

# 16

[ M E M Ó R I A  
S B P C ]

CADERNOS SBPC

**Ata do Simpósio sobre a  
utilização da energia atômica  
para fins pacíficos no Brasil**

Segunda reunião  
26/04/1956



2 0 0 6

# SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA

Diretoria 2005/2007

Presidente Ennio Candotti

Vice-Presidentes Dora Fix Ventura e Celso Pinto de Melo

Secretário-Geral Lisbeth Kaiserlian Cordani

Secretários Ingrid Sarti, Maria Célia Pires Costa e Osvaldo B.E. Sant'Anna

1º Tesoureiro Peter Mann de Toledo

2º Tesoureiro Suely Druck

## Presidentes de Honra

---

Aziz Nacib Ab'Saber  
Crodowaldo Pavan  
Ennio Candotti

José Goldemberg  
Oscar Sala  
Ricardo Ferreira

Sérgio Henrique Ferreira  
Warwick Estevam Kerr

## Conselho | Membros efetivos

---

Aziz Nacib Ab'Saber  
Crodowaldo Pavan  
Ennio Candotti

Glaci Zancan  
José Goldemberg  
Oscar Sala

Sérgio Henrique Ferreira  
Warwick Estevam Kerr

### Área A

Lúcio Flávio de Faria Pinto (PA) (2003/07)  
Antônio José Silva Oliveira (MA) (2005/2009)  
Luís Carlos de Lima Silveira (PA) (2005/2009)

### Área D

Alzira Alves de Abreu (RJ) (2003/2007)  
Ildeu de Castro Moreira (RJ) (2003/2007)  
Roberto Lent (RJ) (2005/2009)

### Área B

Gizélia Vieira dos Santos (BA) (2003/2007)  
Lúcio Flávio de Sousa Moreira (RN) (2003/2007)  
José Antonio Aleixo da Silva (PE) (2005/2009)  
Lindberg Lima Gonçalves (CE) (2005/2009)  
Mário de Sousa Araújo Filho (PB) (2005/2009)  
Willame Carvalho e Silva (PI) (2005/2009)

### Área E

Antônio Flávio Pierucci (SP) (2003/2007)  
Maria Clotilde Rossetti-Ferreira (SP) (2003/2007)  
Marilena de Souza Chauí (SP) (2003/2007)  
Regina Pekelmann Markus (SP) (2005/2009)

### Área C

João Cláudio Todorov (DF) (2003/2007)  
Maria Stela Grossi Porto (DF) (2003/2007)  
Fernanda A. da F. Sobral (DF) (2005/2009)  
Lúcio Antonio de Oliveira Campos (MG) (2005/2009)

### Área F

Dante Augusto Couto Barone (RS) (2003/2007)  
Carlos Alexandre Netto (RS) (2005/2009)  
Euclides Fontoura da Silva Jr. (PR) (2005/2009)  
Zelinda Maria Braga Hirano (SC) (2005/2009)

## Secretários Regionais e Seccionais | Mandato 2006/2008

---

### Área A

Jose Maurício Dias Bezerra (AM)  
Silene Maria Araújo De Lima (PA)  
Paulo Henrique Lana Martins (TO)

### Área D

Adalberto Moreira Cardoso (RJ)

### Área B

Angelo Roncalli Alencar Brayner (CE)  
Ivan Vieira De Melo (PE)  
Joaquim Campelo Filho (PI)

### Área E

Suzana Salem Vasconcelos (SP)

### Área C

Ivone Rezende Diniz (DF)  
Reginaldo Nassar Ferreira (GO)

### Área F

Marcos Cesar Danhoni Neves (PR)  
Maria Suely Soares Leonart (Seccional De Curitiba)  
Maria Alice Da Cunha Lahorgue (RS)  
Mário Steindel (SC)



CADERNOS SBPC



**Ata do Simpósio sobre a  
utilização da energia atômica  
para fins pacíficos no Brasil**

Segunda reunião

26/04/1956

2 0 0 6

## **Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil**

Segunda reunião realizada a 26/04/1956

Editor responsável  
Ennio Candotti

Colaboraram  
**Amélia Império Hamburger**  
**Maria Amélia Mascarenhas Dantes**  
**Martha San Juan França**

Arquivo Histórico, pesquisa, texto, edição e revisão  
**Walkiria Costa Fucilli Chassot**

Projeto gráfico e diagramação  
**Ana Luisa Videira**

Fotolito e Gráfica  
J. Di Giorgio

Contato  
**Projeto Memória SBPC | 11 3259-2766**  
**memoriasbpc@sbpcnet.org.br**

Comissão do Projeto Memória SBPC  
**Amélia Império Hamburger**  
**Ennio Candotti**  
**Luis Edmundo de Magalhães**  
**Maria Amélia Mascarenhas Dantes**  
**Walkiria Costa Fucilli Chassot**

# Í N D I C E

Ata da segunda reunião do Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil..... 6

Perfis dos participantes..... 67

A transcrição das Atas do Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil têm continuidade nos seguintes Cadernos SBPC:

## **Cadernos SBPC nº15**

Apresentação ..... 6

Ata da primeira reunião realizada a 25/04/1956 do Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil ..... 12

Cronologia ..... 65

## **Cadernos SBPC nº17**

Ata da terceira reunião realizada a 27/04/1956 do Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil ..... 6

O Núcleo Atômico: introdução sobre conceitos básicos, propriedades e aplicações ..... 56

Glossário ..... 59

**2ª REUNIÃO  
REALIZADA A  
26 | 04 | 1956**

## **Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil**

### **Professor Arthur Moses - Presidente da Sessão**

Vamos dar início aos trabalhos da segunda reunião do Simpósio, ontem iniciados.

Tenho a incumbência de justificar a ausência dos Professores Costa Ribeiro e Cintra do Prado e do Dr.[...].

Tenho em mãos um telegrama do General Bernardino de Mattos pedindo, também, seja justificada sua ausência.

Tem a palavra o professor Leite Lopes.

### **Professor Leite Lopes<sup>1</sup>**

Sr. Presidente, minhas senhoras e meus senhores.

Na sessão de ontem examinou-se o problema da matéria-prima e dos recursos materiais necessários à industrialização atômica no Brasil.

Hoje passaremos a uma segunda etapa do Simpósio, na qual examinaremos aspectos relativos ao desenvolvimento da pesquisa nuclear no Brasil.

Não é muito difícil, hoje em dia, mostrar a importância da pesquisa científica no desenvolvimento econômico. Embora essa importância não seja muito visível no Brasil, em virtude das condições reinantes, é coisa que impressiona as pessoas

---

<sup>1</sup> Foram incorporadas as correções manuscritas do Professor Leite Lopes em todas suas intervenções nesta reunião.

que visitam os países mais avançados, o grau de influência da pesquisa científica no processo de industrialização.

Países como os Estados Unidos, a Inglaterra, a França, a Alemanha, a União Soviética, estão atravessando uma nova etapa da Revolução Industrial caracterizada pela descoberta de uma nova e poderosa fonte de energia. A Revolução Industrial que se iniciou por volta do século XVIII, após a descoberta da mecânica e início do espírito científico, teve naturalmente seu primeiro desenvolvimento na utilização do carvão, do petróleo, passando por várias fases sucessivas. Esse desenvolvimento industrial esteve sempre em conexão com o desenvolvimento científico. Primeiramente a Mecânica, a Termodinâmica, a Química, tiveram grande importância para o desenvolvimento industrial; paralelamente a esse desenvolvimento econômico foi crescendo a ciência pura.

No início do século atual, começou a desenvolver-se a física atômica como uma ciência pura, especulativa, com o objetivo de obter informações de natureza puramente científica sobre a estrutura última da matéria. Esse desenvolvimento processou-se até cerca de 1930 quando houve, então, a passagem à física nuclear propriamente dita, com a descoberta do nêutron; houve, desde então, um intenso progresso da física nuclear, no sentido de se obter informação do tipo do conhecimento puro. Em 1939, com a descoberta da fissão nuclear mudaram, completamente, o aspecto e o sentido da pesquisa atômica. Passaram, esses trabalhos, a ter grande importância para o desenvolvimento industrial, o que se tornou claro depois da Guerra. Este fato não poderia ser desprezado pelos cientistas e pelos líderes dos países menos desenvolvidos e que aspiram à industrialização.

Antes da descoberta da fissão, em 1939, havia começado o desenvolvimento da física no Brasil. Seu início, como todos sabem, data de 1934. Desde aquele ano até à Guerra formou-se um pequeno grupo de físicos em São Paulo, depois, outro no Rio de Janeiro e seus componentes dedicaram-se, principalmente, ao estudo da radiação cósmica, que nos fornece partículas nucleares provenientes de fora da Terra, dotadas de altíssima energia, a mais alta conhecida na natureza. Com essas partículas podem-se realizar importantes investigações, sem necessidade de máquinas custosas. Foram feitos também, no Rio e em São Paulo, trabalhos em eletrônica necessários para a pesquisa atômica; trabalhos de investigações teóricas, necessários para a compreensão e a interpretação matemática dos trabalhos experimentais. Durante a Guerra, já o grupo de físicos de São Paulo trabalhou em colaboração com a Marinha Brasileira. Depois da Guerra, com o aparecimento da bomba atômica, que veio mostrar de maneira dramática a importância da libertação da energia na fissão nuclear, todos os países se interessaram pelo desenvol-

vimento da energia atômica. Em particular, no Brasil houve a criação do Conselho Nacional de Pesquisas, em 1951, que já se tornava uma necessidade sentida há bastante tempo.

Do ponto de vista internacional, os trabalhos sobre energia atômica, desde essa época até 1955, até o ano passado, assumiram um aspecto que tornava difícil o auxílio aos países menos desenvolvidos e que desejavam estimular o desenvolvimento da pesquisa pura e sua aplicação industrial. Foi o fato de que esses trabalhos se mantinham em segredo. O segredo, naturalmente, não pode ser mantido em ciência pois se constitui um empecilho ao seu desenvolvimento dentro do próprio país que o cultiva. Faz-se segredo a fim de que essas informações não sejam obtidas por outros países, mas, ao mesmo tempo, impede-se o progresso no país em questão em virtude da dificuldade de comunicação dos pesquisadores entre si. O segredo atômico não podia ser mantido porque países menores como a Noruega e a França, possuidores de uma tradição científica e de recursos industriais razoáveis, começaram, por conta própria, os trabalhos de energia nuclear. Fizeram seus primeiros reatores e com eles começaram a fazer trabalhos de medida e a publicar as seções de choque, que eram mantidas em segredo e que são importantes para os projetos de reatores. Foi, então, convocada a Conferência de Genebra para 1955. No Brasil, nessa época, já a física nuclear tinha começado positivamente com a instalação das primeiras máquinas nucleares em São Paulo: o Betatron e o Van de Graff. Cresceu o grupo de físicos em São Paulo e no Rio de Janeiro. Os institutos principais onde foram e são feitos esses trabalhos são: o Departamento de Física da Faculdade de Filosofia da Universidade de São Paulo e o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Há, também, atividades de pesquisa na Faculdade Nacional de Filosofia, nos institutos de tecnologia, principalmente, no Instituto Nacional, no Instituto Tecnológico da Aeronáutica, em São José dos Campos. Há interesse atualmente, em diversos ramos da física, o que é muito importante para a pesquisa atômica, porque esta necessita de ser apoiada por várias especialidades, já mencionei a eletrônica e, mais, a metalurgia, a química dos rádio isótopos, etc. Atualmente creio que podemos contar com cerca de 40 a 50 físicos. Com esse grupo inicial de físicos, já se pode começar a pensar num desenvolvimento maior de um programa de energia atômica, mas necessitamos de químicos, de tecnólogos, de metalurgistas. Naturalmente, todos nós queremos que o programa de energia atômica seja desenvolvido o mais cedo possível.

Além dos trabalhos de energia atômica propriamente dita, é indispensável, naturalmente, que prossigam sem diminuição, os trabalhos de pesquisa dos institutos já existentes. Trabalhos de eletrônica, por exemplo, são fundamentais. Soube recentemente do T<sup>te</sup>. C<sup>el</sup>. Vieira da Rosa, que todo o especialista formado em eletrônica é absorvido pela

indústria. Esta é uma constatação agradável e mostra a importância desses trabalhos e desses estudos para o desenvolvimento do país.

Do ponto de vista do programa de energia atômica propriamente dita, é indispensável também a instalação de um reator experimental. Um reator experimental é, naturalmente, uma máquina nuclear muito importante, como um Betatron ou um Van de Graaff ou um Ciclotron, mas tem um aspecto diferente dessas outras, é que também é uma máquina importante como meio de estudo e desenvolvimento para toda uma indústria, a indústria da energia atômica. Com um reator de pesquisa podem-se treinar muitos especialistas e formar o ambiente e a mentalidade de apoio à indústria atômica. Sobre esse ponto teremos a ocasião de ouvir outros oradores neste Simpósio.

Naturalmente, é importante que esse programa seja executado por órgãos governamentais e deve receber o apoio das instituições científicas e universitárias. Esse apoio deve ser traduzido, não somente na colaboração aos trabalhos, como no estímulo à formação de pesquisadores. Deste ponto de vista, é inadiável o estabelecimento de Regime de Tempo Integral nos institutos e nas universidades. Uma das falhas que dificultam o desenvolvimento da pesquisa, atualmente, é que nas universidades brasileiras e nos institutos de pesquisa não há ainda o chamado "tempo integral", graças ao qual, o pesquisador fica inteiramente dedicado aos seus trabalhos. Esta é, naturalmente, uma dificuldade que deve ser estudada e resolvida pelas autoridades universitárias. Apresentarei agora, alguns dados que revelam a importância da energia atômica. Sabe-se que a sede de combustível nos países mais avançados e industrializados, teve um grande crescimento a partir de 1850, o que precisamente caracteriza o início da Revolução Industrial. Desde Cristo até 1850, havia um consumo mundial por século de cerca de 15 bilhões de toneladas de carvão em equivalência de energia. A partir de 1850 foi duplicado esse consumo de energia. E, em 1950, esse consumo foi multiplicado por 10. Este acréscimo contínuo de consumo de energia ameaça as reservas disponíveis de combustíveis clássicos nos próximos 100 anos, como revelaram, em Genebra, os técnicos das Nações Unidas. A utilização industrial da energia atômica será, pois, uma necessidade vital para os países que desejem ver assegurado seu crescimento industrial.

Estas são as considerações que desejava fazer esta noite. Não quero alongar-me demais porque haverá debates e, provavelmente, teremos a ocasião nestes de abordar outros aspectos do problema.

## **Professor Arthur Moses - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Leite Lopes.

Continuando a ordem do dia teremos o prazer de ouvir o professor Goldemberg.

## **Professor Goldemberg**

A finalidade deste Simpósio, como a entendemos, é discutir nossas experiências e tentar descobrir um comportamento comum diante dos acontecimentos; este é o caráter que teve o Simpósio no ano anterior e, nesse sentido, estas reuniões estão tomando o lugar de uma associação de físicos que poderia e deveria ser organizada dentro do país.

O problema que nos atinge agora é o das relações entre a energia atômica e as universidades e instituições de pesquisa. Caso se tratasse, atualmente, da criação de novas instituições de pesquisa ou da instalação de novos aceleradores, creio que o comportamento dos físicos seria claramente contrário a tais iniciativas; já foi ressaltado por várias vezes o suporte insuficiente que as organizações líderes do país, como o Departamento de Física da Universidade de São Paulo e o CBPF, têm tido do governo e parece desnecessário insistir sobre isso. A criação de novas organizações de pesquisa, quando já são insuficientes os físicos existentes para fazer funcionar as atuais vai trazer uma dispersão de esforços, uma pulverização, por assim dizer, dos auxílios que o Conselho Nacional de Pesquisas pode prestar a essas organizações. Não gostaria de insistir, mas parece não haver dúvidas que as organizações de pesquisa, como o Departamento de Física, vão depender mais e mais desses auxílios, uma vez que nos períodos de compressão de despesas, pelos quais passa o estado de São Paulo, por exemplo, as verbas de pesquisa são reduzidíssimas e em nossa Faculdade são de apenas 3% em relação à verba total despendida.

Outro ponto que conviria salientar é o de que o Brasil está se aproximando de uma situação em que o número de investigadores por acelerador é muitíssimo reduzido, de forma que, em geral, apenas uma experiência é conduzida de cada vez nos aceleradores; esta é uma situação em que o rendimento de máquinas custosas é baixo, mas cuja solução está ligada à elevação geral do nível da investigação científica no País.

Sucedem porém que com a energia atômica a situação é diferente; reatores atômicos não são somente instrumentos de investigação em física, mas têm também um grande interesse social, não só porque produzem isótopos, mas porque no futuro poderão ser usados para a produção de eletricidade.

Mais ainda, a tecnologia de reatores está em grande desenvolvimento e neste estágio de desenvolvimento de qualquer técnica os físicos têm, em geral, um papel preponderante, como foi no caso do desenho dos geradores. Com o correr do tempo, as

técnicas se cristalizam e caem inteiramente nas mãos de engenheiros. Há ainda os problemas de Físico-Química. A investigação de problemas de Física Nuclear propriamente dita não é porém particularmente atrativa com reatores, apesar de haverem problemas que apresentam interesse, como a desintegração do nêutron, medidas de seções de choque para neutros lentos e nêutrons rápidos.

Como o problema se apresenta pois aos físicos é o de que estamos diante de um novo campo de investigação que não é primordialmente de física pura e que é necessário desenvolver. Qual o auxílio a ser prestado a tal iniciativa é o problema envolvido e como poderemos prestar esse auxílio.

A única resposta honesta é a de que é necessário criar uma nova equipe para enfrentar estes problemas. Uma sangria nos físicos envolvidos em pesquisa atualmente é inteiramente desaconselhável e seria pouco inteligente; o tipo de treinamento básico que todos nós tivemos é em outra direção e apesar de não haver dúvida de que seria possível uma re-especialização é altamente discutível a conveniência de fazer isso e também quais as vantagens resultantes. Nos outros campos, Físico-Química e Tecnologia, não há a menor dúvida a esse respeito uma vez que não existe, praticamente, no Brasil, este tipo de investigadores, de modo que é impossível pensar em afastá-los das pesquisas em que estão envolvidos. O perigo é que se pense que uma vez que existem uns dez físicos brasileiros é que este seja um número tão grande que alguns poderiam ser desviados sem prejuízo para o campo dos reatores. Como em Físico-Química só existem uns dois ou três o ridículo de uma tal atitude fica evidente.

Formar físicos novos não é uma tarefa fácil e o único lugar em que eles são formados é nas universidades. O auxílio aos cursos normais de Física das Faculdades de Filosofia parece ser a tarefa isolada mais importante que o Conselho Nacional de Pesquisas pode realizar a fim de obter físicos para seu programa atômico.

Como auxílio aos cursos normais não me refiro somente a auxílio ao ensino básico, o que certamente é necessário, mas auxílio à pesquisa básica, porque será aí, em laboratórios que já existem e que funcionam é que serão moldados os novos pesquisadores. Isto significa auxiliar pesquisa pura sem imediatismos sem sentido; significaria em particular subvencionar pesquisas em campos que não darão conseqüências diretas no campo de energia atômica. É o que fazem as comissões de energia atômica de todo o mundo e a dos Estados Unidos, em particular, auxiliando pesquisas em raios cósmicos ou em certos campos de matemática pura.

Até o presente, tudo que o Conselho tem feito neste sentido são uns ensaios tímidos e sem imaginação; sem falar da burocracia tremenda envolvida em cada pedido de auxílio e que atua como fator de desencorajamento, há o fato grave que, desde o início de seu funcionamento, as duas dificuldades básicas para o auxílio aos pesquisadores não foram removidas. A demora em enfrentá-las dá a impressão de que os administradores não chegaram a perceber claramente qual a natureza dessas dificuldades; e que são:

1. Necessidade de uma maquinaria administrativa eficiente para conceder os auxílios em cruzeiros.

2. Necessidade de uma maquinaria eficiente para importar material científico; é a nossa impressão de que o Conselho poderia dispor de alguns burocratas que realizassem esse serviço com eficiência.

No primeiro item desejaria mencionar que é uma coisa muito grave passar julgamento sobre um pedido de um pesquisador, pois é ele o melhor juiz sobre suas reais necessidades. O que sugiro aqui é a adoção de critérios objetivos que evitem a utilização das verbas do Conselho para pequenas "guerrilhas" entre pesquisadores. A experiência que gostaria de mencionar aqui é a do Conselho Nacional de Pesquisas do Canadá, em que durante os três primeiros anos em que um pesquisador solicita auxílio é-lhe concedido todo o auxílio que deseja; após esses anos, caso tenha realizado trabalhos, o mesmo processo continua independentemente. Caso não tenha realizado coisa alguma a suspeita existe que o mal fundamental seja do investigador e não do Conselho, e os auxílios são suspensos ou então estudados por um grupo indicado pelo Conselho; este período de ostracismo moderado dura três anos, após os quais uma nova oportunidade é dada ao pesquisador, de ter satisfeitos plenamente seus pedidos sem interferências de pessoas que mesmo sendo do mesmo campo, possam não avaliar precisamente suas necessidades.

Do que foi dito não se depreenda que todos os físicos desejam continuar em sua vida normal sem que a existência de um esforço em favor do desenvolvimento da energia atômica os afete. Disse acima que o melhor auxílio que poderiam dar é treinar equipes.

A primeira tentativa neste sentido foi o Curso de Física de Reatores, que foi dado no Departamento de Física, durante os meses de janeiro e fevereiro em São Paulo. É claro que não se pode apresentar um curso de dois meses como um curso formativo. Foi, porém, um esforço na direção certa e aparentemente o máximo que seria possível conseguir nas circunstâncias do momento. Uns vinte rapazes e moças de diversos Estados do Brasil foram reunidos em São Paulo e um curso intensivo sobre Física de Reatores foi feito, com uma parte teórica e outra de laboratório. O fato de conseguir obter esse grupo demonstra

a possibilidade de formar uma nova equipe que se preocupe primordialmente com reatores nucleares e este é um fato importante de salientar. Estes rapazes, de várias organizações do país, encontravam-se em geral sem nenhuma orientação a cerca do campo a que se dedicariam e desviá-los para reatores atômicos não prejudicaria trabalho científico sendo feito em outras instituições.

Os outros aspectos que mencionei antes tiveram neste curso também uma boa exemplificação. Os pesquisadores que tiveram a seu cargo dar o curso foram inteiramente afastados de suas atividades normais de pesquisa, o que, em alguns casos, pode trazer conseqüências importantes para o desenvolvimento de certas pesquisas. E, finalmente, o equipamento de pesquisa de nosso laboratório foi inteiramente imobilizado e afastado de sua utilização normal para que tal curso preparatório fosse dado.

Foi esta uma instrutiva experiência; é de esperar que seja aproveitada e que instrutores sejam contratados para futuros cursos; aliás os rapazes que fizeram esse primeiro curso poderão ser utilizados para isso. E professores estrangeiros, que deverão ser contratados para trabalhar junto aos reatores atômicos e orientar os trabalhos aí realizados, pelo menos numa fase inicial.

