

CADERNOS SBPC



# 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**

Primeira reunião

25/04/1956

2 0 0 6

**Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil**  
Primeira reunião realizada a 25/04/1956

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

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

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 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 .....	65

## **Cadernos SBPC nº17**

Ata da terceira reunião realizada a 27/04/1956 do Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil .....	6
O Núcleo Atômico: introdução sobre conceitos básicos, propriedades e aplicações .....	56
Glossário .....	59

## APRESENTAÇÃO

Desde sua fundação a SBPC sempre participa das discussões que interessam à ciência e aos cientistas. Criada ao final da Segunda Guerra, fase de grande crescimento do interesse pelo conhecimento da energia atômica, a SBPC já em sua primeira reunião anual, realizada em Campinas/SP, em outubro de 1949, discutia questões relativas ao tema na conferência proferida pelo professor Gleb Wataghin na abertura dos trabalhos, nas diversas sessões dedicadas à Física e na exibição do filme *A Física Atômica*, cedido pelo Conselho Britânico. Há mais de cinquenta referências, opiniões e textos publicados na *Ciência e Cultura* ao longo dos dez anos iniciais.

A evidência do poder de destruição da arma atômica, obtida com os lançamentos de duas bombas sobre cidades do Japão, pode ser apontada como o marco inicial da corrida armamentista durante a Guerra Fria entre os Estados Unidos e a União Soviética, que dividia o mundo em dois. Em 1952 ocorreu o primeiro teste da bomba de hidrogênio norte-americana, seguido rapidamente pela soviética. Em 1956, as duas grandes potências nucleares desenvolviam seus arsenais de bombas termonucleares, mil vezes mais poderosas do que as bombas atômicas que destruíram Hiroshima e Nagasaki em 1945. O mundo via o desenrolar de uma série de eventos como a criação da Organi-

zação do Tratado do Atlântico Norte/OTAN, o início da Guerra da Coréia e o Macarthismo que passava a imperar nos EUA.

Aqui no Brasil, com o fim da Guerra, termina o Estado Novo de Getúlio Vargas - mas este retorna ao poder, desta vez eleito, em 1951, encerrando seu governo com a carta testamento; César Lattes e outros cientistas conquistam, através de suas pesquisas, renome internacional e várias instituições são criadas para fazer ciência, como o CBPF, ou para promovê-la e defendê-la, como a SBPC.

Em 1955, havia um ambiente politicamente conturbado e a divulgação de acusações de desvio de verbas e má administração no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF, levaram a SBPC, após consulta a pesquisadores de física nuclear, decidir realizar o *Simpósio sobre as realizações e possibilidades da Física Atômica no Brasil*. As sessões aconteceram entre 8 e 11 de março na Faculdade Nacional do Rio de Janeiro com o “objetivo de esclarecer o público em geral sobre o que se realizou e se vem realizando de positivo, no Brasil, nesse campo de pesquisa científica...apresentar ao público, e especialmente, aos poderes responsáveis pelo custeio e incentivo de tais pesquisas, um balanço objetivo sobre a situação da Física Atômica no Brasil, bem como suas possibilidades futuras para o desenvolvimento do país”. Em suas conclusões esse Simpósio, além de apontar as muitas realizações alcançadas, apesar das enormes dificuldades enfrentadas como a remuneração inadequada, o reduzido número de profissionais especializados, a falta de equipamento nos laboratórios, os empecilhos para importação do material necessário à pesquisa, bibliotecas deficientes, etc., apontou medidas para superação desse quadro. Dentre as ações que deveriam ser sugeridas às autoridades estavam a colaboração entre órgãos governamentais e os cientistas da área; profissionalização do físico; aumento de bolsas para alunos e pesquisadores; seleção rigorosa dos bolsistas para estudos no exterior; instituição do regime de tempo integral; criação de programas específicos para pesquisa; construção de reator experimental que permitisse a ampliação dos estudos das aplicações pacíficas da energia atômica<sup>1</sup>.

No ano seguinte, entre 25 e 27 de abril, também na Faculdade Nacional de Filosofia no Rio de Janeiro, a SBPC promoveu o *Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil*. No período entre os dois simpósios alguns acontecimentos alteraram o quadro da situação da Física e do país. Além da realização da Conferência de Genebra em agosto de 1955, que contou também com a participação de cientistas brasileiros e discutiu os encaminhamentos para a pesquisa em energia atômica, concretizou-

---

<sup>1</sup> *Ciência e Cultura*, vol.7, nº1,1955, p.52-54.

se a possibilidade de instalação de reatores atômicos no país; acordos foram assinados pelo governo relativos aos recursos minerais e outras questões foram colocadas para cientistas e autoridades no que concerne à pesquisa de energia nuclear<sup>2</sup>. Visando discutir soluções às questões colocadas a SBPC reuniu físicos, geólogos, radioquímicos, engenheiros, outros especialistas e autoridades para debaterem durante três dias.

Na abertura da primeira sessão, o presidente da SBPC, Anísio Teixeira, convidou o presidente do CNPq, T<sup>te</sup> C<sup>el</sup>. Aldo Vieira da Rosa, para dirigir os trabalhos sobre o tema dos recursos atômicos do Brasil e sua industrialização. Nessa sessão Sylvio Villar Guedes discorreu sobre as principais ocorrências de urânio no Brasil; Elysiário Távora falou sobre a mineralogia dos depósitos de urânio, mas infelizmente, temos transcrita apenas a introdução dessa palestra; Francisco Maffei tratou de problemas da produção de urânio no Brasil. Sobre a disponibilidade no país de jazidas de minerais atômicos, foi constatado que prospecções sistemáticas de monazita litorânea tinham sido realizadas por empresas privadas, principalmente estrangeiras. As evidências de ocorrências minerais com alto teor de tório ou de urânio, eram preliminares, baseadas na utilização da técnica de cintilometria aérea. Os informes e as discussões demonstram que os participantes do Simpósio tinham conhecimento dos rápidos avanços tecnológicos que ocorriam nos laboratórios de pesquisa dos EUA e Europa. A Ata registra discussões acaloradas e o forte embate entre o geólogo Othon Leonardos e os físicos presentes sobre o valor econômico dos minérios de tório e urânio.<sup>3</sup>

O tema da segunda sessão, presidida por Arthur Moses, foi o desenvolvimento da energia atômica no Brasil. Dela participaram como oradores José Leite Lopes que falou sobre a pesquisa em física atômica e sua importância no desenvolvimento do país; Ugo Camerini e José Goldemberg que trataram de um aspecto apontado como crucial no Simpósio de 1955, ou seja, a preparação de pessoal a ser utilizado nos institutos, universidades e organizações que necessitassem cientistas e técnicos dedicados à física atômica e nuclear; Jonas Corrêa mostrou seu domínio sobre os reatores de potência. O físico Leite Lopes traçou um painel do desenvolvimento da pesquisas no Brasil e a criação do Conselho Nacional de Pesquisas. Falou sobre a questão internacional e a prática do segredo durante a Guerra Fria e das transformações ocorridas após a Conferência de Genebra. Ponto muito salientado nessa segunda sessão foi a inexistência de quadros técnicos e de pesquisadores para iniciar um programa nuclear nacional significativo e gerou muitas intervenções como

---

<sup>2</sup> Os Acordos realizados a partir de 1945, principalmente com os EUA, podem ser conferidos na Cronologia anexa.

<sup>3</sup> *Ciência e Cultura*, vol.8, nº2, 1956, p.124-126. O *Noticiário* sobre o Simpósio de 1956 e trechos do original das Atas estão reproduzidos em fac - símile no *Cadernos SBPC nº 7*, páginas 67-76.

as de Paulus Pompéia e Mario Schenberg, tendo este último salientado o perigo do grupismo para o desenvolvimento da ciência no país.

A terceira sessão, presidida por Heitor Grillo, teve por tema as diretrizes para o desenvolvimento da energia atômica no Brasil. Marcello Damy, então diretor do Instituto de Energia Atômica, iniciou os trabalhos falando sobre o Programa Atômico Brasileiro, apresentando a nova proposta de programa nuclear, a qual era desconhecida da maioria dos participantes. A proposta havia sido elaborada no início de 1956, no âmbito do Conselho Nacional de Pesquisas. Joaquim da Costa Ribeiro discorreu sobre a energia atômica e a cooperação internacional referindo-se ao desenvolvimento da física atômica no mundo, inclusive, expondo resultado da reunião de Washington para elaboração dos estatutos da Agência Internacional de Energia Atômica. Questionou a agressividade brasileira em relação a exportação de materiais estratégicos. Os debates envolvendo exportação de materiais atômicos foram intensos. É evidente nos registros da sessão, o impacto entre os participantes gerado pela fala de Costa Ribeiro sobre as iniciativas governamentais junto aos órgãos das Nações Unidas e ao governo norte-americano. Está registrada nas Atas a decisão governamental de priorizar colaborações internacionais no desenvolvimento nacional do setor nuclear. A abertura oferecida pela discussão das conclusões do Simpósio foi utilizada para um intenso debate sobre as conseqüências dessas decisões ao desenvolvimento nacional deste setor. Destaca-se o debate sobre o futuro das pesquisas nacionais para a utilização do Tório.

O Projeto Memória da SBPC apresenta nos Cadernos SBPC nºs 15, 16, e 17 a transcrição das Atas das três sessões desse Simpósio de 1956. O documento deixa claro que as sessões foram gravadas, e depreende-se que depois da transcrição datilografada alguns autores fizeram correções manuscritas de suas intervenções. A versão apresentada incorpora essas alterações feitas pelos cientistas e quando isso ocorre, insere nota de aviso ao leitor. Na digitação para publicação pouco se alterou dos originais, apenas quando era fundamental para compreensão, adendos foram inseridos entre colchetes. As falhas de transcrição estão apontadas pela utilização de três pontos entre colchetes. Infelizmente, as conclusões do Simpósio não foram transcritas.

Com o objetivo de auxiliar a leitura das exposições e dos debates, com a ata da primeira reunião, publicamos uma cronologia de acontecimentos políticos e científicos, que marcaram o período compreendido entre 1905 e 1966; no número seguinte, à Ata da segunda reunião, anexamos pequenos perfis dos cientistas participantes e, no número 17,

que trás a Ata da terceira reunião, apresentamos um breve texto sobre o núcleo atômico seguido de um pequeno glossário de termos técnicos.<sup>4</sup>

Esse importante conjunto documental foi preservado por Haity Moussatché que, em 1980, o entregou ao então secretário regional da SBPC no Rio de Janeiro, Ennio Candotti, que o cedeu para ser incorporado ao Arquivo Histórico da SBPC.

Hoje, quando o Simpósio completa cinqüenta anos, sua publicação na *Série Cadernos SBPC* objetiva não só registrar a participação da Sociedade nas discussões fundamentais do país, mas, principalmente, oferecer esse documento aos estudiosos da história da energia nuclear e contribuir para a compreensão da situação atual do desenvolvimento científico em nosso país.

Por fim, gostaríamos de agradecer e salientar que muito do apresentado nos anexos destes Cadernos SBPC só foi possível pela contribuição das professoras Amélia Império Hamburger, do Instituto de Física da USP; Maria Amélia Mascarenhas Dantes, do Departamento de História da FFCL/USP e a inestimável participação do professor Fernando de Souza Barros, do Instituto de Física da UFRJ, que compartilhando seus conhecimentos em física e política de energia nuclear, esclareceram nossas dúvidas, corrigiram nossos equívocos e por certo, não devem ser responsabilizados pelas eventuais falhas aqui registradas.

Walkiria Chassot  
Projeto Memória SBPC  
Julho | 2006

---

<sup>4</sup> Salles, Dagoberto. *As razões do Nacionalismo – Assuntos proibidos da política brasileira*. São Paulo: 1959. Editora Fulgor. 1ª edição. Este livro trás o Relatório da Comissão Parlamentar de Inquérito sobre a questão da energia atômica no Brasil e mais dois relatórios de outras CPIs, dos quais o autor foi relator. A leitura desse relatório auxilia a compreensão das Atas. O Relatório serviu de fonte para elaboração da Cronologia.

para **José Leite Lopes**, *In Memoriam*

Em 1956, quando ocorre o Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil, foi criada a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN para assumir as funções do CNPq em relação à energia nuclear e Leite Lopes descreveu assim a situação da época e o papel da SBPC: *"criada a Comissão Nacional de Energia Nuclear, foram anunciados programas para favorecer a instalação de instituições dedicadas ao desenvolvimento da energia atômica. Pressionada por múltiplos interesses, a Comissão adotou a política de criar institutos de energia atômica em alguns centros universitários tais como São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, ao invés de formular um vigoroso programa nacional, concentrando inicialmente estudos e pesquisas em um grande instituto nacional de energia nuclear. E, sobretudo, novos acordos com os Estados Unidos condicionaram a política da CNEN. Essas questões foram amplamente debatidas em reuniões da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência em 1958 e até 1964, assim como em simpósios e seminários sobre energia atômica. As preocupações de autonomia de um desenvolvimento sem dependência dessa importante forma de energia, formuladas por vários cientistas, opunha-se à política oficial de colaboração irrestrita com o governo dos Estados Unidos, política essa sustentada igualmente por homens de negócios e por cientistas e engenheiros que terminaram por controlar totalmente a Comissão Nacional de Energia Nuclear"*.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Leite Lopes, José. *Ciência e Libertação*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1969. 174p.

Esta obra é essencial para o entendimento do debate nas décadas de 40 e 50. Recomenda-se a leitura de sua segunda edição em 1978. É possível também seu acesso eletrônico através da Leite Lopes Virtual Library/ <http://www4.prossiga.br/lopes/ing/prodpol/ciencialibertacao/SUMARIO.htm>. Descreve a situação no campo da física nuclear e o processo iniciado no final da década de 1940 para formulação de uma política nacional para o desenvolvimento de energia nuclear.

Trecho acima: <http://www4.prossiga.br/lopes/ing/prodpol/ciencialibertacao/Cap17-1.htm>

**1ª REUNIÃO  
REALIZADA A  
25 | 04 | 1956**

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

### **Dr. Anísio Teixeira - Presidente da Sessão**

Abrindo a sessão inaugural do “Simpósio sobre utilização da Energia Atômica para fins pacíficos no Brasil”, promovida por físicos da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, em primeiro lugar quero apresentar as desculpas do Almirante Álvaro Alberto que não pode comparecer por motivos particulares, e, ao mesmo tempo, transmitir por parte dele os votos para o maior êxito possível destes trabalhos.

