratégia importante foi a criação de novas modalidades de fomento como:

**Porcentagem dos pós-doutores com graduação fora do Brasil, 2007-2008 e 2017-2018**

Percentage of post-doctors with graduation outside Brazil, 2007-2008 and 2017-2018



**Figura 4.** Porcentagem de bolsistas de pós-doutorado da FAPESP com formação no exterior (biênios 2007-2008 e 2017-2018)<sup>3</sup>.  
 Figure 4. Percentage of FAPESP post-doctoral scholarship holders with studies abroad (2007-2008 and 2017-2018)<sup>3</sup>.

1. o programa **Novas Fronteiras**, vigente entre 2005 e 2008, que era um tipo de bolsa no exterior com finalidade de estimular os recém-doutores – com menos de 10 anos de obtenção do título – a realizarem, durante 12 meses, um estágio de pesquisa no exterior;

- the increase in value of the “Technical Reserve” for postdoc, PhD, MSc, and undergraduate scholarships, which facilitated the participation of scholarship holders in international scientific meetings and, consequently, set the stage for the international experience for future researchers.
- the inclusion of the so called “Complementary Benefits” (CB) in “Regular Projects” that, similarly to the Thematic Projects, gives the head researcher flexibility and ease to participate in international scientific meetings or to invite colleagues from foreign institutions to spend a short period working in a São Paulo institution.
- the increase in the value of the Complementary Benefits for Thematic Projects, improving the possibility for interaction between the Head Researcher and the Main Researchers for each Thematic Project with colleagues from abroad.
- the provision of postdoc’s scholarships as a budgetary item for Thematic Projects, giving the researcher responsible for the project flexibility to choose the scholarship holder, as long as the opening is internationally disclosed. Figure 4 shows the growth in the number of foreign researchers among FAPESP postdoc scholarship holders.

Another important strategy was the creation of the new funding modalities such as:

- the **New Frontiers** program, in place between 2005 and 2008, was a kind of overseas scholarship with the aim of encouraging recent doctors - with less than ten years holding the title - to study 12 months abroad.
- the **São Paulo School of Advanced Science (ESPCA)**, whose objective is to bring scientists of international renown to spend a week in São Paulo state discussing issues related to the frontiers of knowledge with researchers and students of São Paulo, from other parts of Brazil, and even from other countries.
- the **Overseas Research Internship Scholarship (BEPE)** offered to undergraduate, MSc and PhD students, and postdocs, holders of FAPESP scholarship to support their participation in short and medium-term research internships abroad.
- the **São Paulo Excellence Chair (SPEC)** program, a Thematic Project, where the main researcher must be an internationally renowned academic that conducts, together with a local colleague, a research project in São Paulo investigating topics on the frontiers of knowledge.

Created in April 2014, as another strategy to encourage international research collaborations, FAPESP established the São Paulo Researchers in International Collaboration (SPRINT) Program aiming to create new research groups based on researcher exchange, possibly including visits and small-scale seminars. The visits should be reciprocal both in terms of number of incoming and outgoing researchers, and in terms of the level of experience and training of these researchers, providing visitors with interaction to get to know the research group of their partners.

SPRINT projects, launched four editions per year, seek a synergy between the researchers involved (from São Paulo and the country of the partner institution), such that, at the end of the two-year period, a joint, long-term research project can be planned and submitted to the respective funding agencies, thereby consolidating a new partnership.

This program was conceived of with the aim of improving the organization of tens of calls for proposals until then launched annually by FAPESP together with each overseas partner institution, mainly a university. Additionally, the four editions per year, on previously defined dates, give researchers from São Paulo the possibility to better plan proposal submissions. Figure 5 shows the evolution of foreign institutions joining SPRINT.

The private sector is also included in FAPESP’s internationalization strategy. Besides the strong incentives for collaborative research with companies over the last two decades, an important step was taken in 2012. This involved the establishment of co-financing for long-term projects (up to 10 years) for the development of world class research at the frontiers of knowledge, relevant to or oriented towards application. FAPESP’s Engineering Research Centers (CPE) and Applied Research Centers (CPA) (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2022c) programs involve a co-financing by a partner company. The partner company should be strongly involved in the definition of focal themes to be addressed, actively participate in research projects, and use the results obtained in the Center. Up to the end of 2020, FAPESP had approved 18 centers, of which 11 were in partnership with foreign companies.

By early 2020, investments approved by partner companies reached 62.5 million USD (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2021). One of the results of these Centers was the significant growth in scientific articles co-authored by research-

- o programa **Escola São Paulo de Ciência Avançada (ESPCA)**, cujo objetivo é trazer ao Estado de São Paulo cientistas de renome internacional para passar uma semana discutindo temas da fronteira do conhecimento com pesquisadores e estudantes de doutorado, de São Paulo, de outras partes do Brasil e até outros países;
- a **Bolsa de Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE)**, oferecida a bolsistas da FAPESP de iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado para apoiar sua participação em estágios de pesquisa de curto e médio prazo no exterior e
- o programa **São Paulo Excellence Chair (SPEC)**, que é, na verdade, um Projeto Temático em que o pesquisador principal deve ser necessariamente um pesquisador do exterior conduzindo, em São Paulo, juntamente com um pesquisador local, um projeto de pesquisa sobre temas de fronteira do conhecimento.

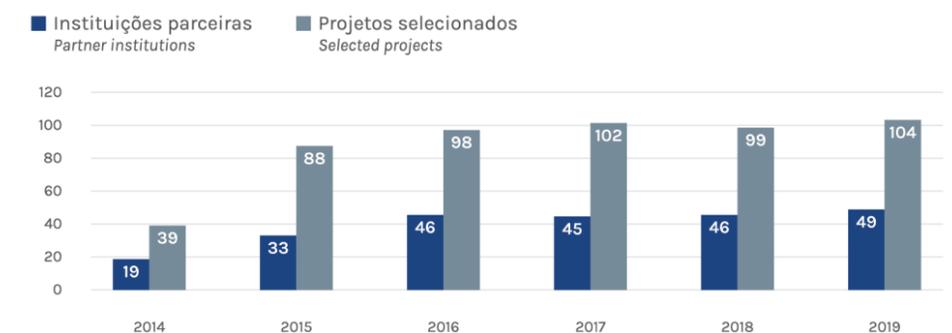
Criado em abril de 2014, como mais uma estratégia para impulsionar as colaborações internacionais em pesquisa, a FAPESP criou o Programa *São Paulo Researchers in International Collaboration (SPRINT)*, visando à criação de novos grupos de pesquisa

a partir da mobilidade de pesquisadores, podendo incluir nas visitas lá e cá, pequenos seminários. As visitas devem ter reciprocidade tanto de quantidade de pesquisadores que vêm e vão, quanto do nível de experiência e formação desses pesquisadores, e proporcionam aos visitantes que interajam e conheçam os grupos de pesquisa dos respectivos parceiros.

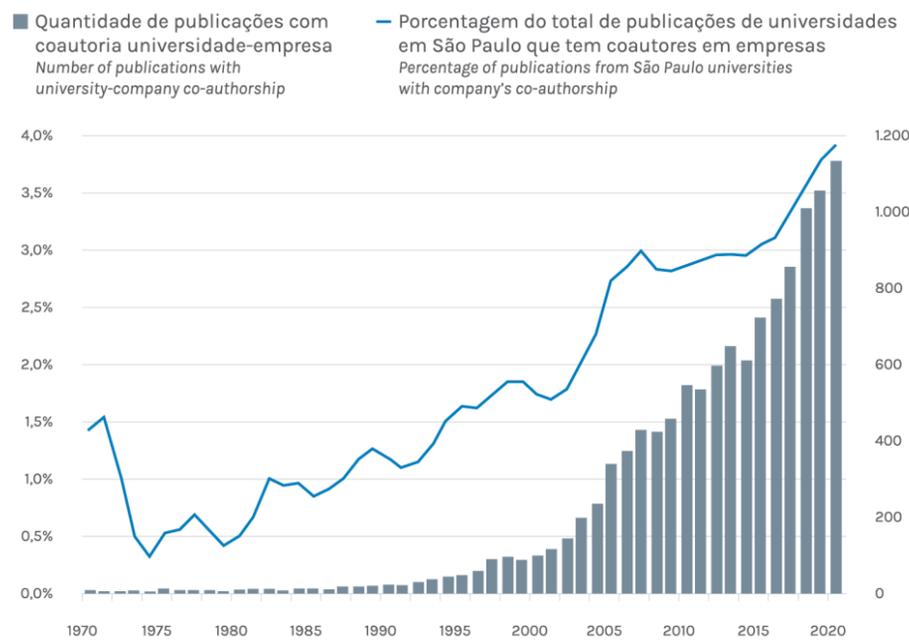
Os projetos SPRINT, selecionados em quatro edições anuais, buscam a sinergia entre os pesquisadores envolvidos (de São Paulo e do país da instituição parceira), de modo que, ao final dos seus dois anos de vigência, concebam e submetam às respectivas agências de fomento um projeto conjunto de pesquisa de longo prazo, consolidando assim a nova parceria.

Esse programa foi concebido com o objetivo de melhor organizar as dezenas de Chamadas de Propostas até então lançadas anualmente pela FAPESP em conjunto com cada instituição estrangeira parceira, em geral universidades. Além disso, com as quatro edições anuais, em datas definidas a priori, dá aos pesquisadores paulistas a possibilidade de melhor planejar a submissão de propostas. Na Figura 5 observa-se

**SPRINT**



**Figura 5.** Evolução da adesão ao programa SPRINT entre 2014 e 2019. Fonte: Dados extraídos de Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2022b).  
 Figure 5. Evolution of adherence to SPRINT program between 2014 and 2019. Source: Data obtained from Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2022b).