E se alguns dos físicos de nossas instituições de pesquisa cremos que é do próprio interesse dos órgãos governamentais preencher esses lugares para que o desenvolvimento de novo campo de ação não se faça à custa dos existentes, o que acabaria ocasionando a destruição dos alicerces sobre os quais se apoiaria todo o desenvolvimento atômico de qualquer país e que são as universidades e instituições de pesquisa pura. É necessária uma visão larga neste novo empreendimento, porque os novos institutos no Brasil mais freqüentemente dos que não fracassam [sic] Se a carga não for distribuída e bem distribuída, e de maneira a tornar atraente o trabalho no novo campo, podemos estar preparados para uma longa espera antes que nossos cientistas façam contribuições de alguma importância.

### **Professor Arthur Moses - Presidente da Sessão**

Muito obrigado o professor Goldemberg.

Sobre o mesmo assunto falará o professor Camerini.

### **Professor Camerini<sup>2</sup>**

O principal problema com que nos defrontamos quando se estuda a possibilidade da instalação de reatores atômicos no Brasil é a falta de pessoal treinado nos ramos da ciência e da tecnologia pertinentes ao problema.

---

<sup>2</sup> Foram incorporadas as correções manuscritas do Prof. Ugo Camerini em todas suas intervenções nesta reunião.

Percebe-se de maneira clara e insofismável algo que alguns dos presentes sabiam ou sentiam há tempos: o Brasil, nesta época em que as nações se julgam pelas realizações científicas e técnicas, está, neste campo, atrasado de algumas dezenas de anos.

O problema da Energia Atômica, vem somente avivar e expor publicamente este fato, que deveria já ter sido do conhecimento de todos nós: não é somente o desenvolvimento da energia atômica que é dificultado por estas falhas, a Siderurgia, a Indústria Química e Elétrica, o Petróleo são outros setores de nossa vida econômica onde a falta de contribuições de parte da ciência e da tecnologia locais têm obrigado o Brasil a tomar posição secundária, marcar passo, contentando-se a imitar e a instalar, no lugar de planejar, desenvolver e adaptar às nossas condições locais. O programa imediato de Energia Atômica tem suas limitações naturais nas limitações de nossas instituições científicas e tecnológicas, na sua reduzida capacidade de produzir gente capaz de planejar e operar em todos os níveis um empreendimento deste tipo. Quero frisar que a Física não é o único e nem mesmo o mais importante ramo da ciência ou da tecnologia envolvidos neste empreendimento: engenheiros nucleares e mecânicos, químicos, engenheiros eletrônicos, especialistas em servomecanismos e muitos outros especialistas, em maior número do que físicos, são necessários.

É claro que em um programa atômico nacional cada um fará a sua parte e dará a sua colaboração: os físicos, os químicos e os engenheiros. Se o programa for comprar reatores de potência prontos no estrangeiro e operá-los simplesmente aqui, a contribuição dos cientistas se reduzirá a auxiliar as autoridades na escolha de tal reator e dar cursos para o pessoal graduado que será selecionado para a operação de tais máquinas.

Seria, afinal, um programa análogo ao das outras indústrias do país: compra-se a usina instalada e opera-se com técnicos treinados especialmente para a usina. Produção de urânio metálico e recuperação de combustível podem ser vistos sob o mesmo ponto de vista.

Não há, me parece, em um programa deste tipo, o perigo de que uma parte ponderável dos nossos escassos recursos em pesquisadores venha a ser absorvida. Nessa ordem de programa com a qual, creio, ninguém aqui se contentaria, o Reator Atômico experimental projetado pelo Conselho Nacional de Pesquisas não teria nenhum lugar. Seria mesmo mais um outro brinquedo sem crianças para brincar com ele.

Mas o problema fundamental que mencionei no começo, a falta de pessoal, não seria resolvida. Não quero dizer que no Brasil não haja ciência ou não haja tecnologia, não. O que falta no país é aquela gama contínua de gente com diferentes aptidões, desde

o pesquisador puro, através do cientista em pesquisa aplicada, ao tecnologista e, finalmente, ao técnico, e que constitui, nas universidades e instituições de pesquisa nos diversos ramos da ciência, o alicerce sobre o qual se apóiam o desenvolvimento e as indústrias dos países mais desenvolvidos.

Não creio seja necessário fazer aqui a apologia da ciência, nem procurar demonstrar que o fato da ciência ser mais desenvolvida nos países mais ricos e industrialmente mais poderosos não é um acaso. Creio, também, que todos estarão de acordo sobre a função social da ciência e sua importância no desenvolvimento de um país.

Então vemos que o problema não pode, nem deve ser restrito à física ou às ciências aplicáveis à energia atômica. Este não é nada mais do que uma faceta da realidade maior.

A ciência é por sua própria natureza uma reunião livre de homens que seguem suas inclinações naturais; e a nossa ciência, em particular, é uma plantinha delicada de poucos decênios de vida. Não se pode distorcer a sua forma natural sem o perigo grave de se parar o seu crescimento natural. Por isto, quando pensamos em treinamento de pessoal, não devemos ver um plano limitado que nos interesse no momento, mas para o futuro tecnológico e científico do Brasil.

Felizmente, entretanto, a situação aqui não é a mesma do que a dos depósitos de urânio e tório no Brasil; aqui, os recursos possíveis podem ser hipotecados, mesmo no Banco do Brasil. Aqui, plantando dá.

É claro que se esperarmos por um período de tempo suficientemente grande é provável que a nossa ciência e tecnologia se desenvolvam. A pergunta é se não se pode fazer alguma coisa para acelerar este processo, para fazê-lo certo. Parece-me que sim: uma pesquisa individual, por sua própria natureza, não pode ser planejada totalmente; mas a política científica do país e seu desenvolvimento podem, devem ser planejadas de uma maneira cuidadosa.

Até agora não houve planejamento nenhum, ou se houve o desconheço. Basta contar as histórias financeiras dos laboratórios de Física do Brasil para verificar que não houve. Pode-se dizer que este planejamento não existe em países mais desenvolvidos; de fato esses países não têm um “plano” escrito, mas a inércia de sua tradição científica os movimenta na direção certa. O Brasil não pode esperar de braços cruzados a tradição.

Como e quem dirigirá a estratégia?

O Conselho Nacional de Pesquisas, normalmente, é o órgão que a poria em operação. O plano em si deveria ser elaborado por painéis representativos. Quero frisar “painéis representativos” (não painéis), painéis, estes, que decidiriam em essência quais os planos

a desenvolver, quais os sobredesenvolvidos, quais as frentes a atacar. Como dividir os auxílios entre o ensino e pesquisa, como atacar o potencial humano existente de maneira que a ciência se desenvolva de uma maneira organizada e balanceada.

Muitos problemas existem, que ouvi ventilados em conversas particulares, parecem-me importantes e acho que algo deve ser decidido sobre eles: como criar a equipe do Reator Experimental que deve ter seu lugar dentro do plano geral; melhoria do ensino universitário, conveniência ou não de criar novos laboratórios e sua localização; importação de cientistas estrangeiros, "big shots" ou "small shots" e muitos outros. Planos específicos são necessários para dar estabilidade e continuidade aos esforços; painéis eliminariam a cabala que há em volta do Conselho Nacional de Pesquisa e despersonalizaria o ambiente científico tão cheio de "personalidades".

Enfim, aqui está a minha proposta. E não nos esqueçamos que o futuro do Brasil não está na Energia Atômica, está nos seus homens.

### **Professor Arthur Moses - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Camerini.

Pareceu à Mesa mais conveniente que, antes de passarmos a outro trabalho, tendo sido os três temas anteriores correlatos, procedêssemos ao debate dos mesmos.

Vamos, então, em seguida, proceder à discussão dos trabalhos apresentados esta noite, respectivamente, pelos professores Leite Lopes, Goldemberg e Camerini.

Tem a palavra o professor Pompéia.

### **Professor Pompéia**

Senhor Presidente, convidado a fazer parte dos debates, gostaria de dizer algumas palavras sobre a formação do pessoal para o plano do desenvolvimento e utilização da energia atômica.

Não resta dúvida que a formação de técnicos de alto nível é o primeiro problema que devemos e podemos atacar imediatamente. Como se trata de assunto que há muito nos tem preocupado, resolvemos submeter à apreciação dos presentes as seguintes medidas que devem ser postas em prática e ao mesmo tempo:

1. Aproveitamento de pessoal que já possui grau universitário.
2. Aproveitamento de estudantes que cursam Faculdades de Ciências e Escolas de Engenharia.
3. Propaganda junto aos estudantes do segundo ciclo do Curso Secundário, salientando a importância das carreiras científicas, principalmente as de Físicos, Químicos e Matemáticos.

4. Propaganda junto aos professores de ciências do Curso secundário, mostrando as possibilidades da Energia Atômica e a necessidade de interessar maior número de jovens nas carreiras científicas.

Com o objetivo de esclarecer as medidas propostas, passemos a considerar cada uma delas:

1. Para aqueles que já trabalham em meios universitários, sugerimos: a) tempo integral sob orientação de professores e técnicos especializados; b) estágios no estrangeiro para aqueles de maior experiência e capacidade.

2. Para os estudantes mais habilitados, sejam oferecidas bolsas de estudo que lhes permitam dedicação exclusiva aos Cursos Universitários. É indispensável, porém, que os estudantes sejam bem orientados e o seu aproveitamento submetido a uma verificação constante.

As escolas costumam exigir pouco dos estudantes.

Os professores universitários que trabalham em regime de tempo integral, em geral, dedicam-se mais às suas pesquisas e relegam a um segundo plano a responsabilidade que lhes cabe na formação de futuros técnicos, pesquisadores e professores. Aqueles que não fazem tempo integral, ou ministram cursos aos quais comparece reduzido número de estudantes, ou distribuem apostilas e, nesse caso, consideram as aulas de teoria uma obrigação desnecessária e desagradável.

Por outro lado, os métodos utilizados na avaliação do aproveitamento dos cursos são precários e lentos. Pouco ou quase nada é exigido durante o ano, permitindo que os alunos somente estudem nas vésperas das provas, no fim do ano, e nas intermináveis segundas épocas.

Lamentável, também, é o fato da maior e melhor parte da mocidade brasileira que tendo vocação para as carreiras científicas, procuram as escolas de engenharia como profissão mais rendosa.

Finalmente, se devemos desenvolver o plano de utilização da energia atômica, é indispensável amparar o estudante universitário, que necessita de bolsas de estudo, orientação segura e verificação constante de seu aproveitamento.

### **Professor Mario Schenberg<sup>3</sup>**

Queria, de início, congratular-me com os oradores que me precederam pela coragem que tiveram [...]

---

<sup>3</sup> Foram incorporadas as correções manuscritas do Professor Mario Schenberg em todas suas intervenções nesta reunião.

Há uma tarefa com que o povo brasileiro se defronta neste momento: desenvolver-se e tornar-se uma grande potência. E, não temos liberdade de escolha, quero dizer, temos duas alternativas: resolveremos essa tarefa ou, sucumbiremos. De modo que, não há dúvida que essa tarefa tem que ser cumprida. E o será. É uma coisa muito grande, muito importante e que precisa ser vista sob todos seus aspectos. Creio que os ilustres cientistas que me precederam se limitaram a aspectos um pouco particulares, que não viram a extensão do problema que, a meu ver, é muito maior. Seria interessante fazer uma comparação com o que aconteceu em outros países. Temos, historicamente, dois tipos de situação: a dos países da Europa e a dos Estados Unidos. Nos países da Europa houve uma formação secular da ciência. Qualquer dos grandes países da Europa já teve grandes cientistas antes da época industrial. De modo que, quando surgíramos problemas da indústria, já havia várias universidades em cada país e já existia uma tradição científica solidamente estabelecida, o que naturalmente facilitou muito as coisas, permitindo que os problemas fossem resolvidos gradualmente. A situação nos Estados Unidos se apresentou de uma maneira diferente. Os EEUU tinham, há muito, uma tradição universitária substancial. Basta lembrar que os EEUU, no século passado já, deram homens como Gibbs, ainda hoje, o maior físico norte-americano, que foi uma figura de envergadura mundial. É altamente significativo que Gibbs tenha desenvolvido sua atividade nos EEUU, quase ignorado no resto do mundo. Contudo o surto científico norte-americano é relativamente recente. Os EEUU tiveram uma situação muito especial - como pude constatar por experiência pessoal. Quando estive nos Estados Unidos durante a Guerra, quase todos os grandes professores eram europeus. Em qualquer universidade, os "big shots" – como dizem lá – eram quase sempre europeus. Os EEUU tiveram uma capacidade de importação muito grande. Infelizmente, nós no Brasil não aproveitamos a oportunidade de importar, nos anos que precederam imediatamente a Primeira Guerra Mundial, quando mais houve disponibilidade de talento europeu, que atualmente, não existe mais. Quero recordar que a primeira pilha atômica foi construída por Enrico Fermi, [quando o chefe da Seção Teórica do Manhattan Project [era] Wigner. Dizem que a maior parte dos cálculos do Projeto foram feitos por Bethe e Fuchs, e assim por diante. Vemos, quanto os EEUU puderam se valer do talento científico europeu então disponível. Aliás não é mais essa a situação atual dos EEUU. Por grandes que fossem as somas de dinheiro à nossa disposição, não poderíamos repetir esse caminho norte-americano. Acho que a nossa situação é realmente diferente; talvez se assemelhe à da Índia e à da China. São os dois países que tem os problemas mais parecidos com os nossos. Mesmo a Índia já tem um corpo de cientistas mais numeroso e

mais antigo do que o Brasil possui. A Índia recebeu o Prêmio Nobel há muitos anos atrás com Raman; tem um físico teórico da envergadura do Bhabha, etc. De modo que, mesmo comparada com a Índia, a nossa situação já é mais difícil. De qualquer maneira estamos diante de um problema ao qual não podemos fugir, um problema histórico, uma situação que não é de nossa livre escolha. Dizia Goethe: - "As grandes ocasiões fazem os grandes homens". Parafrazeando diríamos que as grandes ocasiões fazem as grandes nações. Estamos diante de um problema e temos que nos elevar à altura desse problema. Não será fácil, mas teremos que fazê-lo. Esse debate sobre a energia atômica é profundamente emocionante, porque admiramos uma audácia nova do espírito nacional. Uma audácia que não houve em outros campos, mesmo na tecnologia, até há poucos anos atrás. Estamos vendo que os brasileiros, hoje em dia, estão com coragem, estão com ânimo para enfrentar e resolver o problema da energia atômica. Se existe essa disposição, é porque corresponde a uma possibilidade social que a justifica. As coisas não nascem assim no vazio; qualquer planta tem a sua raiz e qualquer manifestação social deriva de alguma causa. É a maior manifestação, a meu ver, do espírito nacional que já houve no Brasil, não mais um nacionalismo do tipo "porque me ufano do meu País", mas é realmente a decisão e a coragem de enfrentar um problema tão grande como o que os demais países estão enfrentando neste momento. Naturalmente esse esforço terá que ser relativamente muito maior do que o dos outros países, porque temos forças menores e estamos lutando com dificuldades muito maiores.

Voltando para o campo da física vemos que, estatisticamente, a situação foi bem descrita pelos professores Camerini e Goldemberg. Realmente o número de físicos é reduzido, há problemas de pesquisa pura que estão em estudo e não devem ser abandonados. Mas, também, não podemos fugir aos outros problemas com que nos defrontamos: os relativos ao desenvolvimento da energia atômica no Brasil. Precisamos estabelecer uma estratégia adequada à essa situação. Ora, houve alguns fatos profundamente negativos no passado. É uma circunstância inegável que o Conselho Nacional de Pesquisas nunca foi um órgão representativo da ciência brasileira. Do Conselho Nacional de Pesquisas participaram sempre brasileiros eminentes, cientistas dignos do maior respeito por todos os títulos, e outras pessoas que, sem serem cientistas, também podem contribuir de modo eficaz, mas houve sempre restrições. Houve uma fase Lattes e houve uma fase anti-Lattes. Esse é um fato indiscutível. Durante a fase Lattes era necessário ser do grupo Lattes para ter prestígio junto ao Conselho, para se conseguir alguma coisa. Na fase anti-Lattes era preciso ser anti-Lattes para ter as portas do Conselho abertas. Eu que nunca fui

do grupo pró-lattes nem do anti-Lattes, que não pertenci a um grupo nem ao outro, sinto-me inteiramente à vontade para discutir aqui essa situação. Por outro lado, houve um acontecimento de grande importância, no ano passado, que foi uma das causas do Simpósio aqui realizado, que foi esse escândalo em torno de Difini. Foram discutidas muitas coisas. Há apenas um ponto de importância científica nessas discussões. Acho que a questão de ter havido ou não desfalque não é problema científico, é um problema policial, sem maior interesse para nós aqui. O ponto importante é o do esbanjamento. Em torno disso foi elaborada uma doutrina, que parece profundamente perigosa. Muitas críticas foram feitas ao grupo dominante, que então era o grupo Lattes, que teria esbanjado muito dinheiro, com frutos magros relativamente ao dinheiro gasto. Esse foi um argumento de grande repercussão. Nunca dei grande importância a esse argumento, mas outros o fizeram. Quero citar as palavras de um dos maiores cientistas brasileiros e um dos mais sábios também, o professor Maurício Rocha e Silva, que naquele momento fez essa observação: "Afinal de contas, quantos milhões de cruzeiros já foram esbanjados no Brasil desde que Pedro Álvares Cabral pisou nesta terra até hoje, para o pessoal ter ficado tão emocionado com 20 ou 30 milhões de cruzeiros que foram gastos nessa ocasião". Não é que eu pretenda defender o esbanjamento de dinheiro. Acho que dinheiro não é coisa que deva ser esbanjada; é coisa muito importante. Nem estou particularmente interessado neste caso, apenas na doutrina que foi desenvolvida em torno dele e que me parece perigosa.

A questão é que vamos ter de gastar muito dinheiro. É coisa sobre a qual não pode haver qualquer dúvida. Todas as cifras a que estamos habituados até agora, descontada a inflação galopante, exigem ainda um acréscimo bem maior: deveriam receber um zero a mais. Deveríamos, imediatamente, pensar em termos de um programa de expansão científica em que se gaste, pelo menos, dez vezes mais do que estávamos gastando até agora. Todos esses orçamentos são inadequados. Qualquer laboratorzinho, por mínimo que seja, nos EEUU não gasta menos de US\$ 100.000,00 por ano. E qual dos nossos laboratórios dispõe de uma verba desse vulto? Qual de nossos laboratórios dispõe de pessoal suficiente? Se olharmos, por exemplo, para o Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, veremos que a penúria é extrema. Chegamos ao ponto de não termos uma pessoa para ficar na biblioteca, à noite, para os alunos dos cursos noturnos poderem retirar livros. Temos que pagar, nós professores, dos nossos bolsos, aos contínuos que abrem o Departamento à noite, para darmos aulas, e outras coisas desse tipo. É claro que, nessas circunstâncias, não se pode fazer um bom trabalho científico. Sem falar nos laboratórios. O Laboratório de Física Geral Experimental

tem um único mecânico. É uma coisa inteiramente absurda que os cientistas fiquem fazendo trabalho de mecânico. E assim por diante, todas as facilidades são completamente inadequadas. E se nós quisermos resolver esses problemas teremos que gastar muito dinheiro. Teremos, inclusive, que esbanjar dinheiro, digamos a verdade. Como não esbanjaríamos, se se trata de começar um empreendimento de envergadura, em que teremos que empregar algumas pessoas com pouca experiência. Isso é uma coisa fora de dúvida. Não temos um número suficiente de cientistas com bastante experiência. Teremos que mobilizar muitos que não são experientes e que, naturalmente, farão coisas erradas. Qualquer erro implica num esbanjamento de dinheiro. Mas é um esbanjamento inevitável. Não devemos, de maneira alguma, nos impressionar com essas coisas, porque são inevitáveis. Temos que nos lançar com energia, com audácia, sem nos preocuparmos. É preciso que as autoridades competentes compreendam isso. Naturalmente, em primeiro lugar está o Conselho Nacional de Pesquisas que, aliás, deveria ser separado da Comissão de Energia Atômica. O Conselho, sem a Comissão de Energia Atômica, deveria ter dotação muito maior do que a dotação atual do Conselho incluindo a Comissão. Mesmo que tudo que o Conselho recebe atualmente fosse exclusivamente dedicado à pesquisa científica, seria pouco para as nossas necessidades. Temos que fazer um trabalho de grande ímpeto; temos que lutar com grande energia. Sou inteiramente favorável ao contrato de especialistas estrangeiros. Acho que eles nos são indispensáveis, mas nunca podem substituir os nacionais, como a experiência tem demonstrado. Há certas coisas para as quais o brasileiro não pode ser dispensado. Houve um único caso aqui de estrangeiro – o professor Wataghin – que por uma série de circunstâncias, quase um milagre, diríamos, foi quase um brasileiro. Recebemos um homem que se adaptou tão bem ao clima brasileiro e compreendeu tão espontaneamente nossa sensibilidade e nossa imaginação, que teve realmente um grande êxito. Ele foi como que um professor brasileiro vindo de fora. Mas, naturalmente não podemos contar normalmente com isso. Nenhum outro professor estrangeiro de grande capacidade foi capaz de repetir o que o professor Wataghin fez entre nós. Todos eles prestaram serviços inestimáveis. Mesmo nós do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, devemos muito aos demais professores estrangeiros que tivemos. Acho mesmo que devemos contratar mais professores de fora. No momento atual temos três professores estrangeiros, deveríamos ter dez ou vinte, se possível. Mas eles não poderão, de maneira alguma, substituir os brasileiros. Isso se aplica tanto às universidades quanto aos institutos de energia atômica. É indispensável que existam brasileiros lá. O estrangeiro, cientista ou técnico, sempre desconhecerá uma

porção de aspectos da nossa situação nacional, muitas coisas que talvez, em outros países, não tenham a importância que tem no Brasil. Não esqueçamos que, por maior que seja o especialista estrangeiro, não poderá provavelmente compreender dez mil pequenas coisas daqui que só o brasileiro compreende e que precisam ser levadas em conta. De modo que, apesar do número de físicos que temos ser pequeno, teremos que levar alguns para a energia atômica e deixar alguns nas universidades e centros de pesquisas. Para ter um pessoal suficiente teremos que fazer duas coisas: contratar especialistas estrangeiros e, sobretudo, desenvolver um programa de educação rápida, de grande número de cientistas e técnicos brasileiros, para que, dentro de cinco anos, por exemplo, já tenhamos, não 15 ou 20, não sei o número exato, mas 250. Não serão todos os 250 de primeira qualidade, nem estarão todos bastante maduros, mas serão 250. Não bastará ter somente 50 bons, que não poderão substituir 250. Precisamos de um programa de expansão muito rápida do nosso pessoal científico. Isso se aplica a todos os setores, sem exceção. A Físico-Química, por exemplo, que é uma ciência fundamental, creio ainda estar em pior condição do que a física, no Brasil. Há menos físico-químicos do que físicos. Basta dizer que no nosso Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, não temos uma Cadeira de Físico-Química Teórica. É inteiramente absurdo, que num Departamento de Física, talvez o mais bem estruturado do Brasil, não haja um especialista de Físico-Química. Estou me referindo mais ao campo da física, que conheço melhor, mas nos outros campos de que tenho alguma idéia – físico-química e matemática – a situação é a mesma, se não pior. Devemos fazer um grande esforço, sem poupar meios materiais.