Achando-se presente a esta sessão inaugural o T<sup>te</sup> C<sup>el</sup>. Aldo Vieira da Rosa, Presidente do Conselho Nacional de Pesquisas, quero pedir a Sua Excelência, que conceda à Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência a honra de presidir esta sessão.

### **T<sup>te</sup> C<sup>el</sup>. Aldo Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Muito obrigado à Vossa Excelência.

### **Dr. Anísio Teixeira**

Pediria licença ao Sr. Presidente da sessão para ler as instruções que regulam o Simpósio.

(leitura das instruções)

### **T<sup>te</sup> C<sup>el</sup>. Aldo Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Tem a palavra o Dr. Sylvio Villar Guedes

## Dr. Sylvio Villar Guedes

### Introdução

Honrado com a oportunidade de dirigir a palavra à tão seletto auditório, aqui estou atendendo à convocação da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, no cumprimento do dever de contribuir com meus poucos conhecimentos para o esclarecimento dos problemas relacionados com a produção de energia nuclear no Brasil.

Pesa sobre meus ombros a responsabilidade de relatar as principais ocorrências de urânio e tório. Nada nos faz crer sermos menos aquinhoados que as outras nações do mundo em matérias-primas para a produção de energia nuclear, embora pouco se possa inventariar no momento.

Verdade é que, já no limiar da era da energia nuclear, desaparelhados neste, como nos outros campos da atividade mineral, pouco fizemos ainda, mas muito poderemos fazer se, abandonando a atitude contemplativa e derrotista de muitos, deixarmos para trás o asfalto, e empunhando a pá e a picareta cavarmos o subsolo, em busca da riqueza mineral que ele nos oculta, certos de que, sem um trabalho árduo e contínuo, nunca conquistaremos para nós o respeito que merecemos. Nem, de outra maneira, garantiremos aos nossos físicos que já agora se apressam em fazer funcionar no Brasil o primeiro reator nuclear, o combustível de que carecem, sem que tenhamos para isso de depender de nossos vizinhos, ou de empregar as magras divisas que o café nos proporciona.

Defendemos a tese de que o Brasil deve empregar todos os meios ao seu alcance para explorar suas riquezas minerais, mas opomo-nos frontalmente à idéia de que essa exploração objetive apenas exportação de minérios para a produção de divisas, quando melhor serviriam aos nossos interesses se fossem utilizadas no desenvolvimento nacional industrial, proporcionando uma economia de divisas correspondente à soma que no momento destinamos à aquisição no exterior, de matérias-primas.

Somente uma política apoiada num inventário sistemático de nossas riquezas minerais, evitaria os erros cometidos no passado, – exportação de minérios de manganês especialmente localizados para serem utilizados pela nossa indústria siderúrgica, – e recomendaria a conveniência de exportar-se determinadas matérias-primas, de acordo com o interesse superior da Nação.

Definida a orientação que defendemos nesse assunto, passaremos em revista as principais ocorrências de minerais radioativos no Brasil, na base de conhecimentos pessoais, desde que não nos foi dado consultar os relatórios geológicos executados para o Conselho Nacional de Pesquisas, pela Divisão de Fomento da Produção Mineral e pelos geólogos

norte-americanos que conosco colaboram na catalogação dessas ocorrências.

Procuraremos suprir essa deficiência, relatando aqui o conhecimento de uma única ocorrência, bastante para superar os algarismos já mencionados por alguns técnicos que se exprimiram sobre as reservas de minerais de urânio e tório, no debate que no momento se processa. Outros técnicos melhor informados sobre as demais ocorrências, certamente, poderão adicionar às quantidades aqui reveladas, novas reservas que mais ainda nos distanciam das previsões já divulgadas. Pareceu-nos apropriado preceder às descrições das ocorrências de ligeiras noções sobre ciclo geoquímico do urânio e do tório, focalizando como podem tais noções concorrer para o estabelecimento de diretrizes na pesquisa destes elementos, dentro das áreas consideradas as mais favoráveis, à luz dos presentes conhecimentos da geologia do nosso território.

Tório e urânio aparecem sempre estreitamente associados em rochas ígneas, presentes sempre nos mesmos minerais. Dados do mundo inteiro demonstram que a relação do tório para o urânio é aproximadamente constante, e da ordem de três para um. O seguinte quadro demonstra, em partes por mil, a freqüência do urânio e do tório nos diversos tipos de rochas ígneas:

<b>Rochas</b>	<b>URÂNIO*</b>	<b>TÓRIO*</b>
ultra-básicas	0,03	1,00
gabroicas	0,96	2,8 - 3,9
intermediárias	1,4 - 3,3	4,4 - 10,5
graníticas	2,7 - 3	7 - 13,5
alcalinas	10 - 200	30 - 600

\*em ppm

Urânio e tório parecem estar sempre associados com os últimos diferenciados de intrusivas, explicando-se dessa maneira o mais alto teor desses elementos nas rochas alcalinas e alcali-graníticas. Fora das rochas ígneas, tório e urânio apresentam dessemelhanças acentuadas. Em depósitos minerais, concentrações desses elementos com valor econômico nunca são encontradas juntas. Uma explicação possível para este fato é que urânio e tório, embora associados no ciclo magmático, se diferenciam na fase hidrotermal. No ciclo magmático, cristalizam nas mesmas condições, sob a influência predominante de seus raios iônicos e baixa concentração. Todavia, nas últimas fases do ciclo magmático mudam as condições originais, tornando-se o meio oxidante, passando o urânio de tetra a

hexavalente, sendo sob esta última forma, altamente solúvel em soluções aquosas, enquanto permanece o tório insolúvel em sua tetravalência única. Assim separar-se-iam naturalmente os dois elementos na fase hidrotermal.

A lixiviação do urânio na superfície explica-se dessa maneira, fazendo com que amostragem superficial acuse sempre teores insignificantes de urânio, quando os teores de tório se apresentam inalterados.

Por outro lado, a presença de urânio, associado à matéria carbonosa e sulfetos, evidencia também a influência da fixação do urânio em condições redutoras.

Tais fatos exercem influência decisiva como controle geológico na pesquisa de depósitos de urânio e tório, em áreas onde ocorrem rochas ígneas e metamórficas. Nas áreas com rochas sedimentares permeáveis o principal controle da deposição é exercido pela maior ou menor facilidade de circulação que encontram as soluções portadoras desses elementos, através juntas, fraturas, etc. Resulta que, na prospecção de regiões onde ocorrem batolitos graníticos, deve-se dispensar particular atenção às seguintes situações:

a. pequenas intrusivas alcalinas satélites, carbonatitos associados, veios, como possíveis fontes de tório.

b. Pegmatitos, especialmente os que ocorrem na rocha regional com alto grau de metamorfismo.

c. Veios, de idade mais recente que o batolito.

Urânio e tório ocorrem em vários tipos de rochas e em formações as mais diferentes. Todavia, três são os de maior distribuição, que se destacam como mais favoráveis: 1. faixas de rochas pré-cambrianas; 2. áreas com sedimentos permeáveis; 3. acumulação de areias detríticas.

**1 Faixas de rochas pré-cambrianas** – entre as ocorrências brasileiras que se enquadram nesta divisão, podemos enumerar as seguintes:

a. Província pegmatítica da Borborema no Nordeste.

b. Província pegmatítica de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro, abrangendo parcialmente as bacias dos rios Jequitinhonha, Doce, Paraíba do Sul, Grande, Rio das Mortes e Paraopeba. Faixa de quartzitos algonquianos da Serra de Jacobina, na Bahia.

c. Província magmática alcalina de Poços de Caldas e intrusivas alcalinas e básicas de Tapira, Araxá e Salitre, em Minas Gerais; Mato Preto, Itapirapuã, Jacupiranga, Ipanema, Juquiá, Serrote, em São Paulo; Anitápolis e Lages em Santa Catarina; Marapicu, Tinguá, Cabo Frio, no Rio de Janeiro e Distrito Federal.

d. Faixa de migmatitos das regiões de São João Del Rei e Itabirito.

a. A província pegmatítica da Borborema teve sua grande fase de atividade durante a última guerra mundial, produzindo principalmente concentrados de cassiterita e tantalita.

Criado o interesse pelos minerais radioativos, cuja existência ali já era conhecida, investigações foram efetuadas tanto nos pegmatitos como nos eluviões deles provenientes.

Não fogem à regra válida no mundo inteiro os nossos pegmatitos os quais só em condições muito especiais poderão ser economicamente lavrados, provavelmente pela associação de dois ou três minerais úteis e, mesmo assim, em atividades descontínuas mas com caráter de garimpagem.

Interessante é a parcela com que contribuem para os eluviões e aluviões das bacias hidrográficas adjacentes dos rios Seridó e Piranhas nas regiões de Florânia e São Rafael.

b. A província pegmatítica de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro não se revelou até agora merecedora de importância econômica existindo aqui como lá apenas o interesse pelos depósitos aluvionares que dela derivam. Entre as áreas que devem merecer atenção está o curso inferior do Paraíba do Sul, não só pela contribuição original no transporte dos minerais originários dos pegmatitos, como também pela redeposição de areias monazíticas no seu delta, onde já assinalamos fracas anomalias radioativas em reconhecimentos aerocintilométricos ao longo da costa atlântica.

Cabe aqui ressaltar que, desfazendo engano de muitos, as anomalias reveladas pelos levantamentos cintilométricos na região de São João Del Rei – Itabirito, bacias dos rios Grande, das Mortes e Paraopeba, não se originam de pegmatitos, e que mesmo pegmatitos gigantes como o de Volta Grande não produziram situação anômala nos levantamentos.

c. A presença de fraca radioatividade nos leitos metaconglomeráticos que ocorrem no quartzito algonquiano da Serra de Jacobina, foi notada em 1953 pelos geólogos norte-americanos White e Talbert, naquela época acompanhados do jovem geólogo brasileiro Helen Bessa.

As amostras acusaram teores fracos de urânio e possibilitaram a identificação do mineral radioativo uraninita.

Embora os primeiros resultados sejam relatados como desencorajadores (não conhecemos os trabalhos que foram executados depois), queremos focalizar aqui a semelhança da situação de Jacobina com a de Blind River que mostram onde a pesquisa esteve relegada a plano secundário durante dois anos, na base de baixo teor em amostras superficiais, até que as sondagens estabeleceram definitivamente a presença de urânio em quantidades comerciais. A área de Blind River é atualmente uma das maiores reservas mundiais de urânio.

A ocorrência em Jacobina não deve ser abandonada antes que nela sejam efetuadas sondagens profundas.

d. Em Poços de Caldas, província magmática de rochas alcalinas já conhecidas de longa data, principiamos as primeiras investigações aerocintilométricas no Brasil, para estabelecer em que condições se poderia detectar radioatividade do ar.

Seguindo vagas indicações dum vôo preliminar feito pela Cia. Lasa, e a localização aproximada das principais ocorrências de zircônio uranífero, estabelecemos sem sombra de dúvida, com um grupo de vôos paralelos executados com um pequeno avião provisoriamente adaptado para reconhecimentos cintilométricos, a detectabilidade da radiação proveniente das ocorrências de zircônio diferenciando- as da radiação proveniente do Morro de Ferro, onde foram depois identificados minerais contendo tório e terras raras.

Os trabalhos já executados indicam para as reservas de tório, somente em Morro do Ferro, algarismos da ordem de 36 mil toneladas.

Nada podemos adiantar sobre os resultados dos trabalhos recentemente concluídos, por não termos tido acesso aos relatórios correspondentes.

Pelos resultados obtidos na investigação realizada em Araxá, e com o conhecimento da Associação Petrogenética ali ocorrente, procedemos a um exame sistemático de todas as situações semelhantes, onde rochas alcalinas se intrometiam em complexos metamórficos, tendo conseguido estabelecer a presença de radioatividade pelos menos nas seguintes: Tapira, Serra Negra, Salitre e Anitópolis.

Tais anomalias, cuja existência já foi relatada ao Conselho de Pesquisas, permanecem por verificar e estabelecer, com razoável precisão, a fonte da radioatividade e a importância econômica que possam ter.

O programa foi interrompido porque, seria simplesmente impraticável cometer a uma Companhia particular a tarefa de investigar ocorrências dessa natureza sem a participação do Conselho.

Faremos um relato pormenorizado da ocorrência de Araxá, por motivos que adiante justificaremos.

Durante o levantamento aerogeofísico-geológico executado pela Prospec, para a Divisão de Fomento da Produção Mineral, objetivando zinco, chumbo e associados, foram detectadas duas anomalias radioativas, identificadas no terreno como provenientes de rochas alcalinas, possivelmente do tipo de intrusivas satélites a que já antes aludimos, relacionadas com os batolitos graníticos do Vale do Iguape.

Investigações de mais detalhes foram executadas posteriormente pelos geólogos

Melcher e Wedow, de cujos resultados não temos conhecimento, embora já relatados ao Conselho de Pesquisas.

É certo que se trata de tório, elemento que vem sendo considerado pelos técnicos executantes do acordo como de interesse subordinado.

e. Nos levantamentos executados na região de São João Del Rei e Itabirito, nada menos que seis anomalias foram reveladas. Uma delas, com uma área de aproximadamente 240 km<sup>2</sup>, é devida a presença de torita, em faixas mineralizadas de direção Norte-Sul, conforme atestam repetidas análises procedidas no Instituto Nacional de Tecnologia de Belo Horizonte.

São faixas migmatíticas num graís granítico alcalino, onde se concentram horblenda, epidoto, etc., exibindo textura cataclástica, indicando unidade tectônica com excelentes possibilidades de mineralização que não foram ainda devidamente investigadas.

É recomendável, em face da grande área da anomalia, preceder o programa de amostragem superficial e sondagens sistemáticas, de um levantamento aerocintilométrico detalhado, executado em cooperação com a Força Aérea Brasileira, utilizando helicópteros.

As outras anomalias de menor expressão em área, merecem, não obstante, atenção imediata, se o inventário de nossas reservas de minerais radioativos for o nosso objetivo. Em todas, amostras esporádicas permitiram a verificação da presença de urânio e tório.

Na área de Itabirito, duas anomalias merecem especial destaque, por abrigarem a esperança de, conforme indicam análises já efetuadas, conterem minerais de urânio.

Contra o argumento de que anomalias não são depósitos de minerais radiativos, levantamos a preliminar de que, em 1953, Araxá nada mais era que uma anomalia radioativa.

