

Ciência e Sociedade - Volume II - Nº 2

100 ANOS DE FÍSICA

José Goldemberg
Instituto de Física da Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

1. O Papel da Ciência em Países em Desenvolvimento

Em uma análise do que se fez em Física nos últimos 100 anos no Brasil é lícito perguntar inicialmente qual o papel da ciência pura em países em desenvolvimento.

É preciso considerar que nas nações mais desenvolvidas, o papel da ciência pura e da física em particular, é considerado essencial e está indissolivelmente ligado ao próprio fato delas serem mais desenvolvidas; por exemplo, a invenção da máquina a vapor por Watt na Inglaterra e a revolução industrial consequente permitiu que a Inglaterra estabelecesse seu grande império que durou quase 200 anos.

Nas novas nações industriais, Estados Unidos, França, União Soviética e Japão é a exportação de máquinas e "know-how"

que as torna as potências centrais do século XX. Os três estágios pelos quais passa a maioria das nações: exportação de matérias primas, exportação de produtos manufaturados e exportação de "know-how" podem e têm servido como índice de seu progresso. Com a era da computação e das empresas multinacionais em pleno desenvolvimento, torna-se cada vez mais evidente que nações realmente desenvolvidas são as que geram tecnologia como consequência do seu avanço científico; o claro exemplo dos Estados Unidos aí está para dispensar maiores comentários sobre este ponto.

Em países coloniais, ou em desenvolvimento, a situação é bem outra. A atividade científica, quando existe, depende da tolerância, compreensão e boa vontade dos governantes e das classes mais privilegiadas. Prestígio internacional justifica em alguns casos o suporte à atividade científica; em outros casos o aforismo do General de Gaulle se aplica ("toda família francesa de classe média que se preza tem sempre uma peça de louça de Sèvres além da louça de todo dia") e ao lado das atividades usuais de engenharia e serviços é "elegante" manter alguma atividade científica no país. Mesmo no período do Império este era o caso do Brasil.

No seu presente estágio de desenvolvimento existem, a nosso ver, duas razões para justificar a realização de pesquisas em ciência pura (e de física, em particular) no Brasil:

1. Para descobrir novas leis da natureza, para desenvolver tecnologia nova ou para adaptá-la ao nosso meio.
2. Para atingir e manter um bom nível cultural e educação.

cional. A pesquisa científica, além de ser importante manifestação cultural, é elemento indispensável para manter a qualidade do ensino e evitar que este descambe para meros exercícios livrescos e acadêmicos.

A importância da pesquisa científica em descobrir princípios novos tem sido bastante exagerada e não existe nenhuma razão em insistir num imediatismo muito grande acerca dos lucros que se podem obter dela. É claro, porém, que princípios novos podem e têm sido descobertos, como o transistor que revolucionou toda uma época.

Por outro lado, a adaptação de novas tecnologias através da importação de "know-how" ou de equipamentos sofisticados exige, dentro do País, pessoal de alto nível, familiarizado com os mais modernos avanços e desenvolvimentos. Isto se reflete não só na escolha do que absorver ou adaptar, mas condiciona os desenvolvimentos futuros da tecnologia importada. É evidente que sem um domínio local das ciências da computação, o uso de computadores ou seu desenvolvimento no País seria seriamente prejudicado. Da mesma forma uma grande familiaridade com a física nuclear abre caminho para o desenvolvimento da indústria nuclear.

Sem uma reserva de cientistas e tecnólogos de alto nível é impossível enfrentar bruscamente problemas novos e complexos que sejam impostos à nação, como por exemplo guerras ou contingências políticas. No Brasil, como na maioria dos países em desenvolvimento, as patentes estrangeiras competem fortemente com o trabalho dos cientistas nacionais e tiram deles a motiva -

ção para pesquisas "úteis" na indústria. Nestas circunstâncias o sistema industrial não pressiona o sistema científico a não ser quando forçado ou encorajado a fazê-lo. A experiência mostra porém que as barreiras alfandegárias, cambiais e políticas aumentam a necessidade de pesquisadores no País.

A importância educacional é, porém, a razão principal para a realização de pesquisas em ciência pura no Brasil:

- a) sem que exista uma atividade científica paralela , os professores tendem a se tornar meramente livrescos e repetidores de livros de texto; não há a menor dúvida de que as escolas de onde saem os melhores profissionais são aquelas em que a pesquisa se faz concomitantemente com o ensino.
- b) a realização de pesquisas dá às pessoas independência de pensamento e coragem intelectual, fatores fundamentais para enfrentar problemas novos e vencer na atividade profissional; esta é a base na qual se apoia a exigência do doutoramento para que um engenheiro ocupe uma posição de destaque na indústria nos Estados Unidos ou em muitos países da Europa.
- c) finalmente, a realização de pesquisas, força o desenvolvimento de novas técnicas ou instrumentos que podem depois ser industrializados; por exemplo. não é por acaso que em torno de Stanford, na Califórnia, se tenha desenvolvido a indústria eletrônica de alta frequência: é que nesta Universidade, a ne-

cessidade puramente científica de construir aceleradores lineares melhores e maiores forçou o desenvolvimento de "klystrons", magnetrons e outros instrumentos geradores de alta frequência que são industrializados com grande sucesso.

Posto isto, vejamos qual o desenvolvimento histórico da Física no Brasil e o papel que desempenha na presente sociedade brasileira.

2. As Raízes Históricas da Física no Brasil

Praticamente todo o desenvolvimento científico do País - em particular o da Física - ocorreu nos últimos 100 anos e mais marcadamente nos últimos 50 anos.

As causas deste atraso estão intimamente ligadas com a natureza colonial do País e com o fato, ainda mais fundamental, que a própria metrópole - Portugal - também foi um país particularmente atrasado em relação ao progresso científico e cultural do resto da Europa e dependente por sua vez da Inglaterra no que se refere a produtos industriais.

É por esta razão que a criação de universidades nas colônias espanholas da América Latina nos séculos XVI e XVII (Perú, Equador, São Domingos e México) "não contribuiu, nem podia contribuir, senão para aí desenvolver e justificar o espírito medieval que animava esta cultura no país de origem e, com ela, se transferiu às terras descobertas" de acordo com as palavras de Fernando de Azevedo. É o caso de lembrar aqui talvez que a pró-

pria Universidade de Coimbra só perdeu algumas de suas características medievais no fim do século XVIII.

É portanto falsa a opinião de que a demora na fundação de Universidades no Brasil tenha sido uma das causas do "atraso" do desenvolvimento do espírito e dos métodos científicos no País.

Este atraso deve ser procurado na estrutura social da colônia e na atitude mental dos colonizadores.

A vinda de D. João VI produziu porém sérias modificações na vida da colônia: abrindo os portos à navegação e ao comércio exterior; derogando o alvará de 5 de janeiro de 1785 que ordenara o fechamento de todas as fábricas; fundando a Imprensa Régia em que se imprimiram as primeiras obras editadas no País; inaugurando a primeira biblioteca pública (que é hoje a Biblioteca Nacional) e criando os cursos médico-cirúrgicos na Bahia e no Rio de Janeiro, a Academia de Marinha e a Academia Real Militar, criaram-se condições para a transformação dos hábitos coloniais.

É claro que todas estas iniciativas - escolas e cursos profissionais - se destinavam a atender às necessidades mais urgentes do meio brasileiro e às necessidades crescentes da urbanização dos grandes centros.