Não devemos nos desencorajar com certos reveses que possam ocorrer. Amanhã haverá talvez um esbanjamento de alguns milhões de cruzeiros, ou possivelmente apareça desfalque num lugar ou no outro. Não devemos, por causa disso, ficar excessivamente preocupados e nem chegar às conclusões da imprensa no ano passado, de que a física brasileira fracassara porque houvera um desfalque, etc. No Brasil, onde ocorrem desfalques em todos os campos da atividade humana, não poderia, também, deixar de acontecer algum no campo da ciência. De modo que essas coisas poderão acontecer e acho que provavelmente acontecerão. Por isso devemos dar de antemão o desconto. O problema tem que ser visto com grande amplitude. Voltando, novamente, para o campo específico da física, digo que, evidentemente, alguns de nossos físicos terão que ir para o campo da energia atômica. Pessoalmente, tenho defendido em São Paulo a tese de que aqueles que forem para o campo da energia atômica deverão ir com armas e bagagens. A idéia de que

poderão ser ao mesmo tempo bons professores universitários e cuidar devidamente do programa de energia atômica, me parece irrealizável.

Precisamos ter especialistas completos no campo da energia atômica. Ora, o professor que estiver, ao mesmo tempo, preocupado com a universidade e com reatores, não poderá fazer bem nem a parte da universidade nem a parte do reator. Por outro lado, a idéia de serem comissionados professores para a energia atômica, sem a sua substituição na universidade, seria fatal aos trabalhos de física na universidade. De modo que, devem ir alguns para a energia atômica, os que demonstram qualidades e tem gosto por esses trabalhos, sendo porém substituídos nas universidades. Os problemas não poderão se resolvidos somente com especialistas estrangeiros no campo da energia atômica. É preciso mesmo que alguns dos físicos brasileiros se dediquem totalmente à energia atômica. Por outro lado, na questão da formação do pessoal, o primeiro papel tem que caber, indiscutivelmente, às universidades. Creio que não pode haver dúvida sobre isso. Estou usando o termo universidade num sentido lato, incluindo, as universidades propriamente ditas e as demais e outras escolas que visam à formação de pessoal, mesmo que não estejam dentro das universidades, sendo porém institutos educacionais de nível superior.

A universidade, como disse, deve ter o papel fundamental. Naturalmente em físico formado pela Faculdade de Filosofia, por exemplo, poderá ir trabalhar na Comissão de Energia Atômica. Mas é preciso que tenha o preparo fundamental em física que só poderá adquirir começando pelo bê-à-bá da física e chegando até o ponto de estar em condições de enfrentar um problema de pesquisa de nível elevado. De modo que o papel educacional cabe, em primeiro lugar, às universidades e outros institutos onde sejam formados especialistas pelo ensino e a pesquisa pura. Há outro perigo, é uma conjectura que estou fazendo, espero não seja verdadeira. Os membros da Comissão poderão dizer: - "A nossa Comissão não tem nada a ver com as universidades; a universidade é outra coisa. Nós temos que pensar só na energia atômica." Não é justo esse ponto de vista. A Comissão de Energia Atômica precisa auxiliar as universidades, porque se as universidades não fornecerem os físicos, químicos, técnicos, etc., a Comissão não poderá funcionar com pleno êxito. Em determinadas situações, pode até acontecer que uma grande parte do dinheiro da Comissão tenha mesmo que ir para as universidades. É justo que vá nessa fase inicial, em que há esse problema de emergência da formação de centenas de físicos, técnicos, etc.

De modo que duas coisas são necessárias, imprescindíveis. Não podemos pensar unicamente nas pesquisas puras ou unicamente na energia atômica. Agora, quero me referir também, a esse problema da pesquisa pura. Não é possível dar um ensino superior

de alto nível onde não se façam pesquisas. Quem nunca fez pesquisa científica não pode ser um bom professor num instituto superior. Em nosso país existem inúmeros professores de escolas superiores que nunca fizeram pesquisa. Na realidade, não estão inteiramente à altura de ocupar os cargos que estão ocupando. Não quero dizer que esses homens não tenham prestado e não continuarão a prestar, no futuro, grandes serviços ao Brasil. Continuarão. E se não realizaram pesquisas, não foi porque não tivessem desejado fazê-lo, mas por falta de meios e condições. Os professores universitários devem ser pesquisadores, não apenas eruditos. Qualquer pessoa que tenha dado um curso de nível superior sabe qual é a diferença entre um curso sobre um assunto em que trabalhou e outro que só conhece por estudo livresco. Só entendo realmente alguma coisa dos ramos da física em que fiz pesquisa. Dos outros ramos meu conhecimento é insatisfatório.

Naturalmente sei quais são as equações fundamentais, tenho idéia das experiências que conduziram as leis gerais, mas não tenho familiaridade nem me sinto em condições de dar cursos de nível satisfatório sobre coisas em que não trabalhei. Sei que para os outros a situação é a mesma. De modo que, sem pesquisa pura, não pode haver um ensino universitário de alto nível e; sem um ensino universitário bom não poderemos produzir os especialistas necessários ao desenvolvimento da energia atômica. Todas essas coisas estão profundamente relacionadas. Não é possível resolver esses problemas sem atacá-los todos ao mesmo tempo. Aliás, o desenvolvimento do programa de física não será possível sem um desenvolvimento correspondente dos estudos de química, de físico-química, de matemática, e de várias outras ciências correlatas, que são imprescindíveis. Uma deficiência que tem sido criticada em nossos físicos é a ignorância em química. A pouca química que sei, aprendi na Escola de Engenharia e no ginásio. Não aprendi nenhuma na Faculdade de Filosofia. Para os físicos que trabalham em energia atômica o conhecimento da química é realmente indispensável. De modo que vamos precisar muito de especialistas em química, físico-química, etc., sem os quais os problemas não poderão ser enfrentados. A Comissão de Energia Atômica deverá, também, lançar seus olhos para o departamento de Química e de Matemática e para outros setores da universidade, pois eles também são indispensáveis para a realização dos seus programas. Suponho que a Comissão de Energia Atômica terá no futuro recursos que, por enquanto, não têm. É condição "sine qua non" que disponham de recursos suficientes todos os órgãos de ensino e pesquisa. É preciso que esses fatos cheguem até à Presidência da República e às demais autoridades, para que compreendam a grandiosidade do problema com que nos defrontamos.

Vendo aqui o professor Moses, penso na Academia Brasileira de Ciência que também luta com dificuldades incríveis, até para a publicação de seus Anais, que são um instrumento fundamental da ciência brasileira. Também à Academia de Ciências precisa ser dado auxílio. A publicação dos Anais da Academia contribui, poderosamente, para o desenvolvimento da química, da física, da matemática, enfim, de todas as ciências no Brasil. O programa tem que ser estudado de forma extremamente ampla. Devem, sobretudo, ser eliminadas as discriminações feitas no passado. Nós ainda não temos pessoal suficiente e mesmo assim ficamos peneirando arbitrariamente: fulano não deve participar por isso, beltrano por aquilo, por coisas estranhas à ciência. Essas coisas todas não podem, de maneira nenhuma continuar. É uma situação inteiramente absurda, se persistir, nada irá para frente. Aliás, essas lutas de grupos dividem os próprios institutos. Não há instituto aqui que não tenha dois ou três grupos em luta constante. O Departamento de Física da FFCL da Universidade de São Paulo também não está isento disso. Essa situação não pode continuar de maneira alguma. Mesmo o Conselho e a Comissão de Energia Atômica não têm sido verdadeiramente representativos. Têm contado com a cooperação de algumas pessoas eminentes, mas não de todas. Têm sido ignoradas pessoas que poderiam precisamente dar uma contribuição importante para os objetivos que temos em vista. Frequentemente, os critérios de escolha são arbitrários, extra-científicos ou pessoais. A Comissão de Energia Atômica convida os amigos de seus membros, as pessoas em quem eles têm confiança. Tudo isso é um sistema que não pode mais continuar. Se, com a falta de pessoal que temos, continuarmos a desperdiçar o pouco com que contamos, então o êxito será impossível. Essas coisas todas precisam ser levadas em conta. O problema deve ser analisado de uma maneira completa; qualquer unilateralidade será prejudicial. Há uma série de derrotas que devemos prever porque vão acontecer. São derrotas parciais. Vou dizer com toda a sinceridade: nos próximos anos, com o lançamento do Instituto de Energia Atômica e outras atividades desse tipo, vai haver uma diminuição da pesquisa pura no Brasil. Já está acontecendo. Para dar o curso de reatores lá em São Paulo, foi preciso que o professor Goldemberg, o professor Souza Santos, o professor Saraiva, etc. se afastassem de suas atividades normais de pesquisa. Até eu, que nada tinha a ver com esse curso, tive que deixar o meu trabalho científico para dar umas aulas para os rapazes que assistiam o curso e que tinham dúvida sobre um ou outro problema teórico. Haverá temporariamente uma certa diminuição dos trabalhos de pesquisa pura. É coisa com que, também não nos devemos apavorar, pois poderá ser compensada rapidamente. Se houver facilidade maior de verbas para contratar pessoal estrangeiro e a formação de um número maior de alunos,

em poucos anos poderemos, não só incrementar o desenvolvimento de ciência pura, como também corresponder às necessidades da Comissão de Energia Atômica. Esses aspectos todos precisam ser compreendidos e previstos. Vamos ter diminuição de pesquisa pura; vamos ter algum esbanjamento de dinheiro; vamos ter possivelmente, um ou outro desfalque por ai afora. Muitas coisas terão que acontecer. Vai haver muito derrotismo; vai continuar durante algum tempo ainda, esse espírito de personalismo e luta de grupos. Que seja feito um esforço grande para sua superação. Mas seria um verdadeiro milagre que, de um dia para o outro, animosidades de anos desaparecessem como por encanto. É preciso fazer um esforço grande nesse sentido, sobretudo pelos que estão colocados em postos de alta responsabilidade administrativa para que não se deixem dominar por isso. Estou me referindo, muito particularmente, ao T<sup>te</sup>. C<sup>el</sup>. Vieira Rosa, fazendo-lhe um apelo nesse sentido. No passado houve a fase pró-Lattes e a fase anti-Lattes no Conselho, tudo isso precisa ser superado. Não tem sentido nenhum esse critério de divisão. É preciso que todas as forças sejam utilizadas, que todos colaborem, cada qual dentro de seu setor, mas sem ignorar o plano do conjunto. Os que trabalham no setor de ciência pura não devem ignorar que existe o setor de ciência aplicada e devem dirigir o seu trabalho no sentido de auxiliar os que nele estão. Os que estão no setor da ciência aplicada também não devem esquecer que existem universidades e institutos de pesquisa pura, de cujo funcionamento satisfatório depende o bom êxito do seu trabalho de engenharia nuclear, ou outro análogo. Que todos trabalhem com a compreensão de um plano conjunto. Esse plano deverá ser elaborado cuidadosamente. É um dos encargos fundamentais do Conselho Nacional de Pesquisas e da Comissão de Energia Atômica cuidar da preparação desse plano, que deve ser amplamente divulgado e discutido com a colaboração de todos os cientistas e técnicos para que esteja à altura da situação e permita que cada um trabalhe no seu setor com o melhor rendimento. Não sou especialista em ciências militares, mas sei que um dos princípios que orientam todos os exércitos modernos é que o soldado precisa compreender, pelo menos, numa certa medida, a estratégia geral que está sendo seguida na campanha. Sem compreender a estratégia geral o soldado não dará a contribuição que pode dar. Limitando-se a receber ordens cujas razões lhe escapam, ele não poderá, também, dar a sua contribuição criadora e perderá sua iniciativa. No caso dos técnicos e cientistas essas considerações adquirem significação incomparavelmente maior. É, pois fundamental elaborar um plano que seja amplamente debatido e de que todos participem. A participação ativa num plano é um fator de solidariedade, mas se o plano for elaborado por um grupo não representativo, como têm sido todos esses grupos no passado, ele será imediatamente

repelido por outros, mesmo que tenha aspectos muito positivos. Um grupo A ou um grupo B, pró-Lattes ou anti-Lattes, ou qualquer coisa desse tipo, porque não participou da elaboração do plano já não o aceita, se bem que às vezes reconheça que tenha aspectos positivos. Receia porém que o plano vise fundamentalmente fortalecer seus antagonistas, não o bem nacional. Mas se todos os cientistas brasileiros participarem de todos os planos futuros, se todas as opiniões forem ouvidas e todas as sugestões recebidas, todos se sentiriam responsáveis por esses planos. Essas coisas todas precisam ser feitas. Caso contrário ou não haverá êxito algum ou os êxitos serão muito limitados. Infelizmente, boa parte aqui dos nossos físicos tem certas características muito negativas, sobretudo nessa questão do espírito faccioso. É raro quem não tenha, numa ocasião ou noutra se envolvido em alguma luta de grupo e que não tenha adquirido, com isso, uma experiência que seria melhor perder; uma experiência que não pode contribuir para nada de bom. Uma parte de nosso tempo foi utilizada para destruir adversários que deveriam ser amigos, essa é que é a verdade. Os instrumentos por excelência da luta de grupos são a calúnia e a intriga; coisas desse tipo têm sido feitas em larga escala. São palavras duras, mas têm que ser ditas. Eu as digo com a confiança de que há ouvidos bem intencionados que as receberão, espero que sejam os de todos. Eu mesmo não posso me isentar 100% de crítica desse tipo. Uma vez ou outra também fui arrastado por alguma questão de um grupo ou de outro, não fui talvez dos mais arrastados, mas em todo o caso, não deixei de ter participado em algumas lutas estéreis. Esse espírito precisa desaparecer de vez. Estamos diante de um grande problema nacional e eu creio que todos, como bons patriotas que somos, queremos que o Brasil ocupe no Conselho das Nações o lugar a que tem direito e estamos dispostos a ceder em nossas sensibilidades particulares e a esquecer ressentimentos talvez justificados que tenhamos para que esse grande trabalho possa realmente conduzir ao objetivo desejado.

#### **Professor Hervásio de Carvalho<sup>4</sup>**

Senhor Presidente, não era meu propósito usar desta fase dos trabalhos para dizer algumas palavras, mas as palavras do professor Mario Schenberg me encorajaram a dizer algumas frases que não são mais do que um complemento ao que ele disse. Apenas quero trazer mais um depoimento, digamos.

O professor Mario Schenberg referiu-se à Índia que é um país num estágio de desenvolvimento muito semelhante ao do Brasil. Há, contudo, uma diferença fundamental no que diz respeito à educação. Na Índia, há no momento, cerca de 10.000 estudantes

---

<sup>4</sup> Foram incorporadas as correções manuscritas do Prof. Hervásio de Carvalho em todas suas intervenções nesta reunião.

no estrangeiro dos quais 5.000 se encontram na Inglaterra, 3.000 nos EEUU e 2.000 no resto da Europa. Isso comparado com o número de estudantes de que dispomos no estrangeiro é uma coisa extremamente triste para nós. Os resultados dessa atitude da Índia far-se-ão sentir dentro de alguns anos, do mesmo modo como aconteceu com o Japão por volta de 1880 quando os japoneses invadiram as universidades europeias e agora, novamente, estão invadindo as universidades americanas e europeias no sentido de voltar a revigorar o Japão moderno. Somente nós aqui no Brasil é que não estamos cuidando de enviar para o estrangeiro um número de estudantes correspondentes à nossa população. De modo que era isto apenas que desejava dizer, como complemento as palavras do professor Schenberg.

Outra idéia me ocorreu enquanto o professor Mario Schenberg falava sobre o fato da Faculdade de Filosofia de São Paulo não dispor de uma cadeira de Físico-Química. Lembrei-me então de uma coisa que me parece ainda mais chocante. Trata-se do seguinte: o Departamento de Física da Faculdade de Filosofia da Universidade de São Paulo, há cerca de 22 anos vem sendo o principal centro da Física Nuclear no Brasil. Contudo, parece-me um absurdo não existir uma Cadeira de Física Nuclear na Faculdade de Filosofia da Universidade de São Paulo, o que é uma coisa extremamente chocante quando se pensa que há necessidade de fazer esse esforço agora para o desenvolvimento da energia atômica, e, em São Paulo, não há ainda sequer uma Cadeira de Física Nuclear. É uma coisa que nos assombra.

### **Professor Mario Schenberg**

Permite um aparte? Há mais de dois o Conselho do Departamento de Física de São Paulo solicitou a criação dessa Cadeira.

### **Professor Hervásio de Carvalho**

O professor Mario Schenberg nos aconselhou uma atitude de coragem. Disse que eram necessários sacrifícios, que era necessário nos colocarmos à frente dessas coisas todas. Estou certo que o professor Mario Schenberg, de agora em diante, levará avante esse projeto, porque nada no Brasil é simples e fácil. Será muito mais difícil fazer energia atômica do que criar uma Cadeira na Faculdade de Filosofia de São Paulo. Estou certo que ele conseguirá isso.

Eram essas as palavras que eu queria dizer.

### **Professor Jacques Danon<sup>5</sup>**

Senhor Presidente desejava dizer algumas palavras a respeito da situação da química e da rádio-química, que foi mencionada anteriormente. Realmente, parece-me um problema extremamente grave. Que o nosso programa atômico se inicie com a construção, no país de reatores ou pela importação do exterior, não devemos esquecer que o papel do químico, particularmente do radioquímico, é fundamental. No primeiro caso temos todas as etapas de preparação de combustível nuclear dependendo de processos químicos, metalúrgicos, etc. Todos esses problemas são fundamentalmente de engenharia química. Por outro lado se vamos importar reatores devemos ter em mente que, além da produção de energia elétrica, a aplicação fundamental dos reatores é a fabricação dos radioisótopos. O serviço que eles prestam atualmente à medicina, à química, aos diferentes ramos da pesquisa e da indústria é imenso. No entanto, somos somente dois ou três radioquímicos no Brasil, capazes de preparar e manipular os radioisótopos obtidos com o reator. Por outro lado os nossos químicos não me parecem estar aparelhados para as necessidades dessa produção de radioisótopos. Muitas das técnicas de química analítica, de físico-química, e de radioquímica indispensáveis para a manipulação com radioisótopos não são ensinadas na Universidade. Não acho que seja com cursos de física de reatores que poderemos resolver esse problema. Por exemplo, na França, o curso de radioatividade é um curso relativamente simples, porém que capacita o indivíduo para poder se especializar posteriormente em engenharia nuclear, radioquímica, etc. Julgo que devemos realizar cursos de radioatividade, relativamente simples, que não exijam do aluno um esforço demasiado [em] assuntos teóricos. Cursos práticos, aonde se ensinasse a manejar com radioisótopos pelas diferentes técnicas de radioatividade seriam muito importantes em qualquer programa de desenvolvimento da energia nuclear e aplicações em nosso país.

### **Professor Leite Lopes**

Há vários pontos importantes que foram mencionados pelo professor Schenberg e pelo professor Hervásio de Carvalho. A questão da universidade, por exemplo, é realmente fundamental. Parece-me, também, que não somente a Comissão de Energia Atômica e o Conselho Nacional de Pesquisas poderão resolver o problema das universidades. Um dos mais graves defeitos nossos, uma das coisas que mais impedem o nosso progresso científico é a própria estrutura da nossa universidade, a falta de compreensão das autoridades

---

<sup>5</sup> Foram incorporadas as correções manuscritas do Professor Jacques Danon em todas suas intervenções nesta reunião

universitárias brasileiras em relação ao momento histórico que vivemos e à significação da ciência para o século vinte. Isso é uma coisa que todos nós sentimos. Por mais que se peça auxílio à autoridade administrativa da universidade, por mais que se aliem todos os pedidos, por mais que se apresentem, projetos, as coisas não andam e as reclamações terminam quase sempre se transformando em caso pessoal. Neste Simpósio, por enquanto, são muito poucas as autoridades universitárias que aqui comparecem, de modo que não sabem o que está se passando aqui. Porque em geral elas estão voltadas para outras preocupações. Naturalmente, são importantes outras especialidades da cultura mas, desde que uma pessoa assume a responsabilidade de dirigir os destinos de uma universidade, ela tem a obrigação de se inteirar do que se passa nos vários setores da mesma do que é importante para o progresso da universidade. E a pesquisa científica – é o que nós estamos discutindo aqui – é um desses aspectos importantes.

No que se refere ao auxílio do Conselho de Pesquisas ou da Comissão de Energia Atômica à universidade há um problema: o Conselho ou a Comissão de Energia Atômica não devem intervir na universidade. Este é um problema delicado. A universidade deve solicitar o auxílio. Deve, por outro lado, tomar medidas complementares para a boa realização de tais programas. Na questão da Cadeira mencionada pelo professor Hervásio de Carvalho, acontece que na Faculdade Nacional de Filosofia existe uma Cadeira de Física Nuclear mas não existe nenhum laboratório de física nuclear. Por mais que se peça equipamento não se consegue. De maneira que o ensino de Física Nuclear na Faculdade Nacional de Filosofia é praticamente impossível; é um ensino livresco. Mas isso não significa que os físicos sejam culpados, porque o Professor da Cadeira, os chefes do Departamento, os demais colegas pedem, solicitam verbas de ano para ano e não há uma única medida satisfatória tomada pela autoridade universitária. Esse é um problema também grave. E é claro que o Conselho Nacional de Pesquisas não pode resolver. Poderia contribuir evidentemente, mas não pode resolver um problema fundamental da universidade. Mesmo porque há o perigo do domínio da universidade, em certos aspectos, por essa instituição externa.

### **Professor Mario Schenberg**

Professor Leite Lopes permite um aparte?

Há várias fundações que auxiliam à pesquisa científica que têm uma tradição nesse sentido, de propor convênios. O Conselho Nacional de Pesquisas poderia se dirigir às faculdades de Filosofia propondo a criação de laboratórios de física nuclear que seriam subvencionados, no início, sobretudo pelo Conselho, com a condição de que de ano para ano a universidade fosse substituindo a subvenção do Conselho, até que, no fim de um

certo número de anos, já não dependesse mais do Conselho ou da Comissão de Energia Atômica. Seria uma iniciativa favoravelmente recebida pelas universidades.

### **Professor Leite Lopes**

Houve uma experiência muito desagradável nesse sentido, entre uma de nossas universidades e uma instituição que tradicionalmente ajuda as universidades. Houve dificuldade porque a universidade não cumpriu o convênio. A universidade ia aumentando progressivamente de responsabilidade e a instituição ia decrescendo. Esses problemas são também importantes. Não são resolvidos somente pelos cientistas. É um problema mais complexo. A autoridade administrativa, a autoridade do Conselho, a autoridade da universidade, a autoridade das instituições devem entrosar-se; é preciso que haja, também, uma compreensão da parte delas. Discutam os problemas e os ouçam sem considerar a crítica como uma ofensa pessoal. Em geral a tomam nesse sentido.

### **Professor Mario Schenberg**

Professor Leite Lopes permite um aparte?

Se os reitores dessas universidades fossem convidados, também, para a elaboração desse programa geral a que me referi? Se eles participassem da elaboração depois não poderiam mais estar com essa reserva. Não se trataria mais, de uma proposta que pudessem julgar como intromissão na universidade. Deveriam, portanto, ser convidados, também, os reitores para participarem da elaboração desse plano geral.