## **2 Áreas com sedimentos permeáveis**

Não se conhece ainda no Brasil áreas sedimentares com formações arenosas onde radioatividade tenha sido detectada.

Nenhuma tentativa foi ainda executada com esta finalidade, embora formações clásticas de grande extensão como os arenitos da bacia Maranhão-Piauí, da Série Jatobá, da bacia Paraná, etc. justifiquem uma programação de tal natureza.

Digno de nota é também a comprovação, em outros países, de que a radioatividade sempre se associa a carvões de má qualidade, alto teor em cinzas e baixo poder calorífero. Se isto acontecer entre nós, será mais um fator decisivo no aproveitamento de nossos carvões.

Projetos dessa natureza coordenados por uma comissão de energia atômica, de certo trarão informações de valor para o conhecimento de nossas possibilidades em matérias-primas para energia nuclear.

### 3 Acumulação de areias detríticas

A presença de areias monazíticas na costa do Brasil é de longa data conhecida, tendo sido descontinuamente exploradas, a princípio, de maneira primitiva, agora com beneficiamento para a separação de sais de urânio, tório e terras raras.

O geólogo Otton Leonardos estima as reservas de areias monazíticas nas ocorrências do litoral entre 250 mil e 350 mil toneladas. A erosão dos pegmatitos da Borborema favoreceu a formação de eluviões e aluviões nas bacias dos rios Seridó e Assu, em Florânia e São Rafael no Rio Grande do Norte, cujas reservas são presentemente estimadas em 150.000 toneladas.

A não ser no vale do Rio das Mortes em São João Del Rei, onde aluviões foram prospectados para a recuperação de cassiterita, e onde se cogita da dragagem dos depósitos aluvionários nos cursos principais, o problema da pesquisa de minerais radioativos em aluviões permanece em aberto.

Convém notar que o tratamento de aluviões para a recuperação de minerais pesados é quase sempre compensador, dada a possibilidade do aproveitamento de vários deles na mesma operação.

O delta do Rio Paraíba deve merecer uma atenção particular em face das considerações a que aludimos.

### ARAXÁ

Representa por todos os motivos uma ocorrência padrão. Deixamos muito de propósito para o fim a ocorrência de minerais radioativos do Barreiro, porque nos ensina através a história resumida de sua descoberta, que hoje trago ao conhecimento dos brasileiros, um exemplo de como se deve proceder, se quisermos passar além do terreno dos debates, para as realizações práticas.

Em 1946, o Engenheiro Djalma Guimarães dirigindo a seção de pesquisas geológicas do Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais, apoiado nos estudos anteriores, principalmente, de Derby, Costa Sena, Carneiro Felipe e Andrade Junior, e na petrografia e petrogênese que fez nas rochas colhidas durante o reconhecimento geológico desse último, recomendou ao governo de Minas Gerais a pesquisa de rochas fosfáticas no Barreiro, 9km ao sul da cidade de Araxá.

As primeiras sondagens verificaram a existência de rochas fosfáticas, contendo principalmente apatita, magnetita e baritina cujo volume hoje provado é de 90 milhões de toneladas de  $P_2O_5$ .

Esplêndida vitória da técnica pelas simples e prática aplicação de conhecimentos geoquímicos.

Os trabalhos de Costa Sena e Carneiro Felipe haviam revelado serem radioativos a baritina e a apatita de Barreiro, explicando assim a radioatividade das águas ali surgentes.

Como diretor do Setor de Pesquisas Geológicas, do Conselho Nacional de Pesquisas, o mesmo Engenheiro Djalma Guimarães mandou que, em princípios de 1953, um de seus auxiliares, o técnico Antonio Otoni, investigasse com um geiger os afloramentos do Barreiro, o que deu lugar que fosse constatada forte radioatividade em alguns afloramentos de rocha fosfática próximos do Hotel Cura e Repouso e do Grande Hotel, surgindo então nos jornais notícias sobre a descoberta de milhões de toneladas de urânio no Barreiro.

Nessa mesma época, março de 1953, voávamos nós, em Poços de Caldas, como geólogo da Cia. PROSPEC, num pequeno avião monomotor equipado com cintilometro alimentado por bateria, numa instalação pioneira, procurando estabelecer em que condições, no Brasil, minerais radioativos poderiam se detectados do ar.

Tomando conhecimento do que se passava em Araxá pelo noticiário dos jornais de Minas e por contacto pessoal com o Engenheiro Djalma Guimarães, o técnico daquela Cia., Donald MacFadyen nos instruiu para, interrompendo os trabalhos em Poços, verificar em Araxá, as condições de detectabilidade da radiação recém-descoberta.

Com absoluta surpresa nossa, verificamos que não só a radioatividade em Araxá atingia a intensidade nunca antes registrada em Poços, 19 a 23 vezes o valor da radioatividade regional "background" como também a área de onde emanava era distinta da ocorrência de rochas fosfáticas, identificadas como radioativas pelo Engenheiro Otoni.

Os resultados obtidos foram imediatamente comunicados ao Engenheiro Djalma Guimarães e ao plenário do Conselho Nacional de Pesquisas, cujos membros entre surpresa e esperança, receberam a auspiciosa notícia.

Nesse ínterim, o Engenheiro Guimarães deslocava para o Barreiro uma pequena sonda a diamante, objetivando amostrar em profundidade a rocha identificada na superfície como radioativa pelo técnico Otoni, junto ao Hotel Cura e Repouso, longe da área onde havíamos registrado as maiores intensidades de radiação.

Vencendo dificuldades de toda a sorte, estimulados pelo encorajamento pessoal que, entre outros, deram, à companhia, o Almirante Álvaro Alberto e o professor Costa Ribeiro à testa dos destinos do Conselho de Pesquisas naquela época, foi finalizado o reconhecimento preliminar e entregamos ao Engenheiro Djalma Guimarães uma cópia provisória da compilação dos dados obtidos, ao tempo em que ele concluía a sua sondagem número um.

A perfuração número dois, localizada na área da anomalia radioativa pelo Engenheiro Otoni, na base do nosso levantamento, por dificuldades de operação, produziu resultados indiferentes, fazendo com que aquele técnico voltasse a perfurar nas proximidades dos hotéis antes mencionados, onde o seu geiger oscilando desesperadamente num sentimento bem brasileiro induziu-o a localizar a perfuração número três, junto ao edifício das Termas do Grande Hotel.

Tendo conhecimento do fato, após a conclusão da sondagem com resultados animadores, conseguimos com o Engenheiro Djalma Guimarães crédito para o nosso levantamento, e pessoalmente locamos a sondagem número quatro, na zona da mais alta indicação aerocintilométrica, perfuração essa que confirmou definitivamente a jazida do Barreiro, conduzindo conjuntamente com amostras superficiais à descoberta da fonte da radioatividade, o mineral pirocloro, que contém nióbio e apreciáveis teores de tório, terras raras e urânio.

Os trabalhos que se seguiram atestam uma estreita cooperação entre PROSPEC e Instituto de Tecnologia Industrial, de início, para o Conselho Nacional de Pesquisas, depois, para a Fertilizante Minas Gerais S/A, abreviadamente FERTISA, numa constante troca de informações que acabaram por conduzir ao conhecimento integral da jazida. Com os elementos já obtidos, decorrentes de 24 sondagens, 19 poços e mais de 600 análises, somente até a profundidade de 45 metros, numa área de apenas 2,3 Km<sup>2</sup> o cubo do minério de nióbio atinge a cifra de 180 milhões de toneladas. Pelo fracionamento do pirocloro, problema já resolvido em experiências em escala industrial realizadas na Alemanha para a FERTISA, podemos recuperar 130 mil toneladas de óxido de tório, e 86 mil toneladas de óxido de urânio, números estes que ultrapassam os algarismos mencionados oficialmente para as reservas de matéria-prima para a produção de energia nuclear no Brasil.

Vale ressaltar que tudo isto foi conseguido com a prospecção de apenas uma anomalia radioativa. Isto demonstra que, trabalhando é que resolveremos os problemas do Brasil, e que devemos passar já dos debates sadios como este, ao trabalho árduo no terreno, por estes Brasis a fora, longe do asfalto e do conforto morno do Rio de Janeiro.

Como Araxá, muitas das anomalias aqui mencionadas aguardam pacientemente a broca testemunhadora que lhes devassará as entranhas para incorporá-las ou não ao patrimônio nacional das reservas de urânio e tório.

Fazemos aqui um apelo veemente à Comissão de Energia Atômica, para que assuma imediatamente o controle das atividades de pesquisas de minerais radioativos, disciplinando e orientando os trabalhos dos vários grupos nacionais e estrangeiros que nelas estão

empenhados, colocando os interesses superiores da pátria acima de interesses imediatistas e parciais, possibilitando ao Brasil a posse plena e o aproveitamento de suas reservas de matérias-primas para a produção de energia nuclear.

**T<sup>te</sup>.C<sup>el</sup>. Aldo Vieira da Rosa** Presidente da Sessão

Muito obrigado ao Dr. Sylvio Villar Guedes.

Tem a palavra o professor Elysiário Távora.

**Professor Elysiário Távora**

Sr. Presidente, meu comparecimento, atendendo a um convite amável da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, é mais contribuir para o esclarecimento público dos problemas científicos relacionados com a realidade econômica com que nos defrontamos.

Para a discussão do aspecto econômico que esse problema envolve, evidentemente temos, na apresentação de hoje dois ilustres geólogos: Dr. Sylvio Villar Guedes que acaba de expor suas idéias e o Dr. Othon Leonardos, ambos altamente categorizados para exprimir o seu ponto de vista. Assim, pois, achei mais conveniente cingir-me aos assuntos que dizem mais de perto a minha especialidade, isto é, os trabalhos que habitualmente realizo no DNPM e na Faculdade de Filosofia, na esperança de que discutindo certos pontos, que considero fundamentais, terei de certo modo, contribuído para que as idéias, por vezes um pouco confusas, que mesmo o público mais ilustrado sobre esse assunto se queixa freqüentemente, de que, por não compreender, não atinge a boa interpretação. Assim a tentativa que farei será nesse sentido.

Assim sendo encararia o problema primeiro de como reunir elementos de natureza técnica associados ao de natureza científica para poder apreciar dados referentes a um depósito.<sup>1</sup>

**T<sup>te</sup>.C<sup>el</sup>. Aldo Vieira da Rosa** - Presidente da Sessão

Muito obrigado ao professor Elysiário Távora.

Tem a palavra o professor Othon Leonardos.

**Professor Othon Leonardos<sup>2</sup>**

Sr. Presidente; mestre dos mestres, professor Anísio Teixeira, Presidente da Seção Regional da Sociedade para o Progresso da Ciência, desejaria abordar o problema da abundância de tório no Brasil.

---

<sup>1</sup> A apresentação do professor Elysiário Távora não consta do documento.

<sup>2</sup> Foi utilizada a versão com correção manuscrita do professor Othon Leonardos.

Em trabalho que elaboramos o ano passado a pedido do Presidente da Comissão de Energia Atômica, G<sup>al</sup> Bernardino Corrêa de Mattos, mas que não chegou a tempo de poder ser traduzido para uma das línguas oficiais da Conferência de Genebra, tendo sido publicado, entretanto, no número de julho de 1955 de "Engenharia, Mineração e Metalurgia", apresentamos o seguinte resumo das reservas conhecidas de monazita no Brasil.

Rio Grande do Norte	50.000 a 100.000
Bahia	35.000 a 50.000
Espírito Santo (Norte)	100.000 a 150.000
Espírito Santo (Sul)	100.000 a 150.000
Rio de Janeiro	100.000 a 150.000
Minas Gerais	50.000 a 130.000
Total (em toneladas)	350.000 a 600.000

É obvio que somente poderemos considerar reserva aquilo que pode ser extraído economicamente hoje ou em futuro próximo. Até o fim da Segunda Guerra Mundial, o Brasil vendia a sua monazita aos preços de 30 a 40 dólares a tonelada e, por isso, suas reservas econômicas eram pequenas. Mas, depois de 1945, escasseando os minérios ricos e aumentando a demanda, o preço da monazita foi progressivamente aumentando até 300 dólares a tonelada, em 1950, quando foi embargada a exportação desse minério no estado natural. Se o preço da monazita continuasse subindo, chegaria o momento em que todas as nossas areias de praia se tornariam minério.

Teríamos que corrigir hoje, no quadro acima, apenas os dados relativos ao Rio Grande do Norte, os quais se basearam nas informações verbais aqui mesmo prestadas em março de 1955, durante o "Simpósio sobre a situação da física atômica no Brasil". Até então todos os dados relativos às reservas de minerais de urânio e tório haviam sido conservados secretos e só foram desembuchados pelo Presidente e pelo diretor do Departamento de Pesquisas do Conselho Nacional de Pesquisas, diante da oportuna interpelação do professor Marcello Damy de Souza Santos.

Sabemos, agora, depois do malogro industrial da ORQUIMA, no Rio Grande do Norte, que os depósitos de monazita de Açu, S. Rafael e Florânia não apresentam condições econômicas para uma lavra industrial, só podendo, aos preços atuais da monazita, ser trabalhados por garimpagem.

Quanto aos dados referentes ao Estado do Rio, é provável que eles sejam muito conservadores. Mostram os mapas geológicos do litoral norte fluminense, de Alberto Ribeiro Lamego, saídos esta semana do prelo, que os depósitos de areias monazíticas prospectados pela DUPERIAL e pela SULBA, em barra do Itabapoana, ocupam uma fração mínima dos grandes deltas dos rios Itabapoana e Paraíba. Estamos certos de que se os geólogos tivessem a mesma liberdade de extrapolar que têm os físicos, os números que apresentamos seriam considerados ridículos. Cabe, porém, ao Eng<sup>o</sup> Lamego, como autor dos reconhecimentos geológicos citados, esclarecer ao auditório este assunto.