As academias e escolas médicas criadas por D. João VI destinavam-se a fornecer os médicos e engenheiros de que o governo português necessitava para reorganizar o seu exército e marinha; apesar disso alargava-se assim o campo de ação do ensino superior dando ao econômico e ao técnico a primazia sobre o literário.

O Colégio D. Pedro II foi criado em 1837 e a Academia Militar foi transformada em Escola Central (mais tarde Escola Politécnica do Rio de Janeiro) em 1858, com a introdução de uma seção de ciências físicas e matemáticas, mostrando bem claramente que a criação das "escolas profissionais" acabou - em consequência de seu próprio desenvolvimento - por ser um núcleo incipiente de ciências.

Em 1874 a Escola Central foi transformada na Escola Politécnica do Rio de Janeiro pelo Visconde do Rio Branco, perdendo seu caráter militar e dedicando-se exclusivamente à formação de engenheiros.

Em 1875 um grupo de cientistas franceses instalou a Escola de Minas de Ouro Preto.

Em 1893 foi criada a Escola Politécnica de São Paulo e em 1901 reorganizado o Observatório Nacional, ao qual foi dada uma organização mais moderna.

Em todas essas escolas, no entanto, destinadas especificamente à formação profissional, faltavam as condições necessárias ao desenvolvimento da pesquisa pura no campo das ciências físicas o que só se concretizaria mais tarde com a criação das Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras.

3. Os Precursores no Rio de Janeiro

Não faltaram, é claro, professores e cientistas talentosos nestas escolas e que nas condições difíceis de sua época acompanharam os desenvolvimentos que ocorriam em outras partes do

mundo e contribuíram também, se bem que modestamente, a estes desenvolvimentos.

Joaquim Gomes de Souza (1829-1856), jovem professor da Academia Militar, foi indiscutivelmente o primeiro físico-matemático brasileiro tendo realizado numerosos trabalhos de pesquisa apresentados a instituições científicas da França e Inglaterra. Seus trabalhos versaram principalmente sobre cálculo integral e a teoria de propagação do som.

Otto de Alencar Silva (1874-1912) da Escola Politécnica do Rio de Janeiro foi também um físico-matemático, que constituíu um digno sucessor de Gomes de Souza; estudou a equação de propagação das ondas e a equação das membranas capilares além de inúmeras obras de geometria; foi um crítico severo de Augusto Comte como matemático, o que - para a época - dá idêia da sua independência intelectual.

Henrique Morize (1860-1930) foi o introdutor do método experimental no desenvolvimento da Física entre nós. Sua tese de concurso, na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, em 1898 versou sobre "Descarga Elétrica nos Gases Rarefeitos", tema atualísimo na época. Organizou também os serviços de Meteorologia no Brasil e o aperfeiçoamento dos serviços de hora e dos levantamentos magnetométricos como Diretor do Observatório Astronômico Nacional.

A importância de Henrique Morize na história das pesquisas físicas no Brasil não deve ser avaliada apenas pela sua obra publicada - relativamente escassa - mas, sobretudo, pela

grande influência que exerceu entre os estudiosos brasileiros de sua época, despertando-lhes a curiosidade e o interesse pelos trabalhos experimentais, que, até então, haviam sido relegados a um plano secundário, e esclarecendo os poderes públicos sobre a necessidade da criação de laboratórios para o ensino e a pesquisa, e da reorganização, em bases científicas, de vários serviços oficiais.

Uma referência muito especial deve ser feita à singular figura do Prof. José Carneiro Felipe (1886-1951) que, embora tendo-se dedicado mais especificamente à Química e à Físico-Química, exerceu, graças à sua profunda e multiforme cultura científica, poderosa influência sobre um grande número de jovens pesquisadores brasileiros, inclusive no campo da Física.

Carneiro Felipe exerceu ainda eficaz influência nos altos meios administrativos do País, tendo colaborado, como assessor técnico de vários Ministros de Estado, na reestruturação das leis e regulamentos do nosso ensino médio e superior. Um dos últimos e não menores serviços por ele prestados ao desenvolvimento da pesquisa científica no Brasil foi a eficiente colaboração que deu ao grupo que, sob a orientação de Álvaro Alberto, preparou o projeto de lei criando o Conselho Nacional de Pesquisas.

A visita de Albert Einstein ao Brasil em 1925, deu oportunidade a que se revelasse ainda um outro excelente expositor da relatividade: o Prof. Roberto Marinho de Azevedo, da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, que abordou o assunto em uma série de artigos publicados na imprensa local. Na "Revista de Ciências"

antecessora dos "Anais" da Academia Brasileira de Ciências, publicara o Prof. Marinho de Azevedo, em 1920, séria e elevada exposição da teoria.

A criação da Academia Brasileira de Ciências em 1916 - apesar de seu impacto só se fazer sentir muito mais tarde - constituiu um progresso importante por criar um "forum" onde se reuniam cientistas de várias especialidades e pela publicação regular da primeira revista científica do País.

4. Os Precursores em São Paulo

Em São Paulo, os primeiros cursos sistemáticos de Física, em nível relativamente elevado, apareceram com a criação da Escola Politécnica em 1893. A Escola manteve um curso de Física experimental, cobrindo as partes principais da Física clássica e, durante algum tempo, um de Física Industrial, de caráter mais técnico, destinado aos engenheiros civís. De 1893 a 1940, a orientação desses cursos foi variando aos poucos, sendo porém a Física sempre considerada como matéria básica.

O primeiro professor da Escola Politécnica, Francisco Ferreira Ramos, estava a par dos desenvolvimentos científicos da época; assim, por exemplo, em 1896, apenas decorrido um ano da descoberta dos raios X, por Roentgen, tirava radiografias em seu laboratório da Escola Politécnica, usando como fonte de alta tensão uma bobina de Rumkorff, alimentada por pilha de Bunsen (a Escola conserva ainda duas dessas radiografias). Sucederam-lhe, a partir de 1897, Constantino Rondelli, engenheiro industrial for-

mado pela Universidade de Turim, e depois, em 1911, Afonso de Escragnole Taunay, que seria mais tarde o historiador de todos conhecido.

Com Luiz Adolfo Wanderley, a partir de 1912, desenvolveram-se bastante os estudos de Física na Escola Politécnica, ampliando-se consideravelmente os laboratórios e elevando-se o nível dos cursos. Dotado de acentuadas qualidades didáticas, entusiasta do estudo da Física, conseguiu o professor Wanderley transmitir a seus discípulos o gosto por esta matéria. Teve ainda o mérito de iniciar investigações em Física aplicada, estudando alguns problemas que se lhe apresentavam. Assim, em colaboração com G.H. de Paula Souza, de cujo laboratório se originou mais tarde (1925) o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, determinou o valor energético de várias dezenas de alimentos; fez ensaios sobre combustíveis vegetais, especialmente sobre madeiras brasileiras e alguns estudos sobre a radioatividade das fontes hidrominerais. Soube ainda o professor Wanderley rodear-se de colaboradores de valor, entre os quais, Francisco Gayotto, seu sucessor, de 1930 a 1933, competente e dedicado professor.

Nessa época, merecem ainda menção os cursos da Cadeira de Mecânica Racional, embora tivessem caráter nitidamente matemático. Um dos titulares, Teodoro Augusto Ramos, muito contribuiu para agitar entre nós questões modernas da Física Teórica, sendo dignas de destaque suas conferências sobre a Mecânica Quântica, publicadas no Boletim do Instituto de Engenharia de São Paulo (1931-1932).