### **Professor Leite Lopes**

Seria interessante que o Conselho Nacional de Pesquisas promovesse uma reunião dos reitores das várias universidades para estudar o problema das relações entre o Conselho e as universidades. Isso é importante para o plano, senão permanecem essas dificuldades todas. Sabe-se que a criação de uma Cadeira na universidade leva muito tempo. A de física nuclear demorou dois anos entre a proposta de criação e sua realização. Se se quiser criar a Cadeira de Física Nuclear na Escola Nacional de Engenharia, não sei se haverá possibilidade. Há esses problemas todos de estrutura que a universidade tem que enfrentar. Outro assunto sobre o qual queria falar é a questão dos institutos. É muito importante apoiar os institutos de pesquisas existentes, mas também há um outro ponto – já que estamos fazendo conjecturas sobre o que poderá acontecer – é importante que não se procure criar institutos em demasia. Por exemplo, o problema da energia nuclear é muito importante mas também é importante que cada estado brasileiro não venha a ter um

instituto de física nuclear agora. Seria uma coisa muito perigosa: haveria uma dispersão de esforços e de recursos financeiros. E não haveria pessoal para fazê-los funcionar; já não há gente nem para os programas existentes. Esta é uma coisa a ser considerada. Se o Conselho, ou outra organização, vai tomar a iniciativa de criar institutos, que faça um levantamento antes, do que existe no momento e do que pode ser obtido como recurso em pessoal e material para criação desses institutos, e quais os estados ou cidades onde seria mais conveniente criá-los.

Outra questão é a do envio de pessoal para o estrangeiro. Não tem sido muito feliz a política adotada pelo Conselho Nacional de Pesquisas para o envio de pessoal para fora. Se se manda uma pessoa para o estrangeiro para estudar física nuclear ou eletrônica ou engenharia nuclear, é necessário que essa pessoa passe, primeiro, por um dos departamentos especializados no assunto entre nós, esgotando as possibilidades existentes no país. Ela irá, então, com formação superior, lucrando o mais possível, com economia e proveito para o País. Mas se a pessoa vai fazer um curso fundamental, correspondente ao das nossas universidades, é claro que não está havendo o maior rendimento, a maior eficiência.

Eram essas considerações que queria fazer.

### **Professor Oscar Sala**

Acho que já se falou bastante, hoje à noite, relativamente a esses problemas para o desenvolvimento da ciência, de maneira geral, para o país. Acredito que quase todos os cientistas realmente sentiram esse problema e estão empenhados em pesquisa no país, estão em linhas gerais, de acordo com as palavras do professor Schenberg. Vimos que esses problemas são extremamente complexos e é necessário uma análise mais detalhada para ver exatamente quais as atitudes que se deve tomar, imediatamente, para que esses problemas possam ser resolvidos no menor espaço de tempo. De maneira que eu gostaria de sugerir aos que estão presentes aqui, o presidente do Conselho Nacional de Pesquisas e o Secretário da CAPES, se não seria interessante uma reunião junto com os especialistas dos diferentes setores da ciência e responsáveis por laboratórios ou Cadeiras, etc., de maneira que se pudesse organizar, de uma maneira concreta, tornar concreto esses planos gerais que discutimos, não somente hoje à noite mas que estamos discutindo há vários anos. O fato é que essas discussões, e eu já tive ocasião de presenciar há cinco anos atrás, mas as realizações, as atitudes que tomamos infelizmente são praticamente nulas.

Era isso que desejava dizer.

## Professor Barreto

Minhas senhoras e meus senhores:

Por acaso tive oportunidade de comparecer à reunião de hoje não me tendo sido possível [...] que todo debate que tive oportunidade de presenciar sugeriu-me a idéia de vir a esta tribuna no sentido de apresentar, também, uma sugestão, que me parece louvável, ao que estamos aqui empreendendo. Nós da Universidade da Bahia, como ocorre aliás no norte, estamos imensamente atrasados no que tange ao problema da física nuclear. Isso é fácil de se compreender desde que sabemos quanto o desenvolvimento econômico, industrial contribui para incentivar, para criar condições no sentido das pesquisas mais avançadas da ciência. Todavia, lá na nossa Escola, alguma coisa se tem feito com a colaboração, inclusive, dos colegas de São Paulo, professores de físico-química têm feito, juntamente com assistentes, cursos na Universidade de São Paulo. Mas, do ponto de vista da minha Cadeira, por exemplo, da Geologia Econômica, no que diz respeito ao esforço feito para que pudéssemos trazer, também, alguma colaboração ao esforço nacional, ainda nada foi positivado. E, então a idéia seria sugerir que se fizesse, à semelhança daqueles cursos que haviam sido feitos com aqueles professores da Universidade da Bahia e mesmo da Universidade de Pernambuco, cursos semelhantes para prepará-los juntamente com alunos que se destacam e que se interessam no sentido da pesquisa dos minérios radioativos. Já tivemos oportunidade de discutir com especialista do assunto do Departamento Nacional da Produção Mineral e sabemos que é de uma certa facilidade, que não seria uma coisa extremamente difícil realizar-se um rápido curso, a fim de que se pudessem habilitar professores, assistentes e alunos interessados no sentido de que se tornem aptos para a pesquisa de minérios radioativos. Eu entendo que assim poderíamos, equipando ou preparando rapidamente uma determinada equipe, permitir que nos períodos de férias essa equipe fizesse, como estamos fazendo no momento, viagens a vários municípios do interior do Estado e poderíamos então, talvez conseguir identificar novas reservas que não são conhecidas. Sabemos que a pesquisa de minérios radioativos vem sendo feita quase que exclusivamente pelo Departamento Nacional de Produção Mineral. Sabemos que o Departamento Nacional de Produção Mineral também conta com dificuldades no que tange a verbas e a pessoal. Se nós quiséssemos aumentar, então, o número daqueles que se tornam aptos para pesquisas, digamos assim, expeditas, preliminares, estaríamos dando uma contribuição eficiente à formação do pessoal técnico, porque é evidente que se nós queremos fazer crescer a pesquisa nuclear, se queremos fazer crescer todos os setores de atividade no campo da Energia Atômica, teremos que

também preparar todos esses setores com material básico que ele terá que manusear. Isso terá que ser extraído, evidentemente, das reservas. De modo que talvez até tenha sido uma contribuição de um assunto já debatido ontem, mas como aqui ontem não pude comparecer, minha sugestão fica no sentido de que se promova quem de direito, aqui há um ilustre professor baiano, Professor Anísio Teixeira, e outras ilustres personalidades que poderiam, evidentemente, contribuir muito. Temos conhecimento, temos debatido o assunto com especialista em pesquisas expeditas e sabemos que se houver um entendimento geral, então, rapidamente poderíamos preparar alguns homens que se disporem a percorrer o interior dos estados nos períodos de férias, no sentido de revelar novas reservas de minérios radioativos.

É o que tinha a dizer.

### **Professor Christovam Cardoso**

O tema de hoje: formação de técnicos e pessoal para a emergência nuclear que o Brasil terá que viver, é que me obriga a trazer algumas palavras de ponderação fazendo, sem críticas, observações sobre as idéias que foram aqui expeditas onde, permitam-me de certa forma a franqueza, há um pouco mais de crítica de situações defeituosas do que propriamente de apontamento de remédios capazes de solucionar o problema da gravidade que se apresenta para nós.

É claro que há uma primeira pergunta a ser respondida: como vai reagir o Brasil na emergência nuclear presente; que caminho tomará o país diante do fato de que o mundo todo procura se aparelhar para viver a época nuclear no seu próprio momento; será que o Brasil vai esperar que este cume seja ultrapassado para então tomar uma posição de caudatário, ou será que o Brasil enfrentará, decidido, o transe que, de certo modo, pode ser decisivo para a sua própria posição no mundo?

Esta pergunta preliminar, a meu ver, condicionara todo o problema de formação de pessoal porque, de certo modo, há uma experiência histórica realizada. A formação de pessoal é condicionada, preliminarmente, pelo mercado consumidor de pessoal. É inegável isto. A experiência vivida por nós em profissões que têm uma categoria ainda não muito elevada economicamente, vamos frisar aquela que conheço mais de perto – a química – dei um exemplo frisante em que estou vendo será repetido, no problema nuclear, exatamente como foi realizado no passado. O químico no Brasil só apareceu como entidade construtiva da prosperidade do país, depois que o mercado consumidor de químicos se revelou capaz. Como se comportará o mercado nuclear em relação aos técnicos ou cientistas nucleares? Porque, preliminarmente, técnico ou cientista nuclear tem que viver e, se ele tem que

viver é preciso que encontre a subsistência garantida. Logo o problema não me parece capaz de ser resolvido rapidamente e, permitam que eu diga, será rapidamente se nós pretendermos tirar grandes lições de um debate de uma noite. É um problema de sessão permanente porque o transe nuclear será no Brasil de muitos anos. Não será alguma coisa a ser improvisada num plano “a priori” e sim alguma coisa a ser apreendida durante um largo prazo em que vivemos a nossa inexperiência nuclear. Este é o fato.

Podemos tirar alguma aprendizagem do que ocorreu nos outros países? É claro, e nesse ponto concordaria, creio, com a maioria dos oradores dizendo que a aprendizagem melhor seria aquela trazida por quem viveu, sentiu na carne todos esses problemas nucleares. Daí minha atitude praticamente irredutível em que se deva importar a mentalidade nuclear através de homem que tenha vivido essa questão nuclear e em circunstâncias melhores, porque tenha vivido desde sua origem.

Como se delineará o problema nuclear no Brasil? Parece-me, também, não podemos ficar apenas no aspecto científico, porque no meu entender o aspecto científico, muito importante, decisivo, vai, no Brasil, ser ultrapassado por um aspecto econômico, tecnológico que será imediato. Todo mundo está consciente. O professor Motta Rezende que aqui está, o professor Oliveira Castro, que compreendem muito mais desses assuntos do que eu, dirão: o problema de energia no Brasil terá uma solução rápida se nós não apelarmos para o gerador nuclear; pode ser rápida em todas as regiões do Brasil; pensa que sim? O professor não concorda com o ponto de vista que eu vou expor. A mim, me parece que, não obstante as possibilidades hidroelétricas brasileiras, haverá regiões imensas, habitadas por brasileiros tão bons quanto nós que precisam se industrializar, porque mesmo a atividade de campo não é bastante para garantir o seu sustento. A energia nuclear, neste caso, daria uma chance. Isso me leva a pensar que o problema nuclear no Brasil vai se implantar, preliminarmente, como uma necessidade de criação da fonte de energia. Se assim é, é provável que em curto prazo tenhamos centrais nucleares – pelo menos desejaria que assim fosse. Quem operará? É claro que uma central nuclear piloto pode ser operada com pessoal importado. Mas não acredito que seja possível operar estabelecimentos desse tipo apenas com pessoal importado. Isso cria um problema: qual o pessoal; como formar pessoal para esse tipo de atividade? Este ângulo não exige, evidentemente, uma alta elevação científica; pode ser resolvido por uma pequena equipe de cientistas e uma grande equipe de técnicos cujo cultivo não precisa, evidentemente, chegar às minúcias, aos requintes do conhecimento nuclear que seria de desejar que todos tivessem. Mas esse é o fato. Será que podemos responder à pergunta: como formar pessoal nuclear nessa

emergência; como é que se forma o pessoal técnico em qualquer hipótese? Tem se formado, até hoje, em todos os lugares nas universidades. Aqui teremos que tocar em uma ferida já muito mexida pelos vários oradores que, possivelmente, terão esquecido alguns dos ângulos porque a doença é tremenda. Mas é preciso apontar um remédio. O que não é possível é continuarmos no muro de lamentações porque as nossas universidades não funcionam. E não funcionam mesmo; é fato. As nossas universidades são emperradas, nunca tiveram no Brasil o caráter universitário. O professor Moussatché prefere a cirurgia. Naturalmente como fisiologista acostumado à vivisseção ele gostaria de operar desse modo. Não sei se será útil. Mas o fato concreto é este: a universidade, no Brasil, nunca existiu. A universidade no Brasil é um nome. Há tentativas mais ou menos interessantes, com mais ou menos frutos. Eu diria, por exemplo, que a Universidade de São Paulo é, de certo modo, uma das tentativas de melhores frutos mas, apesar disso – permitam-me a crítica – não tem a plenitude que uma verdadeira universidade deve ter. E por uma razão simples. É que a universidade no Brasil não nasceu como universidade. A universidade no Brasil foi um aglomerado, foi uma reunião de pequenas parcelas sem nexos algum e que, de um dia para o outro, por decreto viraram universidade. Não é possível que isso dê o resultado completo. A repercussão de uma universidade desse tipo sobre a formação de técnicos e cientistas é imediata. Porque a universidade tem que ser um organismo de cultura viva e não um organismo de repetição. Daí a crítica constante de todos os oradores: as universidades não fazem pesquisa; as universidades não compreendem a pesquisa, e não compreendem mesmo. Em geral não se entende o que é a pesquisa na universidade brasileira. Admite-se que a universidade brasileira é um conjunto de escolas onde se repetem as noções adquiridas e importadas, mas não se procura criar nada. É bem verdade que aqui há também a influência do mercado. Se nós, por exemplo, apelarmos para um tipo de cogitação universitária, por exemplo, a medicina, o mercado médico exige, o mercado de saúde exige, faz pesquisa no domínio da medicina. O mercado da tecnologia já está exigindo atitudes de pesquisa nas escolas de engenharia. Entretanto, as atitudes de pesquisa nas escolas de engenharia são tardias em relação às de medicina. Por que? Porque doença todo mundo tem e indústria nem todo mundo tinha. Era possível viver um período agro-pastoril e nesse período agro-pastoril todo mundo é feliz porque cava a terra e cria boi. Mas, atualmente, as escolas de engenharia - há vários professores de engenharia que serão testemunhas disso – sou quase que engenheiro honorário; passei algum tempo em escola de engenharia e sei que as escolas de engenharia evoluem nesse sentido, estão se acelerando. Por que? Há uma requisição do mercado nesse sentido. As escolas de química

são tentadas e mais do que isso, as próprias organizações particulares, atualmente, empregam químicos em pesquisa. É preciso entender – vou ser bastante franco – o Brasil precisa ser mais realista. O que se chama de pesquisa pura é indispensável em qualquer lugar. Aquilo em que não acreditam muito é na pureza absoluta da pesquisa. Não acredito muito porque qualquer que seja a atividade humana há que haver um estímulo. Poderão dizer: há o estímulo estético. Acredito. O estímulo estético, em geral, não se transmite aos grandes grupos. O estímulo estético se restringe à pessoa. Haverá vultos eminentes capazes de fazer isso que chamamos de ciência pura por uma pura tendência estética. Mas grandes grupos fazendo o que se convencionou chamar de pesquisa pura, não me parece que seja uma coisa muito fácil, a não ser naqueles em que uma tradição bastante grande existe, os países europeus, e de certo modo os EEUU que importaram uma tradição européia, a não ser nesses países jovens o grande estímulo da pesquisa é evidentemente o interesse. Será que o interesse tolhe a pesquisa pura? De modo algum. A pesquisa tecnológica é tão nobre quanto a pesquisa pura. A pesquisa tecnológica oferece ângulos interessantes para aqueles que por motivos estéticos perseguem um mesmo ideal. Mas é ali que eles vão encontrar os germens das cogitações que vão viver durante algum tempo. E, para o Brasil o que me parece é que o estímulo da pesquisa tecnológica está se tornando indispensável. Os organismos particulares já pensam assim mas, lamentavelmente, a universidade não pensa. Eu falo de universidade no sentido lato. Poderia dizer: as universidades. Gostaria de conhecer, salvo um exemplo que conheço no tempo da Guerra, em que a Universidade de São Paulo teve projetos que executou por encomenda, salvo este caso que é uma anomalia na vida universitária brasileira, não conheço exemplo de que haja um estímulo na universidade partindo de um setor de interesse. Por que isso? Porque a universidade se transformou; porque a universidade tomou uma atitude “superior”; a universidade não desceu às necessidades do país e a universidade, está por isso, falhando num dos ângulos mais sérios que não deveria falhar.

A oportunidade que o Brasil vive é decisiva. O professor Schenberg chamou a atenção para que o transe é grave. De fato, ou resolvemos a questão nuclear bem, agora, ou então não resolvemos nada e quando tentarmos resolver estaremos ultrapassados. É preciso que se faça alguma coisa nesse sentido mas, no meu entender, sem criações novas forçando a universidade a realizar a sua tarefa. É uma primeira indicação. Mas como forçar a universidade a realizar essa tarefa se a universidade – o depoimento do professor Leite Lopes, e ele tem toda razão para isso, é um depoimento de um certo modo melancólico – em geral se recusa, não por questão de má vontade, talvez por

incompreensão do problema como ele é. Seria de encontrar uma maneira de que a universidade fosse forçada a germinar dentro dela esse espírito que ela nunca teve, mas que desde que assumiu o nome de universidade devia ter tido, sem que – é o medo do professor Leite Lopes – esta universidade absorva o adubo para a germinação e não produza nada. De certo modo concordo com o ceticismo do professor Leite Lopes quanto à entrega simples e sumária de recursos às universidades. Seria necessário que alguma coisa se fizesse de modo que a universidade se visse coagida à realização de um certo plano. Se um organismo do tipo do Conselho Nacional de Pesquisas se propõe a realizar com uma universidade, mas em molde de contrato, contrato como se faz contrato comercial, com todas as cláusulas possíveis para garantir. Se o Conselho Nacional de Pesquisas fizer uma coisa desse tipo onde ele se reserve a capacidade de fiscalizar a execução, não há motivo porque a universidade se melindre. Eu também sou um universitário e não me veria melindrado de modo nenhum. Eu veria nisso um interesse de alguém que está produzindo, fomentando uma atitude salutar e que quer ver se realmente essa atitude salutar será produzida. E não seria, também de melindrar pelo seguinte: porque o pessoal universitário brasileiro é tão pequeno, o pessoal científico brasileiro é tão reduzido que, em geral, é esta mesma população universitária que funciona nos outros setores. O Conselho Nacional de Pesquisas, até hoje, tem contato com inúmeros universitários. Isto faz um elo entre as duas entidades e apara, de certo modo, a aspereza que poderia ser chamada de aresta por alguém de um lado ou de outro. Então, neste molde de contrato seria possível estimular a universidade, não só no campo nuclear como em qualquer campo mas, especificamente no nuclear. Uma vez que o problema é importante para o Conselho Nacional de Pesquisas, seria de desejar que ele tomasse uma atitude desse tipo e estimulasse, forçasse mesmo a universidade a uma produção razoável e conveniente.

Outro aspecto, visado pelo professor Pompéia e que pareceu de grande interesse é aquele em que se procura criar, no País, uma mentalidade nuclear. É evidente que a opinião pública influi muito mais do que se pensa. O apoio da opinião pública, essa efervescência que um assunto permanentemente tratado acaba produzindo tem importância. Então propõe o professor Pompéia que os ângulos nucleares sejam, desde cedo, abordados na população que será eventualmente, uma população universitária ou uma fonte de técnicos. É claro que assim se descobrirão tendências, assim se fará o recrutamento razoável. Agora, parece-me que o problema, além disso, é mais imediato. Tenho impressão, julgo ter a notícia de que há possibilidades, pelo menos dentro de pouco tempo surgirem, no Brasil, estabelecimentos nucleares para funcionar. Ora, há uma atitude quase que de

emergência a assumir. Porque não é possível – não é por um patriotismo balofo, não é por nada disso, e por aspectos a respeito dos quais o professor Schenberg já se pronunciou e que é necessário levar em conta. São as questões de mentalidade. Não é possível imaginar o funcionamento de estabelecimentos nucleares sem pessoal brasileiro. Então vamos precisar desse pessoal brasileiro. Esse pessoal brasileiro de que categoria é? É preciso fixar bem de que categoria será esse pessoal brasileiro, para essa primeira etapa. Uma primeira etapa será, evidentemente, uma etapa de importação. Acho que deve ser encarado – o professor Danon aludiu, ainda que um pouco ligeiramente a respeito disso – deve ser encarada a segunda etapa. O Brasil tem, de certo modo, condições não para realizar equipamentos nucleares no momento, mas tem condições para fazer evoluir certas indústrias já estabelecidas, mediante um estímulo adequado para, dentro de tempo não muito remoto poder, também, tentar as suas realizações de equipamentos nucleares. É evidente que não será uma realização de totalidade, mas será a realização de muita coisa simplificando o problema de uma maneira substancial. Neste caso seria de desejar que fosse estimulada, também, pelo órgão próprio, desculpe T<sup>te</sup>. Cel. Vieira da Rosa, mas o órgão próprio que até hoje se conhece é o Conselho Nacional de Pesquisas. Seria de desejar que certos ângulos de pesquisa tecnológica, diretamente ligados a esse tipo de trabalho, digamos, as questões metalúrgicas que são fundamentais em técnicas de reatores. Seria de desejar que fossem estimuladas, que talvez se fizesse conversas prévias com os estabelecimentos que já são dirigidos nesse rumo aqui no país, para a eventualidade, quem sabe, de financiamento conjunto de certos tipos de pesquisa, de certos cursos de formação de interesse recíproco, inclusive dessas entidades industriais que serão, mais tarde, fornecedoras de equipamento necessário. De qualquer modo, por mais que me alongasse não haveria meio, no meu entender, de esgotar como creio que ninguém tem intenção, de esgotar todos os ângulos desse problema. De modo que, como sugestão para o momento seria o seguinte: é que o problema de formação de técnicos fosse apenas iniciado hoje, mas que se mantivesse em cartaz permanente com programação, para breve prazo, de um outro encontro onde já amadurecidas certas idéias, porque deste comércio de idéias surgem muitas outras mas, amadurecidas essas idéias fosse possível, num outro encontro, achar algumas diretrizes. Não temos, creio que achar diretrizes hoje, mas temos entrevisto caminhos. É possível que estes caminhos estejam mais nítidos. Estarão mais nítidos. Cada um de nós que aqui esteve estará em meditação sobre o que apareceu, sobre os estímulos recebidos e trará alguma coisa de mais elaborado.

De modo que eu propunha, a quem de direito, que se promovesse para breve – não posso fixar data, não tenho nenhuma capacidade para isso – um novo encontro e esse exclusivamente dedicado à formação de pessoal. Nem que se gastasse talvez uma semana discutindo profundamente o problema, discutindo mesmo, tirando o paletó, suando em cima do problema, porque é um problema que não pode ser resolvido em cima da perna. E se me permitirem outra sugestão, como é um problema de suar, poderia ser aproveitado o clima de São José dos Campos e lá, tranquilos, longe do bulício da cidade, sem problemas de tráfego, sem questão de condução noturna para casa, sem nada disso, poder-se-ia discutir a fundo a questão e possivelmente encontrar qualquer coisa de útil.

Era o que tinha a dizer.

### **Professor Motta Rezende**

Devo dizer que de fato estou ansioso para ouvir o que o professor Jonas Corrêa nos tem a dizer. Mas o professor Cardoso me fez uma pergunta a qual tive que responder sentado. Depois ele me fez mais algumas referências sobre as quais tenho obrigação de dizer alguma coisa.