Outro ponto que desejaríamos ficasse esclarecido de vez refere-se à afirmação que ouvimos do Ilustre professor Souza Santos durante as reuniões que precederam à assinatura do Acordo de Assistência Técnica entre o Brasil e os Estados Unidos da América no campo da energia atômica para fins pacíficos. Afirmou-nos o professor Souza Santos que razões teóricas deduzidas da física nuclear indicavam que deveria existir na crosta terrestre mais urânio do que tório. Aproveitamos a oportunidade de estarmos reunidos mais uma vez num simpósio para repetir o que afirmamos, em setembro de 1945, durante o Primeiro Simpósio Brasileiro sobre Energia Atômica, que o tório é varias vezes mais abundante na litosfera do que o urânio e que, se fosse possível aproveitá-lo na produção de energia nuclear, o Brasil e a Índia seriam nações privilegiadas na Era Atômica. Todos os físicos presentes consideraram essa nossa esperança nula. Apenas o professor Luís Cintra do Prado com a profundidade de seus conhecimentos e grande intuição admitiu lícito nosso sonho, vislumbrando a possibilidade de se conseguir transformar o TH-232 em outro isótopo físsil, desconhecido, tal como já se havia conseguido transformando o U-238 em plutônio 239.

Justamente por termos sido sempre os maiores defensores de nossa monazita contra a chamada "corrente entreguista", isto é, por nos termos batido contra a exportação de monazita no estado bruto aos preços vis de 30 a 40 dólares por tonelada, fixado no acordo secreto de 1945, feito à revelia do Departamento Nacional da Produção Mineral e do Conselho Nacional de Minas e Metalurgia, é que fomos convocados, em 1946, pelo saudoso G<sup>al</sup> Alcio Souto, por ordem do Exmo. Sr. Presidente G<sup>al</sup> Eurico Gaspar Dutra, como assessor de minerais estratégicos, da Secretaria Geral do Conselho de Segurança Nacional. Em princípios de 1947 foi criada, nessa mesma Secretaria Geral, a Comissão de Estudos e Fiscalização de Minerais Estratégicos entregue à presidência do muito ilustre G<sup>al</sup> Bernardino Corrêa de Mattos e reunindo especialistas em geologia econômica, física nuclear e arte militar. Foi nessa Comissão que se bateu até conseguir o embargo à exportação da monazita e sua industrialização no Brasil.

Mas fechemos este parêntesis de caráter pessoal, que nos pareceu necessário neste momento em que o assunto está sendo tumultuado dentro e fora dos meios científicos.

Quanta coisa o mundo aprendeu na última década sobre o esquecido tório e seus isótopos 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230 (iônio), 231, 232, 233, 234; sobre a mineralogia do tório, hoje aqui lembrada pelo professor Elysiário Távora, nome da mais alta projeção internacional no campo da radiocristalografia; e, finalmente, sobre a geoquímica daquele elemento raro. Raro, sim, mas imensamente menos raro do que se supunha, provou-o perante o mundo científico um geólogo brasileiro, o grande Orville Derby. Menos raro que a prata e demais metais preciosos. Menos raro do que os metais das terras raras exceto o cério, o ítrio e o lantânio. Muito mais comum na crosta sólida da Terra que o escândio, o germânio, o bromo, o boro, o fósforo, o selênio, o tântalo, o berílio, o molibdênio, o mercúrio, o bismuto e até mesmo o arsênico que se joga fora nas minas de ouro ou, quando muito, se recupera para se combater as lagartas e gafanhotos.

A abundância e o caráter geoquímico do tório tem sido investigada por grande número de cientistas estrangeiros, notadamente Noddack e Noddack (1930), Goldschmidt (1937), Evans e Goodman (1941), Arrol, Jacobi e Paneth (1947), Jeffreys (1952), Rankama e Sahama (1954) Tilton, Patterson, Brown, Inghram, Hayden, Hess e Larsen (1954), Brown, Silver, Blake, Chodos, Kowalkowski, Mckinney, Neuerburg e Uchiyama (Paper 850 da Conferência de Genebra) e, finalmente, Faul e seus 25 colaboradores dessa magnífica obra "Nuclear Geology: a Symposium on Nuclear Phenomens in the Earth Sciences" (1955). No Brasil, o mesmo assunto tem sido investigado nos últimos tempos por Guimarães, Távora e White e seus colaboradores, nomes igualmente de reputação internacional.

Não discutiremos a questão da abundância do urânio por ser um problema superado. Já não sabe o mundo o que fazer com tanta oferta de minérios de urânio. Basta ver a apreensão dos mineiros canadenses na procura de novos mercados e as reiteradas palavras do presidente da Atomic Energy Co., do Canadá, de que, pelo menos nos próximos dez anos não haverá perigo da concorrência do tório, nem da energia por fusão, anunciada pelo Dr. Homi J. Bhabha.

Ocupar-nos-emos apenas do tório o qual, sabe-se com certeza, encontra-se nas rochas ígneas, nas rochas cristalofílicas, na maioria das rochas sedimentares e até mesmo nos meteoritos, na proporção de 3:1 em relação ao urânio. Muito engano se tem cometido com a utilização da expressão "equivalente em urânio" com que, para simplificar, se traduzem as medidas radiométricas quando não se faz a discriminação entre urânio e o tório.

É triste para nós que o mundo se tenha preocupado até agora quase exclusivamente do urânio. Mas, é fácil enxergar que se aproxima o dia em que o tório virá substituir o urânio nos reatores nucleares. Infelizmente, pelo seu atraso industrial o Brasil, a Índia, o Ceilão, a Coréia do Sul, a África do Sul e demais possuidores de grandes reservas de tório não tem recursos financeiros e técnicos para fazer pelo tório o que os Estados Unidos, a Inglaterra e a Rússia fizeram pelo urânio.

Será ilusão isso que estamos afirmando?

Lemos na *Tribuna da Imprensa* de 17 de abril de 1956 e outros jornais da mesma data que o professor Leite Lopes, catedrático de Física Teórica da Faculdade Nacional de Filosofia, declarou peremptoriamente, em seu depoimento prestado à Comissão de Inquérito da Câmara dos Deputados, que “o valor intrínseco do tório é igual a 6 mil dólares, em carvão.”

Como não podemos admitir que um professor da Universidade do Brasil tenha comparecido perante aquela Casa do Congresso Nacional para confundir, aceitamos sem discutir aquela afirmativa como uma verdade técnico-científica, tal como a aceitaram os deputados e a imprensa de nossa Pátria.

Como professor de geologia econômica, lidando com monazita e demais minerais toríferos há mais de 30 anos, não poderíamos nos alhear dessa declaração transcendental. Por isto, preparamos esta nota que apresentaremos ao Conselho Nacional de Minas e Metalurgia a fim de que o Governo tome as providências que julgar cabíveis.

Consideremos apenas o grupo das rochas ígneas ácidas as quais, segundo os trabalhos de Evans, Goodman, Keevil e Senftle, contém, em média 13 p.p.m. de tório, isto é, 13 gramas de tório por tonelada de rocha. Acreditamos que esse valor seja baixo para o Brasil, pois, como ficou provado com os trabalhos de Gorceix, Derby, Hussak, Lisboa, Freise, Guimarães e outros, encontra-se neste país a provavelmente mais extensa província torífera do mundo – o que seria de esperar pelo fato da enorme extensão de Brasília, esse imenso escudo cristalino que emergiu do oceano primevo há mais de um bilhão de anos. Mas, na falta de números certos para definir essa maior abundância, ater-nos-emos ao já referido dado de 13 p.p.m. e nos valeremos, em nossos cálculos, unicamente de multiplicações aritméticas.

Teremos, então, que qualquer “pão de açúcar” brasileiro, como este que balisa a entrada de nossa Guanabara, constituído de migmatitos graníticos, pesando uns cento e cinquenta milhões de toneladas, contém aproximadamente dois milhões de quilos de tório, valendo, segundo os dados de Leite Lopes, doze bilhões de dólares, de carvão.

Para a Serra da Carioca, onde está o Corcovado, poderíamos centuplicar esse valor. Mas, evidentemente, ninguém pensará em destorizar o Corcovado, como pedestal que é da estátua do Redentor.

Melhor seria cortar o Itatiaia constituído de granitos e sienitos alcalinos, percentualmente mais ricos em tório que as rochas ígneas ácidas comuns. Conforme Goldschmidt (dados anteriores à Era Atômica), os sienitos nefelínicos chegam a conter dez vezes mais terras raras e tório. O tório, já explicaram aqui o engenheiro Sylvio Villar Guedes e o professor Távora, é capturado nas estruturas dos minerais zirconíticos e lantanídeos mercê da similitude entre os tamanhos iônicos desses elementos. Os pegmatitos nefelina-sieníticos podem enriquecer-se centenas de vezes mais em tório. O mesmo se dá com os carbonatitos associados ao magma foiaítico, assunto que tivemos ensejo de discutir ontem na Academia Brasileira de Ciências, recordando que somente numa fração do morro que se eleva atrás do Grande Hotel, na estância balneária do Barreiro, em Araxá, Minas Gerais, pode-se contar, conforme Djalma Guimarães, com uma reserva de 120.000 toneladas de óxido de tório, que ele considera economicamente recuperável de pirocloro, aos preços atuais do colúmbio e do tório. Essa quantidade, 120.000 toneladas de  $\text{ThO}_2$  é equivalente a que poderia ser extraída de 2.400.000 toneladas de monazita com 5% de torina. E, recordemos, 2.400.000 toneladas de monazita é reserva total anunciada para a Índia! Poderíamos citar como outro exemplo brasileiro de rochas altamente toríferas as encontradas em Poços de Caldas, derivadas do mesmo magma foiaítico, e que acabam de ser prospectadas pelos geólogos Resk Frahya, Gene Tolbert e Helmuth Widow. Tais rochas chegam a conter 3.000 a 8.000 p.p.m. de óxido de tório. As sondagens executadas no Morro do Ferro permitiram determinar massas de vários milhões de toneladas com teor médio acima de 1.000 p.p.m., contendo mais tório que o que poderá ser extraído das quinhentas mil toneladas de monazita dos nossos depósitos praiheiros e fluviais.

Não obstante tudo isso, mantendo a precaução que a boa técnica exige dos geólogos economistas, permaneceremos pessimisticamente com o mesmo baixo valor de 13 p.p.m. de tório. Aceitaremos, por outro lado, o dado insuspeito do engenheiro Alberto Ribeiro Lamego, Diretor da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional de Produção Mineral, de que o maciço foiaítico do Itatiaia abrange uma área de 1.224 quilômetros quadrados.

Para uma altura média de 1.500 metros, teremos, então,  $1,836 \times 10^9$  metros cúbicos, equivalente a  $4,590 \times 10^9$  toneladas, contendo  $59,7 \times 10^6$  quilos de tório e valendo, segundo o professor Leite Lopes, 358 trilhões de dólares, em carvão.

Com estes 358 trilhões de dólares poderemos, copiando Jefferson, que aproveitou as guerras napoleônicas para comprar a Louisiana, aproveitar as divergências atuais entre os EE.UU. e as Nações Comunistas, para adquirir esses países, levando de quebra os demais.

Mas, porque parar nas Agulhas Negras? O Brasil é tão grande... Aliás, somente os terrenos cristalinos pré-cambrianos cobrem, aqui, uma superfície da ordem de quatro milhões de quilômetros quadrados. Poderíamos aproveitar apenas um milhão de quilômetros quadrados dos terrenos mais ricos, ou seja, este complexo de rochas ígneas e catametamórficas, que inclui os granitos, gnaisses grafiticos paraxistos granitizados, migmatizados pelo que a natureza tem de mais torífero, que são pegmatitos. Por modéstia de cálculos, porém, admitiremos o teor de apenas 10 gramas de tório por tonelada de rocha, e a possança, também modesta, de um quilometro. Chegaremos, dest' arte, com estes modestíssimos valores, ao conteúdo de  $2,5 \times 10^{13}$  quilos de tório, valendo, conforme a afirmação do professor Leite Lopes ao Congresso, a bagatela de 150 quadrilhões de dólares.

Nessa altura, as unidades dólar, libra, cruzeiro são pequenas demais e, por isso, poderíamos tomar como unidade monetária de barganha nem mesmo o bilhão de dólares, que foi unidade monetária da guerra pré-atômica, mas, o trilhão de dólares, a qual poderá, nacionalisticamente, ser chamada leiteiro, em honra a nosso muito querido amigo, professor Leite Lopes, ou dagoberto, em homenagem ao ilustre engenheiro paulista, que por intuição genial, pressentindo as verdades científicas aqui expostas, baseadas em ilações de nossos físicos teóricos apressou-se, muito patrioticamente, em propor ao Congresso Nacional esta legislação monopolística-estatal do "tório é nosso", a qual é, sem dúvida alguma, a mais avançada do mundo, deixando para trás as tendências cada vez mais favoráveis à iniciativa privada, dos Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, França, Alemanha, Austrália, Nova Zelândia, União Sul-Africana, etc.

Já agora, diante de tanta riqueza, os problemas não são mais científicos, mas geopolíticos, ou melhor universo-políticos. Que fazer com todo esse tório que a mãe natureza nos agarladoo e que a "Toriobrás" irá transformar em barras? Comprar Marte?

Nos cálculos aqui expostos não foram computados os custos para extração de tório da rocha madre. Do ponto de vista teórico, isso não tem a mínima importância.

Mas, suponhamos, por um momento que tenham, isto é, que tenhamos que pagar a conta da parteira, continuando, porém, a aceitar o dado do professor Leite Lopes de que 1 grama de tório tem o valor intrínseco de 6 dólares, em carvão. Uma tonelada de carvão vale hoje entre 15 a 20 dólares; mas isto não interessa ao nosso raciocínio que

continuará sendo feito em dólares. O nosso mais rico minério de ouro é extraído na mina de Morro Velho, nas mais difíceis condições de trabalho, a 2.450 metros de profundidade numa temperatura onde o ser humano sucumbiria se a mina não usasse a refrigeração do ar. Rende esse minério, por tonelada, 13 gramas apenas de ouro, valendo cerca de 13 dólares. Se se pode trabalhar economicamente esse minério lavrado com tamanhas dificuldades, extraindo o ouro por processos gravimétricos, físico-químicos e químicos, é óbvio que se poderá tratar, por processos análogos, rochas extraídas a céu aberto, em pedreiras, contendo 13 gramas por tonelada de um metal que vale, segundo os dados apresentados à Câmara dos Deputados, 6 vezes mais.

Os geólogos e engenheiros de minas por deformação profissional não sabem tirar o pé da terra e seu raciocínio é sempre terra a terra. Raciocínio de toupeira! Dirão os físicos teóricos preocupados ora com as galáxias, ora com o elétron punctiforme.