5. O Início da Pesquisa em Física no Brasil

A estas manifestações esporádicas do pensamento científico, a essas irrupções no domínio da ciência aplicada, criadas para responder aos desafios de uma realidade abundante de problemas, se juntou o impulso vigoroso das correntes de imigração e o surto industrial decorrente da Primeira Grande Guerra Mundial; a industrialização lenta mas progressiva no País e a extraordinária expansão e diferenciação da vida urbana, os progressos tecnológicos no domínio da produção do transporte e das comunicações impuseram tremendas pressões ao precário sistema de ensino superior. Isto é o que ocorreu, por exemplo, no Renascimento. Para citar Antonio Sergio "o desenvolvimento de sua indústria e do seu comércio levaram a Europa do Renascimento à transformação da mentalidade medieval. O uso das forças da natureza levou ao conhecimento sistemático de sua maneira de atuar, forçando os espíritos reflexivos à investigação de suas leis".

Sob a pressão do desenvolvimento social fundaram - se nos primeiros 30 anos do século XX inúmeras universidades e nelas se integraram as Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras criadas mais tarde, nas quais conquistaram as ciências matemáticas, físicas e naturais um lugar e um prestígio novo entre nós.

Antes de 1934, em São Paulo, educadores, cientistas, jornalistas, como Fernando de Azevedo, Lourenço Filho, Amoroso Costa, Julio de Mesquita Filho e outros, reconheciam já claramen

te que era necessário tomar alguma providência em favor de uma cultura científica de nível mais elevado. Sentia-se a necessidade da criação de uma Faculdade de Ciências, bem equipada, onde, além do estudo de ciência "feita", fossem asseguradas condições adequadas para se alcançar também o desenvolvimento dessa mesma ciência, por meio de investigações originais, função precípua de uma Universidade.

Teodoro Ramos, professor da Escola Politécnica de São Paulo é uma das figuras centrais representativas desse esclarecido movimento de que deveria resultar afinal a eclosão das atividades sistemáticas de pesquisa no domínio das ciências físicas entre nós.

O maior serviço prestado por Teodoro Ramos às pesquisas físicas e matemáticas no Brasil foi a organização inicial da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, para cuja criação contribuiu decisivamente, tendo-lhe cabido a difícil e delicada tarefa de escolher os professores e pesquisadores que deveriam constituir as primeiras equipes de trabalho dos Departamentos Científicos da referida Faculdade. Para isso fez uma viagem à Europa, pondo-se em contato direto com os principais meios científicos, nos quais era conhecido e respeitado, e neles colheu as informações que lhe permitiram trazer para o Brasil um excelente grupo de professores, aos quais se deve o magnífico surto de pesquisas nos domínios da Matemática e da Física naquela Faculdade, em especial o Professor Gleb Wataghin, para o Departamento de Física.

A tarefa de Teodoro Ramos foi, inegavelmente, facilitada pelas perseguições dos nazistas à intelectualidade liberal européia e em particular aos judeus.

O impacto da vinda do Prof. Wataghin para São Paulo não demorou muito a se fazer sentir e surgiu logo em torno dele um grupo de alunos brilhantes que realizaram pesquisas sobre os temas mais modernos na época.

Os primeiros cursos de Gleb Wataghin, em São Paulo, foram comuns à Faculdade de Filosofia e à Escola Politécnica e muito semelhantes aos congêneres da Universidade de Turim, de onde provinha o professor. A publicação de suas lições teve grande influência no ensino da Física em nível universitário.

Professor nato, apaixonado pela matéria que lecionava, conseguiu Gleb Wataghin não só transmitir a seus discípulos conhecimentos básicos de Física, mas ainda seu grande amor pelo estudo dessa ciência. Entre os alunos da primeira turma da Faculdade se contavam Marcelo Damy de Souza Santos e Mario Schenberg que haveriam, mais tarde, de se destacar nos campos da Física Experimental e da Física Teórica, respectivamente.

Em 1936, desenvolveu o professor Wataghin, no terceiro ano da Faculdade, seu curso de Física Teórica, sendo de se notar que este foi o primeiro dado em São Paulo e no Brasil em que se examinava de modo sistemático assuntos de Física Matemática, como, por exemplo, a teoria eletromagnética e a teoria da relatividade e em que se atraía ainda a atenção dos jovens estudiosos para os problemas da Física Moderna.

As atividades didáticas do professor Wataghin não impediram, entretanto, a continuação dos trabalhos a que se dedicava quando na Itália, um dos quais lhe valeu o primeiro prêmio da Pontifícia Academia "I Nuovi Licei" em concurso internacional, por ocasião do jubileu áureo do sacerdócio do Papa Pio XI.

Em São Paulo, iniciou logo o professor Wataghin duas linhas de investigações: uma em Física Teórica; outra em Física Experimental, tendo esta por objetivo o estudo dos raios cósmicos. Mais tarde, com o desenvolvimento do Departamento de Física, da Faculdade de Filosofia, surgiram outras linhas de investigações em Física Nuclear, com os aceleradores de partículas, e em Espectroscopia Molecular.

A atuação de Wataghin foi excelente sobretudo pelo entusiasmo que injetava em seus colaboradores e estudantes, qualidades estas que caracterizam o verdadeiro formador de escola. Basta folhear os Anais da Academia Brasileira de Ciência para verificar o volume crescente de trabalhos sobre Raios Cósmicos, Física Teórica e Instrumentação de Física Nuclear que surgiram no período 1937-1941. É desta época a descoberta dos "showers" penetrantes por Wataghin e seus colaboradores, que constitui provavelmente a maior contribuição brasileira à Física Experimental.

Enquanto isto fôra criada no Rio de Janeiro por Anísio Teixeira em 1935 a Universidade do Distrito Federal que teve vida brilhante mas efêmera, transformando-se pouco mais tarde (1939) na Faculdade Nacional de Filosofia da Universidade do Brasil. A presença de Bernard Gross no Instituto Nacional de Tecno-

logia do Rio de Janeiro (que se originou da Estação Experimental de Combustíveis e Minérios criada em 1921) marca a partir de 1934 o início dos estudos de raios cósmicos e de dielétricos.... (1937) tão desenvolvidos mais tarde por J. Costa Ribeiro e colaboradores.

Em 1941 realizou-se no Rio de Janeiro, sob os auspícios da Academia Brasileira de Ciências, um Simpósio Internacional sobre Raios Cósmicos, do qual participaram, além dos pesquisadores brasileiros, a equipe de investigadores da Universidade de Chicago, sob a chefia do Prof. Arthur H. Compton. Nessa oportunidade os trabalhos apresentados pelos físicos brasileiros nada ficaram a dever aos de autoria dos norte-americanos, tendo-se estabelecido proveitosas discussões sobre os temas tratados. Este Simpósio constituiu um índice expressivo do alto nível a que então já haviam chegado entre nós as pesquisas sobre a radiação cósmica, tendo servido como poderoso estímulo e como início de um fecundo intercâmbio entre os físicos brasileiros e os norte-americanos.

Com a Segunda Guerra Mundial os trabalhos de Física Experimental foram seriamente prejudicados, uma vez que a maioria dos pesquisadores dedicou-se a trabalhos de interesse para o esforço de guerra.