O professor Cardoso virou-se para mim e perguntou se era possível resolver o problema da eletrificação no Brasil sem energia atômica, e ele continuou: a curto prazo. A curto prazo é impossível. Não se pode resolver problema de energia elétrica no Brasil, a curto prazo, com energia atômica ou sem energia atômica. De modo que a minha pergunta só poderia ter sido negativa. O problema da eletrificação no Brasil é de fato um problema muito vasto, muito grande e hoje não é um problema essencialmente técnico. Ele é mais financeiro do que técnico. As soluções são várias, o que falta são os recursos. De modo que era esse o esclarecimento que desejava dar ao professor Cardoso.

Ele também fez referência à questão do papel das escolas de engenharia, e eu penso que ele pensou mais na nossa, porque é um grande amigo da Escola Nacional de Engenharia, sobre a formação de engenheiros já com conhecimentos de energia atômica. O professor Cardoso fez restrições quanto à liberdade, à flexibilidade com que agem as escolas, penso que não exatamente com essas palavras, mas a idéia era esta. Nas escolas de engenharia, de fato, estamos vendo que algumas dessas coisas estão se fazendo. Na nossa Escola mesmo, temos tido cursos dados pelo professor Hervásio de Carvalho, temos aqui o professor Jonas Corrêa que está especializado no setor de energia atômica de modo que a Escola está se agitando para isso. Agora, no setor mais especializado, ao qual eu pertencço que é o da eletrotécnica nós também estamos tentando fazer alguma coisa.

Penso que na Escola Nacional de Engenharia chegamos a uma situação relativamente boa quanto à flexibilidade dos cursos. Nossos cursos são, de fato, dados em quatro anos. Para um engenheiro civil, para um engenheiro eletricitista, eles têm quatro anos diferentes do civil para o eletricitista, mas nesses quatro anos são dados todos os assuntos que julgamos essenciais. O curso é de cinco anos, de modo que dispõe-se de mais um ano. Este último ano é de especialização dentro da especialização. No caso de engenheiros eletricitistas, oferecemos diversas especializações dessas: podemos ter engenheiros especializados em projetos de máquinas elétricas, por exemplo. De fato, para se aprender aquilo direito, precisa-se de um ano fazendo projetos. Só se aprende a fazer projetos, fazendo projetos. Temos, também, o curso de engenheiros de centrais geradoras. Esse é o que nos interessa. Entre as centrais geradoras temos que contar a usina geradora atômica. Então, esse nosso curso, este ano orientado pelo professor Oliveira Castro, compreende muito mais estágios e trabalhos do que de fato, aulas e preleções. Nossos alunos estão realizando uma série de estágios em usinas térmicas a vapor, usinas geradoras Diesel, usinas hidráulicas. E, para o segundo período eles têm três meses dedicados, exclusivamente, a estudos de energia atômica, quer dizer a produção de energia atômica. Como o professor Cardoso fez notar, o engenheiro eletricitista não é necessário que possua toda a série de conhecimentos de um físico, de fato, deve possuir, mas se ele vai trabalhar numa usina geradora atômica ele tem que saber se portar convenientemente e tem que saber entender a língua dos físicos, dos químicos e daqueles que vão orientá-lo em toda a série de cuidados que eles têm que ter. Evidentemente que o engenheiro que vai trabalhar em projeto de máquinas não precisa saber disso, agora os da energia atômica precisam. De modo que na Escola estamos fazendo isso.

Sobre a organização desse curso de energia atômica, de fato estamos em entendimentos com a UNESCO. O professor Souza Santos deve se lembrar que eu quis iniciar esses entendimentos em Genebra. A última sessão da Conferência de Genebra era dedicada justamente à preparação de pessoal técnico. Inscrevi-me para debates. Acontece que a comunicação da UNESCO foi apresentada pelo professor [...] que não a leu e sobre ela não falou. Isso quanto à questão da energia atômica. Quanto à questão de preparar técnicos temos que propor isto porque se não propusemos os técnicos na matéria, no Brasil, só teremos uma alternativa: ou não se importa ou se importa. Importar esses técnicos é o que se chama importar civilização. Há anos atrás importar civilização era importar alguns livros, alguns perfumes, algumas roupas, etc. Hoje tem que se importar ciência, tem que se importar máquinas, são essas complicações todas que conduzem ao

que estamos vendo aí, por exemplo, com os automóveis. Qual é o nosso problema? É que não é possível importar civilização para 60.000.000 de pessoas. Ou se faz civilização aqui ou então não se a tem. Essa é que é a verdade. Muito obrigado.

### **Dr. Haity Moussatché**

Queria esclarecer o comentário que fiz ao professor Cardoso sobre [...]

O problema nosso, como já foi apresentado por todos conhecedores do assunto é múltiplo, tem uma porção de facetas, muitas delas ligadas à universidade e este foi um dos pontos que o professor Cardoso abordou. Creio que para realmente criar esse ambiente na universidade é necessária uma transformação profunda, radical, dos métodos que ela tem empregado para a escolha de seu pessoal. Isto é essencial e por isto é que eu digo que o método é cirúrgico. Não podemos forçar a universidade a fazer alguma coisa, como sugeriu o professor Cardoso, sem que lá dentro estejam os homens, esses mesmos homens aos quais se referiu o professor Ugo Camerini em sua comunicação. Não se pode forçar ninguém a fazer pesquisa. Ou sabem fazer ou não sabem fazer; não adianta forçá-los. A nossa universidade, de um modo geral, com algumas exceções, não tem pesquisadores. Tem homens que fizeram concursos, concursos brilhantes, que aprenderam algumas técnicas uns dias antes do concurso, que muitas vezes vão aprender as técnicas só para fazer o concurso e depois são os catedráticos, são aqueles que vão dirigir. Forçar esses homens é impossível. Por isso é que eu digo que a técnica só pode ser cirúrgica, uma técnica profunda e radical. Sem isso não teremos universidade que faça pesquisa e todos os planos feitos para forçar a universidade a fazer pesquisa, que não contar com essa técnica cirúrgica, falharão.

### **Professor Jonas Corrêa**

Exmo. Sr. Presidente, minhas senhoras e meus senhores:

Devo confessar a imensa satisfação com que recebi o convite para proferir esta palestra. Em primeiro lugar pela honra que me deu em ter contado com tão seletto auditório. Em segundo lugar por me permitir expor alguns fatos que me parecem capazes de desfazer vários mal-entendidos e impressões falsas sobre o aproveitamento da energia nuclear.

Tinha preparado uma exposição dos tipos de reatores de potência mais cotados hoje em dia como soluções para o problema.

Em vista, porém, do que ouvi ontem neste mesmo Simpósio e de conversas que tive com vários membros do auditório, semi-leigos no assunto, resolvi alterar um pouco a estrutura da minha exposição.

É óbvio que os esclarecimentos que pretendo prestar não se destinam a pessoas que estão familiarizadas com o problema, algumas das quais, como os professores Costa Ribeiro e Hervásio de Carvalho, acabam de chegar dos EEUU e aos quais peço o favor de me atualizar se prestar informações não completamente “up to date”. Entretanto, certas afirmativas feitas pelos especialistas e absolutamente corretas sob o ponto de vista científico, podem levar os leigos a conclusões errôneas, que não seriam certamente esposadas pelos primeiros. Fazemos uma descrição esquemática do que é um reator de potência, quais as partes que o constituem e mostremos quais os princípios de física nuclear neles envolvidos. O reator nuclear consta essencialmente de:

1. Combustível Nuclear
2. Moderador - Refletor
3. Controle
4. Resfriamento
5. Blindagens

Em primeiro lugar temos um conjunto de uma certa massa de combustível nuclear, que está representada dentro deste caroço ativo do reator, na qual se dá a reação em cadeia produzida pelos nêutrons. A disposição e a natureza desse combustível nuclear pode ser variada. No modelo que temos aqui, a disposição é heterogênea. O combustível nuclear representado por essas pequenas barras que representam barras de urânio metálico encapadas numa camisa, por exemplo, de alumínio, está disposto numa rede heterogênea dentro de uma certa massa, no caso desse exemplo de moderador de grafite. Essa disposição é muito favorável e permite que se use como combustível nuclear de urânio natural, tal como ele é encontrado na natureza, com a abundância dos isótopos 235 e 238, encontrados na natureza.

A primeira pilha atômica que foi realizada por Fermi em fins de 1942, era uma pilha desse tipo usando um sistema heterogêneo de urânio metálico e grafite. Essa parte é a parte fundamental em que se dá a reação em cadeia. Pela cisão dos núcleos de urânio dentro das barras de combustível é que aparece a energia desenvolvida no reator. Essa energia de que natureza será? É uma energia cinética das partes dos fragmentos da fusão quando eles são desprendidos do núcleo original do urânio sob o bombardeio dos nêutrons. Essa energia cinética vai se transformar, inicialmente, em energia térmica que contribui com uma elevação de temperatura no seio da massa em que se dá essa reação em cadeia. A reação produzindo desprendimento de energia tende a elevar a temperatura da massa reagente, e se não for tomada uma providência naturalmente a temperatura vai se elevar até acontecer algum fenômeno, fusão de alguma barra ou qualquer outra coisa. Para que

se mantenha essa massa ativa numa temperatura prevista, especificada, é preciso retirar o calor produzido. Esta é a função do sistema de refrigeração. Está aqui esquematizado por meio de uma bomba. A bomba atua produzindo uma circulação de refrigerantes, por exemplo, esse agente refrigerante circula aqui dentro e leva o calor produzido no interior do reator a um controlador de calor representado aqui por uma serpentina na qual a água circula e transmite um calor a um sistema externo qualquer.

O reator nuclear é essencialmente, do ponto de vista da produção de potência, um produtor de energia térmica. Daqui em diante a energia térmica levada pelo agente refrigerante vai atuar qualquer sistema produtor de energia elétrica, uma turbina associada ao gerador ou a qualquer outro tipo de máquina produtora de energia elétrica. De maneira que dessa parte em diante, a produção segue, também, convencionais.

Na produção de energia nuclear apenas a fornalha que aquece o vapor de uma caldeira, por exemplo, é substituída pelo reator nuclear no qual se desenvolve a energia. Para que a reação nuclear se dê é preciso que haja uma certa massa mínima, de combustível nuclear chamada a massa crítica que é o mínimo dentro da qual a reação em cadeia se mantém. Na cisão de um núcleo de urânio 235, por exemplo, entre os fragmentos da cisão aparecem 2, às vezes 3, em média 2,5 nêutrons que saem com uma velocidade muito grande, portanto com uma energia muito grande da ordem de 2 MeV. O aparecimento desses nêutrons é exatamente a particularidade que permite a reação em cadeia porque nessa reação em toda a cisão do urânio aparecem em quantidades de certa abundância os mesmos agentes que provocaram a reação permitindo que eles sejam empregados numa reação posterior e assim mantenham a reação sempre. Esses nêutrons vão atingir novos núcleos de combustível. A função do moderador, essa massa de grafite que aqui está, é a seguinte, quando os nêutrons saem com uma energia muito grande eles não são facilmente absorvidos pelo urânio e a secção de choque para os nêutrons rápidos é pequena. Então, para nêutrons lentos ela é maior e há interesses de se moderar a velocidade dos nêutrons rápidos, assim que eles nascem, para se ter o melhor aproveitamento como os nêutrons lentos os novos núcleos de U235. Essa moderação se faz por um choque elástico com núcleos de elementos leves, por exemplo, o hidrogênio, o deutério, a grafite. Se o núcleo leve que vai ser usado como moderador, tem uma secção de choque apreciável para a captura de nêutrons, ele não é um moderador, ele vai roubar do sistema uma fração substancial. Daí a importância da grafite cuja secção de choque é praticamente baixa e se presta bem ao papel de moderador. O moderador ideal é o deutério, mas a água pesada é mais cara e torna mais difícil sua utilização. Então essa é a função da segunda parte do reator que é o moderador.

Neste modelo com facilidade de construção de modelo não está representada uma parcela importante, uma fração que tem uma função muito importante que é o refletor. À medida que os nêutrons são produzidos, por exemplo, se são produzidos mais da massa ativa, eles têm uma facilidade grande de escapar. Se eles saírem desse volume eles não voltarão mais o que é perigoso para a reação. Há interesse em se envolver esse caroço ativo por uma substância que seja boa refletora de nêutrons e, em seguida, as próprias substâncias que servem como moderador. Há interesse em encapar esse núcleo ativo por meio de um refletor de nêutrons que vai simplificar extraordinariamente a manutenção da reação em cadeia, permitido que ela se dê com uma massa crítica bem menor do que ela seria necessária se não houvesse o refletor. Naturalmente, entre os nêutrons que são produzidos numa dada cisão 2,5 nêutrons alguns deles são perdidos pelo reator. Eles escapam e não podem mais ser utilizados em novas cisões. Outros são absorvidos por elementos presentes no reator e não contribuem para a cisão. É preciso, para que a reação se mantenha em cadeia, que, pelo menos, um nêutron seja disponível para sentir os [...] combustível. Quando um nêutron é disponível para isso, e os outros se perdem, teremos a baixa de produção da cisão constante por unidade de tempo, o número de núcleos que se emitem é sempre o mesmo. O fator de modificação do sistema é igual a 1.

Quando o número de nêutrons da geração subsequente é maior do que o da geração antecedente, a reação tende a se acelerar, a baixa de núcleos 20 por unidade de tempo é crescente e cresce exponencialmente de maneira que no fim de um tempo relativamente rápido, ela pode atingir valores muito grandes, como se dá, por exemplo, numa bomba atômica que é uma reação em cadeia descontrolada. No caso do reator o que se quer é que essa baixa permaneça sempre igual a 1. De maneira que é preciso controlar a reação dessa forma. O dispositivo muito simples que permite esse controle é o das barras de controle das quais estão aqui representadas duas, que nada mais são do que barras contendo uma certa substância que tenha uma grande seção de choque para absorção de nêutrons, por exemplo, o bário, o tório, e que vão absorver uma parcela substancial de nêutrons. Então a baixa dessas barras é calculada de maneira que quando elas são introduzidas no reator a reação não pode mais se manter. O número de nêutrons absorvidos pelas barras é extremamente grande e formam um fator de multiplicação menor do que a unidade. À medida que se retira a barra de controle, então vai se permitindo que esse controle de multiplicação cresça até se aproximar da unidade e quando ele chegar ao valor 1 então a reação se mantém num ritmo importante; o reator fica controlado. Qualquer circunstância, variação de temperatura ou qualquer circunstância que faça variar esse

fator de multiplicação, deve ser contrabalançado pela introdução ou retirada da barra de controle, de maneira a permitir que a reação se dê com um certo nível de potência. Este sistema de controle, naturalmente simplificado é relativamente completo e automático, de maneira que mantém um certo número de nêutrons dentro do reator. A indicação do valor desse número é dada por meio de câmaras detectoras de nêutrons que levam ao sistema de controle essas indicações que permitem a atuação dos servo-mecanismos que são [...] Quanto ao sistema de refrigeração não há propriamente detalhes mais importantes. Há várias soluções propostas para isso. Apenas é preciso manter a temperatura especificada no interior da massa ativa.

Outra função importante do reator, que não está representada neste modelo é a da blindagem dentro da massa ativa que desenvolve uma quantidade enorme de radioatividade e os produtos da cisão são altamente radioativos, de maneira que essa massa é perigosamente radioativa. Então é preciso envolver toda a [...] do reator por meio de uma couraça, uma blindagem absorvente das radiações, de maneira a manter fora dessa blindagem um nível de radiação compatível com a passagem do [...] da utilização do reator. Essa outra parte é extremamente importante: a blindagem do reator.

São essas as funções fundamentais do reator nuclear.

A cisão do U-235 em dois núcleos mais leves e alguns nêutrons se faz com a perda de massa, perda essa que se transforma em energia de acordo com a equação de Einstein

$$E=mc^2$$

Agora começam as distinções a se fazer necessárias. Se 1k de matéria, seja ela carbono, tório, urânio, ferro, lixo, platina ou qualquer outra, se transformar em energia, dará  $2.5 \times 10^{10}$  Kwh ou 106Mwt. Isto é um fato incontestável da física.

Assim sendo o meu valor energético é de cerca de 200 mil contos, num cálculo modesto. Um fato incontestável da tecnologia, entretanto, é que ninguém sabe como transformar integralmente a matéria em energia.

Na cisão do U-235 uma pequena fração da massa do seu núcleo é transformada em energia que aparece principalmente sob a forma de energia cinética dos produtos da cisão.

Assim, no único processo nuclear do qual a tecnologia sabe extrair energia, 1k de combustível nuclear queimado (ou cindido), dá  $10^3$  MWT.

Vimos então que houve duas restrições à aplicação da equação de Einstein.

1. Apenas uma parte do combustível foi realmente queimada.

2. O número de combustíveis ficou reduzido aos núcleos cindíveis, que, atualmente, são apenas três: o U-235, natural e o Pu239 e U-233, artificiais.

As restrições não param aí. O U-235 é um isótopo encontrado naturalmente na proporção de 0.7% no U natural, de maneira que o combustível primário existente na natureza é apenas 1/140 do urânio.

Além disso, para que a reação em cadeia se verifique, é necessário que haja uma massa mínima, a massa crítica, e se o combustível vai sendo consumido, a reação vai ficando mais difícil. Há, portanto, uma diferença essencial entre o combustível nuclear e o combustível químico comum. Ao passo que este pode ser consumido integralmente, até a última grama, o nuclear não pode.

Daí a extrema dificuldade em comparar o valor energético utilizável de um combustível nuclear, com o de um combustível químico. As comparações preço baseadas simplesmente em conversões de relações de massa energia não são válidas quando se leva em conta a possibilidade real da utilização de energia para as grandes potências nucleares. Para a melhor utilização do combustível nuclear necessário se torna tratá-lo quimicamente depois de um tanto queimado. O custo deste tratamento tem que ser levado em conta ao se calcular o valor comercial do combustível.

Uma idéia que veio aumentar de muito as reservas mundiais de energia foi a da conversão. Suponhamos que um nêutron absorvido num núcleo de combustível dê, em média [...] nêutrons. Desses [...] nêutrons um é necessário para manter a reação em cadeia. Chamemos de L o número de combustíveis perdidos na fuga, no sistema, em captura por elementos estranhos que não sejam contribuintes para a reação em cadeia. O fator de conversão é definido como sendo a diferença entre [...] menos 1, menos L:

$$C = -1 - L$$

É o número de nêutrons que poderão ser utilizados em colidir com os núcleos de material fértil, algum material colocado no interior da massa ativa e que possa ser transformado também em material em especial o U-238 que pode ser transformado em plutônio e o tório 232 que pode ser transformado em U-233. Chama-se a C o fator de conversão, porque indica o número de núcleos cindíveis obtidos a partir de um núcleo cindível destruído. Chama-se regeneração G:

$$G = C - 1 = -2 - L$$

o aumento do número de núcleos cindíveis. Sabe-se hoje que é possível construir um reator regenerativo (rápido ou lento) usando U-233 como combustível e Th 232 como fértil (HRE). Daí a importância enorme que assumiu o tório para a produção de energia nuclear.

Digamos agora, que os princípios da Física Nuclear em que se baseia o aproveitamento da energia nuclear estão praticamente conhecidos e o problema de obtê-la a preços comerciais competitivos com as outras fontes de energia é puramente de ordem tecnológica.

Quero fazer um pequeno parêntesis, agora, para congratular-me com as várias idéias que foram expostas há poucos minutos por um grupo de cientistas que mostraram problemas e propuseram soluções das mais interessantes para remediar males que todos conhecemos na estrutura da nossa organização científica. Tive o prazer de ouvir, depois, uma voz que alia extraordinariamente à experiência ao entusiasmo e a clareza, a voz do prezado amigo professor Cardoso que nos chamou a atenção para aspectos interessantes do aproveitamento da energia nuclear, referindo-se ao realismo com que deve ser encarado esse aproveitamento, salientando a importância do mercado que vai absorver essa energia nuclear por decreto e se não houver um mercado para energia nuclear – há um mercado para a energia, não há dúvida nenhuma, a indústria de São Paulo está se ressentindo, a do Rio de Janeiro, também pela falta de energia, as outras regiões do Brasil então nem se fala. A falta de energia é inegável; o mercado é extremamente sedento dessa energia. Se essa energia nuclear, hidroelétrica, termoelétrica, ou qualquer outra que apareça – o consumidor não tem nada com isso, não se preocupa com a origem da energia. De maneira que o problema do aproveitamento da energia nuclear é principalmente um problema econômico, a comparação do custo da energia nuclear como aparece, em qualquer que seja a região e naturalmente as condições geográficas vão alterar imensamente a natureza do problema. Mas a energia nuclear só se estabelecerá quando ela conseguir desbancar, pelo custo, a energia hidroelétrica. Isto é um fato inegável. De maneira que como o professor Motta Rezende acabou de frisar, há dúvidas sérias se o nosso problema atual de energia deverá ser mais facilmente resolvido com a energia hidroelétrica ou com a energia nuclear. E não nos iludamos, se a energia hidroelétrica for capaz de vencer a competição de preço dos mercados mais importantes que no momento são Rio e São Paulo, nós não teremos energia nuclear; ninguém se iluda com isso. Não é por decreto nem com entusiasmo que conseguiremos fazer isso. De maneira que essa voz do bom senso chamando a atenção para a importância do aproveitamento da energia nuclear, que independe da nossa vontade foi extremamente bem ouvida. A possibilidade de passar o custo da energia nuclear para torná-la competitiva com as outras fontes de energia, é problema puramente de ordem tecnológica. Nessa batalha pode-se dizer que os físicos têm muito pouco a fazer, de agora em diante. Quem o diz não sou eu, mas sim o prefácio

do magnífico livro de Gladstone “Princípios da Engenharia de Reatores Nucleares”, prefácio este escrito por A.M.Weinberg, que é sem favor, um dos maiores mestres da energia nuclear no mundo. Este livro teve sua primeira impressão esgotada de julho a novembro de 1955. Diz o prefácio de Weinberg: “A tecnologia nuclear desenvolveu-se desde os dias de 1942, quando a física nuclear do reator dominava o pensamento técnico, até o presente quando os fatos centrais giram em torno da engenharia dos reatores e engenharia radioquímica. Este desenvolvimento é muito alvissareiro pois é evidente que a tecnologia está amadurecendo. Sua completa dependência dos físicos nucleares está desaparecendo; sua dependência dos engenheiros nucleares, que tem uma visão do campo inteiro, está crescendo e continuará a crescer.”

A simples menção dos problemas tecnológicos dos quais ainda depende o sucesso da energia nuclear justificará a afirmação do diretor de pesquisas do Laboratório Nacional de Oak Ridge.

#### 1. Problemas de tratamento do combustível nuclear

A natureza dos materiais a serem introduzidos nos reatores é importante e exige processos de engenharia química mais rigorosos que os comumente usados. Além disso, já vimos que o combustível parcialmente gasto precisa ser reprocessado, afim de retirar os nocivos produtos da cisão. Como estes produtos da cisão são altamente radioativos, esse processamento deve ser feito à distância exigindo uma técnica nova de engenharia radioquímica.