**Figura 6.** Publicações por pesquisadores do estado de São Paulo em coautoria com pesquisadores de empresas. *Figure 6.* Publications by researchers from São Paulo state in co-authorship with researchers from companies.

a evolução da adesão das instituições estrangeiras ao SPRINT.

O setor privado também está contemplado na estratégia de internacionalização da FAPESP. Além do forte incentivo à pesquisa colaborativa com empresas nas duas últimas décadas, um passo importante foi dado em 2012, permitindo o cofinanciamento de projetos de longo prazo (até 10 anos) para o desenvolvimento de pesquisas de classe mundial na fronteira de conhecimento, fundamental ou orientado para a aplicação. O Programa FAPESP de Centros de Pesquisa em Engenharia (CPE) e Centros de Pesquisa Aplicada (CPA) (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2022c) é um programa em que um dos parceiros é uma empresa cofinanciadora da pesquisa e que está fortemente motivada a participar da definição dos temas focais a serem estudados, participando ativamente dos projetos de pesquisa e aplicando os

resultados obtidos. Até o final de 2020, a FAPESP já havia aprovado 18 centros, dos quais 11 em parceria com empresas estrangeiras.

Até o início de 2020, o investimento aprovado por parte das empresas parceiras chegou a cerca de 294 milhões de reais (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2021). Um dos resultados foi o crescimento significativo de artigos científicos escritos em coautoria entre pesquisadores de instituições de ensino superior e de pesquisa do Estado de São Paulo e pesquisadores de empresas, inclusive do exterior (Figura 6)<sup>4</sup>. Não sem razão, no Estado de São Paulo estão situadas 20 das 72 Unidades credenciadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPPI) para o desenvolvi-

<sup>4</sup> Elsevier, SCOPUS; levantamento especial por Carlos Henrique de Brito Cruz.

ers from higher education and research institutions in the state of São Paulo and researchers from companies, including foreign ones (Figure 6)<sup>4</sup>. Unsurprisingly, 20 of the 72 units accredited by the Brazilian Company for Research and Industrial Innovation (EMBRAPPI) for the development of P&D&I projects on demand by companies are located in São Paulo state.

An important mechanism that facilitates policies for research internationalization, supported by FAPESP, was the above-mentioned establishment of diverse **Cooperation Agreements** between the foundation and foreign institutions, be they universities, research funding agencies, large research centers, companies, multinational organizations, or government agencies. Cooperation agreement proposals cannot be reduced to a mere signature on a document without practical consequences. Basically, all agreements imply a call for proposals that involve the elaboration of a project between the parts which, after analysis of the relevance of the scientific research proposal, is proportionally financed according to both parts. Dozens of calls for proposals are launched annually in partnership with national and international organizations and research institutions.

In fact, cooperation agreements are not indispensable for research collaboration, given that experienced researchers consistently deal with spontaneous initiatives, seeking to find partnerships with other countries on their own. Institutional agreements, however, increase the visibility of collaboration opportunities between researchers in the state of São Paulo, in Brazil and in the partner institution's country. Additionally, agreements and respective calls for proposals assist in organizing the demands and, in most cases, guarantee the co-funding of the collaborative research projects selected.

Between 2008 and 2015 the number of cooperation agreements established by FAPESP grew exponentially. Such cooperation included visits from the scientific director and the president of FAPESP to research funding institutions and universities abroad; FAPESP participation in major international events; new programs, such as SPEC and ESPCA, which opened doors for the arrival of experienced researchers from abroad; FAPESP weeks - workshops promoted by FAPESP in diverse countries -, which began in 2012 to celebrate the 50 years of FAPESP; program "Science without Borders", launched by CAPES and CNPq in 2011, which indirectly promoted a series of visits of universities to the Brazilian capital, Brasília, to get to know the program and, following this, went to São Paulo to visit FAPESP, as part of a movement that

<sup>4</sup> Elsevier, SCOPUS; special survey by Carlos Henrique de Brito Cruz.

energized the establishment of hundreds of new cooperation agreements.

Another movement that strengthened the establishment of agreements was the creation of different forums that brought together leaders of the most important funding agencies in the world, such as Belmont Forum, the Global Alliance for Chronic Diseases (GACD), the Global Research Collaboration for Infectious Disease Preparedness (GloPID-R), Trans-Atlantic Platform (T-AP) and the Global Research Council (GRC). FAPESP was part of those forums and participated in the rotating presidency of GRC during the 2019 to 2020 period, being also one of the vice-chairs in the GloPID-R between 2017 and 2019. The meetings promoted by these forums, in addition to stimulating sharing best practices for funding scientific creativity and for improving peer evaluation processes, also identified research topics that require the necessary international collaboration, such as climate change, global impact pandemics, Strategic Development Goals (SDG), gender issues, sociological understanding of intolerance, and open access to knowledge produced in projects undertaken with public resources, among a series of subjects that will define the future of our planet in following decades.

The process of formalizing these agreements in the Foundation is simple: in general, following each visit, the FAPESP Scientific Board sends a legally well-grounded draft by e-mail to the potential partner. The partner institution analyzes it, adds its institutional information, suggests alterations to make the text meet its own legal requirements, discusses the scientific issues, objectives and possibilities for organizing calls in partnership, budget etc., and both institutions sign the agreement.

Frequently, it is necessary for considerable adjustments to be made to arrive at the final version of the agreement, depending on the characteristics of the partner institution. We highlight that, in numerous cases, the other institution, usually a federal funding agency, needs to find solutions and mechanisms to make the agreement work. This is necessary because, being federal institutions, there is no flexibility or autonomy to establish agreements with regional institutions, as is the case with FAPESP. However, the flexibility of FAPESP in finding solutions for disputes and specificities means that the obstacles to formalizing the agreements are easily overcome.

Obviously, for each new agreement there is an internal process at FAPESP to allow its approval by the Senior Council. The whole process, however, usually takes no longer than 60 days.

Since 2005, FAPESP has formalized nearly four hundred cooperation agreements with multinational organizations, compa-

mento de projetos de P&D&I de demanda de empresas.

Um importante mecanismo facilitador da política de internacionalização da pesquisa apoiada pela FAPESP foi o já mencionado estabelecimento de diversos Acordos de Cooperação entre a fundação e instituições no exterior, sejam elas universidades, agências de fomento à pesquisa, grandes centros de pesquisa, empresas, organizações multinacionais e órgãos de governo. As propostas de acordos de cooperação não se resumem a simples assinaturas de documentos sem consequências práticas. Essencialmente, todos os acordos implicam uma chamada de proposta que implica a elaboração de um projeto conjunto entre as partes que, depois de análise de relevância da pesquisa científica proposta, é financiado proporcionalmente por ambas as partes. Dezenas de chamadas de propostas são lançadas anualmente em parceria com organizações e instituições nacionais e internacionais de pesquisa.

**D**e fato, os acordos de cooperação não são indispensáveis para que haja a colaboração em pesquisa, já que pesquisadores experientes quase sempre lideram iniciativas espontâneas, procurando encontrar parceiros em outros países por conta própria. No entanto, os acordos aumentam a visibilidade das oportunidades de colaboração entre pesquisadores no Estado de São Paulo, no Brasil e no país da instituição parceira. Além disso, os acordos e respectivas chamadas de propostas auxiliam na organização das demandas e, na maioria dos casos, garantem o cofinanciamento dos projetos de pesquisa colaborativa selecionados.

Um movimento muito interessante entre os anos 2008 e 2015 fez com que a quantidade de acordos de cooperação celebrados pela FAPESP crescesse de modo exponencial. Visitas do diretor científico e do presidente da FAPESP a instituições de fomento à pesquisa e a universidades no exterior; participação da FAPESP em grandes eventos internacionais; os novos programas, como SPEC e ESPCA, que abriram portas para

vinda do exterior de pesquisadores sêniores; as FAPESP Weeks - *workshops* promovidos pela FAPESP em diversos países -, que começaram em 2012 em comemoração aos 50 anos da FAPESP; o programa "Ciência sem Fronteiras", lançado pela CAPES e CNPq em 2011, que indiretamente promoveu um fluxo de visitas de universidades que iam a Brasília para conhecer o referido programa e, em seguida, vinham a São Paulo conhecer a FAPESP, fazem parte do movimento que impulsionou a celebração das centenas de novos acordos de cooperação.

Finalmente, mais um movimento que impulsionou a celebração de acordos foi a criação de diferentes fóruns que reúnem os líderes das mais importantes agências de fomento no mundo, como, entre outros, o *Belmont Forum*, o *Global Alliance for Chronic Diseases* (GACD), o *Global Research Collaboration for Infectious Disease Preparedness* (GloPID-R), *Trans-Atlantic Platform* (T-AP) e o *Global Research Council* (GRC), dos quais a FAPESP faz parte como protagonista, inclusive exercendo a presidência rotativa do GRC no período 2019 a 2020 e uma das *vice-chairs* no GloPID-R entre 2017 e 2019. As reuniões de trabalho promovidas por esses fóruns, além de promoverem o compartilhamento das melhores práticas de fomento à criatividade científica e ao aprimoramento dos processos de avaliação por pares, têm também identificado temas de pesquisa que requerem necessariamente a colaboração internacional, como as mudanças climáticas, as pandemias de impacto global, os *Strategic Development Goals* (SDG), as questões de gênero, a compreensão sociológica da intolerância, o acesso aberto ao conhecimento produzido em projetos realizados com recursos públicos, entre outros numerosos temas que definirão o futuro do nosso planeta nas próximas décadas.

O processo de celebração desses acordos é bastante simples: em geral, após cada visita, a Diretoria Científica da FAPESP envia, por e-mail, uma minuta já bem consolidada do ponto de vista jurídico, e a instituição parceira analisa, inclui seus dados, sugere alterações de modo a ade-

quar o texto às suas próprias exigências jurídicas, discutem-se temas e objetivos científicos, possibilidades de lançamento de chamadas conjuntas, orçamento etc., e então ambos assinam o acordo.