Brown e Silver, do Cal-Tec, num trabalho apresentado à Conferência de Genebra, estudam o custo provável da extração de urânio e tório de um granito com 4 p.p.m. de urânio e 12 p.p.m. de tório e chegam a conclusão de que esse custo, na base dos preços das utilidades em 1955, não pode ser inferior a 1 dólar, nem superior a 2,25 dólares por tonelada de rocha. Ainda mesmo que o tório valha apenas uma terça parte do valor do urânio, por ser três vezes menos raro, a recuperação dos dois metais a partir de rochas como o granito é possível desde que os preços do urânio e tório alcancem, respectivamente, 270 a 600 dólares para o primeiro, e 90 a 200 dólares para o segundo.

E quais são os valores venais, hoje, do urânio e do tório?

A resposta é simples: a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos vende presentemente o quilo do urânio e tório atômicamente puros, para uso em reatores nucleares, para fins pacíficos, respectivamente a 40 e 43 dólares. É uma pechincha, não acham? Ou será mentira?

Para terminar, leiamos o que escrevem no *Estado de S. Paulo* de hoje, 25 de abril de 1956, isto é, um jornal para leigos, os eruditos físicos Souza Santos, Goldemberg e Leite Lopes; sobre “o valor excepcional do tório”: “o valor energético do Tório (tório com T maiúsculo) é de 20 milhões de quilowatts-hora por quilograma. Uma vez que o combustível numa instalação nuclear para produção de energia custa um milésimo de dólar por KW-hora, verifica-se que um Kg de Tório vale 20.000 dólares”. Note-se bem, não se trata de uma comparação termodinâmica de equivalência energética, mas de uma comparação econômica, monetária, acrescida de conclusões políticas profundamente maliciosas, como a contida nesta frase de Bhabha: “A Índia não exporta seu futuro”.

Foi sempre segredo de polichinelo que o "gentlemen agreement" entre o Brasil e a Índia a respeito do embargo à exportação de monazita em bruto foi feito no Rio de Janeiro, com Bhabha falando em nome dos cientistas hindus e, pelo lado brasileiro, não oficialmente os membros da Comissão de Estudos e Fiscalização dos Minerais Estratégicos. A idéia desse "gentlemen agreement" foi nossa, uma vez que seria difícil ou inábil qualquer acordo diplomático. Os componentes e testemunhas desse "agreement" aparecem juntos em fotografias estampadas em todos os jornais.

Felizmente para o Brasil e para a Índia que esses países têm tido à frente de seus negócios atômicos homens esclarecidos e patriotas que, não receando os apupos demagógicos, têm permitido e aplaudido a exportação não só dos sais ou resíduos de tório, mas de qualquer outro produto que possa ser transformado em dólar, em libra ou em marco alemão, pois não será com as fracas moedas nacionais que os países subdesenvolvidos poderão aparelhar os seus exércitos ou comprar cultura.

Se um quilo de tório vale 20.000 dólares, um paralelepípedo de granito pesando 10 quilos vale, pelo seu conteúdo em tório, 13 dólares, ou seja, cerca de um conto de réis. Será, então, o caso de, saindo desta reunião, cada um de nós, por prudência, levar para casa um paralelepipedozinho de rua. Quando for aprovada a merovíngica lei do nosso "bon roi Dagobert", do monopólio estatal do tório, ninguém mais poderá por a mão em um bloco de pedra. Então, com esse tijolo granítico, poderemos, num fogãozinho atômico alugado da "Toriobrás", esquentar por muito tempo as mamadeiras de nossos netos.

### **T<sup>te</sup>C<sup>el</sup> Aldo Weber Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Tem a palavra o professor Francisco Maffei.

#### **Professor Francisco Maffei**

Meus Senhores, é minha tarefa fazer uma exposição sobre os problemas ligados à produção do urânio. Evidentemente, não vamos procurar fazer uma revisão de todos os problemas que tem surgido na questão da produção do urânio. Limitar-nos-emos a dizer algo sobre o que temos estudado e feito no Brasil, tendo em vista resolver o nosso problema atômico.

Desejo esclarecer que muito do que será dito não implica numa violação de segredo, visto que seria encontrado em qualquer revista.

A produção de urânio para reatores, sob o ponto de vista tecnológico, deve ser considerada sob três aspectos, ou fases, inteiramente distintas: o primeiro diz respeito à extração do urânio de seus minérios para obtenção de sais ou óxidos com um grau de

pureza e de concentração que caracterizam os produtos técnicos. Estes produtos, isto é, esses compostos de pureza técnica são designados pelos americanos, impropriamente e de modo a gerar uma certa confusão, de concentrados de urânio.

O segundo aspecto da produção de urânio para reatores diz respeito à purificação desses produtos de “pureza técnica” e à sua transformação em compostos solúveis ou não, ou em metal.

Nos reatores designados como homogêneos o combustível [é] acompanhado de material fértil sob a forma de solução, comumente uma solução de sulfato, ou sob a forma de suspensão. Tais reatores homogêneos contém, todavia, sempre urânio natural enriquecido, pelo menos levemente de U-235 ou plutônio e, eventualmente, conterão U-233.

Nos reatores designados como heterogêneos o urânio é utilizado em estado metálico. A adaptação do metal às exigências do projeto constitui o terceiro aspecto da produção de urânio para reatores.

Dessas três fases distintas da tecnologia do urânio, da sua extração a sua utilização em reatores, é a primeira, sem dúvida a mais complexa. Enquanto a purificação, redução e transformação do metal constituem hoje processos químico-metalúrgicos quase que padronizados, a extração do urânio constitui um problema aparte para cada tipo de minério.

Preferimos, por isso, inverter a ordem da apreciação que desejamos fazer sobre as três fases citadas.

Começaremos, pois, dizendo algo sobre a transformação mecânica do metal urânio visando, a sua adaptação ao projeto do reator.

Pelo que sabemos, o urânio natural não enriquecido, tem sido empregado em dois tipos de reatores: o de grafita e o de água pesada. Nestes dois casos o urânio natural tem sido utilizado sobre a forma de bastões de cerca de 2,5 cm de diâmetro. O comprimento desses bastões tem sido de pouco mais de 10 cm no reator de grafita até cerca de 1 m nos reatores de água pesada. Nem um problema especial tem apresentado essa transformação obtida mecanicamente ou pela fusão do vácuo.

Problemas de não simples solução, tendo ocasionado mesmo acidentes de certa gravidade, resultaram da dificuldade de proteger convenientemente os bastões de urânio contra a oxidação e a corrosão. Nos primeiros reatores essa proteção foi obtida encerrando o urânio em tubos de alumínio formando uma verdadeira cápsula. O contacto imperfeito entre o alumínio e o urânio, causando uma precária transferência de calor, a possibilidade de ficar encerrado dentro da cápsula de alumínio uma certa quantidade de gás, [e] a própria suscetibilidade do alumínio à corrosão, constituíram dificuldades hoje praticamente superadas.

A utilização de ligas especiais como a de alumínio-urânio e, mais recentemente, a utilização do zircônio, muito contribuíram para reduzir, senão eliminar, os danos decorrentes da exposição direta do urânio, em altas temperaturas, aos meios de resfriamento.

A purificação do urânio com o fim de eliminar átomos de elevada sucção de captura para nêutrons térmicos foi um dos problemas mais urgentes com que se defrontaram os iniciadores da era atômica.

Logo, porém, verificou-se que através de processos conhecidos e, realmente, bastante simples, podia dar-se ao urânio um grau de pureza suficientemente elevado para reduzir a massa crítica a um valor prático. Ao urânio de tal pureza convencionou-se chamar de “atômica pura”.

Consiste o processo de purificação em extrair uma solução aquosa de nitrato de uranila com um solvente orgânico em presença de certos sais, como por exemplo, o nitrato de amônio, o nitrato de uranila é preferencialmente dissolvido pelo solvente orgânico. A solução orgânica é, em seguida extraída com água pura que, por sua vez, redissolve o nitrato de uranila.

O urânio é separado dessa solução pela sua precipitação com água oxigenada, obtendo-se o peróxido hidratado  $UO_4 \cdot H_2O$ . A água oxigenada é também um reagente bastante seletivo para urânio, resultando de sua precipitação, uma purificação final.

O peróxido é reduzido pelo hidrogênio a  $UO_2$ , sendo este, pela ação do ácido fluorídrico, aquoso ou gasoso, transformado em tetrafluoreto.

Pela redução de tetrafluoreto com cálcio metálico obtém-se o urânio metálico.

Como já disse, esta fase da produção do urânio constitui um processo “standard” que, a não ser pequenas variantes de procedimento nos diversos estágios, é a mesma em todos os países.

Não há talvez acordo perfeito quanto [a]o solvente orgânico mais eficiente. Nos Estados Unidos parece, o solvente utilizado de preferência é o fosfato de tributílica diluído em derivados do petróleo. O éter etílico foi um dos primeiros solventes usados e é, também, dos mais eficientes sob vários pontos de vista. A volatibilidade e a inflamabilidade desse solvente são inconvenientes que o tornam menos desejável.

A metil isobutil cetona é largamente empregada como solvente do nitrato de uranila pelas características desejáveis que apresenta.

Deve-se assinalar que o urânio 238, o plutônio e o urânio 233 são seletivamente solúveis nesses solventes de modo que a sua utilização e tecnologia se estendem à separação dos elementos fissionáveis dos elementos férteis.

Nesta fase de transformação de compostos de urânio tecnicamente puros em urânio atômicamente puro vários produtos químicos são imprescindíveis. Convém referi-los a fim de que possamos avaliar a possibilidade de basear esta fase da produção do urânio em produtos nacionais. São eles: ácido nítrico de 38°Be, nitrato de amônio, solvente, amoníaco anidro, água oxigenada, ácido fluorídrico, fluoreto de cálcio, cálcio metálico, magnésio metálico, argônio, hidrogênio, azoto, hidróxido de sódio e álcool metílico.

Embora não possamos dizer que, atualmente, esses produtos poderiam ser produzidos pela nossa indústria a quase totalidade não apresentaria problema difícil de abastecimento, mesmo porque as quantidades que se requerem são limitadas.

Os gases necessários, mesmo o argônio, são todos produzidos industrialmente no Brasil.

Não produzimos cálcio nem magnésio metálico. O primeiro deveria ser objeto de produção nas próprias usinas de urânio. Sua preparação é simples, dependendo apenas de aparelhamento adequado.

O consumo de magnésio é desprezível, seu emprego limitando-se a alguns gramas empregados como iniciadores da ignição do cálcio na operação de redução.

Dos solventes citados apenas o éter é produzido atualmente no país. O emprego do éter, por esse motivo, em substituição a outros solventes seria assunto a resolver, muito embora o consumo de solvente, em virtude de sua recuperação, é apenas de poucas centenas de gramas por quilo de urânio produzido.

A instalação destinada à purificação e redução do urânio com algumas modificações de equipamento e de processamento seria adaptável também à produção de tório metálico para reatores. O tório apresenta vantagens em certos respeitos, como a da desnecessidade de ser transformado em fluoreto para a redução; apresenta, porém, uma das vantagens decorrentes de seu alto ponto de fusão; na redução o tório é obtido sob a forma pulverulenta, não compacta como a do urânio obrigando a operação de separação subsequente à redução.

Abstraindo por um momento, de onde e como vamos obter a matéria-prima, a instalação de uma usina destinada a purificar e obter urânio metálico seria ainda justificável sob dois pontos de vista: primeiro, porque ele nos permitiria, com as alterações necessárias produzir o tório metálico; segundo, porque ela serviria de escola para a formação de especialistas químicos e tecnólogos que, eventualmente, seriam necessários ao prosseguimento de um programa atômico que visasse a recuperação dos elementos fissionáveis produzidos em reatores de potência.

Tratemos agora da primeira fase, isto é, de como e onde se obter a matéria-prima necessária à produção de urânio.

A exceção do urânio que acompanha o minério de zircônio de Poços de Caldas, não é do nosso conhecimento ter sido encontrada em nosso território ocorrência de significação equivalente.

[...] se não fossem refratários ao tratamento químico seriam economicamente aproveitáveis. Acontece, porém, que há pouco se falou muito no valor em dólares, ou em cruzeiros de urânio e tório, parece-me que o urânio tem um único valor; é urânio, e, o tório tem um único valor; é tório. O valor monetário é secundário mesmo na produção de energia. E, sem querer alongar estas palavras, apenas quero referir um exemplo. Estudos feitos nos Estados Unidos a fim de avaliar a viabilidade da produção de energia atômica para fins industriais, baseiam-se nos seguintes dados: se tomarmos um reator moderado com grafite e resfriado com gás, para uma potência de 52 mwts o capital invertido em combustível é de 254 dólares por kwt. Se tomarmos um outro qualquer, por exemplo, esse moderado com água pesada e também resfriado com água pesada, mas na potência de 234 mwts o capital invertido em combustível é apenas de 18,9 dólares por kwt. Entretanto, o custo de kwt hora, no caso do primeiro reator é de 23.000 kwt hora. No segundo, de 10.000 por kwt hora. Portanto a inversão de capital em combustível é de cerca de 15 vezes de um reator para outro, enquanto que o custo da energia no [...] é de apenas pouco mais de 12. Vê-se que o projeto do reator tem uma importância muito maior sobre o custo da energia do que o custo do urânio. Assim, chega-se à conclusão de que o reator de potência depois de produzir uma certa quantidade de energia, o que se faz com o combustível tanto se se joga fora como se se reprocessa pouca influência tem sobre o custo da energia. Isso leva a uma idéia de que a energia atômica tem algo de milagroso. E portanto dizendo eu essas palavras desejo justificar o que a seguir vou dizer e que já tinha escrito antes do professor Távora se manifestar.

Como têm surgido dúvidas quanto às reservas de minério de Poços de Caldas e nada havendo que possa substituí-lo, a solução do problema da produção do urânio no Brasil deveria ser adiada até que se descobrissem jazidas que aliassem a uma reserva apreciável, concentração elevada de minério e teor significativo de urânio.

As estimativas mais pessimistas fazem prever a existência de urânio naquela região em quantidade suficiente para operar as usinas projetadas, pelo menos, 10 anos – durante os quais teria o Brasil produzido para si cerca de 300 toneladas de urânio de pureza atômica, funcionando as usinas dentro das capacidades nominais que serviram de base ao seu projeto.

Seria um programa modesto, mesmo assim, menos modesto do que o de outros países mais evoluídos, como a França.

O minério de zircônio de Poços de Caldas pode não ser a matéria-prima ideal para a produção de urânio. Mas, todos os países que se lançaram na conquista da energia atômica lutaram, e alguns lutam ainda, com matéria-prima ingrata.