#### 2. Problemas de materiais

Os materiais usados nos reatores devem ter baixa tendência a capturar os nêutrons, devem ser relativamente imunes à alteração pela irradiação. Daí o desenvolvimento de materiais novos como o zircônio. De uma hora para outra foi preciso fazer uma metalurgia do zircônio. Quando se conseguir fazer essa metalurgia do zircônio que é um elemento quase curioso que tem uma importância grande [...]; a metalurgia estará muito adiantada. No zircônio acontece uma particularidade interessante; é que ele na natureza aparece sempre muito ligado ao ácido e embora o zircônio tenha uma seção de choque extremamente baixa, e seja por isso um material muito desejável para ser utilizado no reator, o ácido tem uma seção de choque muito alta. De maneira que a separação química do zircônio do ácido é extremamente séria e exige uma purificação muito elevada. Este é um problema muito grave da engenharia química.

### 3. Problemas de transmissão de calor

O reator é essencialmente uma fonte de calor. É preciso, então, retirar o calor para atuar sobre um agente como o vapor d'água, por exemplo, que será usado de maneira convencional, numa turbina, por exemplo. A retirada do calor apresenta problemas sérios, porque a natureza do refrigerante é limitada à substâncias que não absorvam muitos nêutrons. Não deve ainda ser corrosivo, nem erosivo a fim de não estragar as substâncias estruturais existentes no seio do reator e não deve ser muito viscoso para evitar que seja gasta uma potência muito alta. O sistema de refrigeração precisa ser de muita confiança porque é um sistema sujeito a falhas porque a possibilidade de elevação de temperatura local, em algum ponto do reator pode trazer conseqüências muito graves, não [...] o reator é uma máquina perigosa [...] possa fazer uma séria [...], virar uma bomba atômica. A natureza do projeto da construção do reator nuclear pede isso, de uma maneira capital, apesar disso ele continua a ter um certo perigo. Se houver um certo tipo de acidente em que a massa dentro da qual estão os produtos da cisão se espalhe pelo ambiente, a radioatividade espalhada, por ser extremamente nociva, não só porá em perigo a saúde dos presentes e mesmo que todo o mundo consiga fugir e não haja perdas pessoais, os danos materiais são grandes e a própria interrupção do funcionamento do reator já é uma circunstância indesejável. De maneira que a importância da refrigeração no reator é muito grande. O sistema de refrigeração não é apenas, digamos, o agente que vai modificar a potência desenvolvida no reator mas é também uma condição de existência do reator.

### 4. Problemas de segurança

A possibilidade de um acidente, com libertação de grandes quantidades de radioatividade, é sempre encarada. Os projetos devem, pois, proteger a instalação contra todos os acidentes possíveis, mesmo os improváveis. Além disso, mesmo no funcionamento normal, operações como a carga do combustível fresco e descarga do combustível parcialmente consumido devem ser cuidadosamente estudadas sob o ponto de vista da segurança. A blindagem do reator é outro ponto delicado a ser considerado.

### 5. Problemas de controle

O controle de um reator é semelhante ao de uma usina convencional no fato de dever acender, apagar, aumentar, diminuir a potência da central geradora. Entretanto, nos reatores há sempre um excesso de reatividade que pode tornar a instalação perigosa, o que deve ser controlado com extrema segurança, a fim de evitar acidentes. Se o reator nuclear for construído exatamente com a massa crítica que era necessária para manter a

reação em cadeia nas circunstâncias em que ela é apresentada, no fim de pouco tempo ele deixaria de funcionar, porque as circunstâncias que decorrem do funcionamento do reator diminuem a possibilidade de se manter a massa crítica. Com efeito, duas circunstâncias, principalmente, são apreciáveis. A primeira é o aparecimento dos produtos da cisão, alguns dos quais tem seção de choque muito elevada e, por exemplo, o [...] que vão absorver nêutrons em quantidade elevada dificultando a manutenção da reação em cadeia. Outra circunstância é que o próprio combustível nuclear sendo consumido vai diminuindo e no fim de algum tempo a massa do reator estará reduzida a uma massa menor do que a massa crítica, não permitindo, então, o prosseguimento da reação em cadeia. É necessário, portanto, que se construa, embutido no reator, um excesso de combustível nuclear de maneira a fornecer, quando necessário, um fator de multiplicação maior do que 1. Esse fator de multiplicação maior do que 1 é permanentemente controlado descontado por meio das barras absorventes de controle, de maneira a manter, realmente, um fator efetivo igual a 1. E, à medida que as circunstâncias que dificultam a reação vão se desenvolver dentro do reator, vai então diminuindo a função da barra de controle que está mergulhada no reator de maneira a manter o balanço. Ora, isso faz com que no reator esteja presente um perigo potencial que é esse excesso de reatividade. Se não houver, por uma circunstância qualquer, forem retiradas as barras de controle, o fator multiplicação ficará muito maior do que 1 e o crescimento exponencial da faixa de reação vai fazer com que a elevação de temperatura muito rápida estrague, completamente, o reator. No ano passado houve uma fusão proposital de um reator na América do Norte, o reator chamado Bórax 1, que foi posto pelos ares propositalmente para ver até que ponto essa fusão era perigosa. Então, fez-se uma retirada rápida das barras de controle equivalentes a cerca de 400% da reatividade e o reator voou pelos ares. Mas então isso correspondia a um acidente absurdo que as barras de controle saíssem espontaneamente com uma velocidade grande, não permitindo atuar nenhum sistema de segurança. Apesar disso a natureza da fusão não foi muito grande, de maneira que os resultados foram satisfatórios. Para esse tipo de reator provou-se que ele era extremamente seguro. A função do sistema de controle dos reatores é extremamente importante porque a responsabilidade que pesa sobre ela é muito grande.

## 6. Problemas dos resíduos radioativos

O problema dos resíduos radioativos é um dos mais sérios e, a meu ver, mais atrasados no aproveitamento da energia nuclear. Uma análise detalhada da radioatividade resultante de um certo tempo de funcionamento do reator não seria possível no momento,

mas a grosso modo pode-se estimar que, para uma exposição de um ano, a atividade depois de 100 dias de resfriamento, será ainda de 0,17 Curies por Watt, isto é, numa central de 1000Mw, teríamos  $170 \times 10^6$  Curies de atividades das quais algumas têm vidas médias bastante longas. É possível concentrá-las em volume pequeno, mas o problema de localizar toda essa atividade persiste insolúvel.

Vimos um ligeiro apanhado dos problemas tecnológicos, sem cuja consideração é pura fantasia pensar em aproveitamento de energia nuclear.

Se juntarmos a esses os de engenharia de minas, de prospecção e lavra das jazidas de minerais atômicos, teremos um quadro em que os problemas de física praticamente não contam em comparação com os de engenharia.

Entre nós, felizmente, apesar das crises de crescimento, a física nuclear tem se desenvolvido de modo a dar contribuições valiosas à ciência mundial.

Parece-nos, pois, que é tempo agora de encarar seriamente o preparo de engenheiros para a nova especialidade que desponta, se temos a intenção de aproveitar realmente a energia nuclear.

Não posso deixar de citar neste momento, o Curso de Introdução à Energia Nuclear, professado há três anos no Laboratório de Física da Escola Nacional de Engenharia pelo engenheiro Hervásio de Carvalho, com a assistência do engenheiro A. Camardelle, sob os auspícios da Campanha de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, curso que no momento é freqüentado por cerca de 50 alunos mais da metade dos quais são engenheiros formados. É desnecessário dizer que as limitações desse Curso introdutório são muitas e sérias, mas representa um esforço grande no sentido de preparar engenheiros nucleares.

Outro aspecto importante é que a energia nuclear é um fato econômico. Não só com entusiasmo científico que se criará a indústria atômica. Do confronto entre a conveniência de aproveitar a nossa energia hidroelétrica ou a nuclear é que vai sair o rumo a ser seguido.

Passemos agora a descrever sumariamente os tipos principais de reatores de potência. Devo dizer que, na minha opinião, não há ainda no momento nenhum reator de potência funcionando, no sentido que daria um engenheiro ao [...] reator de potência. Pelo seguinte, porque dos reatores de potência assim chamados, já construídos e funcionando, as circunstâncias em que eles foram construídos, a despreocupação de custo ou o agravamento do seu custo com a solução de vários problemas de onerosidade do projeto de execução, não permitem ainda uma avaliação segura do custo de Kwh por eles produzido. Que eu saiba o único reator que está fornecendo energia às zonas rurais é o da central de

Kalonga, na Rússia, mas as apropriações de custo na Rússia são ainda um pouco incompreensíveis para nós. As notícias são as de que esse reator está produzindo 1 Kwt [...]. Não tenho idéia exata do que significa isso. Em primeiro lugar porque não sei exatamente quanto vale 1 [...] e em segundo porque as circunstâncias em que foi apropriado esse custo do Kwh não foram publicadas, pelo menos nas notícias que li. De modo que não faço uma idéia exata. Os outros reatores chamados de potência estão em caráter experimental funcionando, de maneira que o fato de acender uma lâmpada, acender um edifício com energia produzida pelo reator não é vantagem nenhuma. Se eu ligar no motor de meu automóvel uma polia, ligar um gerador, posso iluminar uma casa; não estou produzindo energia comercialmente. Eu me referi apenas aos reatores de potência utilizados para fins pacíficos. Há um reator funcionando, o reator do Nautilus que é uma arma de guerra e a qual não pretendia me referir. É realmente um reator de potência, mas o custo da energia produzida por esse reator numa arma de guerra, é até certo ponto, secundária. Se alguém chegar para um Comandante de uma esquadra – que tenha dinheiro – e oferecer um sistema qualquer de produção de energia que permita o seu submarino ficar sob a água sem depender de carregamento de bateria e outros problemas, durante um espaço de tempo muito grande, ele vai primeiro ver se isso é verdade e a consideração do custo dessa máquina é relativamente secundária, porque a importância estratégica que terá a arma será muito superior ao custo que pode vir a ter. De maneira que no caso do emprego para fins militares, o fator custo comparado com as outras vantagens estratégicas que pode ter a arma é relativamente secundário.

Vamos citar os reatores que já estão operando.

Em primeiro lugar o chamado EBR-1 que é um Reator Experimental Regenerativo. Esse reator situado na Estação Nacional de Exame de Reatores, em Idaho, foi projetado pelo Laboratório de Argonne e posto a operar desde dezembro de 1951. Este reator usa urânio enriquecido a cerca de 90% em isótopos 235, isto é, é um reator usando urânio altamente enriquecido; é resfriado com uma liga de sódio e potássio fundido e usa nêutrons rápidos, isto é, sem moderador. É possível fazer reatores em que se suprima a função do moderador, em que os nêutrons rápidos tais como eles saem da fusão são empregados nas novas fusões. As vantagens e desvantagens relativas do reator chamado rápido, esse que utiliza o nêutron rápido, ou do reator lento são muito discutidas, ainda. Esse reator regenerativo usa nêutron rápido. Vem operando sem percalços há mais de quatro anos e foi o primeiro a produzir eletricidade de origem nuclear. A potência térmica é de 1.4 Mw e a elétrica é de mais de 100 Kw. Não se tem apropriação do custo dessa energia, porque

não foi destinado a competir com as fontes convencionais. É apenas destinado a testar e a desenvolver a tecnologia nele empregada.

O segundo reator, em idade, é o reator russo do Kalonga, ao qual já me referi. Este reator alimenta uma central nuclear de 5 Mw elétricos, tendo o reator uma potência térmica de 30 Mw. Ele vem gerando eletricidade desde 27 de junho de 1954. O reator usa urânio levemente enriquecido, apenas a 5%, o que é uma vantagem grande porque evita problemas de separação de isótopos num grau de enriquecimento elevado como a 90% e é moderado a grafite e resfriado à água. O custo do Kwh nessa usina diz-se que é o ponto maior do que o que pode ser obtido em grandes centrais térmicas da região porém mais favorável do que o que pode ser obtido em pequenas centrais. Segundo essas notícias já há uma solução altamente promissora para a produção de energia.

Outro tipo de reator que tem sido muito cotado é o chamado Bórax 3 que é um reator protótipo de água fervente. Esse reator americano, também situado na Estação Nacional de Exame de Reatores, em Idaho, dá 15 Mw térmicos e cerca de 2 Mw elétricos. Usa o urânio enriquecido a 90% e, é moderado e resfriado à água leve. É um projeto extremamente versátil usando água fervente como refrigerante e cuja segurança já foi muito testada, tendo sido inclusive inutilizado um modelo (Bórax 1) pelo aumento proposital da potência de reação. O custo do Kwh no reator Bórax 3 é avaliado em cerca de 30 milésimos de dólar por Kwh. O custo do Kwh na América do Norte, nas regiões mais favorecidas, é da ordem de 6 milésimos de Kwh que vai a 8 ou 10 nas regiões menos favorecidas; 8 milésimos de dólar. Este, do Bórax 3 está avaliado em cerca de 30 milésimos o dólar por Kwh.

Agora vejamos alguns reatores representativos em estado avançado de construção.

O reator de água sob pressão chamado P.W.R. é um reator americano localizado em Shippingport e vem sendo construído pela Westinghouse Co. de Pittsburg. Esse reator é um dos projetos mais conceituados e deverá dar mais de 230 Mw térmicos, e mais de 60 Mw elétricos. Usa urânio altamente enriquecido a 90% e urânio natural. Seu caroço ativo é heterogêneo e constituído por barras de combustível altamente enriquecido a 90% e outras barras de urânio natural. É moderado e resfriado à água sob pressão. O custo esperado para o Kwh, nesta central, é de 15 milésimos por dólar.

Outro tipo de reator que está sendo intensivamente estudado é o reator experimental de sódio, assim dito porque utiliza como único refrigerante o sódio líquido. Está em construção na Califórnia e usa urânio levemente enriquecido apenas a 2.8%; é moderado

a grafite e resfriado a sódio líquido. Este projeto dará 20 Mw térmicos e 7.5 Mw elétricos possivelmente. Se assim for é um rendimento da ordem de 30%.

Outro tipo de reator é o chamado reator homogêneo experimental (H.R.E.). Este reator está em construção em Oak Ridge e é um reator regenerador rápido; também não tem moderador. Usa urânio altamente enriquecido e está sendo encarado como protótipo.

Está sendo projetado para ser construído, brevemente, um outro reator do mesmo tipo usando U-233 como combustível e regenerando num lençol de Th-232. De maneira que assim sendo, teremos para esse modelo um reator funcionando todo ele a base de tório. O combustível primário desse regenerativo é urânio 233 proveniente do tório irradiado em algum outro reator e a regeneração se faz por um lençol de tório, também, de maneira que nesse reator usaríamos apenas tório.

A Inglaterra está engajada em um plano segundo o qual dentro de dez anos cerca de 20% de energia das ilhas será de origem nuclear. Embora haja ainda alguma controvérsia sobre a extensão das reservas economicamente recuperáveis de combustíveis fósseis, parece fora de dúvida que seu preço, num futuro próximo, ficará proibitivo. A competição da energia nuclear é então fatal. A tendência do custo do Kwh é descer, porque estamos ainda arranhando a tecnologia da produção de energia nuclear. De maneira que a tendência é, à medida que os problemas forem se simplificando, o custo descer, ao passo que o custo da energia termoelétrica tende, ao que se espera, subir porque o teor dos minerais dos quais se extrai combustível fóssil vai baixando, então as reservas utilizáveis vão sendo cada vez mais caras.

Façamos um parêntesis para mostrar que o custo da energia térmica de central geradora é uma fração pequena da conta que o consumidor paga à companhia concessionária. Assim se de repente todos os custos de energia se anulassem, menos o da distribuição, ainda pagaríamos cerca de 65 a 75% de nossas contas. Assim compreende-se que, no caso do Kwh nuclear ser mais caro na usina do que o Kwh químico proveniente, por exemplo, de combustível fóssil, a influência não seria muito grande. Como a tecnologia nuclear está na infância, é lícito esperar que o seu custo baixe ainda, mas mesmo que não baixasse, dentro de algum tempo alguns países como a Inglaterra não teriam outra alternativa senão usar a energia nuclear.

O principal grupo de reatores ingleses é o de Calder Hall, onde dois reatores produzirão cerca de 92 Mw de eletricidade. Usam urânio natural e grafite e são resfriados a gás carbônico sob pressão. Como estão em área populosa o projeto deu especial atenção à segurança.

Outro reator adiantado, na Inglaterra, é o do Donnreay, na Escócia, que dará cerca de 60 Mw térmicos. É um reator regenerativo rápido, resfriado a sódio.

Outro país que está engajado num plano de desenvolvimento de energia nuclear, muito sério, é a França, paralelo ao plano de eletrificação que ela desenvolveu extraordinariamente depois da última guerra, de energia hidroelétrica. A França pretende completar os reatores G1 e G2, em Marcoule, no Vale do Rodano, dando uma potência térmica total de 150 a 200 Mw. Esses reatores serão de urânio natural e grafite, resfriados o primeiro a ar e o segundo a gás carbônico.

De maneira que vimos, rapidamente, o panorama geral das soluções propostas para os reatores de potência. Dizer atualmente qual deles é o mais favorável ou qual será a melhor solução ainda é prematuro. As somas investidas na construção desses reatores experimentais são enormes. Pode-se dizer que as entidades interessadas estão pagando para ver em que dá. Elas têm consciência de que o Kwh saindo de uma central experimental dessas provavelmente será mais alto, mais caro do que o das Centrais convencionais. Entretanto se não fizerem esses protótipos não desenvolverão as tecnologias correspondentes e não poderão ter o maior desenvolvimento e futuramente uma solução do problema.

Eram essas as considerações que desejava fazer.

### **Professor Arthur Moses - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Jonas Corrêa.

Tem a palavra o professor Schenberg.

### **Professor Mario Schenberg**

A exposição do professor Jonas Corrêa foi das mais interessantes e muito rica de dados. Geralmente acho que o ponto de vista do engenheiro é fundamental em todas essas questões e foi muito bom o professor Jonas ter trazido aqui a voz do engenheiro.

Parece-me que há – quero apenas limitar minhas considerações a este ponto – uma certa dúvida quanto à conceituação do físico e do engenheiro. É notório que, nos países mais adiantados, algumas indústrias preferem físicos para determinados trabalhos. O exemplo da Holanda com a Phillips é bem conhecido de todos. Todos os que se diplomam em física na Holanda têm um emprego garantido na Phillips. De modo que não há, realmente, separação tão nítida entre o engenheiro e o físico. Naturalmente, quando o professor Weinberg se refere a isso, dizendo que os físicos não têm mais nada a fazer, ele está tomando o termo físico numa acepção muito limitada. Podemos dizer que em indústrias muito mais estabilizadas como a da eletrônica e outras continua havendo

exigências de físicos. Isso acontece em todos os países. Creio que o professor Weinberg não se referia, propriamente aos físicos, mas aos problemas físicos, o que é outra coisa. Ele já supõe estabelecidos os princípios físicos fundamentais da tecnologia atômica, o que grosso modo é verdade, se bem que mesmo a isso poder-se-ia fazer objeções sérias. Por exemplo, há o campo de fusão, sobre o qual quase nada se sabe. Em todo esse campo de fusão serão certamente os físicos que desempenharão o papel fundamental durante muito tempo. Acho que esse conceito do professor Weinberg é realmente vago, seria preciso consultar o livro, porque não me recordo exatamente das suas palavras. Mas há aí qualquer coisa que não está muito certa.

Não há dúvida alguma de que a produção de energia elétrica nas centrais atômicas seja um problema de engenharia. Mas para esse tipo de engenharia, como aliás para vários outros tipos de engenharia muito especializada, as empresas preferirão físicos aos engenheiros de formação convencional, ou então, engenheiros que tenham uma base de física nuclear muito mais desenvolvida do que a do engenheiro comum.

De modo que não há, realmente, essa separação que o professor Jonas pareceu querer frisar, entre o engenheiro e o físico, como não há uma separação bem nítida entre a pesquisa pura e a pesquisa aplicada, como o professor Cardoso já assinalara aqui antes. É antes uma classificação pelo nome da escola da qual a pessoa sai. Alguns físicos excelentes podem sair de escolas de engenharia e alguns engenheiros excelentes podem sair de escolas de física. Basta recordar um caso famoso ainda no século passado, o de Lord Kelvin, que disse ter começado sua carreira como matemático, depois tornara-se físico e na velhice acabara como engenheiro. Não são raras as evoluções desse tipo; muitos físicos realmente se tornaram engenheiros com a questão da energia atômica. Talvez alguns engenheiros tenham se tornado físicos, também. Essa demarcação não é coisa tão rígida. Há outro exemplo aqui para o qual eu gostaria de chamar a atenção. Está aqui presente o professor Paulo Pompéia. Fomos colegas na Escola Politécnica, mas eu não me dediquei a engenharia como ele. Depois o professor Pompéia também se tornou físico e agora está dando contribuição destacada a uma escola técnica como físico, se bem que pudesse dá-la igualmente como engenheiro. O caso da Escola de São José dos Campos é muito característico, porque é um sorvedouro dos nossos alunos. Quando temos um aluno bom e queremos guardá-lo para assistente, temos que nos precipitar, antes que vá para São José dos Campos. É realmente uma concorrência muito grande que temos. De modo que não há, de maneira alguma, essa separação nem essa demarcação precisa de: aqui terminou o papel do físico e ali começou o do engenheiro. O que podemos distinguir, isto sim; é a

existência de uma fase em que os princípios físicos numa determinada tecnologia não estão ainda estabelecidos. Por exemplo, em 1942, havia o problema de física, era preciso saber se um reator podia funcionar ou não. Esse problema foi resolvido nos EEUU quando Fermi pôs em funcionamento a primeira pilha atômica. Estavam resolvidos, de certo modo, os problemas físicos fundamentais da tecnologia da fissão. Agora surgiram outros problemas físicos de importância, de dificuldade certamente maior que no caso da fissão. Como se disse na Conferência de Genebra, talvez só daqui há 20 anos tenhamos idéias claras sobre esse assunto. Aí a parte do físico será muito grande. Mas creio que são inúmeras questões. Aliás, hoje em dia, não é só a separação entre o físico nuclear e o engenheiro que vai se tornando cada vez mais difícil de traçar. Eu, por exemplo, gosto muito de folhear certos livros de engenharia, sobretudo os que se referem à radiotécnica. É impressionante a quantidade de física que existe num livro desses, por exemplo, no de Hund. É um livro de engenharia mas não será também um livro de física? Acho que é um livro de física que, aliás, podemos estudar com muito proveito. É interessante que não só na parte da física mas, inclusive, na parte da matemática pura mesmo. Certos ramos bastante espinhosos da matemática como a teoria das equações às derivadas parciais e a dos processos estatísticos se entrosam com muitos problemas da técnica. Essa separação rígida, a meu ver, é uma idéia superada e correspondente a um dos defeitos do nosso sistema universitário. Porque atualmente universidades dignas desse nome não fariam essa separação. Para começar, todos os cursos fundamentais seriam dados conjuntamente aos físicos, químicos, engenheiros, etc. O engenheiro seguiria o curso de Física Geral Experimental no Departamento de Física; seguiria os cursos de matemática no Departamento de Matemática, e assim por diante. As nossas universidades é que são semimedievais. Também aqui neste ponto, quero fazer algumas considerações sobre o que disse o professor Cardoso a respeito do problema do mercado. A energia atômica não se apresentou da mesma maneira do ponto de vista econômico, como as outras formas de energia. Digamos assim, foi um processo muito mais voluntarístico o da criação da energia atômica do que os das outras indústrias do passado. A indústria atômica se desenvolveu em toda a parte, em primeiro lugar, pela iniciativa estatal. A princípio, naturalmente, com finalidades militares. Esse é um ponto muito importante no caso do Brasil, onde quase todas as grandes iniciativas industriais, desde Paulo Afonso até Volta Redonda, sempre começaram com iniciativa estatal. O Estado é que toma a iniciativa nesse problema de energia atômica, e como tem tomado em toda parte.