6. O Período de Após-Guerra

Após a segunda Guerra Mundial (1939-1945), a Física Nuclear passou a ter um maior desenvolvimento no País; inicialmente em São Paulo Cesar Lattes estudou a radioatividade natural do

Samário com emulsões nucleares. Oscar Sala e Paulo Taques Bitten court realizaram, nos Estados Unidos, pesquisas sobre esquemas de desintegração e Sala fez também trabalhos com o Acelerador Van der Graaf da Universidade de Wisconsin. Em 1948 Hervásio de Carvalho no Rio de Janeiro em colaboração com Yagoda fez pesquisas sobre dosagem de substâncias radioativas.

Há também a ressaltar com grande ênfase os trabalhos de Lattes e Camerini, que levaram à descoberta do meson π e sua produção artificial em Berkeley por Lattes e Gardner em 1948.

Em 1949, organizava-se no Rio de Janeiro o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, cujo programa compreendia o desenvolvimento de pesquisas na radiação cósmica e na física nuclear experimental, sob a direção de Cesar Lattes e com a colaboração essencial de J. Leite Lopes no domínio da Física Teórica. A idéia fundamental dessa instituição era desenvolver o que não pudera realizar a Universidade do Brasil, pela exiguidade das dotações por esta dedicadas à investigação científica na Faculdade Nacional de Filosofia e pela falta de compreensão e empenho das autoridades universitárias na concessão do regime de tempo integral aos professores interessados, bem como ao contrato de auxiliares de ensino e pesquisa e de técnicos. Não foi a obtenção de fundos de origem privada - em quantidade desprezível - que permitiu a organização inicial desse Centro em bases modestas, mas antes o entusiasmo de seus fundadores, apoiados pelo Ministro João Alberto Lins de Barros. O apoio do Conselho Nacional de Pesquisas, criado em 1951, foi que permitiu a ampliação dos programas

do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Assim, aos trabalhos iniciais sobre técnicas de alto vácuo, eletrônica e física das emulsões nucleares, seguiu-se no domínio experimental um programa de trabalhos sobre radiação cósmica, em cooperação com o grupo do Laboratório de Chacaltaya da Universidade Nacional Mayor de San Andrés, na Bolívia, dirigido por Ismael Escobar. No ano de 1951, foi adquirido um Gerador tipo Cockroft-Walton na Philips e, a partir do mesmo ano, foi elaborado, em cooperação com físicos e técnicos da Universidade de Chicago, um programa para a construção no Brasil de um sincrociclotron, programa conjunto do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e do Conselho Nacional de Pesquisas. Dificuldades de várias ordens impediram que se completassem esses programas. No que se refere ao sincrociclotron, comprou-se um modelo pequeno existente na Universidade de Chicago, e que deveria servir de base para estudos relativos à construção de um sincrociclotron de algumas centenas de milhões de elétrons-volts, no Brasil; este projeto, que não teve seguimento, frustrou as possibilidades de desenvolvimento da física experimental de alta energia no País.

No domínio da física teórica, a associação de Jayme Tiomno e Guido Beck a J. Leite Lopes permitiu um satisfatório desenvolvimento das pesquisas, bem como da importantíssima tarefa de formar novos pesquisadores através de cursos e siminários em colaboração com o Departamento de Física da Faculdade Nacional de Filosofia. Procuraram esses professores aumentar os vínculos com a Universidade do Brasil, para a boa formação dos estudantes

de Física. O CBPF solicitou, e obteve, mandato universitário da Universidade do Brasil - atual Universidade Federal do Rio de Janeiro, na área de Pós-Graduação.

Físicos de renome mundial, tais como Richard P. Feynman, Prêmio Nobel de Física (que passou no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e no Departamento de Física da Faculdade Nacional de Filosofia seu ano sabático -1951-1952), C. N. Yang, Prêmio Nobel de Física, J. Robert Oppenheimer, Prêmio Fermi de Energia Nuclear, Eugene P. Wigner, Prêmio Nobel de Física, L. Rosenfeld, Diretor do Instituto Nórdico de Física Atômica Teórica, NORDITA, de Copenhague, foram professores visitantes do Departamento de Física Teórica do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, onde realizaram cursos, seminários e trabalhos de pesquisa.

Cumprе ressaltar neste período a tarefa criativa de Guido Beck, professor de origem austríaca que se fixou no Brasil após a Guerra; especialista em eletrodinâmica e ótica moderna contribuiu de forma essencial para a educação de uma geração de jovens cientistas que se distinguiram depois no campo da física teórica e ótica quântica.

Após a volta de Wataghin para a Itália, em 1951, assumiu a chefia do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Abrahão de Moraes que se distinguira pelas suas tendências já nos primeiros anos de vida do Departamento. Alguns anos depois foi substituído por Mario Schenberg que se destacara brilhantemente como físico teórico desde a fundação do Departamento de Física. Antes da guerra

Schenberg havia trabalhado com Fermi, Pauli e Gamow, formulando com este último um modelo sobre a origem das estrelas de grande importância na astrofísica, que se tornou conhecido como o "processo URCA".

Veio para São Paulo neste período o Professor David Bohm da Universidade de Princeton, conhecido pelos seus trabalhos sobre a interpretação causal da mecânica quântica e da teoria do plasma. Prosseguiram assim com Walter Schützer, Jayme Tiomno e outros os trabalhos de física teórica que Wataghin havia iniciado.

Também neste período distinguiu-se Jayme Tiomno pelos seus trabalhos teóricos sobre relatividade e desintegração beta, vindo a receber em 1957 o Prêmio Moinho Santista, maior prêmio científico concedido no Brasil.

Paralelamente nesta época tiveram grande desenvolvimento em São Paulo os trabalhos de espectroscopia molecular, principalmente sobre o efeito Raman, por Hans Stammreich que adquiriu reputação internacional com estes trabalhos.

Os trabalhos experimentais de Física Nuclear são porém os que tiveram maior repercussão. Sob a direção de Marcello Damy de Souza Santos foi instalado em 1950 em São Paulo um Beta-tron de 22 milhões de volts - acelerador nuclear de eletrons, o primeiro a ser instalado no Brasil; as radiações produzidas por este acelerador permitiram a Souza Santos, José Goldemberg e colaboradores realizar importantes estudos sobre a interação da radiação eletromagnética com os núcleos.

Pouco depois Oscar Sala iniciou a montagem e instalação de um acelerador eletrostático tipo Van de Graaf, para prótons de energias até 3,5 milhões de volts, o que abriu novas perspectivas para trabalhos de física nuclear em São Paulo.

Teve início assim a formação de grandes grupos de físicos experimentais que juntamente com diversos cientistas visitantes estabeleceram de forma sistemática uma verdadeira escola de física nuclear com seus aspectos complementares de ensino pós-graduado e pesquisa. Inúmeros desenvolvimentos técnicos e pesquisas científicas originais ocorreram neste período.

Na mesma época foi instalado também um microscópio eletrônico na Escola Politécnica por Paulus Aulus Pompeia e Paulo Ribeiro Arruda e Luiz de Queiroz Orsini deu início a pesquisas sobre ionosfera.

O maior desenvolvimento da atividade científica não só na Física como em todas as outras ciências no Após-Guerra foi contudo a criação do Conselho Nacional de Pesquisas em 1951.

Por várias vezes a idéia fora aventada no seio da Academia Brasileira de Ciências, mas não chegara a concretizar-se.

