

# 17

MEMÓRIA  
S B P C

CADERNOS SBPC

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

Terceira reunião  
27/04/1956



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

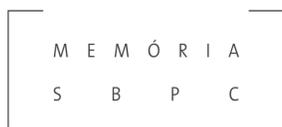
Suzana Salem Vasconcelos (SP)

### 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**

Terceira reunião

27/04/1956

2 0 0 6

**Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil**  
Terceira reunião realizada a 27/04/1956

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 terceira reunião 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

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 nº16**

Ata da segunda reunião realizada a 26/04/1956 do Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil .....	6
Perfis dos participantes .....	67

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

### **Professor Heitor Grillo** - Presidente da Sessão

Declaro aberta a terceira e última reunião do Simpósio sobre utilização da Energia Atômica para fins pacíficos no Brasil.

Convido os Srs. Oradores desta noite, Professor Marcello Damy de Souza Santos e Professor Costa Ribeiro a tomarem parte da mesa.

Tem a palavra o professor Marcello Damy de Souza Santos.

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Exmo. Sr. Professor Heitor Grillo, Presidente da Sessão; Professor Anísio Teixeira, Presidente da CAPES; Dr. Haity Mous-satché, Presidente da Seção Regional da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, minhas senhoras e meus senhores:

Confesso que havia preparado uma exposição escrita sobre o tema para o qual me havia inscrito na organização deste Simpósio, ou seja, o delineamento em linhas gerais, do programa de energia atômica do Conselho Nacional de Pesquisas.

Naturalmente, ao desenvolver esse tema, seria forçado a entrar em uma série de problemas que foram antecipados nas discussões de ontem, e, sobretudo pelos apartes do meu eminente colega e amigo, professor Mario Schenberg. Não poderia, portanto, manter minha exposição inicial sem correr o grave risco de deixar várias das questões, ontem aqui levantadas

a descoberto e sinto-me, por isso, na obrigação, que não me é muito agradável porque não sou orador, de falar de improviso a fim de procurar esclarecer o auditório sobre uma série de pontos que julgo da mais alta relevância no Simpósio presente.

Como todos se recordam, a idéia inicial deste Simpósio era a de congregar um grupo de especialistas que aqui viessem, trazer aos presentes fatos concretos, em todos os domínios do conhecimento, relacionados com o esforço atômico brasileiro. Foi por esse motivo que julgamos imprescindível que na primeira reunião tivessem a palavra os geólogos, a fim de nos esclarecerem sobre os problemas fundamentais da existência, maior ou menor, de jazimentos de minerais atômicos. Em segundo lugar, para a segunda noite, em conseqüência, deveriam ser tratados os problemas da formação de técnicos e especialistas. Este problema foi, efetivamente, tratado e nos apartes que se sucederam, foram abordados problemas que, a meu ver, mais caberiam à sessão de hoje, isto é, problemas de planejamento. Assim, sinto-me na obrigação de fazer alguns comentários sobre aquilo que já se ouviu ontem. Naturalmente, devo declarar que não é minha intenção repisar, perante esse auditório, uma série de argumentos que são bem conhecidos de todos aqueles que, no nosso país, se dedicam à pesquisa científica. Não pretendo discutir, por exemplo, que um pesquisador só pode ser formado após vários anos de um trabalho árduo no laboratório, que para esse pesquisador possa tirar proveito de um laboratório deve ter cursos muito bem orientados. Com o perdão da expressão, e sem que nisso vá qualquer crítica a quem quer que seja, porque eu mesmo já discorri em público muitas vezes sobre esse assunto e seria, em conseqüência, o primeiro a ser atingido pelas minhas expressões, acho que assuntos dessa natureza cabem perfeitamente em uma mesa redonda, mas não devem constituir objeto para um debate público. Mesmo porque, perante o grande público, muitos desses assuntos que realmente algumas vezes são sérios podem parecer afirmações de Ms. de la [...]. Quanto às discussões que aqui ontem tiveram lugar, acho que existem algumas conclusões importantes que nós delas podemos tirar. Em primeiro lugar, foi dito e muito bem ilustrado pelo professor Hervásio de Carvalho, que um dos problemas fundamentais do desenvolvimento é o da formação de químicos. O professor Sylvio Villar Guedes não teve oportunidade de dar seu aparte em virtude do adiantado da hora. Mas, é evidente que esses químicos não teriam nenhuma função a desempenhar, se antes os geólogos não houvessem feito os trabalhos de prospecção e localizado algumas jazidas. E, evidentemente, após o trabalho desses, caberia ainda o trabalho do físico e do engenheiro, muito bem ilustrados aqui pelo professor Jonas Corrêa e pelos debates travados com o professor Mario Schenberg. Entretanto, pelo aspecto que as discussões tomaram, fiquei

eu com a impressão de que parte do público presente poderia julgar que o Conselho Nacional de Pesquisas, pela sua Comissão de Energia Atômica, não houvesse dado a esses problemas a importância que merecem. Em outras palavras, fiquei com a impressão de que alguns dos presentes poderia julgar que as afirmações ontem trazidas aqui, nesses setores particulares, constituíssem uma contribuição nova para o nosso problema atômico que não tivesse antes sido julgado, por nós, com a seriedade que merecia. Entretanto, isso, evidentemente, não ocorre e não comete a injustiça de atribuir a nenhum dos oradores de ontem essa intenção que, evidentemente, nem longinquamente tiveram.

Além desses dois pontos, houve um outro que foi aqui discutido com bastante detalhe e sobre o qual tomaria a liberdade de ocupar, um pouco, a atenção dos presentes. Trata-se de um maior ou menor grau de timidez com o qual o Conselho Nacional de Pesquisas e a sua Comissão de Energia Atômica têm encarado o problema do desenvolvimento da energia atômica no país. Em outras palavras, e para falar em termos concretos semelhantes aos do professor Victor Leinz, é o problema de se saber se o esforço atômico brasileiro, no que diz respeito a sua parte financeira, deve merecer, no momento, uma multiplicação por um fator de 10 elevado a uma potência positiva que deve ser diferente de zero. Ora, esses assuntos, creio que devem ser discutidos em mesa redonda, mas como foram aqui abordados em público, não posso deixar de apresentar minha modesta contribuição que é fruto da experiência de vinte anos em uma cátedra, de vinte anos de pesquisa num laboratório que hoje se tornou bastante conhecido no país e onde existe o único acelerador de partículas de alta energia em funcionamento para pesquisa. Naturalmente, além desse acelerador, possui a Universidade de São Paulo, também outro acelerador nas competentes mãos do prof. Oscar Sala. Trata-se de um acelerador Van de Graaff de 3.500.000 volts que entrou em funcionamento em fins do ano passado e que está sendo utilizado, também, para pesquisas.

A minha opinião, como físico, é que a formação de cientistas, no país, naturalmente depende, criticamente, da existência de um mínimo de condições necessárias ao trabalho científico. Entretanto, é necessário que nós não exageremos a importância desse mínimo. Todos aqueles que tem oportunidade de visitar os laboratórios nacionais – aqui não me refiro aos laboratórios de física, mas aos de todos os setores – certamente não podem deixar de se impressionar com o número considerável de museus extremamente bem equipados que nós possuímos no país. Existem várias instituições – e aqui não quero me referir nem a instituições universitárias nem estatais nem federais, mas a várias que todos nós conhecemos, que possuem equipamentos primevos, muitos dos quais, como uma instituição que conheço muito bem em São Paulo, que são conservados nos caixões origi-

nais e, com freqüência, encontra-se equipamento de grande valia que há vinte anos são cuidadosamente conservados a fim de que não se deteriorem. Ora, é evidente que não é por falta de meios que o nosso desenvolvimento científico não é maior. Acredito que desde que fossem propiciadas maiores facilidades no sentido de um maior intercâmbio com outros países e sobretudo, a indispensável vinda de técnicos, no amparo à profissão de pesquisador que até hoje não foi cuidado com a seriedade que merece, sem dúvida a nossa ciência teria um desenvolvimento maior. Mas, é inegável que um pesquisador pode sempre trabalhar com os meios que encontra. Creio que é de um dos maiores fisiologistas, há pouco falecido – aqui peço perdão ao ilustre professor Moussatché se ele não concorda com a minha citação – o professor Sherman, uma frase muito feliz ao se referir à necessidade de uma certa suntuosidade dos meios de pesquisa: “Não é a natureza da gaiola que influi no modo de cantar do pássaro”. Um bom pesquisador trabalha com os recursos que tem. Se esses recursos forem comparáveis aos dos grandes laboratórios do exterior e se ele for um pesquisador comparável aos dos grandes países, produzirá contribuições semelhantes. Se seus méritos não forem tão grandes e se seus recursos não forem tão importantes ele não apresentará contribuições tão importantes, mas apresentará contribuição séria que, no que diz respeito à formação de técnicos, são tão importantes quanto aos trabalhos geniais. E assim, então, eu me permito abordar um tema que foi brilhantemente levantado ontem pelo professor Camerini. A saber: se o que mais importa ao nosso país é contarmos com o recurso de “big shots” ou de “small shots”. Esse ponto levantado pelo professor Camerini é um ponto de importância fundamental e apenas lamento que S. Excia, com a experiência que tem nesse setor, por ter convivido vários anos em laboratórios do exterior onde se destacou com trabalhos de mais alta relevância e também pela sua experiência no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, não tivesse dado a solução à pergunta que ele mesmo formulou. E isso porque, de todas as instituições nacionais, não conheço nenhuma que tenha tido a felicidade que teve aquele Centro de, numa escolha criteriosa, ter trazido ao nosso país, um número tão grande de “big shots” e de “small shots”. É fora de dúvida que o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas pela experiência que teve com esses “big shots” muito dos quais Prêmio Nobel de grande renome mundial, e, com os “small shots” que aqui vieram, tirar seu paletó e suar, creio, como dizia, que nenhuma instituição melhor do que aquele Centro pode nos apontar a solução para esses problemas. E nesse assunto espero, ainda, que o professor Camerini e seus ilustres colegas do Centro, nos possam aconselhar de uma maneira que, sem dúvida nenhuma será extremamente útil, na elaboração dos programas a serem desenvolvidos no Instituto de Energia Atômica criado em São Paulo.

Outro problema que desejaria abordar é o seguinte: não passou despercebido aos membros da Comissão de Energia Atômica do Conselho Nacional de Pesquisas a importância fundamental que devia ser atribuída ao problema da formação de físicos, a necessidade da organização de cursos e o amparo que as instituições do nosso país, que se destinam à essa formação, deveriam merecer por parte daquela instituição. Por esse motivo, foi apresentado ao Conselho Nacional de Pesquisas, pela Divisão de Física, constituída pelos professores Costa Ribeiro, Leite Lopes e por mim, – e nesse projeto contamos ainda com a valiosa cooperação do professor Goldemberg – numa tentativa de um programa para o desenvolvimento das atividades de física no setor da Comissão de Energia Atômica. Esse é um programa trienal que foi aprovado pelo Conselho Nacional de Pesquisas. Em consequência, existe no Conselho Nacional de Pesquisas um programa atômico e esse programa atômico, no que diz respeito ao setor de física é, em linhas gerais, o seguinte: em primeiro lugar, reconhecendo a necessidade de incentivar a formação de físicos nas faculdades de filosofia e nas escolas de engenharia, propôs a Divisão de Física a criação de bolsas de estudos destinadas a estudantes para cursos de pós-graduação e para o seu aperfeiçoamento no exterior. Reconheceu também, essa comissão que o desenvolvimento desse programa de formação nos moldes atuais não poderia ser feito sem a colaboração de professores estrangeiros. Foi prevista, então, uma verba ponderável para a importação de cientistas estrangeiros que poderão ser “big shots” ou “small shots”, segundo o professor Camerini nos recomendar. Reconheceu-se, também a necessidade da organização de cursos de física de reatores na Faculdade de Filosofia onde já existem condições adequadas; cursos semelhantes ao que foi desenvolvido, no início deste ano, sob os auspícios da Comissão de Energia Atômica, na Universidade de São Paulo pelos professores Goldemberg e Paulo Saraiva de Toledo. Esses cursos, na realidade, constituíram a primeira tentativa de formação da equipe de pesquisadores que deverá trabalhar, dentro de um ano, com o reator de pesquisas adquirido nos Estados Unidos. Creio que esse ponto merece uma importância especial, porque as palavras do professor Camerini foram incorretamente interpretadas por alguns órgãos da imprensa e pelos quais o grande público poderia ter a impressão de que o Conselho Nacional de Pesquisas cometeu a leviandade imperdoável de importar um reator sem contar com uma equipe adequada para sua utilização. Reconheceu-se também, a necessidade de estabelecer-se um amplo programa de cooperação com as escolas de engenharia do país, a fim de serem organizados cursos para adaptação de estudantes de engenharia ao programa de física, bem como a formação de engenheiros nucleares. Esse assunto foi amplamente discutido ontem e acho desnecessário ressaltar a sua importância.

Tomo apenas a liberdade de lembrar aos presentes que esse assunto não é novidade. A Comissão de Energia Atômica já havia pensado nele também.

Outro assunto que mereceu um cuidado todo especial foi o reconhecimento de que a maioria das instituições científicas do país, oficiais e particulares que se dedicam à investigação de problemas de física e radioquímica, com frequência, não dispõem de equipamento adequado para o desenvolvimento de um programa de larga envergadura. Ontem à noite, por exemplo, o professor Goldemberg teve oportunidade de lembrar que para o desenvolvimento do curso de reatores, foi necessário interromper o funcionamento de todas as atividades de pesquisa do nosso laboratório, pela inexistência de equipamento em quantidade suficiente. É evidente que tratava-se de um situação transitória, mas que não pode passar a um estado estacionário, sem graves perigos e, por conseqüência, o desenvolvimento de um programa de formação de técnicos requer a importação de um equipamento adequado ao pessoal que se tenha em vista formar. Esse fato foi reconhecido e foram previstas, então, concessões de bolsas de estudos e de uma verba cujo montante não é tão grande, quanto o professor Schenberg gostaria, mas que é positiva e diferente de zero. Previu-se, para o primeiro ano, uma dotação de Cr\$ 10.000.000,00 a ser distribuída pelos outros que deveriam se dedicar à formação desses técnicos. Isso somente para equipamentos especializados nessa finalidade.

Outro assunto que foi estudado pela Comissão de Energia Atômica, foi o estabelecimento do Instituto de Energia Atômica que foi criado mediante o convênio estabelecido entre o Conselho Nacional de Pesquisas e a Universidade de São Paulo. Esse Instituto de Energia Atômica é um instituto de âmbito nacional cujas portas estarão abertas a todos os investigadores do país, que queiram se utilizar dos recursos do Instituto. Inicialmente, o Instituto contará com o reator experimental ou o reator de pesquisa de 5 mgwts para funcionamento contínuo, podendo atingir potência de crista da ordem de 10 mgwts. Esse reator é o reator de pesquisa mais potente do mundo. Até hoje não foi construído um reator do seu tipo, isto é "swimming pool" para essa potência e para esse fluxo. Suas características o colocam na situação privilegiada de ser o intermediário entre um reator de pesquisas e um reator para provas de material. A necessidade de dispôr, o país, de um reator para provas de material é muito grande, em virtude de permitir o estudo do comportamento de barras de combustíveis a serem produzidas pela indústria nacional, em condições semelhantes as que encontrarão durante o funcionamento do reator.

Desejaria esclarecer aos presentes que antes da Comissão de Energia Atômica solicitar da firma americana a proposta no sentido de fornecer um reator, tomamos o cuidado, o

professor Goldemberg e eu, durante a nossa permanência na Conferência Internacional de Energia Atômica em Genebra, de discutir esse assunto, cuidadosamente, com as maiores autoridades internacionais desse setor que lá se achavam presentes. E foi, justamente, baseados na experiência desses homens, homens como Donal [...] que utilizavam esses reatores semelhantes para a pesquisa pura e para provas de materiais, foi que fornecemos as características que seriam necessárias ao nosso aparelho. Trata-se, portanto, de um equipamento de qualidade excepcional que nós todos esperamos virá trazer ao país contribuição importante nesse setor em que ora nos engajamos.

Ao lado desse problema da instalação do reator, cuida o Instituto de Energia Atômica de proporcionar meios para o aperfeiçoamento de físicos e engenheiros, bem como de radioquímicos. Para citar um exemplo, já há vários anos, creio, que é desenvolvido, normalmente, na Escola Nacional de Engenharia, um curso sobre engenharia nuclear. Esse curso, entretanto, é um curso teórico pela inexistência de reatores no país. Com a instalação desse reator em São Paulo, poderá contar a Escola de Engenharia com instrumento para treino dos seus alunos e de seus engenheiros. Esse instrumento poderá ser utilizado por biólogos, por radioquímicos. É intenção do Instituto montar os laboratórios de isótopos, indispensáveis à utilização do reator em vários campos de conhecimento e, naturalmente, pela complexidade do assunto, não nos aventuramos a planejar, desde já esse laboratório. Julgamos que o planejamento desse laboratório só poderá ser feito mediante opiniões e interferência de pessoas esclarecidas do exterior que se tenham especializado nesse campo. Devo declarar que durante minha estada nos Estados Unidos, tive oportunidade de discutir esse assunto com o professor [...] da Universidade de Illinois, que, sem dúvida alguma, é um dos grandes radioquímicos norte-americanos, tendo sido encarregado da construção dos laboratórios de química de alta atividade dos laboratórios do reator experimental de [...], em Idaho. Aquele professor estava, em princípio, disposto a prestar sua colaboração no estabelecimento desse programa. Deveremos procurar nos valer da experiência de técnicos em todos os países onde eles possam ser obtidos porque o programa atômico, como é obvio, não poderá caminhar sem a colaboração internacional. Ao lado da colaboração internacional, – acho desnecessário repisar, porque o assunto foi muito bem debatido ontem pelos professores Goldemberg, Camerini, Schenberg – haja necessidade de que cada instituição do país, que se dedique a esse ramo de pesquisa, a física nuclear, a radioquímica, a engenharia nuclear e outras ciências afins como a metalurgia, etc. estejam dispostas a fazer um pequeno sacrifício do seu pessoal e das suas atividades normais em prol dessa grande causa.