É evidente que a energia atômica foi desenvolvida, sobretudo, por iniciativa estatal. Até mesmo nos EEUU, que é por excelência o país da livre iniciativa, a situação foi e continua a ser essa até o momento atual. De modo que no caso em discussão os dados do problema são bastante diferentes. Creio que as considerações do professor Cardoso são valiosas e merecem ser levadas em toda a consideração, mas é preciso não esquecer que há alguns aspectos novos no problema da criação desse mercado. A energia atômica não se apresenta da mesma maneira como as outras fontes de energia do passado.

### **Professor Christovam Cardoso**

O que eu procurei frisar em relação ao mercado foi o mercado de técnicos e não de energia atômica. Quis frisar que a formação [...]

### **Professor Mario Schenberg**

Mas aí acho que minha resposta se aplica ainda com mais força, porque o mercado de técnicos aí é essencialmente governamental. É o governo que deve fazer um plano de energia atômica que exija esses técnicos. O mercado de técnicos está criado de antemão pelo desenvolvimento do plano do governo. Esperemos que o governo elabore um plano adequado.

Quando a energia atômica for aplicada a todas as indústrias existirá também um mercado particular. Mas um mercado inicial e bastante grande, só será constituído pela ação governamental.

### **Professor Christovam Cardoso**

A existência desse mercado é que vai justificar a existência [...]

### **Professor Mario Schenberg**

Acho que não há dúvida sobre isso. Aliás isso já foi muito discutido e posto parcialmente em prática. Que o governo crie carreiras de físico. No Estado de São Paulo, por iniciativa nossa, isso já existe. Parece-me que aqui também já foram feitas propostas nesse sentido.

### **Professor Magalhães Gomes**

O Conselho Nacional de Pesquisas já se interessou por esse assunto e até designou comissões das quais fizeram parte o professor Costa Ribeiro, o professor Sylvio Fróes Abreu e eu, também [...]

### **Professor Mario Schenberg**

Lá em São Paulo apoiamos também essa iniciativa. O diretor da Faculdade de Filosofia mandou um telegrama e o Reitor também.

Se os jovens não tiverem diante dos olhos a perspectiva de uma carreira a seguir não se interessarão pela energia atômica. O próprio desenvolvimento do programa governamental tem que criar essas carreiras. É uma coisa que não poderá deixar de existir. Creio que o problema se auto-soluciona, mas acho que como vamos travar uma batalha é melhor ter um espírito de otimismo. Temos que levar em conta as dificuldades, mas não antepor os lados negativos do problema.

### **Professor Hervásio de Carvalho**

Ao que parece voltamos outra vez a discutir a formação de pessoal técnico. A lúcida preleção do professor Jonas trouxe a discussão o problema da importância do físico e do engenheiro na produção industrial de energia por meio da fissão nuclear.

Gostaria de chamar a atenção dos presentes para um certo aspecto deste problema que, do ponto de vista econômico, é o mais importante de todos, e, aqui no Brasil ainda não se deu a devida importância. Trata-se da participação da química na produção da energia nuclear.

Quero de início informar que 90% das operações e das verbas despendidas na construção, operação e manutenção de um sistema produtor de energia nuclear é química.

O químico tem sido injustamente esquecido no noticiário de propaganda de energia atômica, mas a verdade é que sem a sua contribuição teria sido de todo impossível o progresso presente da produção de energia por fissão nuclear.

Quando Fermi e seus colaboradores tentaram obter a primeira reação em cadeia, tentaram várias vezes sem sucesso aquilo que teoricamente lhes parecia correto, mas que do ponto de vista prático exigia um material, com pureza tão grande, que até aquele momento era inexistente. Foram os químicos que trabalhando intensamente, conseguiram o milagre de preparar este material com a pureza especificada pelos físicos, e hoje conhecido pela expressão "nuclearmente puro". Quando a primeira pilha atômica funcionou ninguém se lembrou de associar à vitória dos físicos uma justa homenagem a imprescindível colaboração dos químicos.

A contribuição do químico é muito grande e, certamente, não se limita apenas às operações industriais necessárias à obtenção, partindo dos minerais brutos, da matéria-prima essencial à construção e operação dos reatores nucleares.

Quando se faz um confronto sobre a proporção de engenheiros trabalhando na indústria nuclear, com o número de físicos, verifica-se que gradualmente o número de engenheiros passou a ser dominante por longa margem, particularmente o número de químicos e engenheiros químicos. Há atualmente trabalhando nos EEUU nesta especialidade cerca de 5000 técnicos. Eles são principalmente radioquímicos, porque o número de operações radioquímicas industriais é dominante. Na verdade o custo do quilovatio-hora vai depender principalmente do custo do processo químico.

Certamente existem inúmeros exemplos da importância da contribuição química à economia da energia nuclear, mas talvez não exista outro mais importante para nós brasileiros do que a radioquímica[:] tório – protoactínio – urânio 233.

O tório só possui um isótopo natural o tório 232. Este isótopo do tório não é fissionável por nêutrons térmicos. Não sendo por isso combustível nuclear para reatores térmicos. Contudo o tório 232 é um elemento fértil e pode ser convertido em combustível nuclear. Para isso é necessária a absorção de um nêutron pelo tório 232.

O tório 232 é, pois, transformado em combustível nuclear, utilizando-se uma fonte de nêutrons (um reator nuclear no caso prático) e o processo pode ser descrito assim:

O tório 232 absorve um nêutron e dá origem ao tório 233. Esse tório 233 se desintegra, com uma meia vida de 23 minutos, em protoactínio 233, este, por sua vez, se desintegra com uma meia vida de 27,5 dias, em urânio 233 que é elemento físsil (o combustível nuclear desejado).

Há dois pontos a ser considerados neste processo: o primeiro é que a meia vida de desintegração do protoactínio é relativamente longa; outro ponto é que o protoactínio 233 tem uma secção de choque para a absorção de nêutrons, de 156 barns, o que é relativamente grande e indesejável, pois que a absorção de nêutrons pelo protoactínio 233 conduz a protoactínio 234, resultando que este último dá origem a urânio 234, sem maior importância para um reator térmico.

A grande vantagem do uso do tório em um ciclo urânio 233 – tório – urânio 233 será a perpetuação do ciclo produzindo a reprodução ou multiplicação do combustível queimado. Se houver um excesso de perdas, seja pela fuga ou pela absorção parasita dos nêutrons do reator ou pela transformação do protoactínio 233 em protoactínio 234 o processo não fornecerá o ganho positivo desejado.

As fugas e perdas de nêutrons são problemas de engenharia nuclear, cabe a estes realizar máquinas com a maior economia de nêutrons.

Quanto ao problema da queima do protoactínio-233 pode ser resolvido se o material irradiado sofrer o processo de desintegração fora da ação "destrutiva" do alto fluxo de nêutrons, fazendo circular o material fértil de modo que a razão tempo de irradiação e circulação seja tal a impedir grandes perdas de protoactínio 233. Ou então um processo para retirar o protoactínio à medida que ele é produzido.

O método de circulação do material fértil vai ser experimentado pela primeira vez em um reator piloto o Homogeneous Reactor Test, em Oak Ridge, produzirá cerca de 1 megawatio de eletricidade e custará cerca de 3 milhões de dólares. Este reator permitirá em escala semi-industrial estudar a radioquímica da separação do protoactínio 233 e urânio 233. Estes dados serão usados em um projeto maior o Homogeneous Thorium Breeder que custará 44 milhões de dólares, terá a potência de 16 megawattios e estará completo em 1959. Este é ao que se sabe o primeiro reator de potência a funcionar com o ciclo 233 – 232 – U-232.

Os reatores heterogêneos ou que irradiem o tório-232 sem este processo de circulação dificilmente poderão ter ganho positivo no processo de reprodução de combustível a partir do material fértil.

É principalmente o custo do processamento radioquímico que faz com que o U-233, proveniente do tório-232, venha a custar muito mais que 5.600 dólares por quilo, quando o material fértil, o tório nuclearmente puro, isento praticamente de urânio natural, depois de tratado metalurgicamente e encapsulado, custa cerca de 40 dólares, o urânio 233, em virtude do conjunto de operações necessárias a sua produção, ao custo do combustível nuclear queimado, ao processamento químico feito através de uma reciclagem múltipla faz com que o seu custo venha a ser na melhor hipótese muito maior que 10.000 dólares.

O custo do quilowatio-hora proveniente de energia nuclear dependerá de vários fatores entre os quais o custo da usina, (custo do quilowatio-potência instalada), da vida da usina e do combustível, para citar os principais fatores.

Na parte que diz respeito ao combustível a venda do combustível nuclear produzido e, portanto, o seu custo de produção tem importância econômica decisiva, em outras palavras o processamento químico tem importância muito grande.

Devemos, pois, dar grande importância à preparação de engenheiros radioquímicos, educados de modo a projetar, construir e operar o equipamento necessário ao processamento radioquímico.

Nas universidades americanas é tal a importância atribuída ao aspecto da química da energia nuclear que a engenharia nuclear é lecionada nos departamentos de química.

Nos EEUU o governo federal tem o monopólio do processamento químico do combustível nuclear, de forma que em particular ao instalar uma usina nucleoeletrica terá a assistência do Estado para o tratamento químico, no Brasil a situação é de expectativa. Que faremos com o combustível nuclear quanto ao processamento? Teremos que reprocessá-lo no estrangeiro? Isto iria onerar muito o custo da produção de energia. É pois dever de quantos se interessam pelo problema da energia em nosso país, trabalhar para que dentro de curto prazo tenhamos produzido e treinado um grupo suficiente de grandes especialistas nas diversas modalidades da química exigida pela indústria de energia nuclear.

Repito, a energia nuclear não é privilégio dos físicos, e, estou em condição insuspeita para dizê-lo, pois, sou além de físico, também químico e não posso deixar de aproveitar esta oportunidade para dar o devido relevo à importância da química.

Era o que eu tinha a dizer.

### **Professor Jonas Corrêa**

Não desejo, nem por sombra, parecer que estou querendo manter polêmica com o brilhante professor Mario Schenberg. Mais uma vez parece que toda a falta de entendimento que houve entre nós foi apenas no dizer de palavras. Não tive intenção de separar nitidamente o papel do físico e o do engenheiro, mas apenas chamar a atenção para um aspecto que não tem sido, a meu ver, suficientemente acentuado, que é a importância do problema da engenharia e de natureza, como acentuou o professor Hervásio de Carvalho, de natureza de engenharia química. É interessante que revistas especializadas apresentem anúncios pedindo pessoal e é comum ver-se, por exemplo, que uma firma representativa de uma grande empresa pede engenheiros para o desenvolvimento de aviões com propulsão nuclear. Então, diz que tem posições abertas em engenharia estrutural, em engenharia de reatores, projetos de reator, em engenharia nuclear, usinas de energia nuclear, em engenharia elétrica, engenharia mecânica, eletrônica, engenharia química e cerâmica e diz ao lado: também em aerodinâmica, física, termodinâmica, físico-química, metalurgia e matemática. Pode observar nos jornais americanos que as páginas de “precisa-se” apresentam freqüentemente anúncios que para nós são curiosíssimos.

### **Professor Mario Schenberg**

Acho que há certas palavras que não tem, muitas vezes, o mesmo sentido, em outros países e aqui. Por exemplo, a palavra “químico”, hoje em dia fora do Brasil, tem

um sentido muito diferente do que ela tem aqui, em geral. Isso é uma questão de convenção. Quero apenas citar dois casos que conheço muito bem porque aconteceram comigo mesmo. Quando estava na Universidade de George Washington, o professor Edward Teller, físico bem conhecido, era professor de química. Ele pertencia ao Departamento de Química da Universidade. Na Universidade de Bruxelas, o melhor físico teórico, aliás, com quem mais colaborei durante o tempo que lá estive, era exatamente o professor Ilya Prigogine, professor do Departamento de Química. Há uma série de ramos da física que fora do Brasil é costume chamar de química. Por exemplo, tudo que se refere à estrutura atômica da matéria é estudado no Departamento de Química. A separação teórica entre física e química é uma coisa que, fora do Brasil, não tem o mesmo sentido que lhe dão aqui. Também nesse ponto estamos atrasados. A concepção que temos da química é a de 100 anos atrás. A química moderna tem técnicas profundamente diferentes das técnicas da física. Mas também tem muitas técnicas que aqui no Brasil chamamos de físicas. Também nesse campo a separação entre química e física está longe de ser tão nítida. Aliás, quero me congratular com o professor Hervásio de Carvalho que deu uma contribuição muito bonita ao nosso Simpósio, chamando a atenção para problemas muito interessantes. Mas, quanto a mim, já me referira várias vezes a essa nossa debilidade no problema da química que acho ser muito maior do que no domínio da física.

### **Professor Leite Lopes**

Esse entusiasmo é importante porque mostra, que estamos encarando o problema com vontade de resolvê-lo. Ao entusiasmo devemos aliar a execução de um programa concreto; os físicos, naturalmente, estão interessados em contribuir no que puderem. Mas é importante a reunião de todas as especialidades, não há a menor dúvida, porque do contrário não resolveremos o problema: geólogos, físicos, engenheiros, químicos, radioquímicos, metalurgistas, biólogos.

Outra coisa para a qual queria chamar a atenção é que todos os exemplos de reatores que estão catalogados são muito importantes e devem ser estudados, mas não devemos nos esquecer de que eles foram feitos por outros países. Eles resolvem seus problemas adaptados às suas condições específicas, à sua situação econômica. Não vamos imitá-los só porque é mais cômodo. O tório pode ser utilizado num reator como material fértil e já há alguns reatores em construção para transformar tório em U233. De maneira que um país que possui tório em abundância deve resolver o problema da energia atômica utilizando-o. É claro que cada país deve procurar resolver seu programa, considerando suas próprias condições. Para nós seria ridículo deixar de lado o tório só porque o

desenvolvimento inicial nos EEUU e na Inglaterra, foi à base de urânio. Vamos utilizar urânio e também o tório.

### **Professor Hervásio de Carvalho**

Eu ontem não participei das discussões, mas ficou bem claro o seguinte, para o grande público deu-se a idéia, ontem, que com tório somente seria possível construir reatores. Pelo menos, conversando depois com pessoas que aqui estiveram, foi essa a impressão que receberam. Acho que a bem da verdade dever-se-ia dizer, aqui, claramente que reatores de tório são reatores secundários e que nós teremos que iniciar, de qualquer forma, nossa indústria atômica começando pelo urânio natural, com urânio enriquecido, urânio 233 ou plutônio, estes últimos importantes. Poderíamos usar o tório enriquecido com urânio 233, mas para isto seria necessário dispor do urânio 233 já obtido em reatores primários ou secundários, nunca porém, fissionar o tório puro em reator primário.

### **Professor Leite Lopes**

Ontem à noite tive a ocasião de fazer uma pequena intervenção relacionada com considerações humorísticas de um geólogo. É possível que algum orador tenha dado essa impressão. Sabe-se que o tório sozinho não é um combustível nuclear. É um material fértil; mas o tório enriquecido com urânio 233 ou com urânio 235 torna possível manter um reator. Isso é conhecido. Houve várias referências, aqui, a Alvim Weinberg, um dos maiores especialistas em reatores. Diretor de Oak Ridge e que tem trabalhos em colaboração com Wigner, um dos mais enciclopédicos físicos teóricos.

Weinberg é realmente uma grande autoridade. O preço que tem sido referido várias vezes com base no valor energético do tório foi extraído do trabalho de Weinberg. Este trabalho, tenho-o aqui por acaso, está publicado nos Proceedings da Conferência Atômica de Genebra, volume 3 ("Power Reactors"). O trabalho intitulado "Survey of fuel cycles and reactor types" é realmente bonito e mostra, mais uma vez que seu autor é um grande especialista. Nesse trabalho, ele mostra que na região térmica, não há a menor dúvida que o ciclo tório – U-233 é mais eficiente para reatores reprodutores. Na região rápida, pode-se também utilizar o ciclo tório – U-233; contudo, é mais interessante, mais eficiente, o ciclo U-238 – plutônio. Weinberg diz que o primeiro dá ganhos da ordem de 10 a 15%. E nesse trabalho ele começa exatamente falando no tal preço. Weinberg fala no valor energético, provavelmente, - ele não devia ter falado nisso, mas falou – e disse que 10 gramas de tório dão 60.000 Kwh, portanto, utilizando-se o valor de [Mil], o milésimo de dólar por Kwh, Weinberg diz que se teriam 60 dólares por 10 gramas ou

6.000 dólares por Kg de tório. Naturalmente, ele não disse que levava em conta o processamento químico e ninguém aqui o disse. Dei o valor energético isto é, 1 Kg de combustível nuclear equivale a 3.000 toneladas de carvão. Vamos deixar isso bem claro, de uma vez por todas, porque não desejo assustar ninguém, nem os compradores de tório, eu quero apenas dar uma idéia ao público de que, além do preço, digamos, econômico, o valor energético do tório é realmente este, de 3.000 toneladas de carvão por quilo de tório.

Eram essas, essencialmente, as considerações que eu queria fazer para evitar qualquer dúvida sobre o assunto.

Uma outra referência rápida; o professor Jonas falou, também, do valor do ouro, do trigo, etc. transformando toda a matéria em energia pela equação de Einstein. Acontece que não há processo ainda que utiliza essa transformação. Ao passo que no caso da fissão existe, quer dizer, ela se realiza e é utilizada no reator. Há uma diferença muito grande entre ambos os casos. Se houvesse essa transformação, por exemplo, se fosse possível utilizar industrialmente o aniquilamento do próton com o antipróton, que pode ser feita no laboratório, então esta seria uma grande realização. Mas os engenheiros, neste caso, devem esperar um pouco mais.

### **Professor Arthur Moses - Presidente da Sessão**

Ninguém mais desejando usar a palavra, dou por encerrada a segunda sessão deste Simpósio.

Muito obrigado.

**Alberto Ribeiro Lamego (1896-1985)**

Nasceu em Campos dos Goytacazes/MG. Realizou seus estudos na Europa - ainda criança em Portugal, depois na Bélgica, onde se formou em Engenharia na Universidade de Louvain, e ainda na Escola Real de Minas do Imperial College of Sciences and Technology, na Inglaterra. Voltou ao país em 1920, quando começou a trabalhar no Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. Escreveu várias obras importantes sobre geologia e recursos minerais, tendo previsto o potencial petrolífero da Bacia de Campos, no Rio de Janeiro. Foi um dos pioneiros na utilização de fotos para o mapeamento geológico do país. Fez parte da Comissão da Carta Geológica do Mundo e publicou, em 1964, o primeiro mapa geológico da América do Sul feito por sul-americanos.

**Aldo Weber Vieira da Rosa (1918)**

Carioca, engenheiro elétrico formado pela Escola Militar do Realengo, Escola da Aeronáutica e Universidade Stanford. Em 1951, foi presidente da delegação brasileira à Conferência Extraordinária de Rádio Comunicações da União Internacional de Telecomunicações em Genebra, como um dos únicos especialistas em telecomunicações do país na época. Entre 1952 e 1962 foi professor associado de Eletrônica no Instituto Tecno-

---

<sup>1</sup> O símbolo \* ao lado do nome do cientista significa que, convidado, ele não participou do Simpósio. O símbolo \*\* ao lado do nome do cientista significa que só foram encontrados os dados apresentados nas Atas.

lógico de Aeronáutica. De 1954 a 1961 foi diretor do Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento do Centro de Tecnologia Aero-náutica. De abril de 1956 a fevereiro de 1957, presidiu do Conselho Nacional de Pesquisas, atual CNPq. Entre 1961 e 1963 foi fundador e primeiro presidente da Comissão Nacional de Atividades Espaciais - hoje, INPE. Passou para a reserva da aeronáutica em 1965 como brigadeiro do ar. Trabalhou na década de 80 e 90 em várias empresas de tecnologia. Desde 1988 é professor emérito de engenharia elétrica da Universidade de Stanford, EUA.

### **Álvaro Alberto da Motta e Silva (1889-1976)\***

Almirante, engenheiro e físico nuclear. Nasceu no Rio de Janeiro. Idealizou e, entre 1951 e 1955, foi o primeiro presidente do Conselho Nacional de Pesquisas, o CNPq. Formado pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro, com especialização na École Central e Técnica de Bruxelas. Foi professor catedrático do Departamento de Físico-Química da Escola Naval. Entre 1920-1928 presidiu a Sociedade Brasileira de Química. Durante mais de 30 anos, dedicou-se ao magistério sem abandonar suas pesquisas na área de explosivos e de energia nuclear. Foi representante na Comissão de Energia Atômica da Organização das Nações Unidas. Teve participação fundamental na defesa das pesquisas em energia nuclear no Brasil, opondo-se ao monopólio da tecnologia e das matérias-primas nucleares aos Estados Unidos.

### **Anísio Spínola Teixeira (1900-1971)**

Baiano de Caetité presidiu a SBPC entre 1955 e 1959. É considerado o principal idealizador das grandes mudanças que marcaram a educação brasileira no século 20, tendo sido pioneiro na implantação de escolas públicas de todos os níveis, que refletiam seu objetivo de oferecer educação gratuita para todos. Coursou Direito no Rio de Janeiro e Educação na Universidade de Columbia, EUA. Foi Inspetor-Geral de Ensino da Bahia, Diretor-Geral da Instrução Pública e Secretário de Educação e Cultura do Distrito Federal, criando a Universidade do Distrito Federal - UDF. Foi consultor geral da UNESCO e Secretário de Educação e Saúde da Bahia. Assumiu a Secretaria Geral da Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES e a direção do Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos/INEP, quando criou o Centro Brasileiro de Pesquisas Educacionais/CBPE. Foi o primeiro reitor da Universidade de Brasília/UnB.

### **Armando Dias Tavares (1917-1988)**

Carioca, formou-se em Matemática pela Faculdade Nacional de Filosofia do Rio de Janeiro, tendo se dedicado à investigação experimental dos fenômenos físicos, quando foi assistente de Joaquim da Costa Ribeiro. Foi professor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras do Instituto Lafayette, da Escola de Especialista da Aeronáutica e da Escola Técnica do Exército, tendo ajudado também na formação da Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, em São Carlos, onde lecionou Física Geral e Experimental. Em 1956, participou da organização e foi o primeiro presidente do Movimento Nacionalista Brasileiro; e do Núcleo de Estudos e Pesquisas Científicas do Rio de Janeiro/NEPEC, com a finalidade de ampliar a pesquisa em física e matemática nos mesmos moldes do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF. Com base em preceitos nacionalistas, participou de campanhas pela suspensão da exportação de minerais estratégicos, como o tório e as reservas monazíticas, além da pesquisa por petróleo no território brasileiro e a criação da Petrobrás.