A imperiosa e urgente necessidade da criação de tal órgão não escapou à lúcida visão do Almirante Alvaro Alberto. Aquele professor da Escola Naval, que se distinguira na Marinha de Guerra por seus trabalhos sobre explosivos representou o Brasil nas discussões que ocorreram na Organização das Nações Unidas logo após a guerra, sobre a energia atômica. Ao regressar desta importante missão, conseguiu persuadir aos poderes públi-

cos da necessidade de se preparar quanto antes o nosso País para a utilização técnico-científica dos nossos recursos minerais de interesse para a produção da energia atômica, pois, dadas as perspectivas do controle internacional dessa nova forma de energia, estaríamos ameaçados de perder a posse efetiva dessas matérias-primas, se não nos aparelhássemos convenientemente para a sua eficaz e pronta utilização.

Fez ver ainda que esse programa específico não deveria ser dissociado de um programa mais amplo e geral de estímulo ao desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica, nos mais variados setores do conhecimento, visando o "bem-estar humano e os reclamos da cultura, da economia e da segurança nacional".

Graças à sua iniciativa foi designado pelo Presidente da República, em 1950, uma comissão de professores, pesquisadores e homens de ciência, a fim de elaborar um projeto de lei criando o Conselho Nacional de Pesquisas.

O sucesso de Cesar Lattes com seus trabalhos no Exterior (produção artificial do meson π) com suas repercussões na imprensa brasileira desempenhou papel importante nesta decisão governamental.

Esse projeto, encaminhado ao Congresso com uma mensagem presidencial, concretizou-se na Lei nº 1.310, de 15 de janeiro de 1951, que constitui um marco importante na história do desenvolvimento da pesquisa científica no Brasil.

Seu objetivo principal, definido no art. 1º da lei referida, é "promover o desenvolvimento da investigação científica

e tecnológica em todos os domínios do conhecimento" e os meios de que se serve para alcançar tal objetivo consistem, sobretudo: na concessão de bolsas de estudo, de doutoramento, de aperfeiçoamento e de pesquisa, na concessão de auxílios para aquisição de equipamentos ou para contratos de pessoal técnico-científico especializado, ou de pessoal auxiliar; na criação ou na subvenção total ou parcial de institutos de pesquisa, na organização de cursos especiais para formação de aperfeiçoamento de pesquisadores, na promoção de estágios em laboratórios ou instituições de pesquisa do país e do exterior, etc.

7. As Últimas Décadas

A partir de 1950 acelerou-se portanto a atividade científica em Física concentrada em São Paulo (Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras) e no Rio de Janeiro (Faculdade Nacional de Filosofia e Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas). Jovens de talento dos demais estados da Federação acorriam a esses dois centros que se tornaram o foco de uma ativa produção científica.

O que sucedeu contudo é que a atividade puramente científica que passou a ser tolerada e até aceita pelo resto do meio universitário e da sociedade, foi contida dentro de limites estreitos, isto é, de uma verdadeira "torre de marfim".

Apesar da grande satisfação intelectual e euforia que esta atividade produziu em certos círculos, três problemas novos se tornaram patentes:

1. O resto do meio universitário, principalmente as escolas profissionais tradicionais - Direito, Medicina e Engenharia -

ria - hostilizaram ou se mostraram indiferentes à atividade científica que muito pouca influência teve sobre seus alunos e professores. Exemplo flagrante disso é o fato do Prof. Wataghin, apesar de todo o seu prestígio, ter sido logo afastado em 1935 dos cursos da Escola Politécnica e se restringindo à atividade de ensino e pesquisa do incipiente Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras.

2. Passada a euforia inicial que atraíu às Faculdades de Ciências diversos cérebros privilegiados, estas Faculdades continuaram a ter poucos alunos, em geral, os que não conseguiam matrícula em cursos mais competitivos como os de engenharia. O mercado de trabalho dos egressos das Faculdades de Ciências era apenas o do magistério secundário - pouco atrativo e socialmente pouco significativo.

3. A grande função social da atividade científica que é a de influir na absorção e produção de tecnologia local não ocorreu de maneira significativa.

Apesar disso, o prestígio individual de vários físicos, os acontecimentos mundiais posteriores a 1945 - bomba atômica, utilização de energia atômica para fins pacíficos, desenvolvimento dos transistores e o lançamento de satélites artificiais - sensibilizaram o governo a dar maiores verbas para suportar o desenvolvimento da Física.

O aumento das matrículas em cursos de engenharia (consequência da industrialização crescente do País na década dos 50) passou contudo a exigir mais professores de física nas universi-

dades e abriu portanto oportunidade para a constituição de novos grupos de físicos: O Centro Técnico de Aeronáutica e Escola de Engenharia de São Carlos, em São Paulo, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, do Paraná, Bahia, de Minas Gerais, do Ceará e de Pernambuco, passaram a ter grupos incipientes de físicos voltados para problemas de vanguarda. No Rio de Janeiro a Pontifícia Universidade Católica e a Universidade Federal do Rio de Janeiro passaram também a se desenvolver, em geral, com pessoal originário do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São Paulo, Faculdade Nacional de Filosofia e do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Ainda na década dos 50 foi criado o Instituto de Física Teórica, onde diversos cientistas japoneses e alemães desenvolveram profícuo trabalho de pesquisa. O mesmo ocorreu mais recentemente com a Universidade Estadual de Campinas que instalou um dinâmico grupo voltado para as investigações científicas de LASERS e aplicações.

A atividade crescente do Conselho Nacional de Pesquisas se fez sentir também de maneira clara: os bolsistas enviados ao Exterior começaram após seu regresso a nuclear novos grupos.

Em 1967 foi constituída, com o encorajamento do CNPq a Sociedade Brasileira de Física, congregando mais de 1.000 físicos. A Revista Brasileira de Física, que esta sociedade passou a editar, tem grande importância, constituindo uma revista de nível internacional, no campo.

8. A Situação Atual

Por volta de 1970 a reforma universitária reforçou a

posição dos Departamentos de Física das universidades estaduais e federais, ao agrupar todas as atividades de física destas universidades em Institutos de Física. A atividade educacional importante que eles passaram a exercer permitiu a vários deles uma melhor organização e continuidade de suporte material.

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico já por volta de 1965 passou a subvencionar fortemente cursos de pós-graduação e atividades de pesquisa fundamental superando de longe a ação semeadora do Conselho Nacional de Pesquisas. Graças a ele foram reequipados os laboratórios de São Paulo e do Rio de Janeiro.

É sobretudo em São Paulo que este progresso se fez sentir com a instalação de dois novos aceleradores nucleares que substituíram o Betatron e o Van de Graaf de 3.5 milhões de elétron volts.

A Universidade de Stanford doou à Universidade de São Paulo um acelerador linear de 75 milhões de elétron volts; este acelerador, sob a direção de José Goldemberg, permitiu a extensão das pesquisas sobre a radiação eletromagnética com os núcleos.

Por outro lado o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico adquiriu nos Estados Unidos também para São Paulo, um moderníssimo Pelletron - um dos mais aperfeiçoados aceleradores de partículas pesadas do mundo - capaz de acelerar prótons a 22 milhões de elétron volts. Acoplado a um computador IBM 360/44 este instrumento se constitui no presente, sob a direção de Oscar Sa

la, num polo de atração de cientistas de várias partes do mundo.

Foi criado também o Instituto Astronômico e Geofísico como um dos Institutos da Universidade de São Paulo, graças ao trabalho pioneiro de Abraão de Moraes, que encorajou a formação de um grupo atuante de astrônomos e astrofísicos.

No Rio de Janeiro, com o auxílio do Conselho Nacional de Pesquisas e outras entidades, Jacques Danon, no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, implantou um bem sucedido grupo de pesquisas sobre efeito Mossbauer e estado sólido.