O problema da energia atômica no Brasil é, a meu ver, um dos problemas mais importantes da era que atravessamos. E esse problema só pode ser resolvido, como muito bem ressaltou ontem o professor Mario Schenberg, com o esforço comum de todos os brasileiros que, realmente, forem patriotas e estiverem dispostos à colocar de lado pequenos problemas pessoais e pensarem um pouco mais no nosso país.

### **Professor Heitor Grillo - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Marcello Damy de Souza Santos.

Tem a palavra o professor Costa Ribeiro.

### **Professor Costa Ribeiro**

Em princípios de 1939 foram publicados na Alemanha resultados das experiências de Hahn e Strassmann sobre a desintegração do urânio por nêutrons e pouco depois, numa "letter to the editor" publicada na revista inglesa *Nature*, Lise Meitner e Frisch propuseram uma interpretação desses resultados segundo a qual os autores propuseram a denominação de "fissão" e que consistia numa espécie de bipartição do núcleo do urânio, com desprendimento de grande quantidade de energia e simultânea produção de novos nêutrons, capazes de provocar outras desintegrações do mesmo tipo, permitindo assim a propagação da reação nuclear. Os físicos do mundo inteiro perceberam imediatamente que tal descoberta marcava o início de um novo capítulo da Ciência e da Técnica pois, pela primeira vez se demonstrava experimentalmente a possibilidade de libertar a energia dos núcleos atômicos, o que iria tornar possível extrair da matéria quantidades de energia milhões de vezes maiores do que as que são obtidas por meio das reações químicas mais violentas. Viu-se logo também que tal energia poderia ser liberada de duas maneiras bem diversas: ou sob a forma de reações explosivas, com uma potência destruidora incomparavelmente maior do que a das bombas de T.N.T. até então conhecidas, ou então sob a forma de reações controladas, nas quais a energia seria produzida gradualmente e utilizável de maneira semelhante à que é obtida nas fornalhas das máquinas térmicas.

É realmente lamentável que a conjuntura história e política do mundo naquela ocasião, quando as grandes nações se achavam em luta e empenhadas numa das maiores guerras de que há notícia na história da civilização, haja polarizado todos os esforços dos homens de estado e dos homens de ciência no sentido da utilização da energia atômica para fabricação de bombas, destinadas a fins militares, fazendo com que permanecessem, durante muitos anos, numa espécie de estado latente, as extraordinárias possibilidades de uso pacífico da energia atômica. Se analisarmos o desenvolvimento da física nuclear no

período que precedeu à descoberta da fissão do urânio, verificaremos o papel preponderante da cooperação internacional nesse processo de desenvolvimento. Bastaria para isso citar as contribuições dos cientistas das mais diversas nacionalidades e das mais variadas escolas, que realizaram descobertas fundamentais ao progresso desse capítulo da Ciência.

Dentre as contribuições da França podemos mencionar as descobertas da radioatividade (Becquerel), dos radioelementos naturais (Pierre e Marie Curie), dos radioelementos artificiais (Irene Curie e F. Joliot). A Inglaterra contribuiu com a concepção do átomo nuclear e a teoria das desintegrações (Rutherford), com a descoberta dos elementos isótopos (Soddy), com a realização da primeira reação nuclear provocada artificialmente (Rutherford) com a descoberta dos nêutrons (Chadwick) e com as primeiras experiências de aceleração artificial de corpúsculos (Cockroft e Walton), devendo-se ainda mencionar a invenção de equipamentos de grande valor na pesquisa experimental, como por exemplo, a Câmara de Wilson.

Da Alemanha vieram as concepções teóricas fundamentais da relatividade (Einstein) e dos “quanta” (Planck), os contadores de partículas de Geiger e Muller e como já mencionamos os primeiros trabalhos experimentais sobre a “fissão”. Os países escandinavos contribuíram com a aplicação da teoria quântica à estrutura do átomo e aos processos nucleares (Bohr). Da Rússia vieram os trabalhos pioneiros sobre a classificação periódica dos elementos (Mendeleieff), base fundamental das pesquisas de radioquímica. A Itália contribuiu com as primeiras experiências sobre a utilização de nêutrons para a desintegração dos elementos pesados (Fermi, Segré) e com a descoberta da maior eficiência dos nêutrons lentos nas desintegrações nucleares (Fermi). Mas foi sobretudo nos Estados Unidos da América que a física nuclear atingiu um extraordinário desenvolvimento graças à invenção, a construção e a utilização em escala crescente das grandes máquinas aceleradoras de corpúsculos, tais como o ciclotron, (E.O. Lawrence), o sincro-ciclotron (McMillan), o sincrotron, o betatron (Kerst) e os geradores eletrostáticos (Van de Graaff) que permitiram ampliar consideravelmente o conhecimento das propriedades das radiações corpusculares e dos processos nucleares, sobretudo no domínio das altas energias.

Uma das características marcantes da pesquisa científica nos Estados Unidos é a existência de numerosas equipes de investigadores que se ampliam continuamente graças à contribuição das universidades onde se ministra um ensino de alto nível e onde se cultiva com entusiasmo a investigação original, promovida pelos amplos recursos postos à disposição dos institutos universitários.

Outro aspecto de grande importância que não deve ser esquecido é o elevado

espírito de solidariedade humana e de cooperação científica que atraiu para aquela grande Nação alguns dos vultos mais eminentes da ciência européia, os quais deixaram seus países de origem, quer por motivos de ordem política ou racial, quer pelas facilidades excepcionais proporcionadas aos investigadores de todo mundo nas mais importantes instituições científicas norte-americanas. Muitos desses homens de ciência convidados a ministrar cursos ou a realizar pesquisas nas universidades fixaram-se definitivamente nos Estados Unidos enriquecendo de maneira substancial o patrimônio cultural e científico do país. Bastaria mencionar entre estes os nomes de Einstein, Fermi, Bethe, Siegbahn, Segré, Wigner, Jauch, Van de Graaff, Gamow e tantos outros, sem esquecer o próprio Niels Bohr que se refugiou temporariamente nos Estados Unidos durante a ocupação alemã da Dinamarca.

A construção da primeira pilha atômica, inaugurada na Universidade de Chicago em dezembro de 1942, foi um triunfo incontestável desse espírito de equipe e de cooperação, e constituiu sem dúvida a primeira realização concreta da liberação controlada da energia atômica, abrindo caminho às extraordinárias possibilidades dos reatores nucleares não só no campo da pesquisa científica pura como no das aplicações tecnológicas industriais.

Os documentos oficiais publicados nos Estados Unidos e na Inglaterra logo após a explosão da primeira bomba atômica em Hiroshima revelaram o caráter de cooperação internacional entre os Estados Unidos, a Grã-Bretanha e o Canadá no desenvolvimento dos projetos e planos de fabricação das armas atômicas o que não impede o reconhecimento do fato de que a principal responsabilidade desses projetos, em seus aspectos científicos, técnicos, industriais e financeiros coube incontestavelmente aos Estados Unidos. Por outro lado, muito embora seja para lamentar a circunstância de se terem desenvolvido esses projetos dentro de um programa de caráter puramente militar, diretamente ligado ao esforço de guerra total das potências coligadas contra um inimigo comum, na maior conflagração mundial registrada pela história, é preciso não esquecer que esse extraordinário esforço permitiu a obtenção de resultados concretos e positivos no terreno das realizações científicas, técnicas e industriais que iriam ser futuramente de excepcional importância para as aplicações pacíficas da energia atômica.

### **O sigilo em torno dos assuntos “atômicos”**

O segredo em que foram mantidos, durante muito tempo certos dados científicos e muitos dos pormenores técnicos relacionados com as aplicações militares desse novo capítulo da ciência e da tecnologia, foi inicialmente um imperativo de segurança, durante o período de guerra. É fácil também compreender que, no pós-guerra, devido às divergências políticas e ideológicas e sobretudo devido à guerra fria que alimentou a progressiva

separação entre as nações do Ocidente e as que se encontram por trás da chamada “cortina de ferro” estabeleceu-se uma atmosfera pouco favorável à ampla divulgação dos resultados das pesquisas científicas e tecnológicas nesse terreno, com os mais graves prejuízos para o desenvolvimento das aplicações pacíficas da energia atômica.

É preciso reconhecer entretanto que as autoridades responsáveis pela manutenção desse sigilo sentiram desde logo os inconvenientes resultantes de um tal regime, pois a história da ciência e da técnica fornece os mais expressivos exemplos do papel extraordinário que desempenham no progresso científico e tecnológico, a livre comunicação e o debate amplo e sem restrições das conquistas e dos resultados obtidos nas pesquisas e investigações.

Quase imediatamente após a explosão da bomba atômica de Hiroshima (1945) aquelas autoridades promoveram a divulgação do famoso Relatório Smith, apresentando os fundamentos científicos gerais e alguns dos desenvolvimentos tecnológicos e industriais que haviam permitido a realização das primeiras bombas atômicas nos Estados Unidos.

Pouco mais tarde foi amplamente debatido no seio das Nações Unidas o grave problema de um Controle Internacional para a Energia Atômica.

O Comitê nº 3 da Comissão de Energia Atômica da ONU publicou em 1947 um importante trabalho elaborado por cientistas de 12 países, entre os quais se incluía o Brasil, sob o título “Aspectos Científicos e Técnicos do Controle da Energia Atômica”, no qual foram pela primeira vez abordados, num documento internacional e de um ponto de vista técnico os problemas relacionados com um possível controle efetivo da energia atômica que viesse permitir o desenvolvimento das suas aplicações pacíficas e ao mesmo tempo evitar que a produção e a manipulação generalizada de materiais fissionáveis, pudesse resultar no indevido desvio desses matérias para a fabricação de armas atômicas.

Muito embora tenha fracassado no plano político o então planejado controle internacional da energia atômica, os conhecimentos já divulgados e a continuação dos trabalhos de investigação em muitos países, permitiram que numerosas pilhas atômicas fossem construídas, não só nos Estados Unidos, na Inglaterra e no Canadá, como também na França, na Holanda, nos Países Escandinavos e na Rússia. Novos tipos de reatores foram projetados e construídos sobretudo nos Estados Unidos, concentrando-se progressivamente os esforços no problema da utilização de reatores nucleares para a produção industrial de energia elétrica e tornou-se evidente a possibilidade de obter por esse processo o quilowatt-hora de energia elétrica a um preço compatível com as condições peculiares a muitos países.

Ao mesmo tempo ampliou-se, com a generalização das pilhas atômicas a capacidade de produção de radioelementos artificiais desenvolvendo-se extraordinariamente o número

e a variedade de suas múltiplas aplicações. Hoje os radioelementos artificiais obtidos como subprodutos das pilhas são empregados largamente na terapêutica dos tumores profundos e das afecções cutâneas; no estudo dos processos químicos e biológicos e dos processos de metabolismo animal e vegetal, na destruição de larvas e no controle dos insetos nocivos; no aperfeiçoamento genético das espécies vegetais com a produção de variedades mais resistentes às pragas e às condições climáticas adversas; no controle radiométrico de muitas operações industriais; na modificação das propriedades mecânicas e térmicas de certos polímeros e até na obtenção de algumas reações da química orgânica industrial.

### **A liberação progressiva dos segredos atômicos não militares**

É forçoso reconhecer que os Estados Unidos, detentores do maior número de dados científicos e técnicos de valor para as aplicações da energia atômica, vêm desenvolvendo, sobretudo a partir de 1953, uma política cada vez mais liberal no tocante à desclassificação progressiva, à divulgação desses dados e à cooperação internacional nos programas de utilização pacífica da energia atômica.

Em dezembro de 1953 o Presidente Eisenhower em memorável discurso pronunciado perante a Assembléia Geral das Nações Unidas, concitou os povos do mundo a aprovarem a sua proposta de criação de um "pool" atômico internacional, a fim de proporcionar a um número cada vez maior de nações os benefícios do uso pacífico dessa nova forma de energia e permitir que essa admirável conquista do espírito humano fosse utilizada "para bem-estar dos homens e não para sua destruição".

Dessa proposta inicial, apoiado não só pelas nações do Ocidente como também pelos países do bloco soviético, surgiram duas iniciativas da maior importância no plano da cooperação internacional que se concretizaram nas resoluções da Assembléia Geral da ONU em dezembro de 1954: a realização da Conferência Internacional para as Aplicações Pacíficas da Energia Atômica que se reuniu em Genebra em agosto último e a criação de uma Repartição Internacional de Energia Atômica cuja estrutura acaba de ser agora planejada por um grupo de representantes de 12 países, entre os quais, se inclui o Brasil, sob os auspícios das Nações Unidas.

### **A modificação da legislação de energia atômica nos Estados Unidos**

Em 1954 realizaram-se nos Estados Unidos vários congressos e simpósios sobre tecnologia de reatores dos quais o mais importante foi o 1º Congresso Internacional de Engenharia Nuclear, promovido pela American Chemical Society, com a participação de cientistas e técnicos de diferentes países e que se reuniu em Ann Arbor em junho daquele

ano. Por essa ocasião um grande número de dados técnicos, até então conservados em caráter sigiloso, foram publicados e nas sessões desse conclave discutiram-se amplamente projetos já executados ou em andamento para a construção de diferentes tipos de reatores da pesquisa e de reatores de potência.

Em agosto do mesmo ano, após largo debate no Congresso dos Estados Unidos, foi modificada a legislação norte-americana (Mac Mahon Bill) no sentido não só de atenuar o monopólio estatal sobre a matéria e permitir um desenvolvimento mais amplo da colaboração, da iniciativa e dos investimentos nas grandes empresas industriais nos programas de utilização pacífica da energia atômica, como também de forma a tornar possível, em determinadas condições, a exportação pelo Governo Norte-Americano de materiais fissionáveis dando assim oportunidade a programas de cooperação internacional, por meio de acordos bilaterais.

Grande número de países (inclusive o Brasil) já têm realizado com os Estados Unidos acordos dessa natureza que permitiram acelerar os respectivos programas atômicos.

### **Criação do Centro Europeu de Pesquisas Nucleares**

Na Europa também prosseguiram ativamente no após-guerra as pesquisas sobre física nuclear e sobre energia atômica, sobretudo na Inglaterra, na França, na Holanda, nos Países Escandinavos e na Rússia. Novas máquinas aceleradoras de corpúsculos e diferentes tipos de reatores nucleares foram construídos nesses países tendo-se realizado em 1953, em Kjeller na Noruega, um simpósio internacional sobre reatores de água pesada. Em muitos laboratórios europeus intensificaram-se as pesquisas sobre física dos nêutrons tendo sido determinados os valores das sessões de choque de numerosos processos nucleares de interesse para a construção de reatores atômicos.

Na recente conferência realizada em Genebra em agosto último, um grupo de cientistas americanos, ingleses, franceses e russos, tomaram a iniciativa de reunir numa única publicação os valores médios resultantes das determinações feitas em diferentes países, das sessões de choque relativas aos elementos fissionáveis: Urânio 235, Urânio 233 e Plutônio 239, que são do maior interesse para os projetos e cálculos das pilhas atômicas.

Por outro lado os países europeus têm procurado articular-se em programas comuns de pesquisa científica e tecnológica, reunindo seus recursos para a construção de equipamentos de grande vulto que dificilmente poderiam ser levados a cabo por um único país. Dentre esses programas destaca-se a recente criação do Centro Europeu de Pesquisas Nucleares, com sede na Suíça, que está montando grandes laboratórios perto de Genebra e que dentro em breve contará com um poderoso acelerador de corpúsculos

permitindo obter energia da ordem de vários bilhões de electron-volts.

Com a restauração da soberania da Alemanha Ocidental foram levantadas as restrições até então vigentes naquele país no tocante às pesquisas sobre a energia atômica o que tornará possível a preciosa colaboração de eminentes homens de ciência da Alemanha, nos problemas da investigação nuclear.

As tentativas para a formação do bloco atômico do Ocidente europeu (Euratome) é mais um esforço de cooperação internacional no plano de energia atômica.

### **A Conferência Internacional de Genebra sobre Aplicações Pacíficas da Energia Atômica.**

Organizada pelo Comitê Consultivo da ONU para as Aplicações Pacíficas da Energia Atômica que é constituído por delegados de 7 países (Brasil, Canadá, Estados Unidos, França, Grã-Bretanha, Índia e URSS) e planejada em todos os seus pormenores por um Secretariado Científico composto de especialistas de cerca de 20 nações, realizou-se a Conferência Internacional sobre Aplicações Pacíficas da Energia Atômica, em agosto último, em Genebra.

Participaram da mesma 73 países tendo tomado parte em suas sessões que se prolongaram por 2 semanas, cerca de 1400 delegados dos respectivos governos e outros tantos observadores credenciados por instituições científicas e empresas industriais.

Mais de 1000 comunicações originais foram apresentadas cobrindo o vasto campo das aplicações não militares da energia atômica.

Os Anais da Conferência constituído por 16 volumes, já se acham publicados em parte, devendo ser concluída ainda este mês a publicação completa.

Um dos aspectos mais notáveis dessa frutífera Conferência foi justamente o caráter de ampla cooperação internacional que prevaleceu não só no seu planejamento como na sua realização.

Pela primeira vez, no após-guerra, numerosos grupos de homens da ciência do mundo inteiro e de ambos os lados da chamada "cortina de ferro", encontraram-se e debateram com a mais ampla liberdade e franqueza os aspectos científicos e tecnológicos da energia atômica em suas aplicações pacíficas. Os debates mantiveram-se sempre na maior cordialidade e trouxeram os mais benéficos resultados justamente porque houve desde o início a preocupação de colocar e conservar todas as discussões no plano estritamente científico e técnico, afastando-se totalmente, pelo próprio Regimento da Conferência, todo e qualquer assunto de natureza política.