Muitas vezes, é necessário que sejam feitos ajustes consideráveis de para se chegar à versão final do acordo, dependendo das características da instituição parceira. Destacamos que em vários casos as instituições do exterior, em geral agências federais de fomento, têm elas mesmas que encontrar mecanismos e soluções, já que, por serem instituições federais, não têm flexibilidade ou autonomia para firmarem acordos com instituições regionais, como é o caso da FAPESP. Mas a flexibilidade da FAPESP em encontrar soluções para divergências e especificidades faz com que os obstáculos para a formalização de acordos sejam facilmente superados.

É claro que há, para cada proposta de novo acordo, uma tramitação interna na FAPESP visando sua aprovação pelo Conselho Superior, mas todo esse processo não leva mais que 60 dias.

Desde 2005, a FAPESP firmou perto de quatro centenas de acordos de cooperação com organizações multinacionais, empre-

sas, instituições de ensino superior e pesquisa e agências de fomento no Brasil e em quase 40 países. Em mais de 80% desses acordos, pelo menos uma chamada de propostas foi lançada, tendo projetos selecionados e devidamente contratados.

A Figura 7 mostra a evolução da quantidade de chamadas de propostas (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2022d) lançadas com parceiros internacionais, lembrando que (1) a partir de 2014, com a criação do programa SPRINT, todas as chamadas para mobilidade antes lançadas individualmente com cada instituição parceira passaram a ser concentradas nas quatro edições anuais do SPRINT, com uma média de 10 instituições internacionais por edição, como mostrado na Figura 5, e que (2), devido à pandemia, houve, naturalmente, uma redução significativa de chamadas em 2020.

Nesse contexto, a Biblioteca Virtual (São Paulo Research Foundation, 2022) da FAPESP –repositório de todos os projetos aprovados pela Fundação (também em inglês desde 2006) – passou a ser para pesquisadores estrangeiros uma importantíssima ferramenta de busca por possíveis pesquisadores parceiros do Estado de São Paulo.

nies, higher education and research institutions, and funding agencies in Brazil and with nearly 40 countries. In more than 80% of these agreements, at least one call for proposals was launched, with projects being selected and duly contracted.

Figure 7 shows the evolution in the number of calls for proposals (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2022d) launched with international partners. Observe that (1) as from 2014, with the creation of SPRINT program, all calls for exchange programs previously launched individually with each partner institution were being concentrated in the four annual editions of SPRINT. There was an average of 10 international institutions per edition, as can be seen in Figure 5. Also (2) due to the pandemic, there was obviously a significant decrease in calls in 2020.

In this context, FAPESP Virtual Library (São Paulo Research Foundation, 2022) – a repository for all the projects approved by the Foundation (English version since 2006) – became an extremely important search tool for international researchers looking for possible research partners from the state of São Paulo.

It is also necessary to highlight two other important FAPESP initiatives that have contributed to encouraging the internationalization of research produced in São Paulo: the significant FAPESP programs focused on specific areas and the introduction of the need of international experience of the person requesting research funding as one of the analysis and selection criteria for submitted proposals.

The international experience of the representative researcher always had a certain weight for the analysis and selection process for proposals submitted to FAPESP. However, starting from 2010, this experience became an effective part of the list of selection criteria. In the beginning, it was a criterion for larger projects – Thematic Projects, for example and, over subsequent years, with greater emphasis on Regular Projects. With this policy, FAPESP sought to encourage researchers, especially recent PhD's, to seek out internship opportunities or some other type of international experience. The Foundation itself contributed by offering the opportunities already mentioned here, such as BEPE and SPRINT, among others.

Another mechanism, different from those previously mentioned, resulted from the implementation of a new support tool for Young Researchers (JP). In presenting their project for JP, the person should demonstrate successful international experience after his/her PhD. This requirement assures that the young PhD has experienced the nature of research abroad, and allows JP to acquire, together with the research experience, ongoing contact with researchers from around the world. It is worth noting that a postdoc

abroad with external financing can become an advantage when evaluating all the projects. One of the requirements for submitting a JP project is the ambition of the scientific proposal. The JP Program can temporarily finance a scholarship, that continues until the JP is hired by an education or research institution. In addition to the scholarship, which the JP receives as long as he/she is not hired, the scholarship guarantees sufficient resources so that the young researcher can build his/her own independent line of research.

Besides the internationalization initiatives presented above, a series of FAPESP Programs that established contact with well-known scientific research centers or researchers abroad as part of their mission, is also noteworthy noting. Amongst them are programs such as Bioenergy Research (BIOEN); Biodiversity Research (BIOTA); International Cooperation for Support for Research into the Brain (CINAPCE); Program for Research in eScience and Data Science (eScience); Climate Change (PFPMCG); Network for Structural Biology in Advanced Topics for Life Sciences (SMOLBNET), which not only are internationally recognized, but also include world-renowned international researchers as partners or members of their management or steering committees. All programs of this modality, as a requirement, must include globally recognized researchers in their management or steering committees. The specific mission of the committees, regardless of the necessary annual meetings, is to discuss with local managers the position of the science developed in relation to the frontier of international knowledge in the program area.

In the limited space available here, it is impossible to highlight the impact of each Program, and as such, we run the risk of making an arbitrary selection. However, we highlight the BIOEN Program as a world leader in Bioenergy, recognized for the density of its scientific production in international collaboration, in the organization of BBEST, the global meeting of Bioenergy, also due to the participation of its local members on the boards of global organizations in the area.

Another program that stands out in the internationalization of science in São Paulo, financed by FAPESP, is that of the Centers for Research Innovation and Outreach (CEPIDs) (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2022e). Each CEPID, besides its international participation in the management committee, has an intense exchange of personnel and collaboration projects with research and development entities abroad.

The Centers for Research in Engineering (CPE/CPA), already mentioned in this chapter, in addition to the international elements described for CEPIDs, have a unique characteristic, since financing includes partici-

Ainda é preciso destacar outras duas importantes ações da FAPESP que têm contribuído para estimular a internacionalização da pesquisa produzida em São Paulo: os grandes programas da FAPESP voltados a temas específicos e a introdução de experiência internacional dos pesquisadores proponentes como um dos critérios de análise e seleção das propostas submetidas.

A experiência internacional do pesquisador proponente sempre teve certo destaque no processo de análise e seleção das propostas submetidas à FAPESP. Porém, a partir de 2010, essa experiência passou a ser parte efetiva da relação de critérios de seleção. No início, como critério nos projetos de maior porte – Projetos Temáticos, por exemplo e, ao longo dos anos subsequentes, dos Auxílios Regulares, com cada vez maior ênfase. Com essa atitude, a FAPESP procura induzir os pesquisadores, especialmente os recém-doutores, a buscarem por oportunidades de estágios ou algum outro tipo de experiência internacional. A própria fundação contribui para isso oferecendo oportunidades já descritas aqui, como a BEPE e o SPRINT, entre outras.

Um outro mecanismo, totalmente distinto aos mencionados anteriormente, decorre da implantação de um novo mecanismo de apoio a Jovens Pesquisadores (JP). O proponente a um JP deve demonstrar, ao apresentar o seu projeto, experiência internacional bem-sucedida após o seu doutoramento. Este requisito garante que o proponente tenha vivenciado o ritmo de pesquisa no exterior, bem como permite que durante a duração do projeto o JP já tenha adquirido, além da experiência de pesquisa, contatos permanentes com pesquisadores do mundo. Vale destacar que um pós-doutoramento no exterior com financiamento externo pode se constituir numa vantagem ao se avaliar a totalidade do projeto. É necessário também destacar que um dos requisitos na apresentação do projeto é a ousadia da proposta científica. O Programa JP pode financiar temporariamente uma bolsa, que se estende até o JP ser contratado por uma instituição de ensino ou pesquisa. Além da bolsa, que o JP

somente recebe se não estiver contratado, o auxílio garante suficientes recursos para que o jovem possa montar a sua linha de pesquisa independente.

Em adição às iniciativas de internacionalização apresentadas acima, merecem destaque, também, uma série de Programas da FAPESP que tem o contato com Centros ou pesquisadores destacados de pesquisa científica no exterior como parte da sua missão. Dentre eles, programas como Pesquisa em Bioenergia (BIOEN); Pesquisa em Biodiversidade (BIOTA); Cooperação Interinstitucional de Apoio a Pesquisas sobre o Cérebro (CINAPCE); Programa de Pesquisas em eScience e Data Science (eScience); Mudanças Climáticas (PFPMCG); Rede de Biologia Estrutural em Tópicos Avançados de Ciências da Vida (SMOLBNET); não somente têm destaque internacional, como incluem pesquisadores estrangeiros de destaque mundial como parceiros ou membros dos comitês gestores. Todos os programas desta dimensão têm, como requisito, incluir pesquisadores globalmente reconhecidos nos seus comitês gestores. A missão específica dos comitês gestores, além da necessidade de reuniões anuais, é discutir com os gestores locais a posição relativa da ciência desenvolvida em relação com a fronteira do conhecimento internacional na área do Programa.

Num espaço reduzido é impossível destacar o impacto de cada um dos Programas, assim, correndo o risco de uma seleção arbitrária, deve-se apontar que o Programa BIOEN é referência mundial em Bioenergia, reconhecido pela densidade da sua produção científica em colaboração internacional, na organização do BBEST, a reunião global de Bioenergia, bem como a participação de seus membros locais nas Diretivas das organizações mundiais da área.