Na Pontifícia Universidade Católica, Alceu Pinho Filho instalou um acelerador Van de Graaf de 4 milhões de eletron-volts voltado para pesquisas de espectroscopia nuclear e interações extranucleares. Nesta Universidade existe também um ativo grupo de Física Teórica.

No Rio Grande do Sul, Gerhard Jacob e colaboradores estabeleceram um ativo grupo de Física Teórica e de espectroscopia nuclear, incluindo correlações angulares.

Em Belo Horizonte, Ramayana Gazinnelli dirige um grupo de estado sólido e ressonâncias paramagnéticas.

Ao começar a contribuir para a subvenção do trabalho científico no País, o BNDE tentou reforçar a infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica necessária à indústria nacional que infelizmente não tem revelado suficiente dinamismo para aproveitá-la: isto se deve, é claro, a razões estruturais alheias ao desenvolvimento científico; é o fato da maior parte da tecnologia usada no País provir de matrizes no Exterior que impe

de uma maior solicitação do complexo técnico-científico local.

Não há dúvida porém que esta demanda está aumentando devido aos encorajamentos dos órgãos financiadores do Governo Federal.

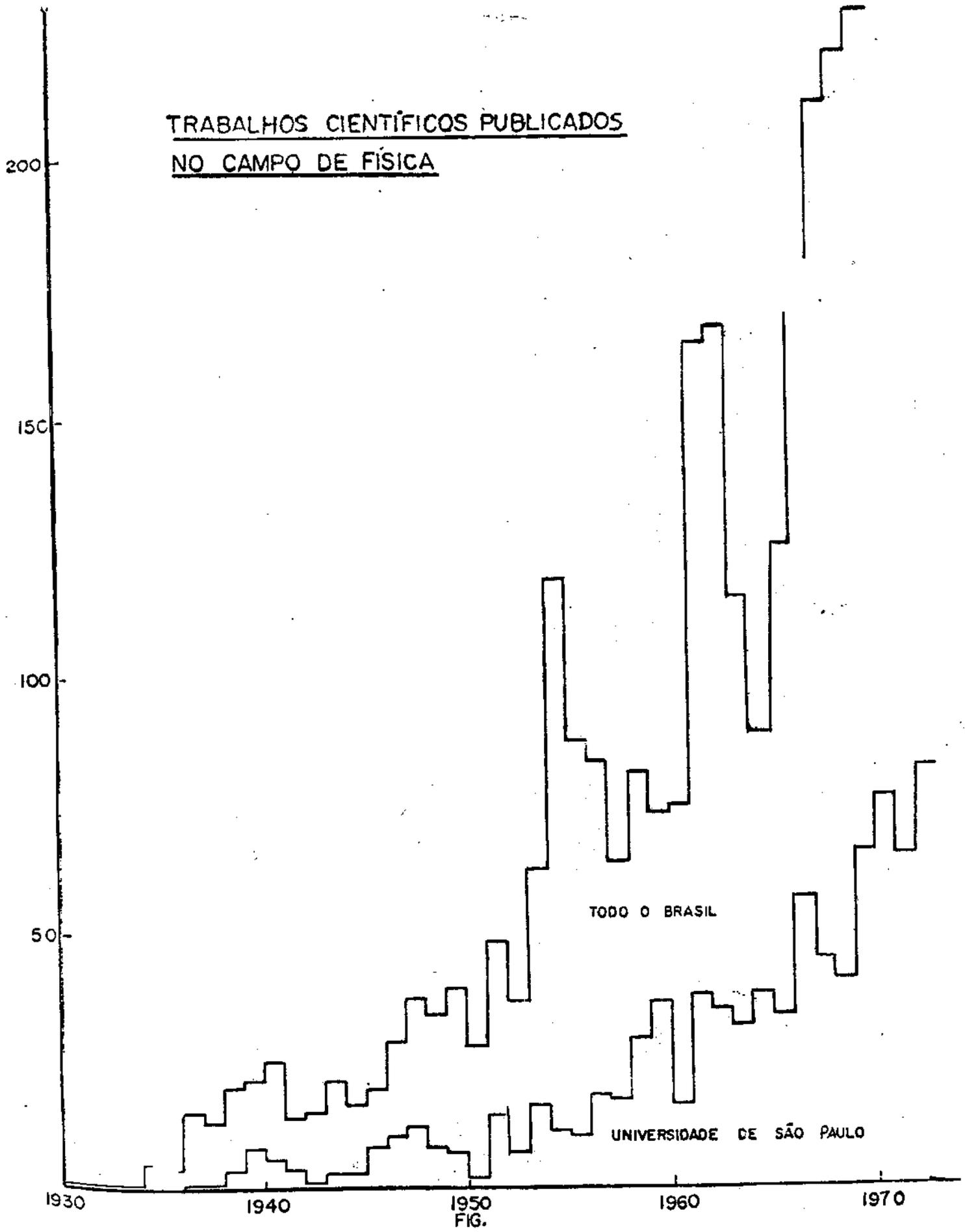
O grande número de laboratórios de pesquisa em instalação nas companhias estatais - Petrobrás, Eletrobrás, Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear, Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais, a ação da Telebrás e muitos outros está levando a um aumento do conteúdo técnico e científico locais, sendo de se esperar que as grandes companhias privadas passem também a fazê-lo à medida que aumenta a competição dos mercados internos e externos.

Certas instituições de pesquisa pura que se mantiveram parcialmente alheias ao esforço educacional e tecnológico nacional tem encontrado dificuldades em obter suporte financeiro regular das agências federais, mas este não é o caso geral; problemas internos destas instituições têm também prejudicado muito sua capacidade de captação de recursos para sua subsistência regular.

Globalmente a produção científica em Física tem crescido de forma altamente significativa como se pode ver na figura 1, onde se pode notar que o Instituto de Física da USP é responsável por aproximadamente um terço de toda a produção científica nacional de física.

É de se notar neste gráfico a queda da produção científica ocorrida antes e durante a crise política de 1964, causada

TRABALHOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS
NO CAMPO DE FÍSICA



pelo êxodo de vários cientistas de valor para o Exterior.

O número de estudantes que recebem cursos de Física no sistema de Universidades estaduais e federais do Governo é indicado no quadro abaixo, sendo da ordem de 19.000 estudantes de cursos de graduação e 600 de pós-graduação. O sistema de escolas particulares tem além disto outros 40.000 estudantes de Física.

QUADRO DE ALUNOS

Número de Estudantes que recebem cursos de Física no Sistema de Universidades estaduais e federais e Institutos subvencionados pelo Governo.

	<u>GRADUAÇÃO</u>	<u>PÓS-GRADUAÇÃO</u>
1. CBPF	-	60
2. IFT	-	24
3. IFUSP	3.200	185
4. IFQSC	460	50
5. ITA	200	10
6. PUC	1.900	37
7. UFBA	1.370	15
8. UFCE	1.300	-
9. UFMG	1.390	19
10. UFPE	1.350	-
11. UFRGS	2.060	50
12. UFRJ	3.550	50
13. UnB	1.260	48
14. UNICAMP	<u>705</u>	<u>60</u>
TOTAL	18.745	608

Existem no País 250 pesquisadores em Física com grau

de doutor ou equivalente assim distribuídos pelos diversos campos:

Física Teórica	48
Física Nuclear	63
Física do Estado Sólido	112
Outros Campos	28

Os demais pesquisadores (com grau de mestre ou graduados) são em número de 400, sendo 60 em Física Teórica, 48 em Física Nuclear, 168 em Estado Sólido e 128 em outros campos.