Não seria, entretanto, o aproveitamento do material de Poços de Caldas uma aventura sob o ponto de vista industrial. Os estudos de laboratório e em escala piloto mostraram que o minério é suscetível de tratamento econômico, mesmo num país, que, como o nosso, luta com a dificuldade de contar com reagentes químicos. Sob este ponto de vista o processo elaborado é mesmo mais econômico que processos utilizados em outros países.

Em suas linhas gerais o processo é o seguinte: o minério reduzido à finura conveniente é empastado com ácido sulfúrico concentrado. É, em seguida, granulado misturando-o com uma parte de minério já atacado. Os grânulos são levados à temperatura de 450°C para completar-se o ataque. Nesta operação já uma parte do ácido volatiliza-se permitindo recuperá-lo por uma simples condensação. Calcina-se, em seguida, a 750° para insobilizar o óxido de zircônio e outros óxidos. Aqui há um detalhe interessante e da mais alta importância sob o ponto de vista da economia do processo: os compostos de urânio, calcinados em presença de sulfato de sódio não insolubilizam. Como conseqüência, da massa, extraída com solução de carbonato de sódio, obtém-se um uranato de sódio contendo 60% de  $U_3O_8$ .

O processo permite uma recuperação satisfatória, cerca de 80% do urânio contido no minério original; um funcionamento normal exigirá, para 1 Kg de  $U_3O_8$  recuperado, o consumo de 6 Kg de enxofre, cerca de 18 Kg de ácido sulfúrico, 12 Kg de carbonato de sódio e 1,5 de hidróxido de sódio.

Tais índices comparam-se, favoravelmente, com os atribuídos ao tratamento de minérios de urânio oxidados, onde o consumo de ácido, em virtude da inexequibilidade da sua recuperação, atinge cifras até dez vezes maiores.

Tendo nós seguido de perto toda a evolução das investigações que levaram finalmente a uma solução elegante deste problema, tendo experimentado ora o desapontamento dos resultados não conseguidos, ora a satisfação do êxito, a nossa convicção de que o problema da produção de urânio no Brasil pode ser satisfatoriamente resolvido, cada dia firma-se mais – à medida que as dificuldades encontradas alhures se tornam mais conhecidas.

**T<sup>te</sup>C<sup>el</sup>. Aldo Weber Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Estão abertos os debates. Tem a palavra o professor Luciano Jacques de Moraes.

## **Professor Luciano Jacques de Moraes**

Sr. Presidente, Sr. Presidente da Seção Regional da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

Nas exposições feitas pelos ilustres cientistas que acabam de se manifestar, pudemos ver vários aspectos interessante sobre o urânio no Brasil, e o tório, bem como os problemas ligados a esses elementos. Vamos falar mais em relação aos aspectos geológicos do problema, que é aquele que conhecemos mais de perto e ao qual temos dedicado nossa atenção nos últimos tempos. Em sua exposição, o Dr. Sylvio Villar Guedes referiu-se às áreas sedimentárias do Nordeste suscetíveis de fornecerem urânio e tório, como acontece nos Estados Unidos em outras regiões. Queremos lembrar que algumas dessas áreas que nos parecem mais interessantes se encontram no Oeste da Paraíba, por exemplo, a região do Rio do Peixe com uma formação considerável [...] com arenitos, a de Iguassú, no Ceará, a de Jatobá, em Pernambuco, Bahia, são muito semelhantes àquelas das regiões do Canal do Colorado onde ocorrem [em] aluvião impregnando essas rochas e também em profundidade como foi salientado na exposição do professor Távora.

Quanto às rochas alcalinas, realmente achamos que com [...] de Poços de Caldas e de Araxá que, como já foi notado aqui, nessas regiões temos importantes reservas de minério de urânio e [tório] associados a outros minérios. Em Araxá há o nióbio e em Poços de Caldas o zircônio. Também podemos descobrir esses minérios em outras regiões do Brasil, como na região de Lages, em Santa Catarina; em Mato Grosso, no Pão de Açúcar, perto do Paraguai, em Goiás onde aparecem essas rochas e outros pontos do nosso território, mesmo no estado do Rio, bem perto daqui, no Distrito Federal. Aliás, em alguns desses pontos já tem sido assinalada a radioatividade, como mostrou o Dr. Sylvio Villar Guedes.

Queremos chamar atenção para o conglomerado da Serra da Jacobina, na Bahia. É uma rocha, que como foi mostrado aqui, é muito semelhante a da África do Sul. O conglomerado da África do Sul. Esse, até poucos anos, só era trabalhado para ouro e dava também uma pequena produção de [...] lítio. Tivemos oportunidade, quando na África do Sul, de visitar as minas de ouro do Transval e quando chegamos aqui, de volta, em 1937, fizemos uma palestra na Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Quando exibimos as amostras daquele conglomerado, o Dr. Othon Leonardos nos chamou a atenção para a sua semelhança com as do conglomerado da Serra da Jacobina, na Bahia. Temos aqui uma pequena amostra do conglomerado da África do Sul que desejamos exibir aos presentes. (Exibição da amostra)

Como todos que conhecem Jacobina sabem, é muito semelhante ao material do Brasil.

Esse minério da África do Sul, esse conglomerado aurífero, que eles chamam lá [...] é uma intercalação nas rochas [...] e outras rochas correspondentes aos terrenos que nós chamamos serra [...] Serra da Jacobina, e, é hoje uma fonte importante de urânio naquele país. Em muitas minas é mesmo mais importante a extração do urânio do que de ouro.

Temos notícia, temos visto amostras de uraninita em vários pontos do Brasil. Mesmo na Bahia uma amostra de uraninita de alto teor de urânio foi trazida há anos pelo Dr. Simpício Jacques de Moraes, da região de [...] Brumado onde há interessantes minas de ouro referidas pelo geólogo Moraes Rego. Não conhecemos o local, mas é possível que esses depósitos auríferos possam conter veios com minério de ouro, como no Congo Belga e outras regiões. Quanto a possibilidade da existência de minérios de urânio em estâncias hidrotermais no Brasil, é muito grande, assim pensamos, dado a semelhança da nossa geologia e a grande distribuição das rochas pré-cambrianas com as da África do Sul, do Canadá e a região do Blind River, mencionadas pelo Dr. Sylvio Villar Guedes e mesmo com a região do [...] Lake no Canadá. Temos muitos [...] aqui com cobre, zinco e chumbo, mas pode acontecer como em muitos outros países em que esses minérios, podem, em determinados metais, serem ricos em urânio, como ocorre na África do Sul, como já dissemos.

Visitamos algumas minas que eram muito pobres e estavam mesmo paradas, que hoje estão sendo trabalhadas para urânio. Em muitas delas eles trabalham aqueles grandes montes de resíduos de minérios de ouro que estão sendo trabalhados para urânio.

Queremos referir que essas áreas de rochas pré-cambrianas são inferiores a 1/3 da área do Brasil. Segundo o Dr. Othon Leonardos, dos 4.000 Km<sup>2</sup>, mas ele só se referiu aos depósitos considerados em conjunto. Mas sabemos que só o depósito de [...] tem 3.000.000 Km<sup>2</sup>. Assim as possibilidades são muito grandes. E, é preciso lembrar que cada dia, no Brasil, se descobrem novos depósitos. Podemos mencionar que há um ano e pouco foi revelada uma importante jazida de zinco e chumbo em Minas Gerais que era completamente desconhecida. Essa jazida parece de tal importância que vem modificar muito a situação do Brasil quanto à possibilidade de produção desses minérios de alto valor estratégico, zinco, cobre e chumbo. Há nesses minérios outros elementos associados inclusive o germânio de valor interessante para a questão da energia atômica. Há, também, os toríferos. Queremos também lembrar um aspecto sobre o xisto betuminoso. Sabe-se que é enorme a área de ocorrência do xisto betuminoso. Análises realizadas no Instituto de Tecnologia de São Paulo revelaram teores de urânio comparáveis ao de material semelhante de xisto

da Suécia, que é um país que produz urânio por um preço muito baixo, como subproduto da destilação do xisto betuminoso. A Comissão do Xisto nos forneceu algumas análises feitas no IPT. Comparamos com as da Suécia e achamos que davam um teor interessante. Isso é uma coisa que pode ser aproveitada no futuro.

Queremos chamar a atenção para a comunicação do professor Othon Leonardos quando se referiu ao tório. Ele tratou do tório no Rio Grande do Norte, na região de Açu. Sabe-se que o tório aparece também em outros pontos do interior do Brasil e já o Dr. [...] estudando as areias da região norte de Minas, na bacia dos rios Mucuri e Jequitinhonha, conseguiu determinar um teor de monazita que achou interessante, conforme relatório do Dr. Lisboa, publicado nos Anais da Escola de Minas de Ouro Preto. Também em Goiás pudemos verificar, em amostras precedentes da região do Araguaia, monazita com contador Geiger. Assim como no Rio Corumbaque, é um rio que desce da região do Tabaco onde será localizada a futura capital federal e nessa região também ocorre diamante, quartzo, etc. Ali também ocorre monazita. E há muitos depósitos aluvionais naquela região que parecem ser possantes, mas, nos quais, nunca foi feita pesquisa. Assim, queremos dizer que achamos que no Brasil podemos ter outros depósitos de urânio e tório.

Alguns técnicos acharam difícil o aproveitamento dos nossos minérios de Poços de Caldas e Araxá, mas o professor Maffei, entretanto, acabou de fazer uma brilhante exposição sobre a viabilidade do tratamento desses minérios.

Sobre os minérios de [...] Araxá o professor Djalma Guimarães julga que o pirocloro contém cerca de 5% de urânio e a tonelagem de urânio foi revelada aqui pelo Dr. Sylvio Guedes, orça em cerca de 100.000 toneladas, ou melhor, 86.000 toneladas. Mas vemos a possibilidade de haver desses minérios em outras regiões, em outras estruturas ou chaminés semelhantes à de Barreiro. Em [...] ao sul de Araxá há um estudo inteiramente semelhante e também com material [...] Na região [...] onde há também águas alcalinas há uma área bastante grande das mesmas rochas encontradas em Araxá. Eram essas as breves considerações que podemos fazer sobre as brilhantes conferências aqui realizadas e fazemo-las apenas como geólogo, como homem que conhece boa parte do interior do Brasil e que não quer abordar outros aspectos que já foram muito bem abordados e que divertiram bastante a assistência.

Muito obrigado.

**T<sup>te</sup>C<sup>el</sup>. Aldo Weber Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao Dr. Luciano Jacques de Moraes .

Tem a palavra o professor Leite Lopes.

## **Professor Leite Lopes**

Embora não esteja na lista dos debatedores, mas como fui nominalmente citado, gostaria de dizer algumas palavras. É claro que, por uma questão de ética e de formação e em respeito à tradição desta Sociedade, não posso responder a todas as referências que foram feitas a mim pelo ilustre e bem conhecido engenheiro Othon Leonardos. Ele se referiu à parte de um depoimento meu que foi dado com grande honra para mim e com grande prazer a um dos poderes da República, a Comissão de Inquérito Parlamentar sobre Energia Atômica, constituída pela Câmara dos Deputados. Estou mesmo certo de que S. Excia. poderá ter oportunidade de ler esse depoimento e de debater com os nobres deputados do nosso País sobre o mesmo problema.

Evidentemente, não posso responder a referências feitas através de jornais. Mas o que disse essencialmente, por ocasião desse depoimento, foi que não entendia da questão econômica - e isso pode ser confirmado por alguns dos deputados aqui presentes - quando inquirido sobre esse problema. Mas que de uma coisa eu entendia, do valor intrínseco do tório, do valor energético e sabe-se - isso é uma questão que ninguém pode mudar – que na fissão nuclear do urânio 235 ou do urânio 233 [produz] uma energia da ordem de 200.000.000 de elétron-volts. Isso é uma coisa que ninguém pode mudar. É um fato da natureza que foi descoberto pelos físicos. Esse valor energético para o fato de um Kg de combustível nuclear dar uma energia de 24.000.000 de Kwts hora, como é conhecido também, é uma questão fácil de verificar e, se admitir uma utilização de cerca de 25% dessa energia, então, isso dará uma coisa da ordem de 6.000.000 de Kws hora. Naturalmente, se quiserem traduzir isso em dólares poderão utilizar o preço para o kw.hora e obter uma equivalência do valor energético, por exemplo, a um milésimo de dólar por kw.hora, o que dá cerca de 6.000 dólares. Isso foi essencialmente o que disse e está lá no depoimento.

Quanto à importância do tório todos sabem e por isso estamos aqui reunidos, por isso iniciou-se a chamada Era Atômica. É de importância para o País que estejamos debatendo o assunto e creio mesmo que a própria ênfase, as próprias considerações desenvolvidas pelo professor Othon Leonardos demonstram a importância do tório.

## **T<sup>te</sup>C<sup>el</sup> Aldo Weber Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Leite Lopes.

Tem a palavra o professor Marcello Damy de Souza Santos.

## Professor Marcello Damy de Souza Santos

Sr. Presidente, como o professor Leite Lopes eu sou físico e não me achava inscrito para os debates desta noite. Se tomo a liberdade de vir ocupar, por alguns momentos, a atenção desta nobre assembléia foi por ter sido citado nominalmente, por duas vezes, pelo meu eminente amigo professor Othon Leonardos.

Todos aqueles que têm o privilégio de conviver com o professor Othon Leonardos sabem que no terreno da ironia e do bom humor S. Excia. é insuperável. Eu jamais ousaria falar em público para procurar competir com S. Excia. nesse setor. Acontece, entretanto, que nós estamos aqui reunidos, não num torneio de bom humor, mas com uma finalidade específica que é a de determinar fatos da natureza e esses fatos que não podem ser alterados por nenhum adjetivo que possa ser a eles adicionado. Tomaria, por isso, a liberdade de me referir a duas questões nas quais fui citado.