Outro aspecto importante a se salientar nessa Conferência foi o fato, ali cabalmente

demonstrado, de que a utilização de reatores nucleares para a produção industrial de energia elétrica não deve ser considerada apenas como uma remota possibilidade futura, mas, ao contrário, já pode ser incluída entre as conquistas tecnológicas do nosso tempo. Com efeito: a primeira usina atômica russa de 5.000 Kw, inaugurada em 1954 já está fornecendo eletricidade para numerosas fábricas situadas nas suas vizinhanças, o vasto programa inglês de usinas atômicas destinadas a produzir um total de dois milhões de Kw e representando uma economia de cinco a seis milhões de toneladas de carvão por ano, terá a sua primeira unidade de 50.000 Kw inaugurada em Calder-Hall, Cumberland até o fim do corrente ano. Avalia-se que nessas usinas o custo unitário da energia elétrica produzida será de cerca de sete milésimos de dólar por Kw/h. Nos Estados Unidos os mais avançados tipos de reatores de potência foram estudados cuidadosamente e estão sendo construídos, num programa que visa à obtenção dos mais altos rendimentos e conseqüentemente dos mais baixos custos de produção para a unidade de energia elétrica; a França também já está em vias de inaugurar suas primeiras usinas atômicas para a produção de energia elétrica por meio de reatores, em avançada fase de construção em Marcoule, além dos reatores experimentais que já se acham em funcionamento em Chatillon e em Saclay. Os reatores de Marcoule, constituem a fase inicial de um programa bem definido de industrialização da energia atômica em larga escala.

### **A Repartição Internacional de Energia Atômica.**

O mais recente e também a mais importante realização no plano da cooperação internacional para o progresso dos usos pacíficos da energia atômica é, sem dúvida, a Repartição Internacional de Energia Atômica que, sob os auspícios da ONU foi estruturada por um Comitê de Negociações constituído de representantes dos governos de 12 países (entre os quais se encontra o Brasil) e cuja reunião teve lugar em Washington no começo de 1956 durante os meses de fevereiro, março e abril. Destina-se essa Repartição não só a funcionar como uma espécie de "clearing house" internacional de projetos e programas de utilização pacífica da energia atômica, mas também como um órgão destinado à fornecer aos países a ela filiados assistência técnica, combustíveis nucleares e materiais elaborados para a construção de reatores nucleares e usinas atômicas.

Desta forma será possível um grande número de países que não possuem ainda parques industriais e tecnológicos suficientemente desenvolvidos, beneficiar-se de recursos técnicos e materiais que lhe serão proporcionados pela Repartição, para acelerar seus programas de utilização da energia atômica.

Isto é tanto mais interessante quanto são justamente os países nessas condições,

insuficientemente industrializados ou que se encontram numa fase de transição de uma economia de base agrícola para uma economia de base industrial, aqueles que mais necessitam ampliar suas fontes de energia, geralmente insuficientes para atender ao acelerado ritmo do seu desenvolvimento.

### **O Estatuto da Agência Internacional de Energia Atômica**

Acabo de regressar de Washington onde desempenhei as funções de assessor científico da delegação do Brasil naquele Comitê de Negociações cujo objetivo foi a elaboração do projeto de Estatuto da Agência Internacional de Energia Atômica.

As nações representadas no grupo de trabalhos eram: a Austrália, a Bélgica, o Brasil, o Canadá, os Estados Unidos, a França, a Grã-Bretanha, a Índia, Portugal, a Tchecoslováquia, a União Soviética e a União Sul-Africana.

Embora comportando muitos aspectos técnicos, a reunião de Washington revestiu-se de excepcional importância política, razão pela qual quase todas as nações participantes fizeram-se representar pelos respectivos embaixadores em Washington, ou por seus embaixadores à ONU acompanhados de um grupo de assessores jurídicos, científicos e políticos. A delegação do Brasil era chefiada pelo nosso Embaixador em Washington, Sr. João Carlos Muniz, tendo como assessores políticos: o Conselheiro Carlos Alfredo Bernardes, da nossa missão na ONU e o secretário Hélio Bittencourt da nossa Embaixada em Washington, tendo eu funcionando como assessor científico.

As reuniões decorreram num ambiente de grande cordialidade, tendo-se verificado um alto espírito de cooperação por parte das diferentes delegações, e em particular das delegações norte-americana e soviética, nos aspectos essenciais do problema formas conciliatórias que reuniram a unanimidade dos votos.

A fim de opinar sobre os aspectos técnicos do projeto foi designado um comitê científico constituído de representantes de cada uma das nações. Esse comitê estudou o problema da classificação e da qualificação dos materiais atômicos fundamentais.

Tive a honra de ser escolhido como relator da matéria na reunião plenária e é com satisfação que registro o fato de ter sido o tório equiparado ao urânio natural como material fértil ("source-material") e o Urânio 233 (derivado do tório) equiparado ao Plutônio e ao Urânio 235, como material fissionável especial ("special fissionable material").

Praticamente todas as propostas da Delegação Brasileira foram aceitas e incorporadas ao projeto de Estatuto que deverá ser submetido à uma Conferência Mundial de 85 nações e reunir-se em New York provavelmente em setembro próximo.

De acordo com o projeto de Estatuto o Brasil será uma das nações integrantes do

primeiro Conselho Diretor (“Board of Governors”) da Agência Internacional, mas só poderemos nos manter nessa posição se dermos um decidido e vigoroso impulso ao novo programa de energia atômica de modo a poderemos assegurar uma situação de relevo nesse terreno entre os demais países da América Latina.

### **Negociações com a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos**

Foi esse um dos motivos que levaram a nossa embaixada em Washington a promover negociações com a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos, a fim de ultimar os entendimentos finais sobre o reator experimental a ser adquirido pela Comissão de Energia Atômica do Conselho Nacional de Pesquisas e que será instalado na Universidade de São Paulo, nos termos do convênio já firmado entre o Conselho e aquela Universidade.

A obtenção desse reator prende-se ao acordo bilateral assinado pelos governos brasileiro e norte-americano em agosto de 1955, que estabeleceu as bases de uma colaboração pela qual a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos forneceria, a título de empréstimo o material fissionável necessário à construção de um reator de pesquisa, até a quantidade máxima de 6 quilogramas de urânio 235. É oportuno lembrar que esse acordo bilateral foi celebrado em bases muito favoráveis para o Brasil, não comportando nenhuma contrapartida sob forma de fornecimento de materiais atômicos de nossa parte.

A Comissão de Energia Atômica do Conselho Nacional de Pesquisas estabeleceu as especificações gerais do reator e realizou uma concorrência entre várias firmas de renome internacional tendo sido escolhida, como proposta mais vantajosa a da Firma Babcox e Wilcox, que foi aprovada pelo plenário do Conselho Deliberativo, tendo sido também autorizada a assinatura do respectivo contrato pelo Exmo.Sr.Presidente da República.

Nas conversações que tivemos recentemente em Washington com Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos, a fim de ultimar as providências para efetivação do acordo, foi examinado pelos técnicos daquela comissão o projeto constante da proposta da firma Babcox e Wilcox e esclarecidos os principais aspectos referentes ao mencionado projeto.

Devo mencionar o fato de que minha declaração de que fora realizado um convênio com a Universidade de São Paulo, para a montagem e a operação do reator, sob a orientação de técnicos e cientistas que já possuem experiência em pesquisas de física nuclear, teve a mais favorável repercussão, tendo certamente contribuído para o êxito dessas negociações finais.

Além do fornecimento do combustível nuclear para o reator a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos contribuirá financeiramente com uma parte apreciável dos recursos necessários à construção do reator. O telegrama oficial ontem recebido pelo Itamarati da nossa Embaixada em Washington confirma o valor dessa contribuição em US\$350.000,00.

## **Possibilidades do Uso do Tório em Reatores de Potência**

A convite da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos visitei o laboratório de Oak Ridge, tendo tido três demoradas conferências com o Dr. Weinberg, diretor do Laboratório e seus auxiliares técnicos imediatos, sobre o problema da viabilidade da utilização do tório em reatores de potência. Visitei em companhia do Dr. Weinberg, o reator “breeder” homogêneo ora em construção destinado à experiências em larga escala sobre o ciclo do tório e do urânio 233. Tal reator deverá estar concluído ainda no corrente ano e fornecerá a resposta a muitas das questões tecnológicas relacionadas com o uso do tório em reatores.

Essa questão da possibilidade do uso do tório foi também, por nós focalizada em conversações preliminares com a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos sobre a possibilidade de um acordo destinado ao fornecimento do material fissionável necessário à construção de reatores de potência no Brasil, e, pela primeira vez, pudemos constatar a receptividade daquela Comissão com relação a esse aspecto do problema. O comunicado oficial dado a imprensa em Washington e já divulgado pelos jornais desta capital refere-se as conversações preliminares para um acordo sobre reatores de potência, incluindo reatores utilizando tório.

Devo ainda assinalar que duas grandes empresas particulares norte-americanas, a Consolidated Edson C. e a North American Aviation Inc., estão construindo dois reatores industriais de grande potência, com a utilização de tório.

Os resultados dessa experiência em larga escala, serão certamente do maior interesse para o Brasil, pois permitirão orientar o nosso programa de reatores de potência no sentido da utilização do tório o que nos dispensará dos dispendiosíssimos processos de enriquecimento isotópico do urânio, permitindo-nos o uso de matéria-prima nacional e libertando-nos da necessidade de importar continuamente o urânio enriquecido que só será necessário à fase inicial da operação dos reatores tipo “breeder”.

Posso ainda acrescentar que nessas conversações preliminares ficou bem claro que em tais acordos não se cogitaria de contrapartidas de outra parte sob a forma de minerais atômicos.

## **A presente conjuntura internacional relativa à energia atômica**

Nas reuniões do Comitê de Negociações em Washington tornou-se evidente que, pelo menos durante algum tempo, a cooperação entre os países por intermédio da Agência Internacional de Energia Atômica não excluirá a cooperação por meio de acordos bilaterais ou multilaterais, posição essa defendida tanto pela Rússia, como pelos Estados Unidos. Prevê-se, porém, que com a instituição da Agência, muitos desses acordos poderão ser submetidos à sua supervisão.

O oferecimento divulgado há algum tempo pelo governo Soviético no sentido da colaboração com outros países no terreno da energia atômica e a proclamação recentemente feita pelo presidente Eisenhower destinando uma quantidade substancial de material fissionável para os programas pacíficos de energia atômica fora do Estados Unidos, mostram que as duas nações atualmente mais adiantadas na tecnologia nuclear orientam-se, fora do terreno militar, para um amplo trabalho de cooperação ou quem sabe, de competição no auxílio de outros países que desejem beneficiar-se das aplicações pacíficas da energia atômica.

A Agência Internacional constituirá um mecanismo de equilíbrio entre essas forças e virá facilitar e apressar, certamente, a execução de projetos beneficiando sobretudo, as áreas subdesenvolvidas ou aquelas regiões em fase de intenso desenvolvimento e escassez de fontes convencionais de energia, como acontece com o Brasil.

Nossa participação na Agência Internacional de Energia Atômica e o desenvolvimento corajoso de um programa atômico sensato e exequível, dentro de nossas possibilidades nacionais e visando à utilização e aproveitamento de nossos recursos naturais, em materiais atômicos constitui pois, uma medida da mais oportuna sabedoria política.

### **A posição do Brasil**

O debate que ora se vem realizando sobre os problemas relativos aos nossos materiais atômicos deveria ter, a meu ver, como objetivo fundamental esclarecer à opinião pública e os meios responsáveis pela administração do país sobre o valor intrínseco e sobre a significação potencial desses materiais para um programa atômico ao longo prazo.

Seria, entretanto, profundamente lamentável que tal objetivo fosse desvirtuado e que esse debate servisse de pretexto, para propugnar uma política injustificável de isolamento internacional do país no campo atômico, ou pior ainda, numa política de agressão e hostilidade aos países amigos com os quais devemos manter o mais cordial e íntimo intercâmbio técnico e científico se quisermos levar a bom termo o nosso próprio programa atômico.

Numa conjuntura como a do momento atual quando todas as nações civilizadas inclusive o Brasil, se articulam no plano internacional para permitir que se tornem acessíveis ao mundo inteiro os benefícios da energia atômica, quando os países que se encontram nos pólos mais opostos da política mundial se reúnem cordialmente em conferências e grupos de trabalho para proporcionar a mais ampla participação de todos os povos nas aplicações pacíficas dessa nova forma de energia sem prejuízo de sua própria soberania, seria incompreensível e absurdo que nosso país se colocasse, nesse terreno num plano de isolamento e de hostilidade aos países amigos ao invés de tirar partido de seus recursos naturais para obter compensações que viessem beneficiar os seus próprios programas atômicos.

A Lei nº 1310 de 15/01/1951 que criou o Conselho Nacional de Pesquisas foi muito sábia ao retirar esses materiais do domínio das livres transações de caráter meramente comercial, colocando-as num plano de acordos intergovernamentais determinando que em cada caso fossem ouvidos os órgãos competentes.

O que importa é que em tais acordos tenhamos plena consciência do valor intrínseco efetivo desses materiais, não apenas do seu valor comercial ou venal, mas daquilo que eles podem representar no plano das realizações atômicas.

Com o conhecimento objetivo desses valores e com a plena consciência de nossa soberania e de nossos interesses nacionais nada deveria impedir que os utilizássemos em acordos bilaterais ou multilaterais com países amigos ou com a Agência Internacional de Energia Atômica, uma vez que os mesmos representem vantagens efetivas para o Brasil no terreno das realizações atômicas.

Era isso, Sr. Presidente, que eu tinha a dizer.

### **Professor Heitor Grillo - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Costa Ribeiro

Tem a palavra o professor Ugo Camerini.

### **Professor Ugo Camerini<sup>1</sup>**

Sr. Presidente, Senhoras e Senhores:

Tenho um grande respeito pelo professor Marcello Damy de Souza Santos, o respeito que todos nós temos por quem nos deu a mão nos nossos primeiros passos na iniciação científica. Embora ele pareça mais moço do que eu, foi meu professor na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São Paulo. É, portanto, um gratíssimo prazer congratular-me com ele pelo plano conciso e bem balanceado que nos apresentou hoje. Devo dizer, entretanto, que não esperava ter meu pedido de ontem satisfeito tão prontamente. Esse plano que, sem dúvida, é completo e estudado em todos seus detalhes parece-me não satisfazer a um outro pedido que fiz ontem, no sentido de que o plano fosse discutido e publicado. Eu, pessoalmente, não creio poder dar contribuição alguma a esse plano. Não sou um especialista em energia atômica e pretendo assim permanecer. Mas, creio que há aqui nesta sala cientistas que poderiam dar contribuições notáveis a este plano; o professor Leite Lopes, acredito, não foi ouvido, porque depois de sua volta de Genebra esteve ausente por motivos particulares.

O professor Hervásio de Carvalho e o professor Jonas Santos, especialistas em

---

<sup>1</sup> Foram incorporadas as correções manuscritas do prof. Ugo Camerini em todas suas intervenções nesta reunião.

energia atômica, o professor Mario Schenberg, o homem de maior peso na física nacional, (devo dizer que peso é uma figura retórica), também não foram ouvidos. Todos eles, penso, poderiam dar contribuições notáveis a esse plano, já que todos tiveram contato com cientistas estrangeiros. A contribuição poderá ser pequena ou grande, mas o fato de terem contribuído fará com que eles sintam que o plano é deles também. Quanto a minha comparação de ontem de um reator com um brinquedo, me parece ainda uma boa comparação, mesmo porque as crianças aprendem brincando. O mesmo instinto que faz com que trabalhem em nossos laboratórios leva nossos filhos ao brinquedo. Há, ainda, outra semelhança: o amor que toda criança tem aos seus brinquedos é o mesmo que os físicos experimentais têm pelas suas máquinas. O professor Souza Santos, que é um experimental exímio, ama o seu Betatron com um amor que não confessa muito publicamente, dando-lhe até nomes carinhosos. O ventilador tem um nome, chama-se Louco; e o Beta-tron chama-se Beco. Isso é amor. São nomes que se dá às coisas de que se gosta. Tenho certeza que a geladeira dele não tem nome, porque ele não a ama. Portanto, acho que a comparação entre o Betatron e o brinquedo é muito plausível e, quando a fiz, não tive a intenção de ofender – desde que houvesse um plano. Sem plano ele é um brinquedo, no sentido pejorativo da palavra. Mas, senhores, desse plano ninguém teve conhecimento e julgo que ele deva ser publicado, para que o possamos discutir, publica ou particularmente, e senti-lo nosso.

### **Professor Heitor Grillo - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Ugo Camerini

Tem a palavra o professor Marcello Damy de Souza Santos

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Quero agradecer inicialmente as expressões, sem dúvida, generosas com que me distinguiu meu ilustre ex-aluno e grande amigo professor Ugo Camerini. Concordo integralmente, com as observações que aqui foram feitas por S. Excia. e tomaria apenas a liberdade de prestar um esclarecimento que, a meu ver, é oportuno, porque irá demonstrar aquilo que todos nós sabemos; os físicos se entendem muito bem, que há entre eles uma harmonia muito grande de pontos de vista, sobretudo, quando esses físicos têm um interesse comum que é de desenvolver a física. Acho que a colaboração que temos recebido do professor Camerini durante os últimos anos e a colaboração que, em troca, ele também tem recebido de nós, representam e ilustram muito bem o quanto as duas instituições a que pertencemos, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e o Departamento de Física da

Universidade de São Paulo, podem colaborar no terreno elevado e construtivo do desenvolvimento da física no nosso país.