Outro Programa que se destaca na internacionalização da ciência paulista financiado pela FAPESP são os Centros de Pesquisa Inovação e Difusão (CEPIDs) (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2022e). Cada CEPID, além da participação internacional no comitê gestor, possui uma intensa troca

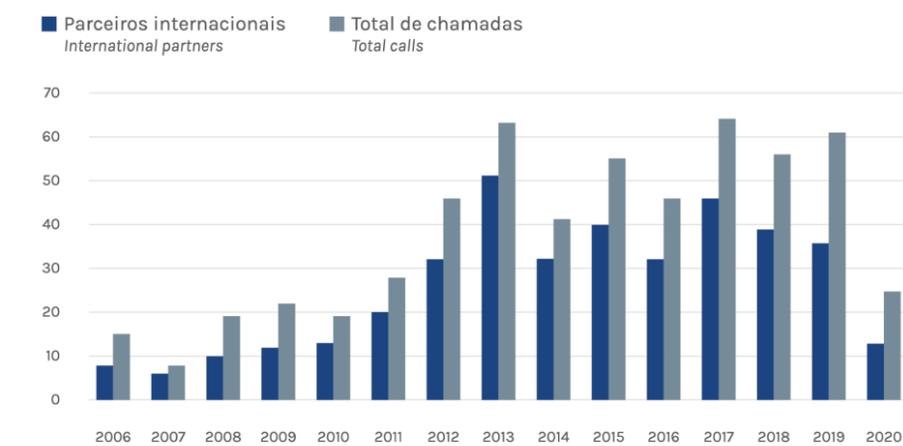
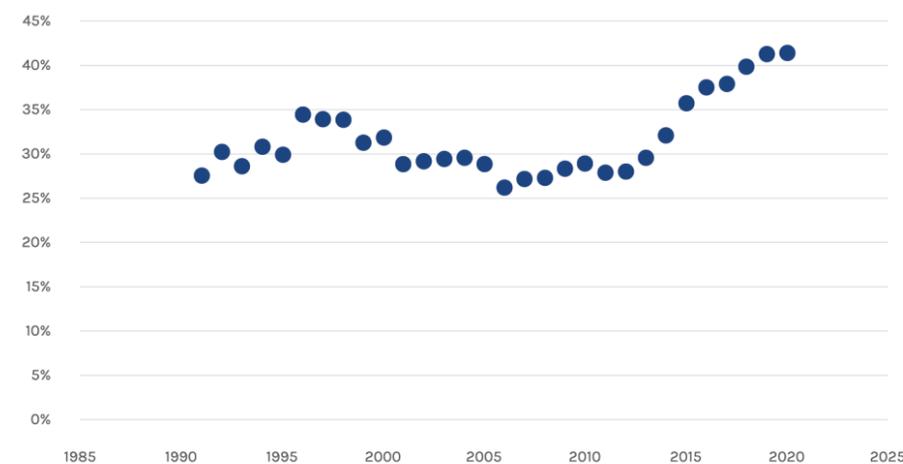


Figura 7. Chamadas de propostas lançadas pela FAPESP em parceria com instituições internacionais. Figure 7. Calls for proposals launched by FAPESP in partnership with international institutions.

**Artigos em revistas científicas com autores no estado de São Paulo e autores em países que não o Brasil (% do total do estado)**

*Publications in scientific journals with authors in the state of São Paulo and co-authors outside Brazil (% of the total for the state)*



**Figura 8.** Publicações por pesquisadores de São Paulo em coautoria com parceiros internacionais.  
*Figure 8.* Publications by São Paulo researchers co-authored with international partners.

de pessoal e projetos de colaboração com entidades de pesquisa e desenvolvimento no exterior.

Os Centros de Pesquisa em Engenharia (CPE/CPA), já mencionados neste capítulo, além dos componentes internacionais descritos para os CEPIDs, têm uma característica única, pois o financiamento inclui participação de empresas, que podem ser nacionais ou estrangeiras. Em adição às características de internacionalização descritas para os CEPIDs, os CPEs/CPAs, quando cofinanciados por uma empresa estrangeira, incluem, além de pesquisa e desenvolvimento conjuntos entre os pesquisadores do Brasil e os da empresa no exterior, membros da empresa não somente no comitê gestor, mas também no comitê executivo.

Sempre com ênfase na excelência, as estratégias da FAPESP para colaboração em pesquisa visam, acima de tudo, aumentar o impacto social, econômico e científico da ciência aqui produzida, o

que torna o Estado de São Paulo um polo de pesquisa reconhecido internacionalmente. Hoje a pesquisa realizada em São Paulo é internacionalmente competitiva e capaz de atrair jovens cientistas estrangeiros que podem vir a ser efetivados por instituições de pesquisa locais, bem como pesquisadores seniores que podem vir a trabalhar como pesquisadores principais em parceria com pesquisadores aqui sediados.

Na Figura 8<sup>5</sup> observa-se o crescimento vigoroso, a partir de 2008, da proporção de artigos publicados por pesquisadores sediados no Estado de São Paulo em coautoria com pesquisadores sediados no exterior. Acreditamos que a política de internacionalização da pesquisa da FAPESP contribuiu fortemente para esse avanço.

<sup>5</sup> Elsevier Scopus, levantamento feito por Carlos Henrique Brito Cruz.

patation by companies, both national and international. Besides the characteristics of internationalization described for CEPIDs, when cofounded by an international company, CPEs/CPAs also include research and development between Brazilian researchers and those from the international company, as well as members of the company not only on the management committee, but also on the executive committee.

Always with an emphasis on excellence, FAPESP strategies for research collaboration seek, first, to increase the social, economic, and scientific impacts of the science produced. This can make the state of São Paulo a hub for internationally recognized research. Nowadays, the research carried out in São Paulo is internationally competitive and able to attract young scientists from other countries who can be employed by local research institutions; as well as senior researchers who can come to work as main researchers in partnership with researchers based in Brazil.

In Figure 8<sup>5</sup>, the vigorous growth, starting from 2008, in the proportion of articles published by researchers located in São Paulo state in co-authorship with researchers overseas is visible. We believe that internationalization policies for FAPESP research strongly contributed to this development.

THE RESULTS OF INTERNATIONALIZATION IN BRAZIL

Considering internationalization implies analyzing the visibility and impact of Brazilian science in the international context (Zanotto et al., 2016).

Evaluating the importance of the work of scientists, research groups, universities and countries is extremely relevant, but it obviously enormously complex, which increases with the size of the group and the diversity of the areas of interest. There is no absolute quantitative parameter – globally accepted – to evaluate the quality of a scientist's work, but there are various relevant indicators, such as: what were the main discoveries of the researcher? What did s/he produce? Some of these criteria could include articles published in the best journals for each area, papers chosen as journal covers and invited review papers, which usually result in invited lectures and plenary sessions in renowned congresses, prizes, a significant volume of funding obtained, editor of scientific reviews, acceptance in scientific academies, participation in the boards of funding agencies and scientific societies, consultancy with companies etc.

A combination of this information could offer a revealing overview of the work and

<sup>5</sup> Elsevier Scopus, survey undertaken by Carlos Henrique Brito Cruz.

scientific stature of a researcher (Zanotto, 2006). It is obvious that each one of these items also has its own ranking, for example, becoming editor of a journal of a small university is commendable, but it is different from being the editor of *Science*, *Nature*, *Lancet*, *Physical Review of Letters*, *Journal of the American Chemical Society*, *Annals of Mathematics*, and other periodicals of similar prestige. While it is possible to obtain such qualitative information to compare the performance of some researchers in the international context, such a practice would be unviable on a large scale, for example, comparing countries.

In this context, there are numerous scientometric indexes, such as the *h-index*; however, they do not offer any direct measure of the quality of the research. In principle, some can show the productivity of an author or group and its visibility and impact. However, it should be noted that most of these indexes increase with the number of articles published and the citations accumulate according to the age of the work. Therefore, it is not possible to compare authors from distinct age groups. Another complicating factor is that these indexes strongly depend on the field of research (Montazerian et al., 2019). Despite such difficulties, and since it is easy to obtain, *h-index* continues to be widely used, frequently without the necessary criteria to distinguish between areas and publication date.

However, scientometrics has evolved significantly. There are already more than one-hundred parameters that supposedly measure the impact of scientific publications. Some of them can (still not entirely satisfactorily) normalize the citations and publications according to the date each article was published and the area of knowledge, for example, FWCI (Zanotto & Carvalho, 2021). These normalizations lead to a significant improvement in such indexes.

One of the best scientometric indexes – Stanford-PLOS composite index, *c<sub>i</sub>*. In October 2020, researchers used a new indicator – probably the most complete one to date –, thus calculating and publishing a ranking that applied a much more inclusive and rigorous metric than the traditional scientometric indexes. This effort included around 160,000 scientists they considered the most influential on the planet, considering the impact of their scientific articles in the research communities in their areas.

The work was carried out by a renowned group of scientometrists from the University of Stanford (EUA) and Elsevier: John Ioannidis, Kevin W. Boyack and Jeroen Baas (2020). In the study from 2020, the 160,000 researchers selected represented around 2% of the more than 7 million researchers analyzed. Ioannidis et al. (2020) computed the production of all the authors with more than five ar-

OS RESULTADOS DA INTERNACIONALIZAÇÃO NO BRASIL

Discorrer sobre os resultados da internacionalização implica analisar a visibilidade e o impacto da ciência brasileira no contexto internacional (Zanotto et al., 2016).

A avaliação da importância da obra de cientistas, grupos de pesquisas, universidades e países é extremamente relevante, mas obviamente envolve enorme complexidade, que aumenta com o tamanho do grupo e com a multiplicidade de áreas de pesquisa. Não há um parâmetro quantitativo absoluto – aceito mundialmente – para avaliar a qualidade da obra de um cientista, mas existem vários indicadores relevantes, tais como: quais foram as principais descobertas do pesquisador? No que resultaram? Por exemplo, artigos publicados nos melhores periódicos de cada área, *papers* escolhidos como capas de revistas e *invited review papers*, que geralmente resultam em palestras e plenárias convidadas em congressos de primeira linha, prêmios, significativo volume de recursos obtidos de agências de fomento, editoria de periódicos científicos, ingresso em academias de ciência, direção de agências de fomento e sociedades científicas, consultoria a empresas etc.