O número de mestrado e doutorado anuais tem crescido regularmente sendo da ordem de 40 mestrados e 20 doutorados por ano, no presente, números estes que deverão dobrar dentro de 4 anos.

A variedade de problemas em estudo pode ser vista por uma simples enumeração dos principais campos de trabalho, seguida da instituição em que isto é feito.

A. FÍSICA TEÓRICA

a) Relatividade

1. Propriedades de simetria internas (CBPF)
2. Problema de radiação gravitacional (CBPF)
3. Estudo sistemático de colapso gravitacional (PUC)
4. Métodos variacionais gerais aplicados e variedades Riemannianas (PUC)
5. Teoria da gravitação no espaço de Minkowski (IFT)
6. Grupos de movimento e simetrias do campo gravitacional (UnB)
7. Princípio de Mach e Cosmologia (ITA)

b) Física das Partículas Elementares: Atividades Experimentais

Atividades de caráter experimental neste campo estão sendo desenvolvidas na Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, em colaboração com o CBPF. O projeto de pesquisas em curso é de caráter internacional (Colaboração Brasil-Japão) e visa estudo da radiação cósmica de alta energia por meio de experiências realizadas em Chacaltaya (Bolívia) e Norikura (Japão).

c) Física das Partículas Elementares: Atividades Teóricas

1. Fenomenologia da foto-produção de pions. (PUC)
2. Métodos de Aproximantes de Padé e aplicações em Física de Altas Energias e problemas de três corpos. (PUC)
3. Teoria das trajetórias de Regge e aplicações a processos de decaimento fortes. (IFUSP)
4. Modelos para produção múltipla em altas energias. (IFUSP)
5. Simetrias quirais e suas quebras. (IFUSP)
6. Interações fracas e dominância vetorial. (IFUSP)
7. Interações fortes a altas energias. (IFUSP)
8. Interações eletromagnéticas em processos produzidos em anéis de colisão. (IFUSP)
9. Modelos a quarks. (IFT)
10. Teorias dos Grupos de Lie e suas aplicações à Física das Partículas Elementares. (IFT)
11. Simetrias geométricas e dinâmicas. (IFT)
12. Álgebras de corrente e quebras de simetria. (IFT)
13. Produção múltipla. (IFT)
14. Métodos variacionais e aproximação de Padé. (IFT)
15. Análise de reações entre partículas elementares de alta energia. (CBPF)
16. Espalhamento inelástico de Elétrons. (UFRJ)

d) Teoria Quântica dos Campos

1. Formulação de equação de movimento por meio de expansões de produtos de operadores de campo a pequenas distâncias. (PUC)
2. Problemas de simetrias geradas por correntes conservadas, em particular simetria conforme. (PUC)
3. Problemas de Eletrodinâmica Quântica a altas energias. (IFUSP)
4. Simetrias em Teoria Quântica de Campo. (IFUSP)
5. Quebras espontâneas de Simetrias. (UFRGS)
6. Eletrodinâmica Quântica. (UFRGS)

B. FÍSICA NUCLEAR

As principais linhas de pesquisa neste setor são as seguintes:

1. Reações nucleares produzidas por ions pesados
(com o Pelletron do IFUSP e com o Van de Graaf da PUC).
2. Interações hiperfinas e distribuições angulares perturbadas
(no IFUSP e UFRGS)
3. Tempo de voo de neutrons
(no Pelletron do IFUSP e Acelerador Linear do CBPF)
4. Espectroscopia Nuclear
(na UFRGS, PUC, Acelerador Linear do IFUSP e no IEA e, futuramente, com o Cyclotron de Energia Variável do IEN (Instituto de Engenharia Nuclear)).
5. Fissão de elementos médios e pesados
(no Pelletron do IFUSP, Acelerador Linear do IFUSP e IEA).
6. Interações eletromagnéticas com o núcleo
(no Acelerador Linear do IFUSP).

7. Teorias da Estrutura Nuclear das Reações Nucleares

(no IFUSP, PUC e UFRGS)

A atividade em Física Nuclear tem estimulado o desenvolvimento da computação eletrônica, de interfaces e de "hardware" no Brasil, havendo mais de um grupo nacional fazendo contribuições significantes neste campo.

C. FÍSICA DO ESTADO SÓLIDO

- | | |
|---|-----------|
| 1. Ferroeletricidade e Ferromagnetismo. | (UFRGS) |
| 2. Física Molecular e Física de Metais. | (CBPF) |
| 3. Centros de Cor e Biologia Molecular. | (PUC) |
| 4. Estrutura e relaxação molecular, Fenômenos de transporte e Defeitos pontuais nos sólidos. | (UFMG) |
| 5. Física dos coloides. | (UnB) |
| 6. Excitações elementares em semicondutores, Supercondutividade, Dispositivos, Materiais semicondutores, Baixas temperaturas. | (UNICAMP) |
| 7. Física estatística e Propriedades das configurações eletrônicas em isolantes. | (UFRJ) |
| 8. Materiais magnéticos e Teoria de Faixas. | (IFUSP) |
| 9. Magnetismo. | (IFPe) |
| 10. Isolantes, Cristais iônicos e Estrutura cristalina, Biofísica, Propriedades de transporte em líquidos quânticos, Ciência dos Materiais. | (UnB) |
| 11. Física dos Metais, Plasmas em sólidos e Espectroscopia Molecular. | (ITA) |
| 12. Electrorefl. tividade. | (UFCE) |

D. EDUCAÇÃO EM FÍSICA

Vários projetos de caráter educacional estão em andamento no País afim de permitir ao atual sistema enfrentar o pro-

blema de educação das várias dezenas de milhares de estudantes que recebem cursos de Física.

Os principais são os que se realizam no

- IFUSP - Projeto de ensino de física em nível médio com o suporte do Ministério de Educação e Cultura e atividades para ensino básico na Universidade.
- IFQSC - Projeto de ensino de física assistido por computadores.
- ITA - Produção de instrumentação para ensino experimental de física.
- UFMG - Projeto de ensino de física em nível médio.
- UFRGS - Projeto de ensino de física em nível superior.
- FUNBEC (S. Paulo) - Projeto Brasileiro de Ensino de Física para nível médio que inclui a preparação de textos e produção de material experimental.

CÓDIGO DAS SIGLAS

1. CBPF - CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS
2. IEA - INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA
3. IFT - INSTITUTO DE FÍSICA TEÓRICA
4. IFUSP - INSTITUTO DE FÍSICA, UNIVERSIDADE DE S. PAULO
5. IFQSC - INSTITUTO DE FÍSICA E QUÍMICA DE SÃO CARLOS (USP)
6. ITA - INSTITUTO TECNOLÓGICO DA AERONÁUTICA
7. PUC - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA - Rio de Janeiro
8. UFBA - UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
9. UFMG - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
10. UFPE - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
11. UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
12. UFRGS - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

13. UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
 14. UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

A evolução dos recursos aplicados em Física indica que eles tem crescido regularmente. O BNDE e CNPq, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, (que iniciou suas atividades por volta de 1960), e mais recentemente a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) do Ministério do Planejamento são as fontes mais importantes de suporte à atividade de pesquisa em física no País. O total aplicado sob este título em 1972 é da ordem de 20 milhões de cruzeiros, cuja evolução nos últimos anos foi a seguinte:

APOIO FINANCEIRO A PROGRAMAS DE PESQUISA EM FÍSICA*

(em cruzeiros de 1972)

ANO	F O N T E				TOTAL
	<u>BNDE</u>	<u>FAESP</u>	<u>CNPq</u> **	<u>FINEP</u>	
1966	2.350.000	1.150.000	600.000	-	4.100.000
1967	2.950.000	1.200.000	1.354.000	-	5.504.000
1968	8.100.000	1.680.000	1.410.000	-	11.190.000
1969	12.200.000	2.740.000	2.936.000	-	17.876.000
1970	14.300.000	2.320.000	4.023.000	-	20.643.000
1971	14.300.000	3.260.000	4.647.000	-	22.207.000
1972	10.163.000	3.151.000	3.944.000	5.670.000	22.928.000

Além das verbas normais de custeio das universidades federais e estaduais.