Inicialmente, o professor Leonardos referiu-se a minha pessoa lembrando que nas reuniões preliminares que precederam ao acordo de cooperação entabulado entre o Brasil e os Estados Unidos e numa comissão em que tive a honra de participar com S. Excia., eu teria declarado que o urânio é mais abundante do que o tório, enquanto S. Excia. afirmou aqui que o tório é várias vezes mais abundante do que o urânio. Devo reafirmar aqui, de público, e eu faço com prazer, que o urânio, pelo que sei, é mais abundante que o tório. Esse fato eu não tirei do céu, não é um produto de ilação, mas é um resultado experimental e que, como tal, creio que não pode ser alterado. Talvez exista na mente do professor Leonardos uma pequena confusão entre o conceito de abundância e o conceito de disponibilidade. A abundância do tório é bem conhecida porque, em particular, a abundância do tório na crosta terrestre não é diferente da abundância do tório em outros planetas. Esse problema foi estudado por uma série de físicos e entre eles é-me extremamente grato citar o trabalho de Wataghin e Saraiva de Toledo, de Wataghin e Lattes e os trabalhos ulteriores de Alphus Beto Gamo publicados numa "Physical Review" de 1947 ou 1948. Esses trabalhos, juntamente com os trabalhos de Evans e Goodman, que são citados por V. Excia. aqui, e outro trabalho de Evans e [...] publicados na "Review of Scientific Instruments" de maio ou junho de 1936, demonstram que o urânio é muito mais abundante que o tório. Entretanto, como o professor Leonardos teve oportunidade de discorrer com o brilho que lhe é peculiar ao estudar o conteúdo de tório do Pão de Açúcar e de outros maciços graníticos de nosso País, o tório acha-se disseminado na maior parte das rochas da natureza e exatamente pelas circunstâncias de existir disseminado em pequeno teor, em massas enormes de material inerte, é que torna o valor do minério que o contém

extremamente elevado. Assim, no que diz respeito à disponibilidade acredito, como esses autores, que o tório seja menos abundante que o urânio. Talvez eu esteja errado. Os dados que citei e a eles poderia ainda adicionar o trabalho do professor [...] que é o professor de geologia do MIT, trabalho esse que se acha publicado no segundo volume da "Science and Engineer of Nuclear Power", que é um livro publicado pelas Nações Unidas sob os auspícios da Comissão Americana de Energia Atômica e onde esses dados sobre a abundância do tório se encontram citados na 3ª ou 4ª página do primeiro artigo.

Outro assunto para o qual peço a permissão de discorrer, é o seguinte: o professor Othon Leonardos teve a gentileza de fazer uma propaganda pública de um artigo obscuro que juntamente com os professores Goldemberg e Leite Lopes publicamos no *O Estado de S. Paulo* de hoje. Devo esclarecer que esse artigo se refere a dados sobre o valor do tório colhidos durante a Conferência Internacional de Energia Atômica, realizada em Genebra em fins de agosto do ano passado. Nós distribuímos uma cópia prévia desse trabalho, em início de dezembro, a todos os membros do Conselho Nacional de Pesquisas e fornecemos uma cópia ao *O Estado de S. Paulo* e solicitamos sua publicação por julgarmos que era um assunto de alto interesse público. Por razões que escapam ao nosso controle, somente no dia de hoje o artigo foi publicado, e, creio que essa publicação foi oportuna. O professor Othon Leonardos critica uma afirmação dos autores, que passo a ler – "Demonstrado que o processo delineado acima, isto é, o da utilização do tório em reatores alto-recuperadores ou reproduzidor é possível e, apontadas as vantagens de utilização do tório, o valor econômico desse material torna-se excepcional. O valor energético do tório é de 20.000.00[0] de kwts.hora, por quilograma. Uma vez que o combustível numa instalação nuclear para a produção de energia custa um milésimo de dólar por kwt.hora, verifica-se que um quilograma de tório vale 20.000 dólares".

Infelizmente os fatos que aqui são citados são fenômenos da natureza e como tais são imutáveis. Não cabe a nós alterarmos os fatos da natureza ao nosso capricho. Esse é um dado experimental e acontece muitas vezes, que, infelizmente, a natureza não cede ao capricho da mente humana, e, por esse motivo, verificamos que o tório tem mesmo esse valor excepcional. Procurando confirmar aquilo que foi dito pelo professor Leite Lopes, acho que cabe aqui um esclarecimento sobre o que se deve entender sobre esse valor do tório. É um fato sabido que o tório pode ser utilizado no ciclotório, urânio 233 em reatores reprodutores destinados à produção de energia elétrica. O cálculo que está feito aqui tem o seguinte sentido. É que colocando-se num desses reatores reprodutores um quilo de tório, nos obteremos o mesmo desprendimento de energia que seria obtido em

uma usina termoelétrica convencional, colocando-se nessa usina 20.000 dólares de combustível fóssil. Esse é um fato da natureza e, infelizmente, não pode ser alterado e espero com isso ter esclarecido o meu eminente amigo professor Othon Leonardos.

### **T<sup>te</sup>C<sup>el</sup> Aldo Weber Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Marcello Damy de Souza Santos.

Tem a palavra o professor Victor Leinz

### **Professor Victor Leinz**

Senhoras e senhores; inicialmente queria afirmar ou contrariar algumas afirmações encontradas muito freqüentemente nos jornais, ou seja, de que a energia fóssil está acabando. De que o petróleo e o carvão estão, como se diz na gíria, “na lona” e que dentro de cem anos nós não os teremos mais. Isso é absolutamente inverídico. Somente na Alemanha as jazidas conhecidas de carvão - e falo apenas das conhecidas - são da ordem de grandeza dentre oitocentos a mil anos. A cada ano aparecem novas ocorrências. Se falamos de petróleo, falamos freqüentemente que não o temos senão para mais dez anos. Se assim fosse a “Standart Oil” não haveria de gastar seu dinheiro para fazer prospecções caríssimas numa inversão de capital para daqui a cinqüenta anos. Quando se fala cem anos são afirmações sem razão. As possibilidades são muito grandes. Agora mesmo o meu ilustre amigo Dr. Luciano Jacques de Moraes afirmou que existem bilhões de toneladas de xisto betuminoso no sul do Brasil, que é evidentemente uma fonte energética. Se não é no momento útil, poderá vir a sê-lo no futuro.

Das jazidas de petróleo, atualmente, são retirados no máximo de sua capacidade; o resto fica no chão. Se, no futuro, forem melhorados os processos de extração e, esses processos estão sempre melhorando, essa energia continuamente aumentará. Desse lado não devemos ter receio e não precisamos estar tão ansiosos para conseguir tório ou urânio.

Há três tipos de minérios: os provados, os prováveis e os possíveis. São três perfeitamente distintos. O provado seria uma segura garantia para qualquer empréstimo. O provável já não seria tão boa garantia, mas sobre ele ainda seria possível conseguir um empréstimo a juros de agiota. O possível [...] esse depende da capacidade do avaliador.

Então, voltaremos para as cifras afirmadas nesta reunião. Infelizmente, até agora os dados têm sido conservados em segredo. Ignoro a razão disso. Mas, infelizmente, os dados são secretos. É possível que alguns iniciados deles tomassem conhecimentos gerais. Mas, certamente são conhecidos fora do País.

Assim, a análise feita pelo Dr. Sylvio Villar Guedes, a única cifra que afirmou foi a de Araxá, Barretos, de 180.000.000 toneladas. Aqui gostaria de perguntar. Milhões de toneladas de que? De minério provado, provável ou possível? Isso, naturalmente depende do critério. Acompanhei muito atentamente a exposição daquele ilustre engenheiro e verifiquei que foi dito terem sido feitas 24 sondagens em 2.500.000 de metros quadrados. Isso quer dizer: uma sondagem por 100.000 [m<sup>2</sup>], se o meu cálculo não está errado. Isso quer dizer que em 10 hectares foi feito apenas um furo. Sobre isso posso afirmar que o Banco do Brasil não daria nenhuma hipoteca.

### **Professor Sylvio Villar Guedes**

Está sendo negociado um financiamento do engenho, com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico, na base dessa prospecção.

### **Professor. Victor Leinz**

Mas, eu falei do Banco do Brasil.

Um amigo meu que está aqui presente, nesta sala, é a pessoa que freqüentemente é chamada para avaliar essas jazidas. Normalmente, num depósito eluvional, como aquele de que se trata, uma amostragem de 100.000 m<sup>2</sup> com apenas um furo não é garantia suficiente não da quantidade, mas da qualidade do minério e do seu teor.

### **Professor Sylvio Villar Guedes**

Mas, o depósito não é eluvional.

### **Professor Victor Leinz**

Mas é residual, que se poderia chamar de eluvional. Numa jazida de cobre, por exemplo, ou numa jazida de estanho, residual, também normalmente se faz um retângulo com, no mínimo, um furo por hectare. Isso quando a disposição é muito uniforme. Baseado em 24 furos eu poderia, no máximo, afirmar isso. Sem conhecer outro pormenor, como é possível?

### **Professor Sylvio Villar Guedes**

Há outros pontos que não citei aqui. Há outros levantamentos, a homogeneidade da jazida é revelada pelas curvas aluviométricas em consequência do levantamento aéreo que foi feito. O programa de sondagem foi calcado no levantamento aerocintilométrico na base de tal homogeneidade do depósito.

### **Professor Victor Leinz**

Não vamos entrar em pormenores científicos ou técnicos. A rádio-intensidade é um produto da quantidade do minério existente e o teor. O senhor poderá ter o mesmo produto com pouco minério e alto teor, ou baixo teor e muito minério. A homogeneidade de linha supõe-se, mas não se afirma. Isso são critérios subjetivos. Esses 180.000.000 t. foram prospectadas por um grande amigo meu do qual sou grande admirador, Dr. Djalma Guimarães, mas julgo que o grau de exatidão poderia ser um pouco mais objetivo.

Passarei agora à segunda observação feita pelo professor Othon Leonardos. Afir-  
mou ele existir, no País, uma ordem de grandeza entre 160 e 600 mil toneladas de areias monazíticas, se entendi bem, puras. Também afirmou ele que não subdividiu essa quantidade em provados e possíveis, porque, queremos saber a ordem de grandeza do que temos e não do que supomos ter. Mas, julgo eu, que a ordem de grandeza, segundo dados que tenho, são de 60.000 toneladas de areias monazíticas provadas.

### **Professor Othon Leonardos**

O que V.Excia. chama de provado?

### **Professor Victor Leinz**

Provado em geologia é quando existe no mínimo [...] se for possível [...] ou se não é possível nesse caso, como são depósitos aluvionais, não [...] em a da superfície e b por certas intensidades de furos ou depósitos. Essa intensidade de furos depende da [...]. Por cada mil metros quadrados, um poço, ou para cada dez mil metros quadrados um poço. Não pode afiançar isso.

### **Professor Othon Leonardos**

Professor Victor Leinz a [...] fez uma prospecção sistemática de depósitos de monazita no litoral da Bahia, Espírito Santo e norte fluminense em 1941 e cerca de 1946. Gastou muitos milhares de contos, trouxe vários geólogos, fez milhares de poços, milhares de análises, isso faz parte de um volume muito grosso que serviria de base para uma exploração de solo do Brasil a qual não foi feita, porque eu, pessoalmente, me opus tenazmente a que uma companhia estrangeira fizesse, com meia dúzia de pessoas, levasse todos os nossos depósitos de monazita e uraninita em troca de buracos. Essa prospecção revelou, mais ou menos, 170.000 toneladas de monazita e perto de 2.000.000 toneladas de [...] depois disso o grupo SUBA e [...] têm feito milhares de sondagens e gasto milhares de contos nessa prospecção. Esse trabalho tem sido feito por engenheiros de minas extremamente competentes. Eu, pessoalmente, controlei uma porção desses furos e

encontrei os mesmos resultados. Depois disso a ORQUIMA vem lavrando os mesmos depósitos e conferindo, pela lavra, os dados da prospecção. Por exemplo, na parte de Minas Gerais [...] na Alemanha. O volume de dados que foram um pouco [...] foram os do Rio Grande do Norte onde só depois da lavra experimental se verificou que era anti-econômico. Mas não que não exista a monazita.

### **Professor Victor Leinz**

Estou convicto das suas afirmações, porque gostaria de assinalar que estamos de acordo. Isso vem demonstrar que os nossos conhecimentos específicos são relativamente limitados. As possibilidades são grandes, mas somente um grande trabalho poderia transformar essas grandes possibilidades latentes em realidade.

### **Professor Othon Leonardos**

O Governo não pode fazê-lo porque não tem técnicos e nem financiamento suficientes.

### **Professor Victor Leinz**

Nós não temos meios para fazer, mas deveríamos fazer, senão não poderemos responder; essa é uma parcela que V.Excia. afirma mas não podemos admitir como provado. Se queremos chegar a resultados realmente positivos devemos prospectar intensivamente. Como estamos fazendo, infelizmente, por meios [...] uma potência não pode ser analisada. Mas, desejo apenas assinalar, que se queremos saber, de fato, o que possuímos, e não podemos mais esperar, devemos continuar a prospecção. E não fazer essa prospecção pelo alto. Quero ainda lembrar à assistência que existem outros minerais, no meu ver, muito mais importantes, que o Brasil atualmente importa e que são os minérios de zinco, estanho e cobre, de chumbo, porque não possui o seu território suficientemente conhecido. É provável que existam em abundância, mas não estão sendo prospectados, apesar de serem de grande valor atual.

### **T<sup>te</sup>C<sup>el</sup>. Aldo Weber Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao professor Victor Leinz.

Tem a palavra o professor José Goldemberg

### **Professor José Goldemberg**

Deverei me referir novamente às agressões generalizadas que o professor Othon Leonardos fez a alguns físicos aqui presentes. Naturalmente é um pouco estranho que eu ressinta da agressão, porque deve-se evitar de envolver paixões ou política nesse tipo de

argumentação. Desejaria simplesmente, usar os argumentos do professor Othon Leonardos e conduzi-los ao absurdo. O senhor acaba de dizer que a ORQUIMA gasta milhares de contos fazendo buracos lá no Espírito Santo e no Nordeste. Usando esse argumento creio que a ORQUIMA deveria começar a usar as areias da praia de Copacabana.

### **Professor Othon Leonardos**

Estou convencido de que o tório vale pouco. Os físicos é que [...] o tório. O tório vale [...] de dólares, o preço que ela consegue vender ao Governo brasileiro.

### **Professor José Goldemberg**

E entretanto ela não usa, digamos, o centro do seu argumento é que no Brasil havia, creio que, alguns quatrilhões de dólares em casa. Agora vou reduzir os dados ao seu valor e fazer o seguinte comentário. Em Itatiaia, que o Sr. usou aqui, há 1.224 Km<sup>2</sup> e 1.500m de altura. Isso dá, então, 19 toneladas ou seja 17 quilos de tório. Usando o seu valor para o tório, uns dez dólares por quilo, um quilômetro quadrado vale um milhão de dólares. De modo que eu recomendaria a todos os presentes que comprassem terras em Itatiaia.