A combinação dessas informações pode oferecer um panorama revelador sobre a obra e a estatura científica de um pesquisador (Zanotto, 2006). É óbvio que cada um desses itens também tem seus próprios rankings, por exemplo, tornar-se editor de uma revista de uma pequena universidade é louvável, mas é bem diferente de ser editor da *Science*, *Nature*, *Lancet*, *Physical Review Letters*, *Journal of the American Chemical Society*, *Annals of Mathematics* e outros periódicos de similar calibre. Enquanto seja possível levantar tais informações qualitativas para comparar o desempenho de alguns pesquisadores no contexto internacional, tal prática seria inviável em larga escala, por exemplo, comparar países.

Nesse contexto, há inúmeros índices cientométricos, como o *h-index*, mas eles não oferecem uma medida direta da qualidade da pesquisa. Porém, em princípio, alguns

(...) já existe mais de uma centena de parâmetros que supostamente podem mensurar o impacto de publicações científicas, e alguns deles, de alguma forma (ainda não completamente satisfatória), normalizam as citações e publicações de acordo com idade de cada artigo e área do conhecimento, por exemplo, o FWCI.

podem revelar a prolificidade de qualquer autor ou grupo e sua visibilidade e impacto. Entretanto, um sério problema é que a maioria desses índices aumenta com o número de artigos publicados e as citações se acumulam com a idade do trabalho; portanto, não é possível comparar autores de faixas etárias distintas. Outro fator complicador é que eles dependem fortemente do campo de pesquisa (Montazerian et al., 2019). Apesar dessas dificuldades, pela facilidade de obtenção, o índice *h* continua sendo amplamente empregado, muitas vezes sem os necessários critérios de distinção entre áreas e idades.

Mas a cientometria evoluiu muito; já existe mais de uma centena de parâmetros que supostamente podem mensurar o impacto de publicações científicas, e alguns deles, de alguma forma (ainda não completamente satisfatória), normalizam as citações e publicações de acordo com idade de cada artigo e área do conhecimento, por exemplo, o FWCI (Zanotto & Carvalho, 2021). Essas normalizações levaram a uma significativa melhora desses índices.

Um dos melhores índices cientométricos – The Stanford-PLOS composite index,  $c_i$

Em outubro de 2020, pesquisadores utilizaram um novo indicador – provavelmente o mais completo já desenvolvido –, computaram e publicaram um *ranking* que utiliza uma métrica bem mais abrangente e rigorosa do que os índices cientométricos tradicionais, com cerca de 160.000 cientistas considerados por eles os mais influentes do planeta, levando em conta inclusive o impacto de seus artigos científicos na comunidade de pesquisadores das respectivas áreas.

O trabalho foi realizado por um renomado grupo de cientometristas da Universidade de Stanford (EUA) e da Elsevier: John Ioannidis, Kevin W. Boyack e Jeroen Baas (2020). No trabalho de 2020, os 160.000 pesquisadores selecionados representam cerca de 2% do universo de mais de 7 milhões analisados. Ioannidis et al. (2020) computaram a produção de todos os autores com mais de cinco artigos publicados desde 1960 indexados pela Scopus. Um trabalho hercúleo que apresenta o mais completo panorama mundial já realizado na área de cientometria.

A fórmula dos *composite indicators*,  $c_p$ , considera parâmetros que refletem as publicações desde 1960 e as citações desses trabalhos ao longo de suas carreiras e, portanto, privilegia pesquisadores seniores que acumularam mais artigos e citações. São seis parâmetros normalizados pelos indicadores dos pesquisadores mais citados do planeta em cada subárea do conhecimento, que também levam em conta o número de artigos publicados como único, primeiro, ou último autor. Os dados cientométricos desses 160.000 pesquisadores podem ser consultados no site da PLOS, sendo divididos por citações recebidas durante toda a carreira do pesquisador até 2019, ou apenas por citações recebidas em 2019, considerando ou não as autocitações. As autocitações foram excluídas nas estatísticas aqui utilizadas. É importante enfatizar que esse novo indicador cientométrico privilegia autores altamente prolíficos, que acumularam muitas publicações e citações ao longo de suas carreiras; são computados artigos publicados desde 1960. Isto é,

são raros os jovens pesquisadores que aparecem entre os primeiros 160.000.

Mas os próprios autores (Ioannidis et al., 2020) afirmam que “Multiple indicators and their composite may give a more comprehensive picture of impact, although no citation indicator, single or composite, can be expected to select all the best scientists”. Os  $c_i$  de mais de 7 milhões de cientistas em 22 áreas do conhecimento e 174 subáreas e áreas descritas nas planilhas de Ioannidis et al. (2020) foram computados e disponibilizados. Com base nessa planilha realizamos uma análise preliminar, apresentada a seguir.

A posição da ciência nacional no ranking Stanford-PLOS

Avaliamos a participação brasileira e do Estado de São Paulo nos últimos 20 anos, assim como sua posição em 2019, para obter uma perspectiva da evolução temporal, tomando como base uma amostra de 853 cientistas seniores, atuantes em diversas áreas do conhecimento e que aparecem no *ranking* dos 160.000 (2%) pesquisadores mais visíveis do planeta.

Sabe-se que a contribuição percentual de trabalhos de autores vinculados a instituições nacionais vem crescendo continuamente. Um levantamento recente mostra cerca de 80.000 artigos brasileiros em 2017, 84.000 em 2018, 87.000 em 2019 e 95.000 em 2020 na base Scopus. Atualmente, isso representa cerca de 3,2% (Marques, 2021a) de todos os artigos científicos indexados pela base Scopus e oferece uma medida da produtividade científica do Brasil. Por outro lado, na planilha de Stanford, podemos verificar o percentual de autores vinculados a instituições brasileiras e a sua posição relativa que, de certa forma, indica o impacto e a visibilidade da ciência brasileira (sob a ótica do  $c_i$ ). Passamos, portanto, a apresentar as figuras resultantes de uma análise preliminar das planilhas e a descrevê-las.

Com 853 pesquisadores, o Brasil ficou em 26º lugar no *ranking* de 2019. Mas na análise da carreira completa, com 600 pesquisadores, ficamos em 30º lugar (Figura 9).

articles published since 1960 and indexed by Scopus. It was a Herculean task that presents the most complete global overview ever undertaken in the area of scientometrics.

The formula of the composite indicators considers parameters that reflect the publications since 1960 and the citations of these works throughout their careers, which tends to privilege senior researchers who have accumulated more articles and citations. There are six parameters normalized by indicators for the most cited researchers in the world for each subarea of knowledge. These also consider the number of articles published as the only, lead author, or last author. Scientometric data from these 160,000 researchers can be consulted at the PLOS site, being divided by citations received along the researcher's whole career up to 2019, or only by citations received in 2019, considering or not self-citations. Self-citations were excluded from our statistics. It is important to emphasize that this new scientometric indicator privileges prolific authors, who accumulated many publications and citations throughout their careers; articles published since 1960 are computed. As such, younger researchers amongst the first 160,000 selected are rare.

The authors themselves affirm (Ioannidis et al., 2020) however, that “[...] multiple indicators and their composite may give a more comprehensive picture of impact, although no citation indicator, single or composite, can be expected to select all the best scientists”. The  $c_i$  of more than 7 million scientists in 22 areas of study and 174 subareas, and areas presented in the tables of Ioannidis et al. were computed and made available. Based on this table we performed a preliminary analysis which is presented below.

The position of national science in the Stanford-PLOS ranking

We assessed the Brazilian participation and that of the state of São Paulo over the last 20 years, to obtain a perspective of the temporal evolution, taking as our basis a sample of 853 senior scientists, active in diverse areas of knowledge and who appear in the ranking of the 160,000 (2%) most notable researchers on earth.

It is well known that the percentage contribution of work by authors connected with national institutions has been continually growing. A recent survey shows around 80,000 Brazilian articles in 2017, 84,000 in 2018, 87,000 in 2019 and 95,000 in 2020 in the Scopus database. Currently, this represents around 3.2% (Marques, 2021a) of the total scientific articles indexed by Scopus database and offers an average of scientific productivity in Brazil. On the other hand, in the Stanford table, we can observe the percentage of authors connected with Brazilian institutions and their relative position which, in a certain manner, indicates the impact and

visibility of Brazilian science (from the perspective of  $c_i$ ). As such, we now present the figures resulting from the preliminary analysis of the tables and describe them.

Brazil came 26<sup>th</sup> in the 2019 ranking with 853 researchers, however, in the analysis of the whole career it was ranked 30<sup>th</sup> with only 600 researchers (Figure 9).

Therefore, there were only 853 researchers active in Brazilian institutions in the 2019 ranking (Figure 10). While positions vary from 1,000 to 160,000, it should be noted that being listed is already a considerable achievement. In this list, there are 348 scientists active in the state of São Paulo, corresponding to 58% of Brazilian scientists.

We can observe that the impact (scientometric) of Brazilian science rose by four positions in 2019, reaching 26<sup>th</sup> place. It is still far from the 13<sup>th</sup> place amongst the most productive countries, but it is already an encouraging result. It is interesting to note that the participation of São Paulo has shown a noticeable increase, from 42% (whole career) to 58% of the Brazilians listed in 2019.

Finally, an analysis of the positions of Nobel prizes (not presented) shows that this ranking really privileges the international visibility of scientist (positive fact), but does not present an obvious correlation with the quality or relevance of the research.