Deveria agradecer ao professor Camerini que, efetivamente, o plano que eu tive a oportunidade de esboçar aqui, em linhas mais do que gerais e sumárias, porque, em realidade, ele está constituído num relatório substancioso, resultou da necessidade de apresentar ao Conselho Deliberativo do Conselho Nacional de Pesquisas, um planejamento sobre a distribuição das verbas gerais do Conselho para o desenvolvimento das atividades atômicas. Ao elaborarmos esse plano, logo no início do ano, e, devo confessar, de afogadilho, como não poderia deixar de ser, pelas contingências do momento, apenas tivemos oportunidade de consultar o professor Leite Lopes, o professor Goldemberg e os demais colegas da Comissão de Energia Atômica e do Conselho Nacional de Pesquisas. Não se trata, entretanto, de um plano rígido, inflexível e detalhado. Trata-se, antes, de distribuição de verbas, prevendo a aplicação em determinados setores, com a flexibilidade que é indispensável, isto é, podendo-se transpor a verba de radioquímica para a verba de biologia e vice-versa. Na elaboração da planificação geral da distribuição de verbas do Conselho, creio que essa discussão tão detalhada não era tão importante, sobretudo, em virtude da possibilidade de transposição. Trata-se, essencialmente, da necessidade de satisfazer a uma exigência regulamentar que permitisse uma base de trabalho e de planejamento detalhado para o futuro. Poder-se-á verificar, assim, que tomamos o cuidado de elaborar ao lado das linhas gerais do planejamento das atividades, um orçamento que permitisse atender ao plano proposto. Encontramos, por exemplo, para o ano de 1956, um total de Cr\$ 3.540.000,00 para pessoal, mais incentivo à pesquisa e US\$ 12.500,00. Em 1957, quantias crescentes em cruzeiros e em dólares. Para a verba de material, havíamos previsto, para atender à estas finalidades o seguinte: em 1956, US\$ 650.000,00 e Cr\$ 60.000.000,00 para as instalações, Cr\$ 10.000.000,00 para eventuais.; em 1957, US\$ 750.000,00 e Cr\$ 40.000.000,00, Cr\$ 500.000,00 e mais Cr\$ 10.000.000,00 para eventuais. E quantias semelhantes para 1958. Ora, como se vê dispõe a Comissão de Energia Atômica de quantias que o Dr. Mario Schenberg gostaria que tivessem um zero a mais, mas acho que, no momento presente, representa, – e aqui confesso com toda a sinceridade – mais do que poderemos gastar bem. Porque a aplicação de dinheiros públicos na aquisição de instrumental científico é extremamente difícil, e trabalhosa, como todo o cientista sabe. São horas e horas por dia e semanas perdidas em Bancos do Brasil, em Correios e Telégrafos e, assim por diante, antes que se consiga concretizar.

Assim, resumindo, concordo integralmente com o ponto de vista do professor

Camerini e declaro que, da minha parte, como diretor do Instituto de Energia Atômica não desenvolverei nenhum programa sem que antes sejam ouvidos os físicos, radioquímicos, biólogos e metalurgistas patricios. Uma tentativa nesse sentido já está sendo feita, no que diz respeito à elaboração do Regimento Interno do Instituto.

### **Professor Heitor Grillo - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Marcello Damy de Souza Santos

Tem a palavra o professor Leite Lopes

### **Professor Leite Lopes<sup>2</sup>**

Gostaria de fazer alguns comentários sobre alguns pontos desenvolvidos aqui. Em relação ao programa atômico, realmente, não lhe pude dar, ultimamente, contribuição, por ter atravessado uma fase difícil da minha vida. Mas, estou de pleno acordo em que é indispensável, é fundamental, a reunião periódica do maior número possível de especialistas, com as autoridades encarregadas de realizar e de elaborar programas de trabalho, como as do Conselho Nacional de Pesquisas. Bati-me sempre, nas oportunidades que me foram oferecidas, para que isso se realizasse. No Conselho Nacional de Pesquisas, ultimamente bati-me, enquanto era diretor do Setor de Pesquisas Físicas, para que houvesse uma reunião das autoridades competentes com a maioria dos pesquisadores de física do país, a fim de que lhes fosse apresentado o programa executado, com a realização de uma discussão franca bem como sugestões para sua execução nos anos seguintes.

Infelizmente, não foi possível realizar-se esse encontro e nessa fase eu também não pude estar em contato com as pessoas encarregadas de tais medidas. Na Comissão de Energia Atômica do Conselho Nacional de Pesquisas bati-me, também, por essa colaboração e lembro-me que numa das sessões, ao recebermos um exemplar impresso do Acordo Atômico entre os Estados Unidos e a Grã-Bretanha propus que se seguisse o exemplo e publicássemos em folhetos os Acordos que o Brasil havia assinado, a fim de que a opinião pública, os cientistas e outras autoridades ficassem bem informados do que estava se realizando. Assim, acho realmente importante esse contato; acho que não compete aos físicos convocar as reuniões, mas às autoridades competentes. Os físicos estão sempre em contato uns com os outros em seminários, na Academia e em congressos. Mas, quando se trata de tomar conhecimento dos programas elaborados por órgãos oficiais, compete a esses órgãos convidar os físicos. Estou de pleno acordo e creio mesmo que um programa da amplitude do programa atômico, tal como deverá ser, não poderá ser realizado sem essa

---

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

colaboração e sem esse contato informal do tipo do que estamos tendo aqui, há dois dias, com várias críticas francas, saudáveis, mas que devem ser tomadas como rotina de trabalho.

Outra observação que desejaria fazer é relativa a alguns pontos apresentados pelo professor Costa Ribeiro quando disse, com toda razão, que devemos estimular a competição dos países mais avançados para que desta competição tiremos proveitos. Não sei se já foi feita alguma iniciativa nesse sentido pelas autoridades competentes. Acho que deveremos assinar acordos com os diversos países amigos que nos possam auxiliar. Este é, na minha opinião, um ponto vital, pois é sabido que só podemos tirar vantagem dessa competição. O professor Costa Ribeiro disse que na modificação da Lei Mac Mahon foi permitida a exportação de materiais fissionáveis. Mas os combustíveis nucleares são na realidade emprestados; nós não podemos ficar com eles, nós não podemos tocar neles.

### **Professor Costa Ribeiro**

V. Excia. Permite-me um aparte? Esses materiais que serão transformados em energia terão que ser comprados

### **Professor Leite Lopes**

Mas, se comprarmos esse material poderemos então retirar dele o plutônio ou o urânio 233. Creio que isso não é possível.

### **Professor Costa Ribeiro**

No caso do reator essa questão foi considerada. Verificou-se que a quantidade de plutônio produzida era muito pequena. No caso do reator de potência, provavelmente será possível, na ocasião do reprocessamento, levar em conta essa quantidade de plutônio e deduzi-la do preço do reprocessamento, até que possamos fazer, principalmente se nos encaminharmos para os reatores de tório como é nosso desejo.

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Pediria licença para prestar um esclarecimento sobre esse ponto. O reator de pesquisa é projetado de tal forma que a grande maioria dos nêutrons não necessários para manter a reação em cadeia, sejam disponíveis nos tubos e na região vizinha ao caroço. Em consequência a produção de plutônio é tornada mínima, a fim de se obter um alto fluxo na região eterna.

Um cálculo simples mostra que o quilo do urânio 235 destruído, forma poucas gramas de plutônio e quantidades maiores de que essa podem ser obtidas irradiando-se o urânio no fundo ou na vizinhança do [...]. Assim não haveria muita vantagem em se

estabelecer uma usina de processamento químico para recuperarmos poucas gramas de material que pode ser obtido com maior facilidade por outros procedimentos experimentais.

Gostaria de explicar que, efetivamente, o ponto de vista levantado pelo professor Leite Lopes sobre a necessidade dos programas e decisões dos órgãos encarregados do desenvolvimento da política atômica no país serem levados ao conhecimento do público é um fato da maior importância e seria desnecessário discuti-lo. Aliás, o professor Leite Lopes, penso, encontrou na Comissão de Energia Atômica um apoio integral às propostas que fez nesse sentido. Se bem me recordo – é possível que minha memória não seja tão boa quanto a de V.Excia., professor Leite Lopes, que era a parte interessada – foi isso o que aconteceu. Devo, entretanto, declarar que a proposta do professor Leite Lopes no sentido de publicarmos os acordos com o governo Norte-Americano foram aprovadas pela Comissão de Energia Atômica e o Conselho Nacional de Pesquisas tinha intenção de publicá-los imediatamente. Entretanto, após entendimentos com o Itamarati, julgou-se que aquela entidade era o órgão indicado para dar publicidade a esses acordos o que efetivamente foi feito, creio que no dia 2 ou 3 de agosto de 1955.

### **Professor Heitor Grillo - Presidente da Sessão**

Tem a palavra o professor Mario Schenberg.

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

O professor Marcello Damy de Souza Santos em seu relatório de hoje, realmente, satisfaz parcialmente algumas das questões – que haviam sido levantadas ontem – mas, acho que ficou ainda mais claro, a falta de discussão que existe em torno dos planos elaborados pelo Conselho Nacional de Pesquisas e pela Comissão de Energia Atômica. Membros da Comissão como o professor Leite Lopes e outros físicos da Comissão não foram ouvidos sobre o plano, e muito menos outras pessoas que poderiam ser ouvidas com proveito. Acho que não vale a pena ficar fazendo recriminações sobre erros do passado e o melhor será providenciar para que não sejam repetidos no futuro. Mas, também seria falso negar que foram cometidos erros.

Quanto à eficiência ou não dessas somas, confesso que, como não tive oportunidade de estudar o plano, não posso emitir uma opinião mais ponderada. Baseio-me em informação que ouvi de parte do General Bernardino de Mattos que disse dispor a Comissão de Energia Atômica de verba da ordem de Cr\$ 50.000.000,00 por ano.

---

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

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Cr\$ 153.300.000,00 neste ano e mais Cr\$ 50.000.000,00 do ano passado.

### **Professor Mario Schenberg**

E qual seria a parte desse total destinado às universidades e aos institutos de ensino?

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Havendo a possibilidade de transposição de verba, uma fração muito ponderável, porque dessa verba, creio que pouco mais da metade se acha comprometida em programas como o programa de prospecção geológica. Havíamos proposto, inicialmente, Cr\$ 10.000.000,00, por ano, para a subvenção à pesquisa nas instituições que se dedicam à física nuclear sem que isso levasse em conta as verbas que são concedidas normalmente pelo Setor de Física do Conselho Nacional de Pesquisas que possui, se bem me recordo, um total de Cr\$ 17.000.000,00 para essa finalidade e que não leva em conta ainda as verbas destinadas às bolsas de estudos. Há ainda os setores de Química, Biologia, etc., com dotações comparáveis.

### **Professor Mario Schenberg**

Se atentarmos, então, para o caso do Departamento de Física da F.F.C.L da Universidade de São Paulo, onde existem duas instalações importantes de física nuclear, além do Laboratório de Espectroscopia do Professor Stammreich, o quadro que foi feito por Kerst, suponho que, no mínimo, cada laboratório desse tipo deveria dispor, anualmente, de US\$ 50.000,00. Isso está muito longe de acontecer. US\$ 50.000,00 nos Estados Unidos, porque para nós as coisas se complicam muito mais e possivelmente não podemos fazer aqui o que eles lá fazem com US\$ 50.000,00. Pelo menos na parte de material, porque eles lá têm muito mais facilidade de conseguir isso com US\$ 50.000,00 do que nós aqui. Assim, para ter o mesmo poder aquisitivo que eles têm lá com US\$ 50.000,00 digamos, para o Departamento de Física na base de cálculo de Kerst necessitaríamos de US\$ 150.000,00 por ano. Isso só para os laboratórios sem contar um tostão para a parte teórica.

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Mas, em geral essas verbas incluem as despesas em pessoal que são pagas de outra maneira nos nossos laboratórios. Como não poderia deixar de ser, está plenamente justificado. Essas disponibilidades que citei existem no programa do Conselho Nacional de Pesquisas, este ano. No ano passado, devido às várias razões que o professor Heitor Grillo pode explicar melhor do que eu, as disponibilidades do Conselho eram muito pequenas.

**Professor Mario Schenberg**

Creio que esses números que citei, baseando-me no relatório de Kerst são realmente mínimos, porque temos que fazer um esforço muito maior do que um laboratório similar nos Estados Unidos. Estamos com tarefa de âmbito nacional, verdadeiramente trabalho de choque no domínio da energia atômica; assim as verbas teriam que ser maiores do que as que estão previstas. Não creio que estivesse errado quando afirmei que as verbas não são suficientes e que deveriam ser revistas. Tinha conhecimento dessa cifra de Cr\$ 10.000.000,00, porque V.Excia. Mesmo me havia comunicado. Quanto às outras cifras, não tive conhecimento delas e não sei como é que pretende gastá-las. A cifra prevista de Cr\$ 10.000.000,00 para auxiliar anualmente os laboratórios de física, é insuficiente. Quanto ao plano geral, não posso ter opinião, porque dele não tive conhecimento, mas parece-me que não se compreende porque um plano desse tipo, que não tem absolutamente aspecto confidencial nem características militares ou secretas, não seja amplamente discutido. Às vezes uma inadvertência, outras uma suficiência, digamos, de um membro da Comissão. Mas, de qualquer maneira, não vejo nenhum motivo para que – e não se justifica o argumento que V.Excia. deu, da prensa, porque, segundo sei esse plano foi elaborado há meses – não tenhamos tido conhecimento dele.

**Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Perdão, a distribuição foi elaborada as pressas, no dia 20 de janeiro deste ano. V. Excia. sabe que desde o dia 25 de janeiro até o presente o Conselho Nacional de Pesquisas estava praticamente sem Comissão de Energia Atômica pelo fato de vários de seus membros e seu presidente, que é pessoa da confiança da Presidência, haverem solicitado demissão. E, não havendo Comissão de Energia Atômica não existia o órgão que [deveria] tomar essa iniciativa. A Comissão de Energia Atômica que deverá agora ser constituída com a designação do professor Costa Ribeiro como presidente, é que deverá reestudar esses planos e a ela caberá a iniciativa de submetê-los a discussão pública. Mas, estou de pleno acordo com V. Excia. em que é absolutamente indispensável que esse plano seja discutido nos seus menores detalhes com todos os físicos e radioquímicos, etc., que no Brasil pretendem prestar sua colaboração.

**Professor Mario Schenberg**

Desejo me congratular com V. Excia. por essa opinião que corresponde aos anseios de todos os físicos brasileiros.

Há outras questões, que me ocorreram a propósito da exposição do professor

Costa Ribeiro, cuja opinião sobre a cooperação científica entre vários países parece-me digna dos maiores elogios.

Os da minha geração conheceram a época em que os físicos de todo o mundo constituíam uma grande família. Todos se conheciam pessoalmente e todos trocavam livremente opiniões. Recordo-me do ambiente, extremamente favorável e interessante da Europa antes da Guerra. Esse ambiente foi profundamente transtornado, chegando ao ponto de fazer com que velhos amigos se desconhecêssem quando se encontravam em conferências internacionais. Isso aconteceu comigo mesmo. Um grande amigo meu fingiu não me conhecer, mas depois mandou-me separatas de trabalhos seus e escreveu-me uma carta. Sei que não foi uma atitude espontânea. Evidentemente na reunião onde nos encontramos havia vigilância política e ele teve, talvez, medo de se comprometer. Mas, essa atmosfera está se dissipando, fato de grande importância para o desenvolvimento da ciência nos próximos anos.

Nesse sentido existem algumas informações muito interessantes prestadas pelo professor Wataghin, que aqui esteve depois da Conferência de Genebra. Ele, russo de origem e conhecendo portanto a língua russa, serviu de intérprete em várias discussões entre físicos russos e norte-americanos, realizadas fora dos quadros da Conferência, em reuniões privadas. Disse ele que foram contatos muito satisfatórios, sem nenhuma restrição, em que cada um fazia as perguntas que queria, sem que ninguém se negasse a respondê-las. Isso é particularmente agradável, porque as pessoas que participaram dessas discussões são da mais alta responsabilidade, quer nos Estados Unidos, quer na União Soviética. A possibilidade que tiveram de manter contato em conversas sem qualquer restrição, de fazer todas as perguntas que desejassem, fato esse que há muito não sucedia, vem demonstrar a grande significação dessa modificação, que, indubitavelmente concorrerá para um grande desenvolvimento da física nos próximos anos.

Nós aqui no Brasil estamos, indiscutivelmente, atravessando um momento de apreensões em relação aos acordos atômicos. Essa não é opinião apenas minha. Basta ver o funcionamento da Comissão Parlamentar de Inquérito, que conta com a presença do Deputado Dagoberto Salles, as discussões havidas e as belíssimas contribuições que várias pessoas aqui presentes já deram em depoimentos à essa Comissão, para se verificar que há, realmente, um sentimento de mal-estar indisfarçável no país em relação aos acordos atômicos.

Diz o professor Costa Ribeiro e ninguém vai duvidar da palavra de Sua Excia., realmente, os acordos foram assinados sem nenhuma contrapartida. Ora, essa não é porém a opinião de [...]

**Professor Costa Ribeiro**

V. Excia. permite-me um aparte? Referi-me ao acordo para o reator experimental e às negociações preliminares do reator de potência e o acordo relativo à prospecção também não apresenta contrapartida de ordem material.

**Professor Mario Schenberg**

Com esse segundo ponto não posso concordar. O acordo para a prospecção não menciona especificamente que o Brasil exportará material radioativo para os Estados Unidos?

**Professor Costa Ribeiro**

Apenas entrará em negociações com o governo norte-americano.

**Professor Mario Schenberg**

Sim, aceita um tipo de exportação. É um acordo de prospecção e aceita um princípio de exportação de materiais atômicos, não se compreende porque figura num acordo sobre prospecção.

**Professor Costa Ribeiro**

O problema na realidade foi debatido e a fórmula encontrada foi justamente aquela que oferecia.

**Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Se bem me recordo, um dos artigos diz o seguinte: “No caso do grupo misto brasileiro-americano encontrar jazidas ponderáveis de urânio, o governo brasileiro se declara favoravelmente disposto a encetar, com o governo norte-americano, negociações por preços e condições que venham a ser mutuamente estabelecidas para a cessão das quantidades desses materiais que forem julgados excedentes às necessidades do país, no terreno dos combustíveis atômicos.” Creio que essas palavras correspondem, mais ou menos, exatamente ao texto indicado e naturalmente as palavras não têm um sentido estático e o texto pode ser interpretado de várias formas. Mas, o ponto de vista, creio que de todos os membros designados pelo governo brasileiro para discutir esse assunto com os representantes americanos – o professor Costa Ribeiro foi um dos companheiros nessa discussão – nos levou a crer o seguinte: em primeiro lugar esse acordo de prospecção é estabelecido por dois anos e pode ser denunciado por qualquer uma das partes mediante um aviso prévio de seis meses; em segundo lugar, caberia ao Brasil, em prioridade, fixar as suas necessidades em combustíveis atômicos para um prazo futuro que não foi fixado. Portanto, não existe um compromisso de disponibilidade atual. Além do mais “por preços e condições

que viessem a ser mutuamente estabelecidas”, vejo aí uma declaração de intenção a qual, confesso, não posso ver uma grande objeção. O Conselho Nacional de Pesquisas sempre se tem manifestado invariavelmente contrário a simples venda de materiais atômicos tendo em vista apenas o seu valor comercial. Mas, como as condições desse acordo não se acham estabelecidas e está estipulado que essa cessão poderia ser eventualmente feita segundo condições a serem estabelecidas no futuro pelo nosso governo isso nos abre uma possibilidade, que acho de mais alta importância para o país de serem estabelecidas no futuro, e, no caso de existirem materiais disponíveis, o estabelecimento de trocas específicas de materiais atômicos por materiais que interessem ao desenvolvimento da nossa indústria atômica.

### **Professor Mario Schenberg**

Gostaria que V. Excia. me explicasse – naturalmente não sou treinado em questões diplomáticas – qual a necessidade de uma cláusula desse tipo num acordo sobre prospecção de minérios? A legislação existente já permitia ao governo, sempre que achasse conveniente, negociar com outros governos. Não havia nenhuma necessidade de reafirmar isso nesse acordo.

### **Professor Francisco Maffei**

Se isso já existe em lei, essa sua preocupação parece-me supérflua.

### **Professor Mario Schenberg**

Creio na boa fé de V. Excia. e não tenho nenhum motivo para dela duvidar. Apenas estou transmitindo o mal estar de algumas pessoas que estão num estado de dúvida, que eu gostaria se dissipasse.

Esses acordos criaram desconfiças. Em torno deles houve uma série de circunstâncias que não deixaram de causar uma certa estranheza. Encontrava-me no Rio de Janeiro quando, abrindo um jornal, vi telegrama de Washington, da United Press, dizendo que haviam sido concluídos acordos entre o Brasil e os Estados Unidos. Dois acordos: um sobre reator e outro sobre prospecção e, como V. Excia. me comunicou, esses acordos não haviam sido ainda aprovados. Não haviam sido sequer discutidos pela Comissão. V. Excia. o comunicou não a mim pessoalmente, mas a uma mesa redonda na televisão da qual participei. Nessa ocasião V. Excia. o declarou, não apenas a mim, mas ao povo de São Paulo, assumindo eu com isso uma certa responsabilidade moral, por ter enviado suas palavras através da televisão que havia sido posta à minha disposição para que falasse ao povo de São Paulo. Causou-me espécie, meses depois, quando os acordos foram publicados, verificar que na essência, no fundamental eles correspondiam ao que havia sido comunicado

muito antes pela agência telegráfica.

Não digo que tenha havido má fé de V. Excia. Mas, não teria havido de outros? Esse é um fato extremamente surpreendente.

### **Professor Costa Ribeiro**

V.Excia. me permite um aparte? Talvez o professor Marcello Damy de Souza Santos, que estava aqui naquela ocasião pudesse prestar ainda maiores esclarecimentos. Mas, desejo lembrar o seguinte: as últimas discussões sobre o acordo foram realizadas poucos dias antes de eu partir para Genebra. Só posteriormente é que vim a saber dessa publicação. Mas, esses acordos foram discutidos até 15 de julho e, se não me engano, foram publicados nos primeiros dias de agosto.

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Perdão. Na ocasião declarei a V. Excia., Professor Schenberg, e ao povo de São Paulo, que tendo sido designado como um dos representantes brasileiros encarregados de discutir esse assunto com a comissão americana, eu podia afirmar que a comissão americana ainda não havia chegado ao Brasil, e que até aquele momento, nenhuma discussão havia tido lugar a respeito do reator. Esse fato é verídico. Basta compulsar a data em que a pergunta foi feita e aquela em que a comissão americana chegou aqui.

### **Professor Mario Schenberg**

Isso é verdade. Não o estou pondo em dúvida e nem o pus em dúvida naquele momento. Estou apenas manifestando a minha estranheza pelo fato de os jornais terem amplamente divulgado a notícia antes dessa comissão americana ter chegado ao Brasil e antes dessas discussões terem ocorrido. A notícia naturalmente era falsa, uma vez que V. Excia. me comunicara que não haviam sido assinados os acordos. E contudo os jornais já estavam publicando telegramas, etc. Fui mesmo interrogado por jornalistas e respondi que não tinha informação oficial sobre os acordos e que, apenas sabia o que fora publicado nos jornais.

### **Professor Costa Ribeiro**

Mas, era a notícia do acordo ou o seu texto que foi publicado?

### **Professor Mario Schenberg**

Era uma notícia longa indicando, substancialmente, o texto. Não estou fazendo nenhuma acusação a qualquer um dos membros da comissão e creio que agiram de boa fé, que só tiveram conhecimento disso em data posterior. Mas, que foi publicado pela imprensa, foi.

**Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Permito-me prestar mais um esclarecimento. Sou um dos participantes da comissão designada para discutir simultaneamente o acordo geológico e o acordo sobre o reator. Naturalmente sendo físico sempre tive a impressão de que participei nesses acordos como físico e não como geólogo. Devo declarar que o texto de ambos os acordos firmados pelo governo brasileiro e pelo governo americano não foi o texto original que nos foi proposto. Não posso, infelizmente, discutir em público quais os pontos que foram alterados, porque as discussões tiveram um caráter confidencial. Posso, entretanto, declarar que houve uma modificação substancial entre os textos propostos e os aprovados pelo governo Brasileiro. Exatamente por esse motivo a Missão Mista Brasileira Americana, permaneceu em discussão durante cerca de uma semana.

**Professor Mario Schenberg**

Não tenho motivos para duvidar da palavra de V. Excia. Não creio de maneira alguma, que V. Excia. pudesse ter tido responsabilidade por esses acordos, pelo fato de já haverem sido publicados pelos jornais antes de V. Excia. ter tido conhecimento deles. A meu ver não há diferença substancial entre o texto que foi publicado antes e os divulgados posteriormente.

**Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Posso afirmar a V. Excia. que se algum jornal publicou esse texto, o repórter encarregado dessa notícia deve ser dotado de qualidades de pitonisa ou vidente, porque foram introduzidas pela Delegação Brasileira, modificações substanciais que, a meu ver, não podiam ser previstas por nenhum repórter de nenhum país do mundo. O professor Costa Ribeiro que participou das discussões poderá corroborar o meu ponto de vista. Infelizmente, creio que este não é o local para discutirmos esses detalhes que foram discutidos em sessão secreta. Existe uma Comissão Parlamentar de Inquérito e esse assunto, creio que poderá ser debatido nessas sessões, em sessão secreta da Comissão Parlamentar de Inquérito, se isso for julgado necessário. Entretanto, as afirmações que acabo de fazer de que os textos foram modificados e que não posso compreender que os textos dos acordos tenham sido publicados antes de sua discussão, parece-me um fato incontestável e gostaria de poder compulsar essas notícias a que V. Excia. se refere para verificar o quanto elas concordam com os textos que foram aprovados.

**Professor Mario Schenberg**

Não sei se essas notícias são oficiais, mas posso procurá-las e mostrá-las à V. Excia.. Diria que 99% das probabilidades indicam que nenhuma diferença essencial existe entre os textos publicados.

**Professor Costa Ribeiro**

Se V. Excia. fizer um confronto poderá ver que, pelo menos uma modificação essencial foi feita.

**Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Eu diria duas, uma em cada acordo.

Por isso é que acho que um debate sobre esse assunto deve ser feito para que a opinião pública seja amplamente esclarecida, a fim de que, o modo de proceder da Comissão brasileira, que foi encarregada desses acordos, possa ser julgada em bases objetivas e não em base de suspeita que são desagradáveis para todos.

**Professor Mario Schenberg**

Acho que V. Excia. tem o direito de exigir que a sua posição fique 100% clara perante o povo brasileiro e que esse mal-estar se dissipe. Esse fato marcou evidentemente o começo da inquietação, justamente com a publicação desses telegramas sobre os textos dos acordos nos jornais, começou a se criar no Brasil uma sensação de incerteza. Essa sensação foi se agravando posteriormente com outras questões, por exemplo, a da troca das areias monazíticas por trigo. Também tive oportunidade de transmitir ao professor Costa Ribeiro minha inquietação sobre essa questão. E V. Excia. manifestou sua opinião de que não seriam concretizados tais acordos de troca de areias monazíticas.

**Professor Costa Ribeiro**

Disse que tinha esperanças bem fundadas de que não se concretizassem.

**Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Ao Conselho Nacional de Pesquisas e a nós em particular caberia apenas manifestarmos o nosso ponto de vista que foi contrário e unanimemente aprovado pelo Conselho Deliberativo do Conselho Nacional de Pesquisas.

**Professor Mario Schenberg**

Já vi que V. Excias. de maneira nenhuma podem ter sido os autores dos acordos. Pode ser que os acordos tenham tido outros pais e outras mães e que V. Excias. já os tenham conhecido bem taludinhos. Aliás, tenho mesmo a impressão de que V. Excias. cometeram alguns erros políticos e diplomáticos e tenho até tendência muito grande para descontar esses erros. V. Excias. não são políticos nem diplomatas e compreende-se que, em se tratando de assuntos políticos, possa ter havido algum engano.

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

V. Excia. é muito generoso. Devo esclarecer a V. Excia que ao discutir esses assuntos coloquei-me num ponto de vista em que sempre me mantive e que é de todos conhecido. Sempre me declarei, sempre me bati, contra a exportação indiscriminada de materiais atômicos. Creio que fui talvez o primeiro físico brasileiro a se bater por esse assunto em todas as oportunidades que me foram concedidas.

Assim ao discutir este assunto procurei salvaguardar os altos interesses do país e tenho a consciência absoluta de ter bem desempenhado esta função. Se, no entanto, falhei desejo ser punido porque acho que todo o homem público que aceita a responsabilidade de discutir um acordo dessa significação, deve assumir a responsabilidade total dos seus atos e essa responsabilidade eu sempre assumi e estou disposto a arcar com todas as conseqüências que eventualmente possam ser atribuídas pela minha má atuação. Entretanto estou absolutamente convicto de que desses acordos o Brasil não recebeu nenhum prejuízo e que em particular o acordo estabelecido para o fornecimento do reator representa uma das mais importantes contribuições que o esforço atômico brasileiro tem recebido de qualquer governo do exterior. A única contribuição que conheço comparável a essa foi o acordo estabelecido pelo Almirante Álvaro Alberto como o Comissariado da Comissão de Energia Atômica da França para o estudo de usinas de tratamento de minérios. Esses dois fatos são, a meu ver, as duas pedras fundamentais do nosso desenvolvimento atômico. Creio que esse assunto já foi debatido perante o público com a amplitude que a discussão de fatos não sigilosos poderia tomar. Cabe à Comissão Parlamentar de Inquérito o dever e a responsabilidade de esmiuçar e estudar esses assuntos nos seus mínimos detalhes. Assim, pediria a V. Excia. que transferisse para essa Comissão a discussão desse assunto a fim de aguardar o veredicto desse ilustre grupo de brasileiros que em tão boa hora resolveu tomar a si esse problema. Creio que não havendo possibilidade de descermos a detalhes de discussão de textos originais ou textos finais, de modificações propostas e modificações aceitas, em público por se tratar de assunto secreto estaríamos desvirtuando um pouco a finalidade desta reunião e talvez não pudéssemos discutir outros assuntos que são de uma importância não tão grande, porque não conheço nenhum fato que seja mais importante do que a salvaguarda dos nossos minérios, mas que talvez merecessem também o estudo nessa reunião.

### **Professor Mario Schenberg**

Não estou de maneira alguma criticando V. Excia. e não tenho autoridade para

fazer inquéritos. O assunto da Comissão é assunto de cooperação internacional e por isso creio que é do maior interesse que se faça o melhor debate possível.

Não creio que V. Excia. tenha sido o autor deste projeto. Não o creio pelo simples fato de que a essência dele fora publicada anteriormente nos jornais. Mas, são fatos que estão aí. Posteriormente houve essa questão da monazita. Mas, agora quero chegar num ponto que me parece muito importante. O nobre deputado Dagoberto Salles diz que o preço de uma mercadoria no mercado depende, como todos sabem, da oferta e da procura. No momento atual, como observa Sua Excia., o preço do tório, urânio e outras matérias-primas é essencialmente baixo, porque a procura dessas matérias-primas ainda é muito pequena, devido ao fato da era atômica estar começando agora.

Na melhor das hipóteses esse preço de cerca de 10 dólares por quilograma de tório é o ditado pela lei da oferta e da procura. Ou talvez não haja o jogo da oferta e da procura e assim não corresponda à lei econômica. Então a situação seria muito mais grave. Se não há o jogo da oferta e da procura, quer dizer que então há imposição de força. Se seguirmos o raciocínio que S. Excia. faz, haveria uma correlação entre a oferta e a procura desfavorável aos países produtores de matéria-prima neste instante. Sei que em relação a outros minerais, como o berílio, certamente existe uma situação desse gênero. Se existe, quer dizer o seguinte: há um mercado favorável ao comprador e não ao vendedor. Compreende-se que um comprador rico, entre esses naturalmente se incluem os Estados Unidos, procure utilizar o mercado que lhe é favorável, adquirindo. Como dispõe de grandes capitais, pode adquirir essa mercadoria no momento em que o seu preço está baixo para depois revendê-la no momento em que o preço estiver alto. Quanto a essa troca de areia monazítica por trigo, tem sido geral a condenação e creio que o problema está perfeitamente esclarecido. Mas, suponhamos que se trate da troca de areia monazítica por um reator, o mesmo fato econômico irá evidentemente se reproduzir. Os Estados Unidos nos dariam um reator em troca de areia monazítica. Se o preço do reator for de um milhão de dólares, corresponderá a 100.000 quilos de tório, a base de US\$ 10,00 o quilo. Não vejo nenhuma diferença essencial. Iremos pagar com monazita cotada a US\$ 10,00 o quilo um reator que poderíamos pagar com café, algodão ou alguma outra mercadoria. Essa questão é muito importante, muito mais importante talvez do que qualquer outra. Exatamente nesse problema que eu quero me deter. Isso poderia causar gravíssimos prejuízos ao Brasil. Porque nós poderíamos, por cinco reatores – é sabido que mesmo um reator experimental como o NRX canadense, custa cerca de US\$ 10.000.000,00 – comprado na base de US\$ 10,00 por quilo de tório, nos custaria 1.000.000 de quilos de tório, ou seja 20.000.000

de quilos de areias monazíticas. Cinco reatores de experiência como o NRX nos custariam 100.000 toneladas de areias monazíticas, o que parece ser a nossa reserva total estabelecida dessas areias. Isso tem causado uma grande apreensão, não só a mim mas, também a muitos outros brasileiros. A questão do preço pelo qual tem sido vendido o tório é fundamental. O que interessa saber não é se a troca se fará por trigo ou pelo reator, mas o preço que nos pagam por quilo de tório. Outra noite, em discussão havida aqui, o prof. Othon Leonardos disse que no tempo da Guerra a areia monazítica custava US\$ 30,00 a US\$ 40,00 a tonelada; quando foi proibida a exportação, já estava a US\$ 300,00 e subiu a cerca de US\$ 400,00 a tonelada. Assim, verificamos que, num período relativamente curto, essa areia monazítica já subiu de US\$ 30,00 para US\$ 400,00. Isso antes da era atômica ter tomado impulso. Talvez em cinco ou seis anos haja novo aumento dessa ordem.

### **Professor Costa Ribeiro**

V.Excia permite-me uma pequena observação? É preciso não esquecer que houve uma descontinuidade no valor substancial do tório, da mesma forma que aconteceu com o urânio. Eu não sou economista e nem tenho muita simpatia pelos problemas econômicos, mas parece pelo que pude observar em publicações sobre o assunto, no que diz respeito ao urânio, houve um aumento considerável de preço seguido de um aumento considerável de produção. No Canadá atualmente há uma grande apreensão em relação ao preço do urânio que constitui uma das bases da própria indústria atômica daquele país. Assim, esses materiais tendo uma procura muito grande no mundo inteiro começaram a ser produzidos em quantidades muito maiores do que a capacidade de absorção do mercado internacional.

### **Professor Mario Schenberg**

É a lei da oferta e da procura que está em jogo neste momento. A capacidade de absorção do mercado internacional é pequena de modo que qualquer aumento de preço coincide imediatamente com a retração do mercado.

### **Professor Costa Ribeiro**

O argumento de V. Excia. tem muita procedência, mas a previsão de V. Excia. não me parece que possa ser aceita sem restrições, porque pode acontecer que o preço do tório venha a baixar em vez de subir quando ele começar a ser explorado mais intensivamente.

### **Professor Mario Schenberg**

Não sou economista, mas, o Deputado Dagoberto Sales pode nos dar algum esclarecimento.