### **Arthur Moses (1908-1967)**

Nascido no antigo estado da Guanabara formou-se na Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro em 1908, onde obteve o grau de doutor e o título de livre-docente. Entre 1908 -1917 foi assistente no Instituto Oswaldo Cruz. A partir de 1917 foi pesquisador do Ministério da Agricultura e ocupou vários cargos ligados ao desenvolvimento da educação, ciência e tecnologia no Brasil, entre eles, membro da comissão designada para elaborar o anteprojeto de lei que criou o Conselho Nacional de Pesquisas/CNPq e a Comissão de Energia Atômica, em cuja criação teve efetiva participação e da qual foi membro durante anos. Foi fundador e presidente durante dez biênios da Academia Brasileira de Ciências e da Academia Nacional de Medicina.

### **Cesare Mansueto Giulio Lattes (1924-2005)\***

Nasceu em Curitiba/PR. Ingressou no Departamento de Física da Faculdade de Filosofia e Ciências e Letras da USP, formando-se em 1943. Participou da descoberta do pión em 1947, em colaboração com G. Occhialini e C. F. Powell (este último tendo recebido o Premio Nobel pela descoberta). Lattes demonstrou a produção artificial daquela partícula em 1948, numa colaboração com Eugene Gardner, no sincro-ciclotron da Universidade da Califórnia, em Berkeley. Recebeu da USP o título de *Doutor Honoris*

*Causa* em 1948. Lattes foi pesquisador titular do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e professor titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro e da Universidade Estadual de Campinas. Em 1949 participa da criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, sendo o seu diretor científico por vários anos. Consolidou a colaboração Brasil-Bolívia na implantação do Laboratório de Físicas Cósmicas, a 5200 metros de altura (Chacaltaya, La Paz). Após curta temporada nos Estados Unidos em 1955, na Universidade de Chicago, retorna ao Rio de Janeiro. Em 1960 vai para a USP. Em 1962 constitui o grupo de radiação cósmica numa colaboração Brasil-Japão, um projeto de estudos das interações de altas energias na radiação cósmica. Em 1967 se transfere para a UNICAMP onde até sua aposentadoria trabalha nessa área. A Organização dos Estados Americanos lhe outorgou o prêmio Bernardo Houssay, em 1978 e em 1987 recebeu o Prêmio de Física da Academia do Terceiro Mundo.

### **Dagoberto Salles (1914-?)**

Engenheiro, paulista de Rio Claro, defendendo a bandeira nacionalista elegeu-se em 1954, deputado federal pelo Partido Social Democrático/PSD, que exerceu ampla hegemonia sobre a política brasileira entre 1945 e 1965. Durante a sua vida política, Dagoberto Salles participou de seis comissões parlamentares de inquérito, das quais foi relator de três - as que investigaram a perda de minérios brasileiros utilizados na fabricação de energia nuclear; do monopólio, fraude e sonegações de derivados de petróleo, e a censura econômica e subvenção de jornais por trustes estrangeiros.

### **Elisiário Távora Filho (1910- 2001)**

Engenheiro de Minas e Engenharia Civil, foi professor do curso de Geologia da Universidade de São Paulo /USP e catedrático de mineralogia e petrografia na da Faculdade Nacional de Filosofia da Universidade do Distrito Federal, onde ministrou na década de 50 a disciplina de Cristalografia aos alunos de Química e História Natural, após o seu doutoramento no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, EUA, sob orientação de M. J. Buerger. Um dos mais renomados especialistas brasileiros em cristalografia, ciência que estuda as formas e a estrutura de cristais.

### **Ernani da Motta Rezende (1907-1981)**

Engenheiro civil e eletricitista carioca, formado pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro, doutor em Ciências Físicas e Matemáticas pela mesma instituição, com especialização em Planejamento Urbano e Regional pela Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE/UFRJ. Foi membro do Conselho Nacional de Pesquisas/ CNPq, participando da Comissão de Energia Atômica e da representação do Brasil na I Conferência Internacional de Energia Atômica para Fins Pacíficos em Genebra (1954-56). Entre 1946 e 1977 foi professor catedrático e titular da UFRJ. Ocupou o cargo de chefe do Departamento de Eletrotécnica e de diretor do Instituto de Eletrotécnica da UFRJ. Trabalhou como engenheiro da Estrada de Ferro Central do Brasil nos períodos de 1926 a 1941 e 1946 a 1948. Foi chefe do Escritório de Projeto Vila Operária da Companhia Siderúrgica Nacional em Volta Redonda entre 1941 e 1946, e, consultor-técnico da Empresa Brasileira de Engenharia de 1948 a 1963.

### **Ernesto Barros Pouchain\*\***

Geólogo da [ Escola Nacional de Engenharia]

### **Francisco de Assis Magalhães Gomes (1906-1990)**

Físico e engenheiro formado pela Escola de Minas e Metalurgia de Ouro Preto. Foi professor emérito da Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG. Criou o curso de Engenharia Metalúrgica e o Instituto de Ciências Exatas. É considerado o “pai” da Física em Minas Gerais, por ter organizado e dirigido a primeira instituição nesse Estado dedicada a essa ciência, o Instituto de Pesquisas Radioativas/IPR, atual Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear. O IPR foi alvo do maior investimento isolado em ciência já feito na UFMG: a aquisição do reator Triga. Foi por seu trabalho no IPR que Magalhães Gomes ganhou o apelido de “Chico Bomba Atômica”, apesar de ser um pacifista. Ele foi um dos revisores do processo de Galileu Galilei pela Igreja, a convite do papa João Paulo II.

### **Francisco João Humberto Maffei (1899-1968)**

Paulistano, formado em Engenharia Química pela Escola Politécnica de São Paulo, aperfeiçoou-se em Tecnologia Bioquímica e de Alimentos nos Estados Unidos. Foi

superintendente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas/IPT em São Paulo, criador e diretor da sua Divisão de Química. Foi diretor da Politécnica da USP e vice-reitor da USP entre 1958 e 1962. Entre suas atividades no CNPq, está a viagem aos Estados Unidos, onde deu início à colaboração entre os dois países em assuntos relacionados à energia nuclear. Participou de diversas organizações acadêmicas e foi presidente da SBPC de 1951 a 1953.

### **Francisco Mendes de Oliveira Castro (1902-1993)**

Formado em 1923 pela Escola Politécnica da Universidade do Rio de Janeiro, foi pioneiro em Física, tendo se interessado pelos problemas experimentais e seu tratamento matemático. Trabalhou na iniciativa privada como engenheiro e foi professor da Escola Politécnica, da Escola Técnica do Exército e do Instituto Nacional de Tecnologia, além da Escola de Ciências da Universidade do Distrito Federal. Trabalhou no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF com César Lattes, na área de raios cósmicos, eletromagnetismo e medições elétricas.

### **Haïty Moussatché (1910-1998)**

Nasceu em Smirna, Turquia, imigrando para o Brasil com a família quando tinha três anos. Formou-se em Medicina pela Universidade do Brasil. Ingressou no Instituto Oswaldo Cruz, onde fez carreira e desenvolveu pesquisas nas áreas de fisiologia e farmacologia experimental. Foi um dos fundadores da SBPC e em 1956 era seu Secretário Regional no Rio de Janeiro. Participou do grupo que criou a Universidade de Brasília/UnB. Em 1970, teve seus direitos políticos cassados e foi aposentado compulsoriamente no episódio conhecido como Massacre de Manguinhos. Trabalhou na então recém-criada Universidade Centro-Occidental Lisandro Alvarado, em Barquisimeto, Venezuela. Ao voltar ao Brasil, foi convidado a reorganizar o Departamento de Fisiologia e Farmacodinâmica de Manguinhos e reintegrado ao quadro de pesquisadores em 1986.

### **Heitor Grillo (1902-1972)**

Heitor Vinícius da Silveira Grillo, fitopatologista, professor e diretor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Como presidente do Centro Nacional de Estudos e Pesquisas Agronômicas/CNEPA, reuniu as escolas de Agronomia e Veterinária e outros institutos

independentes em uma única universidade rural, congregando ensino e pesquisa. Um dos fundadores do CNPq e como seu membro, recebeu a missão, em 1953, de viajar a vários países da Europa e da Índia com o objetivo de estudar e organizar diversas unidades de pesquisa em agronomia que pudessem servir de inspiração para os projetos brasileiros. Foi casado com a escritora Cecília Meireles.

### **Hervásio de Carvalho (1916-1999)**

Químico industrial formado pela Escola de Engenharia da Universidade do Recife, trabalhou na interdisciplinaridade da Física e Físico-Química. Fez doutoramento em 1954, em Energia Nuclear na Universidade Estadual da Carolina do Norte, EUA. Trabalhou em várias instituições no exterior. No Brasil, trabalhou na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/CPRM, na Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ e na Pontifícia Universidade Católica/PUCRJ, no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF e na Comissão Nacional de Energia Nuclear/CNEN, que presidiu no período de 1969 a 1982. Foi o primeiro presidente da Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear/CBTN e de sua sucessora, a Nuclebrás. A maioria de seus trabalhos integra a área de Física Nuclear, mas há um número expressivo nos campos da Físico-Química e da Química.

### **Jacques Danon (1924-1989)**

Químico formado pela Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil em 1947 e físico, pela Faculdade de Ciências de Paris. Foi pesquisador do Centro Nacional de Pesquisas Científicas de Paris, do Centro de Pesquisa Nuclear da Universidade Livre de Bruxelas, Bélgica, e do CNPq entre 1956 e 1959. De 1953 a 1959 foi professor da Universidade do Brasil e a partir de 1960 do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF, que dirigiu entre 1968 e 1970 e desde 1968 da Universidade do Rio de Janeiro. Foi ainda organizador e coordenador do Instituto de Química da Universidade de Brasília de 1962 a 1964, diretor do CNPq em 1967 e do Observatório Nacional de 1986 a 1989. Especializou-se em Físico-Química e Química Nuclear, tendo trabalhado também na pesquisa de certas ligas de ferro e na datação de artefatos líticos e cerâmica arqueológica.

**Jayme Tiomno (1920)\***

Nascido no Rio de Janeiro, obteve o bacharelado de Física na Faculdade Nacional de Filosofia. Em 1946, recebeu uma bolsa da Universidade de São Paulo para estudos pós-graduados com Mario Schenberg. Em 1947, foi contratado pela USP como assistente de Física Teórica, na cadeira de Schenberg. Foi um dos responsáveis, no final da década de 1940, pela fundação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF e pioneiro do ensino da Física na Universidade de Brasília/UnB. Foi cassado e demitido durante a ditadura militar, tendo então sido acolhido pela Pontifícia Universidade Católica/PUCRJ. Com a anistia, retomou suas atividades no CBPF e, de 1988 a 1996, foi presidente do Conselho Superior da Fundação de Auxílio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro/ FAPERJ.

**João Cristóvão Cardoso (1903-1980)**

Carioca, é formado em Medicina pela Faculdade Nacional de Medicina, doutor em Química e em Ciências Físicas pela Faculdade Nacional de Filosofia. Trabalhou como professor de Física na Escola Wenceslau Brás, como químico-toxicologista do Instituto Médico Legal; como chefe do Laboratório de Pesquisas do Laboratório Silva Araújo Roussel. Foi vice-diretor da Faculdade Nacional de Filosofia, entre 1954 e 1957. Foi um dos idealizadores e presidente do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ mas, não concluiu o seu mandato porque teve seus direitos políticos cassados pelo governo militar. Foi presidente do CNPq de 1956 a 1961.

**Joaquim da Costa Ribeiro (1906-1960)**

Carioca, diplomou-se em Engenharia Civil e Mecânica-Elétrica na Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil. Tornou-se professor de Física Geral e Experimental da Faculdade Nacional de Filosofia da mesma universidade. Desenvolveu novos métodos para a realização de medidas de radioatividade e sua aplicação ao estudo de minerais radioativos e o chamado Efeito Costa Ribeiro. Entre 1955 e 1956 foi membro da delegação do Brasil no Comitê Consultivo das Nações Unidas para as Aplicações Pacíficas da Energia Nuclear e colaborou na elaboração do projeto do Estatuto da Agência Internacional de Energia Atômica, tendo participado também, como delegado do Brasil, da Conferência Internacional de Nova York, que aprovou o texto final do estatuto. Em 1956 foi presidente da Comissão de Energia Atômica do CNPq e membro da Comissão Nacional de Energia

Nuclear da Presidência da República. Em 1957 participou como delegado do Brasil da I Conferência-Geral da Agência Internacional de Energia Atômica, da qual foi diretor da Divisão de Intercâmbio e Treinamento da Agência Internacional de Energia Atômica até 1959.

### **Jonas Corrêa\*\***

Engenheiro especializado no setor de Energia Atômica. Professor da Escola Nacional de Engenharia.

### **José Goldemberg (1928)**

Gaúcho, formou-se e fez doutoramento no Departamento de Física da FFCL da USP, tendo trabalhado como bolsista de Marcello Damy de Souza Santos, a quem auxiliou na instalação do acelerador de partículas Bétatron. Especializou-se em Física Nuclear pela Universidade de Saskatchewan, no Canadá entre 1952 e 1953; em 1962 na Universidade de Stanford, EUA; e na Universidade Nacional Autônoma do México em 1965. Ainda na USP foi professor e diretor do Instituto de Física, chefe da Divisão de Física Nuclear do Instituto de Energia Atômica e reitor entre 1986 e 1990. Dirigiu as empresas de energia do Estado de São Paulo de 1983 a 1986. Participou do governo federal como secretário de Ciência e Tecnologia, secretário-interino do Meio Ambiente e Ministro da Educação, quando conduziu a participação brasileira na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (Rio-92). Atualmente é secretário de Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

### **José Leite Lopes (191-2006)**

Natural de Recife/PE, Químico formado pela Escola de Engenharia de Pernambuco, com especialização em Física pela Universidade de São Paulo e doutorado em Princeton, EUA, e em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. Foi professor e diretor da UFRJ, da Faculdade de Ciências de Orsay e da Universidade Louis Pasteur em Estrasburgo, França. Com outros pesquisadores de destaque na área da Física, criou o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF, do qual foi diretor-científico. Foi designado, em 1955, secretário científico da 1ª Conferência Internacional sobre Aplicações Pacíficas da Energia Atômica, patrocinado pela Organização das Nações Unidas/ONU. Foi diretor

da Seção de Física do Conselho Nacional de Pesquisas/CNPq de 1955 a 1961, e membro do Conselho Deliberativo de 1961 a 1964. Foi fundador e organizador da Escola Latino-Americana de Física no Rio de Janeiro e do Instituto de Física da Universidade de Brasília/UnB. Foi vice-presidente da SBPC.

### **Luciano Jacques de Moraes (189-1988)**

Mineiro de Jaraguáçu, formou-se em 1922 como engenheiro e geógrafo pela Escola Nacional de Minas e Metalurgia de Ouro Preto/MG. Foi professor e diretor do Departamento de Geologia e Paleontologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP. Seus conhecimentos e sua atuação no campo da Geologia lhe valeram reconhecimento nacional. Prestou serviços ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, com intensa participação nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte e foi diretor do Departamento Nacional de Produção Mineral.

### **Marcello Damy de Souza Santos (1911)**

Nascido em Campinas/SP, cursou Engenharia na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, mas optou pela Física, influenciado por Gleb Wataghin. Fez pós-graduação na Universidade de Cambridge, Inglaterra, onde trabalhou com os prêmios Nobel, John Cockroft e William Bragg. Participou do esforço de Guerra, desenvolvendo radares de localização de submarino para a Marinha. Depois disso, participou da instalação do Bétatron, o primeiro acelerador de partículas da América Latina, implantado em 1950, na USP, que deu início às pesquisas de Física Nuclear no país. Em 1956, fundou e tornou-se o primeiro diretor do Instituto de Energia Atômica, hoje IPEN, e implantou o primeiro reator brasileiro. Foi presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear, entre 1961 e 1964. Aposentou-se como professor da USP em 1968, quando foi nomeado diretor do Instituto de Física da Unicamp e tornou-se responsável por sua implementação. Em 1973, tornou-se professor titular de Física Nuclear da PUC/SP, onde se aposentou em 1994.

### **Mario Schenberg (1914-1990)**

Nasceu em Recife/PE. Engenheiro-eletricista formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1935. Fez parte do grupo de Gleb Wathagin no Departamento

de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP. Foi professor da Escola Politécnica e da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP e do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF. Dirigiu o Departamento de Física da FFCL/USP entre 1953 e 1961. Foi pesquisador do Instituto de Física de Roma em 1938, da Universidade George Washington e do Institute for Advanced Studies em - ambas nos EUA entre 1940 e 1941 - e da Universidade de Bruxelas, Bélgica, entre 1953-1961. Considerado o físico teórico mais importante do Brasil, publicou mais de uma centena de trabalhos em Física Teórica, Física Experimental, Astrofísica, Mecânica Estatística, Mecânica Quântica, Relatividade, Teoria Quântica do Campo, Fundamentos da Física e Matemática. Trabalhou com José Leite Lopes e César Lattes e foi assistente de Gleb Wataghin. Uma de suas principais descobertas, em 1940, foi o chamado Processo Urca, que permitiu entender o colapso das supernovas, quando colaborou com o astrofísico russo George Gamow. Também foi crítico de arte e estudioso da ciência oriental. Teve ativa participação política, tendo sido eleito duas vezes deputado estadual por São Paulo pelo Partido Comunista do Brasil/PCB.

### **Oscar Sala (1922)**

Físico formado pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo em 1945, com especialização no Departamento de Física das Universidades de Illinois e de Wisconsin, EUA. Foi professor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP. Participou da instalação e foi diretor do Laboratório do Acelerador Eletrostático de Partículas - Pelletron, o primeiro da América Latina, desenvolvendo diversos estudos na área de Física Nuclear. Participou da brilhante geração de físicos brasileiros, ao lado de César Lattes, José Leite Lopes, Mario Schenberg que realizaram pesquisas sobre energia nuclear no país. Participou da construção de transmissores de rádio portáteis para o exército durante a 2ª Guerra Mundial e do Grupo Científico Internacional de Trabalho sobre Dados Nucleares, organizado pela Agência Internacional de Energia Atômica, em Varsóvia e Tóquio. Integrou o grupo de trabalho Brasil-Estados Unidos, organizado pela Academia Nacional de Ciências e pelo CNPq. Foi diretor-científico da Fundação de Auxílio à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), presidiu a Sociedade Brasileira de Física, a SBPC, a Associação Interciências das Américas e outras entidades.

## **Othon Henry Leonardos (1899-1977)**

Engenheiro e geólogo, nascido em Minas Gerais, formado pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Fez doutoramento em Ciências Físicas e Matemáticas. Foi professor de várias universidades brasileiras, diretor-assistente da Fundação Getúlio Vargas, fundador, coordenador e diretor da Escola Nacional de Geologia entre 1958 e 1963; e diretor do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Em 1946 foi nomeado para o cargo de assessor da Secretaria Geral do Conselho de Segurança Nacional, que exerceu até 1956. Dirigiu a Mannesmann Mineração S.A. em Minas Gerais entre 1954 e 1972 e participou da criação de instituições estabelecidas pelo governo brasileiro com o propósito de explorar os recursos naturais do país. Escreveu, entre outros, "A mineralogia e a petrografia no Brasil".

## **Paulus Aulus Pompéia (1910-1993)<sup>2</sup>**

Como Marcello Damy e Mario Schenberg, Pompéia cursou Engenharia na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, mas optou pela Física, influenciado por Gleb Wataghin. Estudou na Universidade de Chicago sob a orientação de Arthur Compton, pesquisando sobre raios cósmicos. Durante a Segunda Guerra, desenvolveu, junto com Damy, aparelhos de sonar para detectar submarinos. A descoberta do méson-pi, por César Lattes, foi uma continuação natural da descoberta dos chuveiros penetrantes da radiação cósmica pelo grupo de Wataghin na USP, da qual fazia parte Paulus Pompéia. Foi um dos principais organizadores do Instituto de Tecnologia de Aeronáutica de São José dos Campos.

## **Professor Barreto\*\***

Universidade da Bahia - geologia econômica.

## **Sylvio Villar Guedes (1915-1996)**

Pioneiro nas pesquisas de minério no país, paraibano de Guarabira, formou-se em Engenharia de Minas e Engenharia Civil pela Escola de Minas de Ouro Preto em 1940.

---

<sup>2</sup> Há fontes que registram 1911-1992.

Geólogo do Conselho Nacional do Petróleo e um dos precursores no mundo da utilização da aeroradiometria para a pesquisa mineral, cujos trabalhos foram apresentados na I Conferência Mundial para Utilização de Energia Atômica para Fins Pacíficos em Genebra, 1955. Suas pesquisas permitiram a descoberta da maior jazida de nióbio do mundo, na região de Araxá/MG. Seu trabalho na empresa Prospec S.A. levou ao mapeamento geológico de mais de um milhão de quilômetros quadrados na Amazônia. Foi um dos pioneiros no uso de sensoriamento remoto no país.

### **Ugo Camerini**

Formou-se em Física e Matemática na Universidade de São Paulo, tendo estagiado em Bristol a partir de 1949. Em 1952, retornou ao Brasil para trabalhar no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, participando da missão da UNESCO para apoio da pesquisa experimental liderada por César Lattes. Coordenou a instalação de equipamentos de pesquisa de radiação cósmica no Laboratório de grande altitude de Chacaltaya, Bolívia, orientando estagiários do CBPF. Em 1957, aceitou uma posição na Universidade de Wisconsin, Madison USA, onde se aposentou como Professor Emérito.

### **Viktor Leinz (1904-1983)**

Nascido na Alemanha, formou-se e fez doutoramento em Geologia pela Universidade de Heidelberg. Veio para o Brasil em 1935 a convite do Departamento Nacional de Produção Mineral/DNPM. Foi professor de Mineralogia e Geologia da Universidade do Distrito Federal, entre 1935 e 1938; da Universidade de São Paulo desde 1948 e da Universidade de Brasília em 1968 e 1969. Durante a Guerra, foi enviado ao Rio Grande do Sul, encarregado da exploração de cobre da Mina de Camaquã, onde pesquisou ocorrências de outros minerais. Foi chefe da Divisão de Geologia e Mineralogia do Museu Nacional do Rio de Janeiro, de 1945 a 1948, onde foi encarregado de reorganizar a Coleção Werner, adquirida na Alemanha pela Coroa Portuguesa. Em 1948, estudou as ocorrências de manganês, recém-descobertas na Serra do Navio, no Amapá. Foi fundador e presidente da Sociedade Brasileira de Geologia e membro do Conselho Deliberativo do CNPq, entre 1955 e 1960.

# C A D E R N O S   S B P C

2004

- 1 • Educação e Reforma do Ensino Superior
- 2 • Ciência & Tecnologia e Desenvolvimento
- 3 • Biodiversidade e Clima
- 4 • Diversidade e Identidade Cultural
- 5 • Ciência de Fronteira, Inovação e Ética
- 6 • Democracia e Políticas Públicas
- 7 • Fundação e Primeiros Movimentos 1948 • 1958

2005

- 8 • Ciência & Tecnologia e Desenvolvimento
- 9 • Nordeste e Desenvolvimento
- 10 • Multiculturalismo
- 11 • Olhando o Mar e o Ambiente
- 12 • Cidades e Violência
- 13 • A Reforma do Ensino

2006

- 14 • Primeiras Conferências 1948 • 1949
- 15 • Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil  
Primeira reunião - 25/04/1956
- 16 • Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil  
Segunda reunião - 26/04/1956
- 17 • Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil  
Terceira reunião - 27/04/1956

T E M A S

Desenvolvimento da energia atômica no Brasil

Perfis dos participantes