In summary, sixty Brazilians (30<sup>th</sup> place) were ranked as to their whole career, considering articles published since 1960 and citations since 1996. The 2019 ranking included 853 Brazilian scientists (0.5% of the 160,000), placing Brazil in 26<sup>th</sup> place, which indicates a recent improvement. Of these 853, only 30 are among the first 20,000. This statistic confirms the results from other metrics, that the visibility of Brazilian science is still not proportional to its productivity (3.2% of global articles, 13<sup>th</sup> place globally). On the other hand, the change from 30<sup>th</sup> place (whole career) to 26<sup>th</sup> place in 2019 indicates a significant improvement for this factor.

The participation of São Paulo presented a marked increase, from 42% (whole career) to 58% in 2019. This growth reflects the notable role of FAPESP.

THE IMPACT OF SCIENCE, INTERNATIONALIZATION AND GLOBAL RELATIONSHIPS

With an increasingly globalized world, the great majority of challenges we face deal with problems common to humanity in general, from pandemics to climate change, as well as attacks on freedom and individual rights. Given this, it is wise to consider that, if we share the most relevant problems for the advancement – or even survival – of humanity, we will also have to share the tools available to overcome these challenges. And among these tools, science plays a pivotal role.

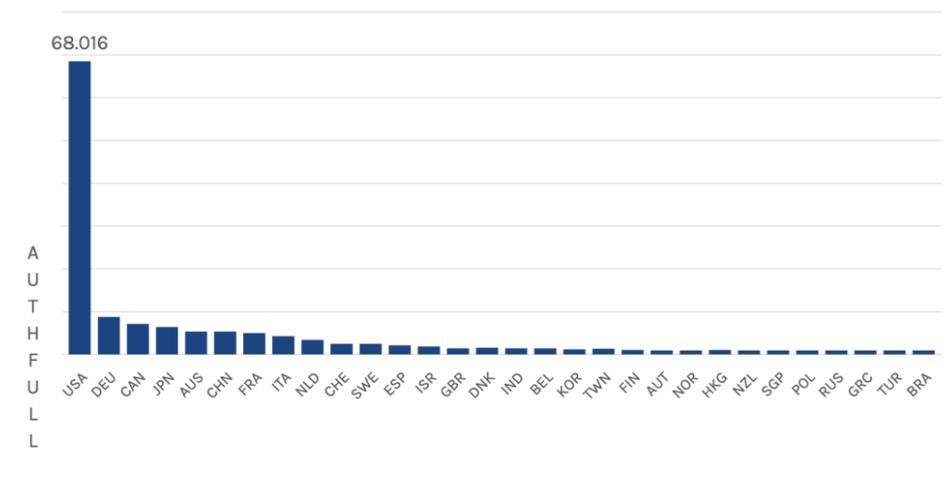


Figura 9. Número de autores de países líderes no ranking (carreira toda). O Brasil aparece em 30º lugar. Figure 9. Number of authors from countries leading the ranking (whole career). Brazil is ranked 30<sup>th</sup>.

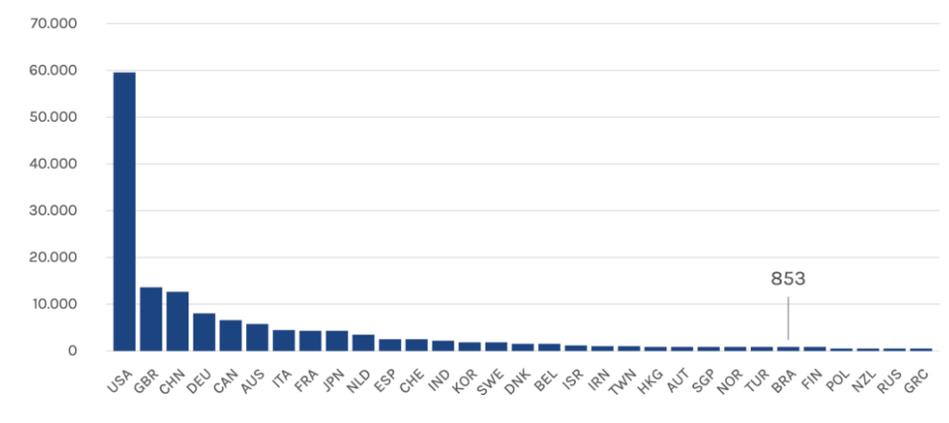


Figura 10. Número de autores de países líderes no ranking em 2019. O Brasil, com 853 pesquisadores, aparece em 26º lugar. Figure 10. Number of authors from countries leading the ranking in 2019. Brazil, with 853 researchers is ranked 26<sup>th</sup>.

Portanto, há apenas 853 pesquisadores atuantes em instituições brasileiras no *ranking* de 2019 (Figura 10); as posições variam de 1.000 a 160.000, mas estar **listado** já é um feito considerável. Nessa lista, aparecem 348 cientistas atuantes no Estado de São Paulo, que correspondem a 58% dos brasileiros.

Observa-se então que o impacto (cientométrico) da ciência brasileira subiu quatro posições em 2019, ficando em 26º. Ain-

da está longe do 13º lugar dentre os mais produtivos do planeta, mas já é um resultado animador. É interessante notar que a participação paulista apresentou expressiva subida, de 42% (carreira toda) para 58% dos brasileiros listados em (2019).

Finalmente, uma análise das posições de prêmios Nobel (não apresentada) mostra que este *ranking* realmente privilegia a visibilidade internacional de cientistas (fator positivo), mas não apresenta uma cor-

relação óbvia com a qualidade e a relevância da pesquisa.

Resumindo, seiscentos brasileiros (30º lugar) aparecem no *ranking* referente à carreira toda, levando em conta artigos publicados desde 1960 e citados desde 1996. O *ranking* de 2019 inclui 853 cientistas brasileiros (0,5% dos 160.000), colocando o Brasil no 26º lugar, o que indica uma melhora recente. Desses 853, apenas 30 estão entre os 20.000 primeiros. Essa estatística confirma resultados de outras métricas, de que a visibilidade da ciência brasileira ainda não é proporcional à sua produtividade (3,2% dos artigos mundiais, 13ª posição no mundo). Por outro lado, a subida do 30º lugar (carreira toda) para o 26º em 2019 indica significativa melhora nesse quesito.

A participação paulista apresentou expressiva subida, de 42% (carreira toda) para 58% em 2019. Esse crescimento reflete o papel marcante da FAPESP.

#### O IMPACTO DA CIÊNCIA, A INTERNACIONALIZAÇÃO E AS RELAÇÕES COM O MUNDO

Com o mundo cada vez mais globalizado, a grande maioria dos desafios que temos que enfrentar dizem respeito a problemas comuns a toda a humanidade, das pandemias às mudanças climáticas, passando pelos ataques às liberdades e direitos individuais. Por essa razão, é sensato pensar que, se compartilharmos os problemas mais relevantes para o avanço – ou mesmo sobrevivência – da humanidade, havemos também de compartilhar as ferramentas capazes de ultrapassar esses desafios. E dentre essas ferramentas, a ciência ocupa um papel de destaque.

Em boa medida, a ciência sempre teve esse caráter global incorporado em seu *modus operandi*. Quando se compete pelo ineditismo de uma descoberta científica, isso não envolve apenas os avanços realizados pelos nossos colegas locais, mas requer que avanço semelhante não tenha sido jamais realizado em lugar algum do planeta. No mesmo sentido, a produção científica em um determinado campo depende cada vez

mais da coordenação e junção de esforços feitos em diferentes lugares, por cientistas que não necessariamente se conhecem, cada um solucionando uma pequena parte de um grande e complexo quebra-cabeças. A ciência é, portanto, um empreendimento universal na sua essência, seja ele colaborativo ou não.

Porém, a solução efetiva dos desafios que enfrentamos não é somente científica, mas também política, na medida em que não basta que saibamos quais são as respostas, mas é preciso que se produzam consensos básicos e algum grau de coordenação dos diversos atores envolvidos.

O envolvimento direto da comunidade científica nas grandes questões diplomáticas e políticas internacionais é marcante. Durante a Segunda Guerra Mundial, Einstein, com o apoio de Szilard, teve um papel importante ao escrever ao Presidente Roosevelt, em agosto de 1939, alertando para a possibilidade de cientistas alemães ganharem a corrida para construir uma bomba atômica. Essa carta fez com que Roosevelt criasse um comitê formado por representantes civis e militares para estudar o urânio, o que acabou levando ao estabelecimento do Projeto Manhattan. Diante da ameaça nuclear que surgia com o pós-guerra, durante a Guerra Fria, por iniciativa de Bertrand Russell, foram criadas as *Pugwash Conferences on Science and World Affairs*, que visam “desenvolver e apoiar o uso de políticas científicas baseadas em evidências, com foco em áreas onde os riscos nucleares e de armas de destruição em massa estão presentes” e “[...] promover o desenvolvimento de políticas que sejam cooperativas e voltadas para o futuro [...]” (*Pugwash Conferences on Science and World Affairs*, 2022). O manifesto produzido pela primeira conferência, em 1957, contou com as assinaturas de Einstein, Max Born, Percy Bridgman, Leopold Infeld, Frederic Joliot-Curie, Herman Muller, Linus Pauling, Cecil Powell, Joseph Rotblat e Hideki Yukawa, e representou um importante passo na direção de criar salvaguardas à disseminação e mau

Mostly, science always had this global character incorporated into its *modus operandi*. When we pursue a cutting-edge scientific discovery, this not only implies the advances made by our local colleagues, but presupposes that a similar advance has never been made at any other place on the planet. Similarly, scientific production in a specific field increasingly depends on the coordination and conjunction of efforts made in different places, by scientists who do not necessarily know one another, each one solving a small part of a large and complex puzzle. Science, therefore, is a universal undertaking in its essence, whether it is collaborative or not.

However, the effective solution for the challenges that we face is not only scientific, but also political, to the extent that it is not enough for us to know what the answers are, but also that we produce a basic consensus and some degree of coordination regarding the diverse actors involved.