### **Professor Sylvio Villar Guedes**

A situação não é de procura nem de oferta. O que acontece é que o problema do urânio é financiado por todos os governos que dele se utilizam. O Canadá financia integralmente a aquisição do urânio, bem como a Inglaterra e os Estados Unidos que estão juntos na África do Sul.

Assim, não devemos esperar que o preço do tório venha a subir mais porque não interessa a nenhum desses governos que controlam o mercado de urânio, fazer com que o preço do tório se eleve, porque imediatamente eles comprariam a 10 uma coisa que teria o valor de [...]

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Esse é o motivo pelo qual na Comissão de Energia Atômica tenho sempre me batido, e tenho sido acompanhado nesse ponto de vista pelos meus colegas, que se procure atribuir ao tório um valor que leve em conta o seu valor energético. A meu ver com a crise de combustíveis fósseis, que será fatal dentro de 100 anos, o valor efetivo dos minerais atômicos tenderá a atingir limites próximos de seu valor energético. Não é o seu valor comercial atual, mas dentro de um futuro próximo não tenho a menor dúvida de que será o teto atingido.

### **Professor Mario Schenberg**

Estou de acordo com V. Excia. nesse ponto. Mas, trata-se de um problema de maior importância, ligado à questão da cooperação internacional; como o professor Costa Ribeiro levantou essa questão, achei conveniente examinar esse ponto. Estamos diante de um problema concreto. Não discuto que esse reator seja vantajoso para o Brasil. Referi-me apenas ao preço que vamos pagar. Se fosse para pagarmos em café ou outro produto, não estaria tão preocupado.

### **Professor Costa Ribeiro**

Posso assegurar a V. Excia. que por enquanto as conversações que foram feitas sobre a aquisição de reatores não inclui absolutamente troca por materiais atômicos.

### **Professor Mario Schenberg**

Esses acordos não incluem contrapartida, mas vemos que, ao mesmo tempo, são negociados outros acordos, aparentemente sem nenhuma relação com os primeiros. Mas, todo mundo pergunta se de fato assim é. Um jornal do Rio de Janeiro utilizou a expressão "narcótico de Ike" e agora mesmo uma revista americana de grande divulgação, o Times, também disse que, para facilitar o negócio das areias monazíticas foi feita, neste momento, pela

Comissão de Energia Atômica americana, a oferta de US\$ 350.000,00. Não está na letra do acordo, mas há uma série de negociações pelas quais V. Excia. não é absolutamente o responsável. O fato de não constar desse acordo, não impede que esteja em algum outro acordo.

### **Professor Costa Ribeiro**

Esperemos que a nossa malícia seja a maior.

### **Professor Mario Schenberg**

Infelizmente parece que a nossa malícia está muito pequena. Nós temos sido guiados pela boa fé e não pela malícia. Esse me parece um problema muito importante. Realmente a Comissão de Energia Atômica trata de um ângulo muito limitado o problema. Mas, outros ângulos monstruosos estão sendo tratados por outro departamento do governo em que, talvez, não haja pessoas tão precavidas ou tão patriotas como as que compõem a Comissão de Energia Atômica. Nós brasileiros estamos interessados pelo problema no seu conjunto. É o preço que o Brasil vai pagar pelo trigo, pelo reator ou por qualquer outra coisa que se compre com essas areias monazíticas. Se forem comprados por um preço razoável ninguém poderá se opôr, se não forem afetadas nossas reservas.

### **Professor Costa Ribeiro**

Uma das vantagens na organização dessa organização internacional da energia atômica que vai justamente pedir um pouco de [...] para os materiais atômicos e numa base internacional é, justamente, equilibrar um pouco essas forças, que, por enquanto estão completamente livres. Assim, a Agência Internacional será um elemento de equilíbrio para evitar esse perigo que V. Excia assinalou com bastante prudência.

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Desejaria informar a V. Excia. a esse propósito, que ao ser consultada a Comissão de Energia Atômica sobre a conveniência de aprovar um projeto para a instalação de um reator de potência no país, tomou a Comissão a precaução de recomendar que se aguardasse o estabelecimento da Comissão da Agência Internacional de Energia Atômica a fim de que pudesse obter o urânio enriquecido através dessa agência e naturalmente com um critério de seleção melhor do que poderia ser obtido mediante o acordo com um único país. Aliás, foi uma proposta do professor Leite Lopes, se bem me recordo.

### **Professor Leite Lopes**

Desejaria saber se foram feitos contatos com outros países como, por exemplo, a Inglaterra, no sentido de saber se também podem instalar reatores no Brasil e quais são as

condições para isso. Porque se vamos realmente realizar a competição é de grande interesse que esses contatos sejam feitos com vários países, no interesse nosso.

### **Professor Costa Ribeiro**

Por enquanto, não foram feitos contatos com outros países.

### **Professor Marcello Damy de Souza Santos**

Aliás, não há acordo com nenhum país, por enquanto. Há apenas conversações preliminares.

### **Professor Mario Schenberg**

Há ainda outra notícia que li nos jornais e que me tem preocupado. Ainda ontem soube de uma Conferência feita pelo General Bernardino de Mattos no Clube de Engenharia, na qual o general se referiu ao programa atômico da Inglaterra, reconhecendo ser um programa de vulto considerável. Seriam dois milhões de Kws para os próximos dez anos. Programa muito superior ao norte-americano. As informações de Genebra, dadas pela delegação norte-americana, prevêem um milhão de Kws para os próximos cinco anos. Li também a notícia de que o plano quinquenal soviético prevê dois e meio milhões de Kws para os próximos cinco anos. Há ainda outra notícia relativa aos países latinos e que diz o seguinte: os Estados Unidos são um país muito rico em combustíveis clássicos e em energia hidroelétrica, não tendo interesse tão grande como a Inglaterra, que se vê premida pelo seu problema do carvão, ou a Alemanha Ocidental, que também sente o mesmo problema. Daí o motivo desses países terem maior interesse econômico na solução do problema atômico. Parece-me estranho que não tenhamos contatos com os países que têm os maiores programas de energia atômica para fins pacíficos, maiores que o dos Estados Unidos, quanto à questão de preços de reatores ou mesmo no sentido de serem obtidas informações. Isso também causa perplexidade. Se os Estados Unidos fossem o país com liderança indiscutível no campo das aplicações pacíficas da energia atômica, compreender-se-ia que fosse o primeiro com que mantivéssemos contato, pelo menos quanto à produção de energia elétrica que é o ângulo que mais nos interessa.

### **Professor Costa Ribeiro**

Nesse particular há um pequeno aparte a fazer. É que de fato tanto os reatores até agora construídos pela União Soviética para a produção de energia elétrica, quanto os da Inglaterra, são do tipo um tanto clássicos, enquanto o esforço norte-americano tem sido desenvolvido no sentido de obter reatores de potência de alto rendimento. Portanto,

pode-se dizer que de um lado nesse terreno os americanos estão com um certo avanço em relação aos demais países. Por outro lado o fato que V. Excia. assinalou de que os americanos não têm necessidade doméstica muito grande de energia, faz com que eles tenham se voltado um pouco para esse problema dos investimentos no exterior. As empresas norte-americanas interessadas no problema atômico estão visando, em grande parte a aplicação dos seus investimentos no exterior. Acho que esses contatos a que se refere o professor Leite Lopes e V. Excia. também mencionou, são extremamente úteis e devem ser feitos. Porém, não tenho muita esperança de que eles conduzam da parte desses outros países a um interesse em entrar em negociações conosco. É uma coisa a verificar.

Tenho em vista que os ingleses contemplam a venda de plutônio para o governo, para fins militares. É fato que eles cogitam também, do desenvolvimento de novos tipos de reatores, mas ao que me parece nos Estados Unidos, reatores tipo "breeder" em escala semi-industrial já estão sendo construídos como, por exemplo, esse de Oak Ridge a que tive ocasião de me referir.

### **Professor Mario Schenberg**

Desejaria pedir uma informação ao professor Costa Ribeiro. Li também nos jornais a notícia de que a União Soviética tinha concluído um acordo com o Egito, visando a instalação de reatores de potência, mas não soube de mais detalhes sobre o assunto. Desejava saber se V. Excia. tem alguma informação sobre isso.

### **Professor Costa Ribeiro**

Infelizmente, não possuo nenhuma informação mais detalhada do que essa. Sei que a União Soviética foi, de um certo modo, pioneira ao anunciar grandes projetos de cooperação com países estrangeiros e os Estados Unidos, pouco antes da Conferência de Washington, fizeram oferecimentos da mesma natureza. Não tenho informações mais específicas do que essa que V. Excia. mencionou.

### **Professor Mario Schenberg**

Agradeço muito e quero que fique perfeitamente claro que nunca tive qualquer dúvida sobre a honestidade das intenções de V. Excias. na Comissão de Energia Atômica. V. Excias. são dois grandes amigos meus, há muito tempo. Mas, acho que temos que ver o panorama completo. A atual Comissão de Energia Atômica é apenas uma pequena parte de máquina muito maior e mais complicada.

Quando V. Excias. me disseram que tinham esperanças de que não se trocasse a monazita pelo trigo, outros estavam concretizando essa troca. Assim, as boas intenções

de V. Excias. foram certamente, nesse caso, anuladas pela malícia ou falta de perspicácia de outros. O que temos em vista é o interesse do Brasil, por isso não devemos considerar apenas um aspecto do problema. Acredito haver necessidade de um órgão que centralize todas as questões relativas à energia atômica, para que não aconteçam mais coisas como essas. Enquanto V. Excias. votavam contra a troca da monazita pelo trigo, outro departamento do governo estava concretizando essa troca. Realmente pode acontecer, porque já aconteceu. Deve haver na engrenagem governamental alguma coisa que não está funcionando satisfatoriamente, e que é preciso corrigir para o bem do Brasil, para que não se repitam fatos que podem causar maiores aborrecimentos, como causaram a V. Excias. que eram contra essa troca de trigo por areia monazítica.

### **Deputado Dagoberto Salles**

Não tenho e nem poderia ter, na qualidade de membro e relator da Comissão Parlamentar de Inquérito, direito de discutir nem mencionar o que estamos averiguando. Apenas queria dizer que deposito uma confiança ilimitada nos meus companheiros de Comissão. Eles têm trabalhado seriamente. Tenho certeza de que essa pesada responsabilidade que caiu sobre os nossos ombros será levada avante à custa de qualquer sacrifício. Entretanto, como eu tenho me ocupado do assunto da energia atômica e apresentei ao Congresso um projeto de lei que visa regularizar ou firmar as diretrizes mestras de uma política nacional de energia atômica, eu, nessa qualidade de autor da lei é que [...] das questões muito interessantes que foram levantadas pelo meu colega Mario Schenberg. Antes de tudo devo agradecer o convite que tive para participar deste Simpósio, convite que foi feito na qualidade de político e não na de engenheiro e ex-professor da Escola Politécnica.

### **Professor Haity Moussatché**

V. Excia. foi convidado na qualidade de professor da Escola Politécnica.

### **Deputado Dagoberto Salles**

Desejaria levar um pouco mais adiante meu raciocínio. Penso que o governo e, particularmente no nosso país, não pode de forma alguma estar afastado dos progressos que a ciência tem realizado atualmente, não só no campo pacífico mas no campo militar. Não podem o governo e as autoridades responsáveis pelo desenvolvimento do país se desinteressarem, se afastarem das questões científicas, porque a história nesses últimos trinta anos tem sido escrita nos laboratórios de pesquisa e a própria técnica tem desvendado novos horizontes para a humanidade e alterado profundamente todos os conceitos econômicos e seria um erro palmar, tanto a parte executiva do nosso governo quanto a parte

legislativa estarem afastadas dessas pesquisas, ignorá-las.

Fui convidado como professor da Escola Politécnica mas vim na qualidade de político, porque acho que como político não posso, de forma alguma, estar afastado dos debates científicos que se travam em torno do problema que a meu ver é fundamental para o país.

A elaboração do meu projeto de lei se deve à uma série de denúncias de fatos que ocorreram e que estão sendo investigados agora pela Comissão Parlamentar de Inquérito. Chamo a atenção de V. Excias. para os termos concretos dessa lei em que eu procurei ordenar não só a pesquisa científica no Brasil, como também traçar as diretrizes mestras para o desenvolvimento da energia nuclear no país. Tive, em particular, uma porcentagem do plano nacional de eletrificação que atribui como um recurso da Comissão de Energia Atômica, porque não posso imaginar que aquele plano ignorasse os progressos da eletricidade no campo da energia atômica. São intimamente entrosados e, portanto, deve haver até [...] financeiro e econômico. Traçamos diretrizes para diversos aspectos. É possível que haja algumas falhas nesse projeto de lei e pontos que mereçam um estudo mais detalhado. Evidentemente, o projeto de lei é apenas, como o nome indica, matéria para meditação e para estudo. As diretrizes mestras são dignas de um estudo mais profundo, e sujeitas a modificações sugeridas pelos órgãos responsáveis pela vida nacional.

O professor Mario Schenberg abordou um ponto que considero de importância vital. Já vimos que o dispositivo que veta a exportação de material atômico até que nossas reservas de material de alto teor sejam perfeitamente avaliadas, é justo. Nós assistimos à primeira reunião deste Simpósio e não só pelo que foi debatido aqui, mas também pelos depoimentos dos geólogos na Comissão Parlamentar de Inquérito verificamos que há uma grande divergência de dados. Alguns geólogos estimam em 10.000 toneladas o montante de nossas reservas conhecidas de urânio ou tório. Outros falam em quantidades muito maiores, há outros ainda que pensam que é menos, e, pelo que nós estamos averiguando, corroborando uma antiga impressão minha, é que não foi feita ainda uma estimativa realmente exata, digna de confiança. Por enquanto, as estimativas que são muito respeitáveis, se baseiam em previsões de geólogos, baseados em informações a nosso ver ainda incompletas, porque de outra forma deveria haver concordância nessas estimativas. Não podemos supor que haja cinco possuidores da verdade. Deve haver alguma coisa errada em tudo isso e a prudência nos aconselha, até que seja feita uma estimativa razoável, a não permitir a exportação maciça de minerais atômicos e, principalmente, que dessas exportações o Brasil deixe de ter vantagens ponderáveis.

Quanto à questão do preço que o professor Mario Schenberg aludiu aqui, nós

vimos naquele primeiro dia do Simpósio que existe uma divergência fundamental entre dois conceitos. É o conceito de preço do geólogo e o conceito de preço do físico. O geólogo tem o seguinte conceito de preço, que aliás foi aqui enunciado: custo da extração mais lucro. Portanto, o geólogo acha uma coisa fabulosa que um mineral que custe, vamos supor US\$ 7,00 para extrair seja vendido por uma quantia muito superior a US\$ 9,00 ou US\$ 10,00. Pensam que talvez esteja havendo uma exploração enorme nisso, e se revoltam, na maioria dos casos, contra o valor atribuído pelos físicos aquele material que estão verificando pelo contato que têm, como dizem, com os pés na terra, estão verificando o seu custo. O físico por seu lado avalia o material por uma comparação das suas propriedades, no caso do seu poder energético. O raciocínio que ocorre a todos principalmente a nós engenheiros é que o material que produza, que possa produzir técnica e economicamente um número de calorias igual ao de um outro que necessite para isso de muito maior volume evidentemente deverá ter um preço equivalente. E daí vem essa disparidade de avaliações. Além dessa avaliação de preço eles têm também uma característica de sua posição. Vendo o material na terra eles têm desejo de que aquilo seja logo escavado, industrializado e vendido. Portanto, o geólogo considera uma jazida, logo prevê sua exposição e fica mesmo um pouco impaciente para que aquilo seja mobilizado e não vê razão nenhuma para que não se exporte o material cuja existência ele está verificando no solo, e, como valor, atribui, por aquela formação profissional, o preço comum. O físico, naturalmente, tem outro conceito de valor. Pergunto eu: para o interesse nacional qual é o conceito de valor que devemos adotar? Evidentemente, nós não poderemos impor preços nos mercados mundiais, poderemos sim nos negarmos a vendê-los pelos preços comuns. E, segundo me parece, o professor Mario Schenberg tocou num ponto importantíssimo que deveria ser um pouco desenvolvido. Pensei bastante quando elaborei o texto da lei. O preço atual da [monozita] e do óxido de tório corresponde ao valor que os [geólogos] lhes dão: custo da extração mais lucro. É possível que esse lucro seja um pouco maior ou menor, mas é esse o critério. Aí não interfere, praticamente, a lei da oferta e da procura, porquanto nós sabemos que não há, atualmente, consumo industrial de tório. Creio que sua industrialização para a lâmpada de querosene ou gasolina já está praticamente afastada. Não se pensa mais nisso. A única utilização nobre a meu ver é para a produção de energia. Atualmente, se está construindo reatores e talvez, dentro de dez anos, haja no mundo uns cinco ou dez milhões de KWTS baseados no consumo do tório. Mas, mesmo esses cinco ou dez milhões de KWTS instalados terão um consumo muito pequeno. Não posso aqui fazer o cálculo, mas em um "breeder", baseado em dados que tive do profes-

sor Souza Santos, aliás, abro aqui um parêntesis, o professor Souza Santos foi o homem que me animou e que me encorajou a iniciar essa lei no Congresso. Ele tem sido de uma dedicação a toda prova e tem me fornecido todos os dados, e, agradeço também a colaboração do professor Mario Schenberg que, igualmente, me tem dado esclarecimentos preciosos. Mas, como eu ia dizendo, não há mercado ainda e mesmo daqui há dois anos o mercado será muito restrito, porque 10.000.000 de Kwts, pergunto aos físicos aqui presentes, o consumo em tório talvez não seja da ordem de algumas toneladas apenas? Segundo ouvi de um físico inglês, num estudo apresentado à Conferência de Genebra, ele calculava o consumo de 20.000.000 de Kwts em cerca de 15 toneladas anuais. Portanto, durante muito tempo não haverá consumo maciço e mesmo o Sr. Cockroft nessa conferência final disse que não esperava que, mesmo no fim do século o consumo de tório e urânio fosse além de mil ou duas mil toneladas anuais. Portanto, vamos deixar de lado a lei da oferta e da procura que, praticamente, não pode existir nestes próximos anos. Talvez exista uma procura para estocagem e não para consumo. As nações mais esclarecidas, evidentemente, vão procurar se cobrir de tório e urânio e assim eu interpreto essas vendas que têm sido feitas. Mesmo porque é sabido que o país ao qual o nosso estoque tem sempre se destinado possui estoque grande de tório, dos resíduos da exploração de algumas dezenas de anos, das monazitas da Índia e do Brasil. Qual deve então, ser o preço do tório? Na sessão de anteontem disse que não pretendia fixar o preço do tório ou criar uma COFAP internacional para o tório. Isso naturalmente, será entregue ao senso de patriotismo dos homens que dirigirão o organismo encarregado disso, dentro de certas normas e regras que forem fixadas no texto da lei. Mas, o professor Othon Leonardos versou também, o assunto que acho muito interessante. Contou-nos ele um fato que era sabido, mas que ele reafirmou aqui. Que o tório é um elemento que existe difundido em várias rochas e, em particular, no granito. A concentração, creio, era de algumas partes, ou seja, 10 gramas por tonelada. Nós sabemos de um fato. É que os depósitos de minerais de alto teor de tório são muito limitados. Esse é um fato que conhecemos. O preço atual pelo qual está sendo vendido o tório é baseado na extração do tório desse minério de alto teor. Como esses depósitos são limitados, a procura mundial desse elemento preciosíssimo vai, em pouco tempo, – não é preciso ser profeta para se prever isso – vai, em pouco tempo, ou processar inteiramente esses depósitos ou controlá-los rigidamente. Portanto, eles estarão fora do mercado. Eles estarão sob o controle das nações que são possuidoras ou das nações que tenham colônias e colônias ricas em tório. Então, restará o tório disseminado pelas rochas em fração de 10 gramas por tonelada ou menos até, mesmo, porque esses dados não devem ser

constantes. Penso que o professor Othon Leonardos não tirou amostragem de uma porção de rochas de granito. Ele está citando um fato que deve ter um limite de relação muito grande.