** dados incompletos.

O custo total das atividades de Física no sistema de Universidades estatais e centros de pesquisa - incluindo todo o pessoal dedicado ao ensino - é de aproximadamente 60 milhões de cruzeiros anuais, ou seja, 10 milhões de dólares.

9. A Próxima Década e a Função Social dos Físicos

No presente, a atividade de Física no País ultrapassou a sua importância acadêmica e ela começa a se fazer sentir no desenvolvimento nacional.

A diversificação e sofisticação do parque industrial instalado no Brasil, a política de incremento às exportações e o encorajamento a um maior desenvolvimento da indústria nacional (estatal e privada) já está começando a exigir novos conhecimentos científicos e técnicos.

Isto se observa primeiro nos campos avançados da Engenharia como a Eletrônica e Comunicações, Pesquisas Espaciais e Satélites e Engenharia Nuclear e Criogenia. Por um lado a própria manutenção de equipamentos complicados passa a exigir a colaboração de físicos, por outro a atividade industrial exige controle de qualidade que só pode ser feito por métodos físicos e finalmente a fabricação de componentes e instrumentos começa a ser feita sem o uso de "know-how" estrangeiro e conseqüentemente passa a se basear diretamente em atividade científica.

O exemplo mais claro neste sentido é a instalação recente de uma fábrica de diodos e transistores pelo BNDE que usará "know-how" nacional desenvolvido na Escola Politécnica da USP;

neste laboratório, naturalmente, trabalham físicos e engenheiros. Muitos outros exemplos (uso de "lasers" em comunicações, fabricação de computadores nacionais de porte médio, desenvolvimento de micro ondas, etc.) poderiam ser citados.

Um programa de desenvolvimento e construção de usinas nucleares utilizaria também físicos, engenheiros, químicos, metalurgistas em quantidade apreciável.

Um levantamento preliminar feito recentemente é o da tabela abaixo e permite prever que nos próximos 5 anos serão necessários 760 novos físicos além daqueles indispensáveis para atender às necessidades do ensino médio profissionalizante que está em implantação no País (avaliadas em 1.000 novos professores nos próximos 5 anos).

ESTIMATIVA DAS NECESSIDADES DE FÍSICOS PARA
A INDÚSTRIA NACIONAL NOS PRÓXIMOS 5 ANOS

<u>Tipo de Atividade</u>	<u>Demanda dentro de</u>
<u>Industrial</u>	<u>5 Anos</u>
Física Médica	100
Criogenia	60
Eletrônica (componentes, transistores, etc.)	100
Física Espacial	100
Instrumentação, ótica, testes não destrutivos	200
Indústria Nuclear	100
Comunicações	50
Computação ("hardware")	50
<u>TOTAL</u>	<u>760</u>

O número de formados em Física nas 3 principais escolas de São Paulo nos últimos anos, num total de 1.300 pessoas, teve a evolução seguinte:

FORMADOS EM FÍSICA NO ESTADO DE
SÃO PAULO

<u>ANO</u>	<u>E S C O L A</u>		
	<u>USP</u>	<u>MACKENZIE</u>	<u>PUC (SÃO PAULO)</u>
1936	1	-	-
1937	2	-	-
1938	1	-	-
1939	4	-	-
1940	3	-	-
1941	8	-	-
1942	3	-	-
1943	2	-	1
1944	3	-	1
1945	5	-	1
1946	3	-	1
1947	3	-	1
1948	5	-	-
1949	9	-	4
1950	8	2	-
1951	4	1	-
1952	8	4	5
1953	13	3	1
1954	21	2	1
1955	25	3	-
1956	11	-	-
1957	11	5	2
1958	8	2	-
1959	40	2	2
1960	30	8	-

1961	31	5	4
1962	48	9	-
1963	18	10	4
1964	42	11	5
1965	36	10	2
1966	45	10	5
1967	60	9	-
1968	82	6	2
1969	94	24	12
1970	80	17	9
1971	118	24	23
1972	108	34	26
TOTAL	<u>989</u>	<u>201</u>	<u>112</u>

Apesar de incompleta esta tabela dá uma idéia da produção de físicos no País; nos anos mais recentes metade dos formados é licenciado (destinados primordialmente ao ensino secundário) e metade é bacharel (destinados ao ensino superior e pesquisa).

É bem verdade que as funções dos físicos têm sido exercidas muitas vezes por engenheiros na atividade industrial (engenheiros eletrônicos e físicos não se distinguem de maneira muito nítida) e por licenciados em matemática e química.

Apesar disto, a produção de novos físicos no País está muito aquém da demanda prevista.

O maior desenvolvimento do País e sobretudo medidas de controle da importação de "know-how" aumentarão rapidamente nos próximos anos a utilização de físicos com suas qualificações específicas no processo produtivo.

Tornar-se-á assim muito mais natural ao País subvencionar a parte de atividade de pesquisa que é desinteressada e totalmente voltada para a procura de novos conhecimentos. Os grupos de física nuclear, estado sólido e física teórica que já conseguiram se impor dentro e fora do País pelas suas contribuições científicas poderão continuar seu trabalho sem as preocupações frequentes de falta de suporte moral e material.

Por outro lado, o desenvolvimento de grandes projetos como a construção de reatores nucleares, satélites artificiais, comunicações - sobretudo na medida em que foram conduzidos com esforço realmente nacional - aumentará muito a demanda de profissionais da área das ciências físicas.

B I B L I O G R A F I A

1. A FÍSICA NO BRASIL - J. Costa Ribeiro em "As Ciências no Brasil". vol. I, de Fernando Azevedo. Ed. Melhoramentos.
2. AS CIÊNCIAS NO BRASIL - Ligeira Notícia Histórica. Fernando Azevedo, Ed. Melhoramentos.
3. O DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA EM SÃO PAULO - Abrahão de Moraes e Paulo Saraiva de Toledo. "O Estado de São Paulo", ed. do IV Centenário (25 de Janeiro de 1954).
4. A FÍSICA NUCLEAR NO BRASIL: Os Primeiros 20 Anos - J. Leite Lopes em "Homem, Ciência e Tecnologia". Paz e Terra, nº 8, 1969, Rio de Janeiro.
5. POR QUE CIÊNCIA PURA NO BRASIL ? J. Goldemberg. Ciência e Cultura, vol. 11, nº 4, 1959.
6. A SITUAÇÃO DA FÍSICA EXPERIMENTAL NO BRASIL - J. Goldemberg. Ciência e Cultura, vol. 12, nº 1, 1960.
7. C.B.P.F.: 21 ANOS DE TRABALHOS CIENTÍFICOS - Alfredo Marques em "Ciência e Sociedade", vol. 2, nº 1, 1973.
8. ELEMENTOS PARA UM PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE FÍSICA NO BRASIL. (Coordenação de J. Goldemberg, 1972).