The direct involvement of the scientific community in significant international diplomatic and political issues is notable. During the Second World War, Einstein, supported by Szilard, played an important role in writing to President Roosevelt, in August 1939, warning about the possibility of German scientists winning the race to build an atomic bomb. This letter led to Roosevelt creating a committee composed of civil and military representatives to study uranium, which ended up leading to the establishment of the Manhattan Project. In the face of the nuclear threat that emerged with the post-war era, during the Cold War, Pugwash Conferences on Science and World Affairs were founded on the initiative of Bertrand Russell, seeking to “develop and support the use of scientific politics based on evidence, focused on areas where nuclear risks and from weapons of mass destruction are present” and to “[...] promote the development of policies that would be cooperative and directed towards the future [...]” (*Pugwash Conferences on Science and World Affairs*, 2022). The manifesto produced by the first conference, in 1957, included signatures of Einstein, Max Born, Percy Bridgman, Leopold Infeld, Frederic Joliot-Curie, Herman Muller, Linus Pauling, Cecil Powell, Joseph Rotblat and Hideki Yukawa, and represented an important step in the direction of creating safeguards against the dissemination and poor use of nuclear technology. Consequently, Pugwash “movement” was recognized with a Nobel Peace Prize in 1995.

Each period, however, requires specific strategies and actions, and the current context presents certain novelties that deserve attention. The world today has witnessed the rapid advance of Chinese leadership, not only from a diplomatic, commercial, and geopolitical perspective, but also from a scientific one. The total expenditure on R&D by the United States in 2017 was only 9% higher than the Chinese, while China’s investment with experimen-

tal development, focused on the production of new products or improvement of processes, grew rapidly over recent years and is 23% larger than that of the United States (National Center for Science and Engineering Statistics, 2019). China’s participation in the authorship of scientific articles today represents 21% of the global total and its rate of annual growth is 10 times larger than that of the United States, which is ranked second place (Mervis, 2020).

A particularly sensitive area is that of Artificial Intelligence (Machine learning), which has a diverse and transversal field of applications, is revolutionizing various aspects of human activities and has strong consequences, including in defense and sovereignty of nations. China intends to become the world leader in AI by 2030 (China Association for International Science and Technology Cooperation, 2017; O’Meara, 2019), but recent estimates show that this is already happening: China is overtaking the USA in the number of articles published and in the production of high impact articles in AI (Cady & Etzioni, 2019).

Of course, the rise of China as a center of global power will raise the temperature of bilateral relations with the USA, shaping the whole international scenario over the next decades. The two countries will tend to compete in diverse spheres and will seek to tighten their political, cultural and scientific bonds with the rest of the world.

With this understanding, if Brazil wishes to keep up with cutting-edge scientific developments, it is fundamental that it actively seeks the diversified internationalization of its science. More than this, allied with the independent international relations and free of specific ideological biases from one government or another, scientific exchanges can contribute to the construction and consolidation of consensus between nations.

The scientific and technological advances associated with a consistent policy of internationalization become a display window for the country, attracting foreign attention for other aspects of national development. During the Science without Borders Program, for example, Brazil began to be seen in a new way by the international scientific community. Due to the scale and diversity of the program, we became an important alternative for scientific exchanges and partnerships. Therefore, the beneficial effects of internationalization policies could be consolidated. It is important that there is a continuity of C&T policies seeking internationalization, so that the initial steps gain momentum and are seen as a reliable and long-lasting state policy.

Just as science can operate as a driver of national interests for the common good, not adopting its precepts can negatively influence possible alliances with other countries. A remarkable example is public policy associated with climate change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reports have played



uso de tecnologias nucleares, a ponto de o “movimento” Pugwash ter sido reconhecido com o Prêmio Nobel da Paz em 1995.

Cada época, porém, exige estratégias e ações específicas, e o contexto atual traz algumas novidades que merecem atenção. O mundo hoje tem testemunhado o rápido avanço da liderança chinesa, não apenas sob a óptica diplomática, comercial e geopolítica, mas também científica. O gasto total com P&D dos Estados Unidos em 2017 foi apenas 9% superior ao chinês, enquanto os gastos da China com desenvolvimento experimental, direcionado para a produção de novos produtos ou aprimoramento de processos, cresceram rapidamente nos últimos anos e são 23% superiores aos dos Estados Unidos (National Center for Science and Engineering Statistics, 2019). A participação da China na autoria de artigos científicos representa hoje 21% do total mundial e sua taxa de crescimento anual é 10 vezes maior do que aquela dos Estados Unidos, que ocupam o segundo lugar (Mervis, 2020).

Uma área particularmente sensível é a da Inteligência Artificial (*Machine Learning*), que tem um campo de aplicações diversifi-

cado e transversal, está revolucionando vários aspectos das atividades humanas e tem fortes reflexos, inclusive na defesa e soberania das nações. A China tinha a intenção de liderar o mundo em IA até 2030 (China Association for International Science and Technology Cooperation, 2017; O’Meara, 2019) mas estimativas recentes mostram que isso já está acontecendo: a China está ultrapassando os EUA em números de artigos publicados e na produção de artigos de alto impacto em IA (Cady & Etzioni, 2019).

Certamente, a ascensão da China como centro de gravidade global elevará a temperatura das relações bilaterais com os EUA, moldando todo o cenário internacional nas próximas décadas. Os dois países tenderão a competir em diversas esferas e buscarão estreitar os laços políticos, culturais e científicos com o resto do mundo.

Com essa clareza, caso o Brasil queira acompanhar os desenvolvimentos de fronteira, é fundamental que busque ativamente a internacionalização diversificada de sua ciência. Mais do que isso, aliados a uma política externa independente e livre dos vieses ideológicos específicos desse ou daquele governo, os intercâmbios científi-

cos podem contribuir para a construção e consolidação de consensos entre as nações.

Os avanços científicos e tecnológicos, associados a uma política consistente de internacionalização, tornam-se uma vitrine para o País, atraindo a atenção externa para outros aspectos do desenvolvimento nacional. Durante o Programa Ciência sem Fronteiras, por exemplo, o Brasil passou a ser visto de uma nova maneira perante a comunidade científica internacional. Devido à escala e à diversidade do programa, passamos a ser uma alternativa importante para parcerias e intercâmbios científicos. Para que os efeitos benéficos de políticas de internacionalização se consolidem, é importante que haja uma continuidade das políticas de C&T visando à internacionalização, de tal forma que os passos iniciais ganhem momento e sejam vistos como uma política de Estado, confiável e duradoura.

Assim como a ciência pode operar como aglutinador de interesses nacionais para o bem comum, a não adoção de seus preceitos pode influenciar negativamente a possível aliança com outros países. Um exemplo marcante são as políticas públicas associadas às mudanças climáticas. Os relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Changes* (IPCC) têm desempenhado um papel essencial na conscientização desse problema que afeta a todos, inclusive com a participação destacada de lideranças científicas brasileiras na área. Essa área vem aumentando sua relevância em discussões de fóruns intergovernamentais. Desviar-se do caminho apontado pelas evidências científicas e pelo consenso internacional pode ser muito danoso para a imagem externa do país.

Uma região que está diretamente associada às mudanças climáticas é a Antártica, cuja exploração evidencia a importância da inter-relação entre ciência e diplomacia (Berkman et al., 2011). O Tratado da Antártica, assinado em 1959, já estabelecia os princípios de liberdade de investigação científica, cooperação internacional e a livre disponibilidade dos dados e resultados das pesquisas. Além de estudos multinacionais diretamente relacionados às mudanças do

clima e à vida marinha, a Antártica abriga hoje projetos de pesquisa básica como o *IceCube Neutrino Observatory*, que detecta sinais da passagem de neutrinos astrofísicos através de mais de 5.000 sensores de luz incrustados na camada de gelo. A colaboração *IceCube* é constituída de 350 pesquisadores de 53 instituições de 12 países.

Em momentos nos quais alguns dos preceitos fundamentais dos avanços civilizatórios são vilipendiados, principalmente através da tentativa de minorar e desacreditar o papel da Ciência, dos valores científicos e do método científico, é essencial encontrarmos caminhos que possam ressaltar o papel da Ciência e da diplomacia científica. É cada vez mais importante os cientistas estarem ao lado dos formuladores de políticas públicas e das políticas externas dando suporte, aconselhamento e apontando caminhos alternativos. Ao mesmo tempo, é preciso incentivar cada vez mais a cooperação científica internacional, promovendo e impulsionando a coesão das propostas para atacar problemas globais.

Promover a livre troca de ideias, utilizando da lógica e da transparência, pode ser a grande arma que a ciência tem a oferecer para a busca de um cenário internacional mais justo, equânime e sem preconceitos de qualquer espécie (The Royal Society, 2010).

É neste panorama que se celebram os 60 anos de experiência da FAPESP. A sua estratégia de internacionalização tem resultado em criação conjunta de cientistas dos mais longínquos lugares do mundo, incluindo os países mais poderosos do planeta em atual claro conflito tecnológico. Os programas de internacionalização da FAPESP sempre visam contribuições equilibradas, de ideias, pessoal e recursos entre os parceiros, evitando assim muitos dos potenciais problemas da internacionalização (Zanotto et al., 2016). Claramente a política de colaboração e intercâmbio entre cientistas do mundo todo, incluindo nesse esforço os programas de internacionalização da FAPESP, são caminhos para enfrentar as profundas crises que o planeta hoje enfrenta.

an essential role in raising awareness regarding this problem that affects everybody, including the notable role of Brazilian scientific leaders in the area. This field has been expanding its relevance in discussions in intergovernmental forums. Ignoring the way forward highlighted by the scientific evidence and by the international consensus can be very damaging for the international image of Brazil.