### **Professor Costa Ribeiro**

É um valor médio.

### **Deputado Dagoberto Salles**

É um valor médio. Penso que esse valor deve variar dentro de um limite. Mas, então, sabemos que o tório em minérios de alto teor é limitado e será fatalmente controlado, restará em grandes quantidades o tório contido em rochas de baixo teor. Será então um minério de segunda ou terceira qualidade. Mas, existente em grandes quantidades. O que, a meu ver, vai fixar o preço do tório nos mercados mundiais vai ser o custo de extração desse minério de qualidade inferior. Esse é que vai fixar o preço do tório. Mesmo porque, admito que com o desenvolvimento da energia nuclear os combustíveis clássicos como o carvão e o petróleo poderão competir nas instalações já existentes, porque os engenheiros eletricitistas sabem, o custo do combustível nessas instalações térmicas só influi pouco na formação do Kwt hora, e que, portanto, na instalação que já existia, na qual já se despendeu capital, dificilmente poderá ser tornada obsoleta em comparação com outras. A instalação de energia atômica no futuro próximo, passando pela fase térmica antes de atingir a fase elétrica, terá sempre um custo de instalação de ordem de grandeza comparável à instalação térmica. Como sabemos, a pequena influência que o combustível tem no custo do Kwt hora, sabemos que não vai ser essencialmente barateado o custo da energia nuclear. Isso é um dado também fundamental. Portanto, prosseguindo nesse raciocínio, vejo que o carvão e o petróleo não serão usados em instalações novas. O número de instalações, geradoras de energia elétrica, baseadas no carvão e no petróleo, vai tender a se tornar cada vez menor, porque a energia atômica vai fazer uma competição muito forte. Sabemos que em países que estão se desenvolvendo em ritmo normal, a demanda de energia elétrica [...] num período que oscila de dez anos e que, portanto, os Estados Unidos, por exemplo, que tem 100.000.000 de Kwts instalados, daqui há 10 anos terá 200.000.000 e que disso grande parte será produzida pela energia atômica. Talvez não nesses dez anos, mas nos outros que vêm. E o carvão e o petróleo não vão mais fixar os preços do combustível. O que vai acontecer é que, como expôs o professor Souza Santos com grande acerto, é que essas matérias-primas que são produtos privilegiados da natureza, levarão milhões de anos a serem elaborados e contém x fontes de matérias-primas, que a humanidade cada vez mais usa, a sua utilização como fonte de energia não

é a melhor utilização que possa ter. Futuramente serão destinados à produção de matéria-prima e a energia atômica ocupará a maior parte do campo destinado à energia elétrica. Esse é o meu ponto de vista ao imaginar o desenvolvimento dos próximos anos. O político tem que ser um pouco de tudo. Até um pouco economista e, às vezes, somos rudemente atacados por especialistas das matérias com as quais nos confrontamos e precisamos conhecer um pouco para elaborar as leis. Mas, não há outra saída, infelizmente não há outra forma, é necessário que na elaboração das leis haja homens que entendam um pouco de cada assunto e, principalmente, que estejam ligados ao povo para conhecer os seus interesses e que conheçam também um pouquinho de política internacional e possam, na realidade, defender os interesses do país.

Além disso, há um outro ponto que eu desejaria focalizar e que foi abordado pelo professor Costa Ribeiro na sua exposição. É o que se refere à necessidade de mantermos boas relações com as nações adiantadas do mundo e que estão demonstrando uma boa vontade de nos ajudar. Penso que isso, de fato, é essencial e é preciso que se estenda não só a um grupo de nações, mas a todas as nações que queiram colaborar conosco, queiram nos auxiliar e que em qualquer acordo que se faça no campo da energia atômica, seja com compensações ou sem elas, seja feita uma espécie de concorrência entre as nações do mundo para saber aquela que nos possa trazer, realmente, as melhores vantagens em troca das vantagens que possamos lhe dar.

### **Professor José Goldemberg**

Desejaria professor Costa Ribeiro alguns esclarecimentos. Antes, porém, queria mencionar uma anedota que se contava entre os físicos na Conferência de Genebra. Conta-la-ei aqui, já que estamos em uma assembléia cordialmente reunida. Segundo essa anedota o grande mérito de ter sido convocada a Conferência de Genebra não se deveria ao Presidente Eisenhower e sim ao físico Andersen da Noruega. A verdade é que Andersen e o seu pessoal estavam determinando tão bem as sessões de choque que eram guardadas com tanto segredo pelos americanos que logo acabariam publicando tudo e não haveria mais oportunidade para a concessão generosa de informações no domínio da tecnologia atômica. Essa anedota, naturalmente, foi contada para mostrar a importância dos físicos e esse é um ponto sobre o qual quero insistir aqui. Tem havido várias tentativas ou para desvalorizar os físicos ou para desmoralizá-los nas sessões deste Simpósio nestes últimos dias. Outro ponto que gostaria de salientar e é que quando se trata de tirar energia dos reatores, ou melhor, quando se trata de um reator para a produção de radioisótopos então, naturalmente, os físicos não têm uma participação muito grande. Trata-se de tarefa

que, do ponto de vista dos físicos, é um serviço pouco limpo, “dirty job”. Ficamos então até contentes, porque são os radioquímicos e os engenheiros que processam a coisa. Isso não é fácil. O reprocessamento de materiais é qualquer coisa de muito importante e não quero diminuir a sua importância. Aliás, estive hoje com um colega meu, o professor Hervásio de Carvalho que estava me explicando certas dificuldades muito sérias que existem no reprocessamento químico, mas naturalmente não convém exagerar sempre as dificuldades de operação. As dificuldades a que ele se referiu têm uma explicação para a qual certamente eu, como físico, não posso colaborar na mesma altura. Os físicos se preocupam e se ocupam mais com as dificuldades fundamentais de princípio. O problema que se põe é o seguinte: se o Brasil vai comprar reatores e operar todo o seu programa de energia atômica com reatores comprados, realmente creio que em tal caso, não se deveria dar muita importância à pesquisa em física e à formação de físicos. O que acontece é que, como disse ontem o Dr. Jonas Corrêa, a tecnologia dos reatores está em num estágio elementar e em todos os estágios elementares da tecnologia, isto é, nas fases iniciais do desenvolvimento tecnológico os físicos têm um papel preponderante. É uma situação análoga àquela em que se encontrava a tecnologia de produção de eletricidade quando Faraday descobriu as leis de indução. Faraday fez uma coisa notável, deu uma contribuição básica à ciência, mas antes que a lei da indução permitisse a produção de energia para as lâmpadas de nossas casas, houve um período intermediário. Imediatamente os engenheiros não se chegaram a Faraday e disseram: – “Bom, você já cumpriu sua parte e pronto. Agora, cabe a nós os engenheiros todo o trabalho”.

Há hoje um desenvolvimento tremendo dos geradores elétricos e de toda a instrumentação respectiva. Os desenvolvimentos novos, quem os faz são os pesquisadores, ou na tecnologia ou na física. Esse é o ponto que eu queria salientar. Numa instalação atômica nos Estados Unidos 90% do pessoal é constituído de químicos e possivelmente 90% do dinheiro vai atualmente para os químicos. Acontece que não se pode comparar homem com homem, não se pode comparar um químico com um físico, indiscriminadamente. Assim, é preciso tomar muito cuidado com as estatísticas. Os físicos não desejam a sua desvalorização, pelo contrário, nós sempre estamos com medo de uma generalização apressada nesse terreno. Nós desejaríamos para sermos sinceros, nos beneficiarmos dos frutos da era atômica que já estão tardando sobre a forma de auxílios à pesquisa fundamental. Mas, naturalmente, nós não podemos nos esquivar dessa cooperação. Nessa cooperação, naturalmente, não serão precisos tantos físicos quanto químicos,

mas serão precisos físicos e bons físicos. A menos que o Brasil queira seguir uma linha inteiramente caudatária no terreno dos reatores.

### **Professor Costa Ribeiro**

Folgo muito em ver que V. Excia. tem exatamente o mesmo ponto de vista que foi sempre defendido pelo Conselho Nacional de Pesquisas quando insistiu na necessidade absoluta, na imperiosa urgência de se desenvolverem os programas no domínio da ciência pura, da física pura, da matemática pura. Nós não temos absolutamente o ponto de vista estreito de que unicamente os desenvolvimentos tecnológicos devam ser valorizados e estimulados. Nesse sentido os recursos do Conselho, têm sido aplicados também no desenvolvimento da ciência pura dentro daquilo que nosso meio tem comportado.

### **Professor Jacques Danon**

Sr. Presidente, desejo modificar uma impressão que pode eventualmente ter ficado a respeito do trabalho em química. Acontece que a química não é uma tecnologia e, aliás, tecnologia é algo de muito importante. De outra parte, o trabalho em química, de modo algum é um "dirty job". Sabemos perfeitamente que para poder funcionar, um reator atômico com grafite deve conter, no máximo, uma parte por milhão de boro. Podemos imaginar o que representa como dificuldade atingir tal grau de pureza em dezenas de toneladas de material. Em radioquímica operamos a maior parte do tempo com substâncias invisíveis, os radioelementos, controlamos, medimos, descemos à concentrações as mais ínfimas. Os radioelementos preparados com os reatores nucleares que tanto benefício têm trazido à medicina, à indústria, aos diferentes ramos e tão importantes da atividade humana estão inteiramente relacionados com a atividade dos químicos e dos radioquímicos. Naturalmente, isso não diminui, de modo algum, a importância dos físicos. Aliás, essa divisão entre as contribuições dos físicos e dos químicos não é fundamental. A ciência não se desenvolve em compartimentos estanques. Assim, creio que é importante esclarecer o papel dos químicos, que são tão necessários quanto os físicos, engenheiros, etc. para o programa atômico no Brasil.

Quero ainda lembrar o que ontem afirmei; o número de radioquímicos no Brasil é extremamente reduzido, são apenas dois ou três. Os químicos indispensáveis para esse programa, no meu entender, não estão aparelhados, no momento para tal. É necessário, portanto, compreender a importância do químico e do radioquímico para podermos levar avante o nosso programa de energia atômica.

## **Professor Heitor Grillo - Presidente da Sessão**

Desejaria informar aos presentes que já está no prelo o Relatório do Conselho Nacional de Pesquisas, que deverá ser distribuído dentro de 40 dias. O programa de energia atômica discutido aqui, consta da mensagem que foi lida na Câmara dos Deputados. Está ali, em linhas gerais, o que foi discutido aqui; o problema da formação de pessoal, o problema do Instituto de Energia Atômica, as razões pelas quais foi escolhida a Universidade de São Paulo para abrigar esse Instituto, cuja principal foi possuir aquele estado esse grande núcleo de físicos aqui tão brilhantemente representado. Salienta-se ainda, ali, porque razão foram assinados acordos com os Estados Unidos, dentro de um espírito de boa vizinhança e de cooperação interamericana. A questão da prospecção foi também, amplamente abordado e uma série de exposições de motivos enviada ao Governo pelo Conselho Nacional de Pesquisas demonstrou claramente a insuficiência lamentável do Departamento Nacional da Produção Mineral que tem um núcleo magnífico de técnicos, geólogos e mineralogistas mal pagos e em número insuficiente. O Conselho Nacional de Pesquisas estudou o problema, sugeriu medidas práticas relacionadas com o aumento de vencimentos, com diárias suficientes, para que esses geólogos pudessem realizar esse programa de prospecção.

As verbas do Conselho Nacional de Pesquisas, devo informar, são inferiores a de qualquer universidade americana. Não chegam a Cr\$ 300.000.000,00 e o professor Mario Schenberg tem muita razão, quando julga insuficiente a verba de Cr\$ 10.000.000,00 para um programa atômico.

O professor Batista Pereira, ouvido pela Câmara dos Deputados, fez uma ampla exposição sobre a necessidade de um plano nacional de eletrificação, mostrando a conveniência de serem destacadas as verbas vultosas para esse programa e que permitissem ao Brasil não só a compra desse material exportável, para fazemos o nosso estoque, como também iniciarmos a compra de reatores de potência. Não houve, portanto, descuido por parte do Conselho Nacional de Pesquisas e da sua administração que terminou agora em janeiro.

A razão porque esses dados não foram divulgados, foi o fato de estar o Conselho, aguardando desde 31 de janeiro a substituição de sua administração.

Ainda na parte de auxílios o relatório apresentado consigna o desejo do Conselho de dar um auxílio maior às várias instituições de pesquisas.

Não existe no Conselho o conceito de que ele é apenas de pesquisa biológica. Sabe o professor Leite Lopes que a nossa administração estabeleceu partes iguais para todos os setores e que o Setor de Pesquisas Físicas terá uma verba substancial, este ano, para bolsas

e auxílios de acordo com os pedidos que lhe forem dirigidos e com o programa que o setor elaborar. Além disso, há uma outra verba já aprovada pelo Conselho apenas pendente de decisão presidencial, relacionada com o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. A nossa administração não concordou com as conclusões do inquérito, eu, fragorosamente, faço aqui essa declaração, porque não pertença mais à administração do Conselho – e procurou retirar aquele Centro da posição onde foi injustamente colocado nas conclusões daquele lamentável inquérito. O Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, dizíamos nós naquela Exposição, representa um núcleo de eminentes físicos, um núcleo que não pode deixar de ser prestigiado pelo Conselho. Estamos apenas, aguardando a decisão presidencial para que a verba lhe seja entregue.

Há, além disso, as verbas da Comissão de Energia Atômica não só para a preparação de pessoal, como também para outros serviços e há, ainda, as verbas do serviço de prospecção que com a quota americana e a quota brasileira deverão suprir as deficiências lamentáveis do Departamento Nacional de Produção Mineral.

Desejo ainda salientar que a Comissão de Energia Atômica tem apenas um ano, ainda incompleto, de existência e teve o seu trabalho do ano passado todo dedicado à preparação de teses a serem enviadas ao Congresso de Genebra. Depois desse certame é que foi possível articular esse programa que ai se acha.

Portanto, devemos ter calma, examinar com isenção de ânimo os problemas e ter a certeza de que todos estão trabalhando pelo bem do nosso país.

### **Professor Haity Moussatché**

Penso que seria interessante antes de terminarmos esta reunião, trazer ao conhecimento de todos aqueles que tomaram parte nos debates ou que assistiram a eles, as conclusões a que se chegou e que são devidas a este Simpósio.

(LEITURA DAS CONCLUSÕES)<sup>4</sup>

### **Professor Heitor Grillo - Presidente da Sessão**

Agradecendo a presença e a colaboração de todos vou encerrar esta última reunião do Simpósio sobre Utilização da Energia Atômica para Fins Pacíficos no Brasil, promovida pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

Muito obrigado.

Está encerrada a sessão.

---

<sup>4</sup> As conclusões não foram registradas na Ata.

## O Núcleo Atômico: introdução sobre conceitos básicos, propriedades e aplicações.<sup>1</sup>

O átomo pode ser concebido como uma esfera de elétrons confinados pela presença de um centro massivo atrativo de carga elétrica positiva. O raio dessa esfera é de apenas de um centésimo de milionésimo do centímetro e seu pequeníssimo núcleo central de nucleons - prótons e nêutrons ligados pela força nuclear - tem um raio 100 000 vezes menor.

Cada elemento da Tabela Periódica tem um número específico de elétrons. Embora tão pequeno, o núcleo atômico concentra praticamente toda a massa do átomo e sua carga elétrica total positiva é igual em valor a carga elétrica total negativa dos elétrons da esfera atômica. O número de elétrons de cada elemento é denominado número atômico.