A region directly associated with climate change is Antarctica, the exploration of which demonstrates the importance of the interrelationship between science and diplomacy (Berkman et al., 2011). The Antarctic Treaty, signed in 1959, has established the principles of freedom of scientific investigation, international cooperation and free availability of research data and results. Besides multinational studies directly related to climate change and marine life, nowadays, Antarctic is home to fundamental research projects such as the IceCube Neutrino Observatory, which detects signals of the passage of astrophysical neutrinos, using more than 5,000 light sensors set into the ice sheet. The IceCube collaboration is made up of 350 researchers from 53 institutions from 12 countries.

At a time when some of the fundamental precepts of advanced civilizations are being corroded, mainly through the attempt to undermine and question the role of science, scientific values, and the scientific method, it is of utmost importance that we find ways that can highlight the role of science and scientific diplomacy. It is increasingly more important that scientists collaborate with those who formulate public and foreign policies, giving support, advice, and outlining alternative solutions. At the same time, it is necessary to increasingly encourage international scientific cooperation, promoting and motivating the cohesion of the proposals to confront global problems.

Promoting the free exchange of ideas through logic and transparency can be a significant weapon in the hands of science to seek a more equitable international environment, free of all prejudice (The Royal Society, 2010).

It is with this context in mind that we celebrate 60 years of FAPESP's endeavor to improve science. Its internationalization strategies have led to the collaborative training of scientists from the most distant places in the globe, including the currently most powerful countries on the planet, which are clearly in technological conflict. FAPESP's internationalization programs have always sought to balanced contributions, in terms of ideas, personnel, and resources between partners, so as to avoid many of the potential problems of internationalization (Zanotto et al., 2016). Clearly, the policy of collaboration and exchange between scientists from around the globe, including FAPESP's internationalization program effort, are a way to confront the profound crises that the planet faces.

## REFERÊNCIAS/REFERENCES

Adams, J., Pendlebury, D., Potter, R., & Szomszor, M. (2019). *Multi-authorship and research analytics* (Global Research Report). The Institute for Scientific Information. <http://www.webofsciencegroup.com/fisi>

Altbach, P. G., & Salmi, J., editors (2011). *The road to academic excellence: the making of world-class research universities*. The World Bank.

Amaldi, U. (1999, July 15-21). Spin-offs of High Energy Physics to Society. In *International Europhysics Conference-High Energy Physics '99* (pp.1-20). CERN. <https://cds.cern.ch/record/506612/files/506612.pdf>

Beaver, R., & Rosen, R. (1978). Studies in scientific collaboration Part I. The professional origins of scientific co-authorship. *Scientometrics*, 1, 65-84.

Berkman, P. A., Lang, M. A., Walton, D. W. H., & Young, O. R. (Eds.). (2011). *Science Diplomacy: Antarctica, Science, and the Governance of International Spaces*. Smithsonian Institution Scholarly Press. <http://www.atsumit50.org/session/book.html>

Cady, F., & Etzioni, O. (2019). *China May Overtake US in AI Research*. Medium. <https://medium.com/ai2-blog/china-to-overtake-us-in-ai-research-8b6b1fe30595>

Camporesi, T., Catalano, G., Florio, M., & Giffoni, F. (2017). High-energy physics as a career springboard. *European Journal of Physics*, 38, 025703.

China Association for International Science and Technology Cooperation. (2017). *Next Generation Artificial Intelligence Development Plan*. Ministry of Science and Technology – MOST, Department of International Cooperation. <http://fi.china-embassy.org/eng/kxjs/P020171025789108009001.pdf>

Compact Muon Solenoid – CMS. (2022). <https://cms.cern>

Drake, N. (2011). What is the human genome worth? *Nature*. <http://dx.doi.org/10.1038/news.2011.281>

Florio, M., Forte, S., & Sirtori, E. (2016). Forecasting the socio-economic impact of the Large Hadron Collider: A cost-benefit analysis to 2025 and beyond. *Technological Forecasting and Social Change*, 112, 38-53. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.03.007>

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. (2020). *Relatório de Atividades 2020*. <https://fapesp.br/relatorio2020>

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. (2021). *Presidente da FAPESP reúne-se com a Comissão de CT&I da Alesp*. <https://agencia.fapesp.br/presidente-da-fapesp-reune-se-com-a-comissao-de-ct-i-da-alesp/36549/>

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. (2022a). *Artigo 123 da Constituição Estadual Paulista de 1947*. <https://bv.fapesp.br/linha-do-tempo/212/artigo-123-constituicao-1947/#:~:text=%E2%80%9CArtigo%20123,Par%C3%A1grafo%20%C3%BAnico>

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. (2022b). *SPRINT – São Paulo Researchers in International Collaboration*. [www.fapesp/sprint](http://www.fapesp/sprint)

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. (2022c). *Centros de Pesquisa em Engenharia*. <https://fapesp.br/cpe/>

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. (2022d). <https://fapesp.br/chamadas/>

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, Centro de Documentação e Informação – CDi. (2022e). *Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID)*. <https://bv.fapesp.br/pt/8/centros-de-pesquisa-inovacao-e-difusao-cepid/>

Graf, H., & Kalthaus, M. (2018). International research networks: Determinants of country embeddedness. *Research Policy*, 47(7), 1198-1214.

InCites. (2022). <https://incites.clarivate.com/>

Internationalisation of EU Research Organisations. (2019). *Panel for the Future of Science and Technology*. European Parliamentary Research Service.

Ioannidis, J. P. A., Boyack, K. W., & Baas, J. (2020). Updated science-wide author databases of standardized citation indicators. *PLoS Biology*, 18(10), e3000918. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000918>

ITER Organization Headquarters Building – ITER. (2022). <https://www.iter.org>

Lecoq, P. (2007). Spin-off from particle detectors in the field of medicine and biology. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 581(1-2), 1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2007.07.020>

Legacy Survey of Space and Time – LSST. (2022). *Rubin Observatory*. <https://www.lsst.org>

Leta, J., & Chaimovich, H. (2002). Recognition and international collaboration: The Brazilian case. *Scientometrics*, 53(3), 325-335.

Marques, F. (2021a). Engrenagens do conhecimento: Relatório traz dados originais sobre características da produção científica brasileira. *Pesquisa FAPESP*, 308, 46-49.

Marques, F. (2021b). Em busca de métricas mais refinadas: Novos indicadores procuram desvendar tendências e estabelecer comparações mais precisas ao avaliar dados quantitativos de produção científica. *Pesquisa FAPESP*. 49-51. [https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2021/03/048-051-indicadores\\_301.pdf](https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2021/03/048-051-indicadores_301.pdf)

Montazerian, M., Zanotto, E. D., & Eckert, H. (2019). A new parameter for (normalized) evaluation of H-index: Countries as a case study. *Scientometrics*, 118, 1065-1078.

National Center for Science and Engineering Statistics. (2019). The United States Invests More in Applied and

Basic Research than Any Other Country but Invests Less in Experimental Development than China. National Center for Science and Engineering Statistics. NSF 20-304. <https://www.nsf.gov/statistics/2020/nsf20304/nsf20304.pdf>

National Research Council. (2014). *Strategic Engagement in Global S&T: Opportunities for Defense Research*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18816>

O'Meara, S. (2019). Will China lead the world in AI by 2030? *Nature*, 572, 427-428. <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-019-02360-7>

Pugwash Conferences on Science and World Affairs. (2022). <https://pugwash.org>

São Paulo Research Foundation – FAPESP, Documentation and Information Center – CDi. (2022). <https://bv.fapesp.br/en/>

São Paulo. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, Secretaria Geral Parlamentar, Departamento de documentação e Informação. (1960). Lei Estadual nº 5.918, de 18 de outubro de 1960. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*.

São Paulo. (1962). *Decreto nº 40.132, de 23 de maio de 1962. Aprova os Estatutos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo*. Diário Oficial do Estado de São Paulo.

The Royal Society. (2010). New frontiers in science diplomacy. The Royal Society. <https://royalsociety.org/topics-policy/publications/2010/new-frontiers-science-diplomacy>

The Royal Society. (2011). *Knowledge, networks and nations: Global scientific collaboration in the 21st century*. <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/knowledge-networks-nations/report/>

Wang, D., & Barabási, A.-L. (2021). *The science of science*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108610834>

Witze, A. (2020). Universities will never be the same after the coronavirus crisis. *Nature*, 582, 162-164.

Wuchty, S., Jones, B. F., & Uzzi, B. (2007). The increasing dominance of teams in production of knowledge. *Science*, 316(5827), 1036-1039. <https://doi.org/10.1126/science.1136099>

Zanotto, E. D. (2006). The scientist pyramid. *Scientometrics*, 69(1), 175-181.

Zanotto, E. D., & Carvalho, V. (2021). Article age- and field-normalized tools to evaluate scientific impact and momentum. *Scientometrics*, 126, 2865-2883.

Zanotto, S. R., Haeflner, C., & Guimarães, J. A. (2016). Unbalanced International collaboration affects adversely the usefulness of countries' output as well as their technological and social impact. *Scientometrics*, 109, 1789-1814.

1962  
/2022

# FAPESP 60 Anos

Adriano D. Andricopulo  
*Editor*

Marco Antonio Zago  
Luiz Eugênio Mello  
Marie-Anne Van Sluys  
Vanderlan S. Bolzani  
Paulo Artaxo  
Adriano D. Andricopulo  
*Organizadores*

Hernan Chaimovich  
Paulo Artaxo  
Carlos Alfredo Joly  
Bernadette D. G. de Melo Franco  
Claudia Maria Bauzer Medeiros  
Adriano D. Andricopulo  
Sergio Adorno  
*Coordenadores*

Leonardo Luiz Gomes Ferreira  
Marília Valli  
*Colaboradores*

[60ANOS.FAPESP.BR/ACIESP](http://60ANOS.FAPESP.BR/ACIESP)

ISBN 9786586819281



9 786586 819281