Os núcleos de um mesmo elemento com massas diferentes são denominados isótopos. Os núcleos U-235 e Pu-238 são isótopos de urânio e de plutônio, respectivamente. Os números 235 e 238 desses isótopos indicam a quantidade total de nucleons (prótons e nêutrons) e são denominados de números de massa. Isótopos de um elemento podem ter diferentes graus de instabilidade. É essa instabilidade que é responsável pela radioatividade nuclear; o processo de emissão de fragmentos nucleares ou partículas (elétrons e nêutron) e

---

<sup>1</sup>Barros, Fernando de Souza. Trecho de *Apostila de Física Moderna*, IFUFRJ: 2004

de energia nuclear na forma de radiação (radiação gama). Nos núcleos pesados, por exemplo, os núcleos de plutônio ou de urânio utilizados para produção de energia nuclear, a instabilidade nuclear é consequência da competição entre a força nuclear atrativa - que confina prótons e nêutrons no interior do núcleo - e a força repulsiva entre as cargas positivas dos prótons. Essa força repulsiva é a responsável pelo eventual processo de desintegração nuclear (fissão) de núcleos pesados, liberando energia nuclear. Um elemento é denominado físsil se tem isótopos que se desintegram espontaneamente.

É possível aumentar a fração (teor) encontrada na natureza de um isótopo através de processos físico-químicos denominados de enriquecimento. No caso de urânio, trata-se do aumento percentual do teor natural de seu isótopo U-235, 0,71%, para valores de cerca da 4%, teor utilizado no combustível dos reatores nucleares para geração de eletricidade. As bombas de Urânio têm concentrações acima de 90% de U-235.

Núcleos leves são formados por um outro processo denominado fusão. Essa fusão de nucleons libera energia nuclear. A fusão de núcleos leves é o processo dominante de geração de energia das estrelas, como o nosso Sol. Nas bombas de hidrogênio, muito mais destrutivas de que as bombas atômicas da década de 40 de U-235 ou Pu-239, a liberação de energia é conseguida pelo processo de fusão. Embora perseguida há bastante tempo nos países desenvolvidos, a utilização industrial da fusão nuclear ainda não foi alcançada.

A massa nuclear total varia tanto no processo de fissão como de fusão. Essa variação é responsável pela geração (ou absorção) de energia, prevista desde 1905 pela teoria da relatividade de Einstein. A desintegração de um núcleo instável pode ser espontânea ou induzida. Na desintegração espontânea do isótopo U-235 de urânio, além da ejeção de grandes fragmentos nucleares, ocorre também uma emissão de nêutrons. São esses nêutrons que provocam, por sua vez, a desintegração de outros núcleos de U-235. Esse processo, denominado reação em cadeia, é utilizado para aumentar o número de desintegrações nucleares no interior dos reatores nucleares, aumentando a quantidade de energia nuclear liberada. Uma reação em cadeia é dita controlada quando a taxa temporal de desintegração nuclear pode ocorrer entre limites predeterminados. No início da década de 40, a energia nuclear liberada pela reação em cadeia foi demonstrada ser um processo controlável, ao se operar o primeiro reator nuclear da história da tecnologia nuclear (a pilha atômica de Chicago). Modernamente, esse regime controlado é utilizado nos reatores nucleares para geração de eletricidade.

Plutônio-239 não é encontrado na natureza. Esse elemento físsil é formado no interior das barras de combustíveis dos reatores nucleares, a partir do isótopo mais abundante

de urânio, U-238, quando irradiado por nêutrons gerados na desintegração de U-235. Até o presente, Pu-239 é apenas utilizado em bombas atômicas. A extração de Pu-239 é conseguida pelo reprocessamento do combustível nuclear utilizado, um processo que exige procedimentos físico-químicos especiais, por se tratar de um material altamente radioativo de difícil manipulação. Essa é a razão de se armazenar em piscinas o combustível utilizado dos reatores nucleares.

Na montagem de uma bomba atômica, a reação em cadeia é maximizada a fim de se ter o número máximo de desintegrações de U-235 (ou de Pu-239) em período bem curto. A fabricação de bombas atômicas requer o emprego de uma quantidade de U-235 (ou de Pu-239) conhecida como massa crítica. Uma bomba atômica requer uma massa crítica de 25 kg de urânio enriquecido de U-235 acima de 90%; se o explosivo nuclear é plutônio, Pu-239, a massa crítica é reduzida para 10 kg.

Existem no Brasil jazidas de minerais contendo urânio ou outros minerais de interesse para a tecnologia nuclear. As jazidas brasileiras de areia monazítica - um composto de fosfato com terras raras rico em tório - estiveram muito em evidência durante as décadas de 50 e de 60, quando foram exportadas quase dois milhões de toneladas. A utilização de tório para produção de energia nuclear era um projeto nacional na década de 50. Atualmente, a extração de urânio nacional se concentra nas jazidas de Caetité, Bahia, com reservas estimadas de 100.000 toneladas de óxido de urânio.

**G L O S S Á R I O**

**Acelerador Van de Graaff:** acelerador eletrostático instalado na Cidade Universitária/USP, em 1954, para estudos de reações nucleares utilizando partículas nucleares (núcleos de hidrogênio e de hélio). O trabalho foi liderado por Oscar Sala do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

**Acelerador Béatatron:** instrumento que acelera elétrons contra alvos metálicos e essas colisões geram um feixe de fótons utilizado para estudos de reações nucleares. Instalado em 1946 sob a direção de Marcello Damy de Souza Santos, do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

**Aluviões:** são aquíferos livres, isto é, não confinados, contínuos, com porosidade e condutividade hidráulica dominante intersticial. As espessuras também variam muito, podendo atingir 50 a 60 m. Porém, mais freqüentes com alguma importância como aquíferos, apresentam larguras entre 100 a 300 m, espessuras saturadas entre 5 e 10 m e níveis estáticos variando desde subaflorantes até 4-5 m de profundidade. É importante enfatizar que a exploração do aquífero aluvial depende, em grande parte, das condições de operação dos mananciais de superfície, uma vez que o fator principal de regularização e/ou ampliação é proporcionado pelo fluxo do rio ao qual acha-se intimamente ligado.

**Ciclotron:** Na física de partículas, ciclotron é um equipamento no qual um feixe de partículas sofre a ação de um campo elétrico com uma frequência alta e constante e um campo magnético perpendicular estático. Foi inventado em 1929 por Ernest Lawrence que o usou em experimentos com partículas com 1 MeV (Um Mega elétron-Volt). Neste acelerador, as partículas com cargas elétricas ganham energia num movimento circular, no interior de um campo magnético de alta intensidade. Na época, as energias alcançadas neste acelerador alcançavam 20 MeV.

**Combustível nuclear:** material contendo elemento físsil. Nos atuais reatores comerciais predomina a utilização de urânio enriquecido de cerca de 4% do isótopo U-235. Urânio natural pode ser utilizado como combustível pela técnica CANDU (em inglês, Canadiam Deuterium Uraninum). Nessa técnica, os nêutrons emitidos pela desintegração de U-235 são capturados eficientemente por núcleos vizinhos de U-235 após colisões com os núcleos do isótopo D-2 do hidrogênio (deutério substitue hidrogênio na “água pesada”).

**Elemento físsil:** átomos com núcleos que se fragmentam espontaneamente ou quando são irradiados por nêutrons. Os materiais físséis mais utilizados são U-235 e Pu-239, dos elementos urânio e plutônio, respectivamente. Urânio é retirado de jazidas naturais, sendo enriquecido de U-235, para as aplicações usuais. O plutônio não é encontrado na natureza, sendo retirado das barras com U-235 utilizadas como combustível de reatores nucleares.

**Elétron-volt (eV):** é uma unidade de energia muito utilizada em textos de física atômica, física nuclear e física de partículas. Múltiplos dessa unidade são freqüentemente utilizadas. Em física atômica, além do “eV” utiliza-se o “KeV”, mil elétron-volts. Em física nuclear, utiliza-se também o “MeV”, milhão de elétron-volts, e em física de partículas utiliza-se o “BeV”, bilhão de elétron-volts.

**Levantamento aerocintilométrico:** Prospecção por aviões de depósitos naturais de minerais radioativos, utilizando-se instrumentos para medir radioatividade (comumente, raios gama emitidos por núcleos radioativos).

**Levantamento magnetométrico:** Prospecção por aviões de depósitos naturais de minerais ferrosos, utilizando-se instrumentos para medir variações da intensidade magnética.

**Nióbio:** metal raro utilizado para fabricação de aços especiais e de fios condutores. Nióbio é muito utilizado atualmente na fabricação de bobinas magnéticas supercondutoras.

**Eluviões:** material residual, não transportado, resultante do intemperismo.

**Enriquecimento isotópico:** qualquer processo físico-químico que aumenta a concentração de um isótopo de um elemento. (No caso de urânio, trata-se do aumento percentual do seu isótopo U-235.)

**Explosivos nucleares:** os explosivos nucleares mais utilizados são urânio altamente enriquecido (acima de 90%) do isótopo U-235 e o isótopo de plutônio Pu-239, um elemento que não existe naturalmente, sendo produzido nos reatores nucleares.

**Fissão:** a fissão (desintegração) nuclear é um processo que ocorre nos núcleos atômicos pesados com liberação de energia nuclear. Numa desintegração nuclear, além dos fragmentos massivos são emitidos nêutrons.

**Fusão:** núcleos leves são fundidos formando um núcleo mais pesado e liberando energia. Esse processo requer condições especiais para ser iniciado e é o processo dominante de geração de energia das estrelas.

**Hidrotermal:** Referente a fluido aquoso aquecido, combinado ou não com outras fases fluidas (CO<sub>2</sub> principalmente) em várias proporções, geralmente no estado supercrítico e fortemente reativo, com proveniência mantélica, ígnea ou metamórfica, podendo ainda ter origem meteórica, marinha ou sedimentar em correntes de convecção aquecidas por intrusões ígneas.

**Isótopo:** Os núcleos dos átomos de um mesmo elemento têm o mesmo número de prótons mas a quantidade de nêutrons pode variar, dando origem aos diferentes isótopos do mesmo elemento. U-235 e Pu-238 são exemplos de isótopos dos elementos urânio e plutônio, respectivamente.

**Lixiviação:** Termo original refere-se a ação solubilizadora de água misturada com cinzas dissolvidas (lixívia) constituindo uma solução alcalina eficaz na limpeza de objetos, mas em geoquímica ou geologia de modo geral, usa-se para indicar qualquer processo de extração ou solubilização seletiva de constituintes químicos de uma rocha, mineral, depósito sedimentar, solo, etc.. pela ação de um fluido percolante.

**Massa crítica:** é a massa mínima necessária para manter uma reação nuclear em cadeia. Esta massa varia com vários fatores, tais como: o tipo de isótopo utilizado, sua concentração, forma química e, principalmente, pelo arranjo geométrico do material. Uma bomba atômica requer uma massa crítica de U-235 enriquecido acima de 90% de cerca de 25 kg; se for feita de Plutônio, Pu-239, a massa crítica é reduzida para 10 kg.

**Mgwts:** milhão de watts térmicos.

**Monazita:** mineral composto de fosfato e terras raras, contendo tório e urânio. Tipicamente, as monazitas brasileiras têm alto teor de cério e ítrio, e são ricas em tório (6% do óxido de tório). Durante as décadas de 50 e 60 foi intensa a exploração de areia monazita, processavam-se quase dois milhões de toneladas.

**Mw elétricos:** potência gerada por reatores e que já está disponibilizada na forma de energia elétrica.

**Mw térmicos:** potência gerada por reatores antes de ser disponibilizada na forma de energia elétrica.

**Pegmatito** ou *pegmatite* ou *pegmatita*, é a designação dada a uma rocha ígnea de grão grosseiro em o que o tamanho dos grãos é igual ou maior que 20 mm; estas rochas são também designadas como *pegmatíticas*. A maioria dos pegmatitos consiste de granito contendo quartzo, feldspato e mica. Os pegmatitos são importantes porque frequentemente contêm outros minerais de terras raras e gemas como água-marinha, turmalina, topázio, fluorite e apatite, muitas vezes acompanhados por minerais de estanho e tungstênio, entre outros. É possível encontrar cristais com mais de 10 metros de dimensão máxima.

**Plutônio-239:** produto artificial físsil, formado no interior das barras de combustíveis dos reatores nucleares, quando U-238 do material combustível é irradiado por nêutrons. Plutônio é um dos principais explosivos nucleares, o que justifica a proteção e o controle dos depósitos de combustível nuclear “queimado”, isto é, material retirado dos reatores nucleares após sua utilização para geração de energia.

**Projeto Sincrociclotrons:** com a criação do CBPF foram integrados esforços com o CNPq para incrementar as pesquisas sobre energia nuclear que resultaram no Projeto dos Sincrociclotrons. Erros técnicos como a inadequação do acelerador de partículas comprado da Universidade de Chicago, além do “caso Difini” envolvendo corrupção, transformaram o projeto em um grande fracasso.

**Radiação cósmica:** é a radiação proveniente do espaço e que resulta de interações nucleares entre partículas altamente energéticas emitidas pelo sol e outras estrelas e as moléculas de gás da atmosfera.

**Reação nuclear em cadeia:** nêutrons são emitidos na desintegração do isótopo U-235. Quando esses nêutrons induzem a desintegração de núcleos U-235, situados na vizinhança do núcleo desintegrado, o processo é denominado reação em cadeia. Num

reator nuclear a reação em cadeia de U-235 é controlada entre limites predeterminados. Numa bomba nuclear, essa reação é maximizada para liberação de energia nuclear num período bem curto.

**Reator “breeder”** - Temos dois tipos de combustível nuclear: Físsil e Fértil. Físsil é aquele com o qual é possível obter-se uma reação de fissão em cadeia auto-sustentável, isto é, uma vez iniciada é capaz de manter-se sem necessidade de agente externo e vem a ser o combustível nuclear principal. Fértil é o combustível nuclear que pode transformar-se em Físsil. A transformação do combustível Fértil em Físsil é denominada Regeneradora (Breeder); quando um reator nuclear produz mais combustível Físsil do que o Fértil que consome é denominado Reator Regenerador (Breeder Reactor), ou Superconversor. O  $U_{235}$  é combustível Físsil, bem como o  $Pu_{239}$  e  $Pu_{241}$ . O  $U_{238}$ , o  $Th_{232}$ , o  $Pu_{240}$  e o  $Pu_{242}$  são combustíveis do tipo Fértil e necessitam de combustível Físsil para transformá-los também no tipo Físsil.

**Reator nuclear:** a taxa de desintegração de núcleos físsis é controlada, possibilitando a utilização da energia nuclear liberada; a produção de isótopos para medicina e indústria; e gerando nêutrons para estudos em ciências dos materiais (reator de pesquisa).

**Reprocessamento do material combustível:** tratamento radioquímico do combustível utilizado por reatores nucleares para recuperação de elementos físsis, principalmente plutônio, Pu-239.

**Salvaguardas:** Procedimentos definidos por acordos nucleares para a inspeção de instalações nucleares dos países signatários. O propósito das salvaguardas é evitar o desvio de materiais nucleares para finalidades militares.

**Sincro-ciclotron:** Na física de partículas, sincrociclotron é um ciclotron (um tipo de acelerador de partículas) que varia ou o campo elétrico de frequência constante ou o campo magnético estático para compensar os efeitos relativísticos das partículas com velocidades próximas a da luz.

**Sincrotón:** aceleradores de partículas nucleares de grande porte. Um dos primeiros, o Bevatron de Berkeley, entrou em operação a partir de 1954, atingindo energias 1000 vezes maiores do que os aceleradores da década de 30.

**Terras Raras:** conjunto de elementos pesados com idênticas propriedades químicas. Os processos de separação de Terras Raras requerem metodologias físico-químicas. No aspecto nuclear o grupo mais importante de Terras Raras é denominado de Actínídeo e

contem os elementos com números atômicos maior que 89 (actínio) e menor do que 103 (lawrêncio). A série dos actinídios inclui o urânio (número atômico 92), neptúnio (93), plutônio (94), e amerício (95).

**TNP:** as discussões diplomáticas da década de 1950 para o controle internacional das tecnologias nucleares com vistas às suas aplicações só foram formalizadas na década de 70. No início da década de 1970, foi negociado o primeiro tratado internacional para controle de materiais físséis, o Tratado de Não Proliferação, TNP, que tem a Agência Internacional de Energia Atômica, AIEA, como seu órgão executor.

**Tório:** elemento que pode ser utilizado para produção de combustível nuclear, após sua transformação em U-233 por bombardeio de nêutrons. Nas décadas de 1940 e 1950, as jazidas de tório brasileiras motivaram as negociações de venda do minério de tório pelos Estados Unidos.

**Ultracentrífugas:** equipamento utilizado para o enriquecimento do isótopo de urânio U-235. Enquanto na presidência do Conselho Nacional de Pesquisas, o Almirante Álvaro Alberto adquiriu três centrífugas na Alemanha. O embarque dessas centrífugas para o Brasil foi sustado por pressões internacionais. Esse episódio é apontado como uma das causas para o afastamento, em 1955, de Álvaro Alberto da presidência do CNPq.

**Urânio:** o isótopo de urânio U-235 é o núcleo comumente utilizado para produção de energia. Esse isótopo é encontrado no urânio natural com um teor de apenas 0,71%, necessitando ser enriquecido para as aplicações industriais ou militares. U-233 é outro isótopo físsil formado a partir da irradiação de tório-232 por nêutrons; U-238 é o isótopo mais abundante no urânio natural (99,3%). Como combustível nuclear, o teor utilizado em reatores de potência para geração de energia é de 3% a 5% de U-235. As bombas de urânio são feitas com teor acima de 90% de U-235.

**Valor de [Mil]:** unidade de comprimento 1 mil significa a milésima parte da polegada.

**Watt:** o watt “wt” é uma unidade de consumo de energia, utilizada, por exemplo, para pagamento de contas de luz. Múltiplos dessa unidade são freqüentemente utilizadas, por exemplo, o “**Kwt**” - mil watts, “**Mwts**”, um milhão de watts.

T E M A S

Diretrizes para o desenvolvimento da energia atômica no Brasil

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

Glossário