### **Professor Othon Leonardos**

Sr. Presidente, estamos procurando ver se falamos uma linguagem comum. Pediria que esse ressentimento não fosse levado no coração. Vamos ver se podemos usar uma linguagem comum. V.Excia. professor Goldemberg é muito moço e combativo. Eu o aprecio. Isso mostra um caráter. Gostaria que V.Excia. repetisse novamente suas palavras, que me escaparam.

### **Professor José Goldemberg**

O argumento é o seguinte: o Itatiaia tem 1.224 Km<sup>2</sup> e 1.500m de altura. Isso, então, são 19 toneladas de rocha. E dentro dessas 19 toneladas estão contidos 17 quilos de tório. Se é verdade que há tanto tório, Deus é brasileiro certamente, porque isso acontece apenas no Brasil e não nos outros países. Em segundo lugar, computando cada quilo desse tório a 10 dólares o quilo, isso significa que cada quilômetro quadrado no Itatiaia vale um milhão de dólares.

### **Professor Othon Leonardos**

Isso se estiverem certos esses dados de V.Excia. Esses dados não são meus.

### **Professor José Goldemberg**

Estou dando os seus dados.

### **Professor Othon Leonardos**

Esses dados não são meus. O único valor que tenho é da Comissão de Energia Atômica esse é que é o aceite. Se há desentendimento, não é meu. É o dado dado pelos físicos que vale.

### **Professor José Goldemberg**

O dado que estou citando é o seu dado, de 10 dólares. Isso significa que não é possível considerar o tório no granito. Não é possível considerar o tório nos paralelepípedos da rua. É preciso procurar reservas de areia monazítica em que o tório esteja em quantidades grandes. Como é o caso do Espírito Santo e outros lugares. Nesse argumento, digamos, que está envolvida quase uma questão pessoal.

Acho que a discussão está obscurecendo o ponto básico e que os geólogos aqui presentes devem decidir para que nós físicos sejamos informados. De certa forma vou ajudar na confusão. Outro dia li no jornal declarações do professor Elysiário Távora, creio que na Comissão de Inquérito, de que as reservas de tório no Brasil eram ínfimas ou qualquer coisa como 12.000 toneladas de areia monazítica ou coisa assim. Agora vem o Dr. Othon Leonardos e, apoiado pela sua competência científica nos fala em milhões de toneladas de tório. Vamos por de lado a questão do preço.

### **Professor Othon Leonardos**

Conforme o preço [...] aumenta ou diminui evidentemente a quantidade teórica de [...].

### **Professor José Goldemberg**

Isso é para todos os países? Ou só para o Brasil?

### **Professor Othon Leonardos**

Se Deus é brasileiro, é só para o Brasil.

### **T<sup>te</sup>.C<sup>el</sup>.Aldo Weber Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Pediria que os debates não fossem levados nessa base.

### **Professor José Goldemberg**

O problema que eu quero levantar é o seguinte: que a questão não seja obscurecida entre geólogos e físicos. Os físicos gostariam que os geólogos chegassem a uma opinião em que pudéssemos acreditar. Há uma grande dúvida, não só entre os físicos como entre muitas pessoas afastadas desse problema, como, por exemplo, deputados da Câmara dos Deputados.

**T<sup>te</sup>C<sup>el</sup>. Aldo Weber Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Muito obrigado.

Tem a palavra o professor Costa Ribeiro.

**Professor Costa Ribeiro**

Sr. Presidente, minhas senhoras e meus senhores;

Hesitei em tomar a palavra neste debate, mas senti-me na obrigação de fazê-lo por dois motivos. Primeiro, porque alguns dos oradores que me precederam tiveram expressões um tanto irônicas a respeito do segredo em que se diz terem sido mantidas as informações relativas às nossas reservas de minério de urânio e tório. Tendo, durante três anos dirigido a Divisão Técnico Científica do Conselho Nacional de Pesquisas que, por lei, tinha atribuições específicas nesse terreno, sinto-me no dever de dar um esclarecimento. O Conselho Nacional de Pesquisas nunca fez alarde do segredo em relação aos dados obtidos nos seus trabalhos.

Teve, apenas, a precaução de não divulgar dados que constituíam apenas o início das suas investigações nesse terreno. Pode-se negar muitos méritos à atuação do Conselho Nacional de Pesquisas, mas uma coisa que não se pode negar e que está vinculada à história dos problemas relacionados com a energia atômica no Brasil é que, de fato, com o Conselho Nacional de Pesquisas tiveram início as primeiras investigações sistemáticas sobre urânio no Brasil. Eu, durante muito tempo, quando era apenas um jovem professor da Escola Nacional de Engenharia, por razões ligadas, não à energia atômica, que nesse tempo ainda não existia, mas unicamente às questões de radioatividade e ao interesse pela associação do rádio ao urânio, dediquei-me, por muito tempo, a coletar amostras de minerais de urânio, não só do Brasil, mas de todo o mundo, no que fui muito auxiliado por alguns de meus melhores amigos, entre os quais o saudoso Euzébio de Oliveira e meu querido amigo, professor Víctor Leinz, ao qual devo a oportunidade de ter recebido a primeira amostra de uraninita ocorrida em um dos pegmatitos de Minas Gerais e que tive oportunidade de dosar, em trabalho que foi apresentado à Academia Brasileira de Ciências em colaboração com o professor Cintra do Prado.

Na ocasião em que se criou o Conselho Nacional de Pesquisas já eram conhecidos, de há muito, os nossos depósitos de monazita do litoral, mas em relação ao urânio, a única coisa que se conhecia era a ocorrência de alguns niobiotantalatos contendo urânio em caráter de interesse puramente mineralógico e não suscetíveis de interesse industrial. Conhecia-se também algumas ocorrências de uraninita também em pegmatitos no Nordeste do Brasil. Mas todos os geólogos foram unânimes em afirmar que no Brasil não se conheciam depósitos de urânio industrialmente exploráveis. O Conselho teve, incontestavelmente,

o mérito de focalizar a sua atenção sobre esse problema, sob a orientação de um homem que é um nome respeitado no Brasil e fora do Brasil, que é o Dr. Djalma Guimarães, que durante o período de minha gestão chefiou o Setor de Pesquisas Geológicas do Conselho. O primeiro levantamento aerocintilométrico e magnetométrico feito no Brasil foi feito mediante um contrato entre a Companhia PROSPEC, que é bem conhecida do Dr. Villar Guedes, e o Conselho Nacional de Pesquisas e teve, como objetivo, o levantamento aerocintilométrico de uma área incluindo a região de S. João Del Rei onde já se sabia, pelos trabalhos de campo do Dr. Djalma Guimarães, da ocorrência da djalmaita, que contém um teor baixo, mas perfeitamente verificado, de urânio e que serviria como base para o controle desses métodos aerocintilométricos que, na época, eram considerados como métodos de significação muito aleatória. O resultado desses trabalhos foi favorável, justificando a utilização desse método em outras áreas do território nacional. Devo mesmo declarar que o Departamento Nacional da Produção Mineral, durante muito tempo, hesitou em contratar serviços de aerocintilometria, até que por instigação e iniciativa do Conselho foram feitos os primeiros levantamentos na região litorânea do Brasil, confirmando os dados de campo que o Departamento já possuía sobre os depósitos de areias monazíticas. Os resultados obtidos em Poços de Caldas e em Araxá confirmaram, mais uma vez, o acerto das providências do Conselho dando início, no Brasil, a esse tipo de prospecção, tipo esse que talvez não seja tão excepcional em países que possuem altos recursos em pessoal para serviços de geologia de campo, mas que no Brasil é absolutamente indispensável dado o número extremamente exíguo de técnicos capazes de levar avante os trabalhos de geologia. Essa era, apenas, uma explicação que desejava dar sobre a atuação do Conselho e a razão pela qual os dados do Conselho não foram lançados a todos os ventos nem aparecem nas manchetes dos jornais. Nós apenas iniciávamos seriamente o estudo sistemático dessas jazidas. Entretanto, devo recordar que, aqui mesmo nesta sala, numa reunião desta mesma Sociedade ainda na qualidade de Diretor Científico do Conselho, tive ocasião de fazer uma pequena palestra relatando os dados que haviam sido coligidos nos relatórios do Dr. Djalma Guimarães e de diversas outras pessoas que colaboraram conosco nesse trabalho de levantamento inicial das nossas jazidas.

Dada essa explicação, Sr. Presidente, desejava fazer um comentário procurando desfazer o equívoco que certamente deu origem a este antagonismo aparente que se manifestou na exposição do professor Othon Leonardos e que foi tão elegantemente respondido nas réplicas dos professores Leite Lopes, Marcello Damy de Souza Santos e Goldemberg. De fato, os físicos poderiam se sentir magoados, mas estou certo de que

não o estão, porque todos conhecem de há muito o professor Leonardos e sabem que é um homem extremamente dedicado à pesquisa científica e que fala com uma grande sinceridade. Mas, tem, como disse o professor Souza Santos, esse hábito inveterado da ironia, e, às vezes, esse hábito pode ir um pouco além daquilo que ele desejaria. Desejo, apenas salientar o seguinte. Quando um físico diz que o valor energético do tório corresponde, traduzido em dólares de importação de um combustível, a uma certa quantia de dólares, ele não está afirmando, nem está pensando que esse valor é um valor comercial do tório. V.Excia. Professor Leonardos, baseou toda sua argumentação, nessa brilhante sátira que apresentou ao auditório, na hipótese de que nós estaríamos considerando o valor energético do tório como sendo o valor comercial, o valor venal do tório. Não é absolutamente isso. Um fato que não padece dúvida é que se em vez da Usina de Piratininga que queima óleo importado nós tivéssemos uma usina térmica alimentada por um reator "breeder" utilizando tório, a economia em divisas que se realizaria com essa usina seria medida exatamente por esse equivalente energético.

É preciso examinar com serenidade esse problema. A questão da possibilidade do uso do tório para utilização em reatores de potência é hoje cientificamente um fato que não pode ser contestado. Entretanto devemos ter a precaução e a honestidade de afirmar que ainda há problemas tecnológicos a serem resolvidos. Mas, nos Estados Unidos, de onde acabo de regressar, tive oportunidade de visitar o Laboratório de Oak Ridge e de entreter palestra especificamente sobre esse problema com o professor Weinberg, que é uma das maiores autoridades nesse assunto, e que apresentou, em Genebra, um trabalho de grande repercussão sobre os "breeders" de tório com nêutrons lentos. Aquele professor mostrou-me, inclusive, o reator homogêneo que está sendo construído e cuja construção deverá terminar ainda este ano, no outono, reator [de] potência experimental para testar, em todos os seus aspectos, inclusive nos seus aspectos tecnológicos, a produção de energia por meio do "breeder" de tório.

Há duas grandes empresas norte-americanas, a Consolidated Edson, que é talvez a maior concessionária dos serviços de eletricidade nos Estados Unidos e a North American Aviation, no ramo de energia atômica que foi recentemente criado, que já apresentaram e estão construindo reatores de potência utilizando tório, quer sob a forma de reatores heterogêneos de água sob pressão, como é o caso da Consolidated Edson, quer sob a forma de reatores de um tipo misto utilizando como elemento de combustível uma mistura de urânio enriquecido e de tório. Assim, o problema está no início da sua aplicação tecnológica. Temos que considerá-lo seriamente, olhando para o futuro e mais uma vez

faço um apelo para que não se crie uma atmosfera de hostilidade entre os poucos homens que, no Brasil, são capazes de levar avante a solução desse problema. Outro apelo que deixo como palavras finais da minha exposição é o de que todos se congreguem com o objetivo de servir ao Brasil.

### **T<sup>te</sup> C<sup>el</sup> Aldo Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Muito obrigado ao Professor Costa Ribeiro.

Tem a palavra o professor Mário Schenberg

### **Professor Mário Schenberg**

(gravação prejudicada)

[...] Desejaria me referir a um outro ponto. V.Excia. disse, Professor Othon Leonardos, que nós os físicos estamos pensando em somas astronômicas, em números muito grandes e que não temos os pés na terra, estamos perdidos, ora estamos na galáxia, ora estamos no elétron puntiformes. Creio que essa nossa imaginação de físicos teóricos já deu algumas belas coisas à humanidade. V.Excia., parece que dirigiu-se, com mais afinco, contra os físicos teóricos. Fez várias menções diretas a eles, se bem que dirigiu ataques, também aos físicos experimentais. Mas parece que demonstrou maior afinco contra os físicos teóricos, por motivos que não posso entender. Acho que nós, físicos teóricos, já demos algumas belas demonstrações das nossas especulações. Quero apenas recordar que a transformação da matéria em energia é devida ao físico teórico mais especulativo de nosso século, que foi Einstein, que em 1905, nas suas especulações então desaprovadas pelas pessoas que tem os pés na terra, previu essa liberação de energia que hoje em dia nos dá a idade atômica.

De modo que acho que freqüentemente é preciso a gente estar pensando menos nas cotações atuais da bolsa do que no futuro da civilização, no futuro da nossa Pátria, que não se mede ao preço de 10 dólares o quilograma de tório na bolsa de Nova York.

### **Professor Othon Leonardos**

Alegra-me profundamente ver como a sala inteira vibra com a idéia única de dar energia atômica ao Brasil. Infelizmente, nós, geólogos, não conseguimos ainda determinar as reservas economicamente exploráveis de urânio. Apenas demos nossa estimativa sobre os minérios de Poços de Caldas, talvez os minérios de Jacobina possam ser utilizados. Antes de tudo quero frisar que sou muito mais pessimista do que os meus caros colegas Luciano Jacques de Moraes, Lamego e outros. Gostaria de ser tão otimista e talvez no fundo o seja. Mas, parece-me, Sr. Presidente, que os aplausos, tanto de um lado quanto

de outro, demonstram que a assembléia ainda não pensa da mesma maneira e essas desinteligências relativamente aos números monetários têm motivado comentários dessa ordem que todos os jornais, todos os dias, trazem com relação aos valores imensos do tório como se esse valor fosse valor venal de [...].

Tirei, para as minhas conclusões, valores citados pelos jornais e pelo Congresso. O que tem de meu é apenas a colocação de dados brasileiros e dados internacionais que não padecem de dúvida.

Em primeiro lugar, que a abundância de tório na litosfera é três vezes maior do que a de urânio, embora o meu caro amigo, Professor Souza Santos, insista no contrário. As últimas publicações de 1954 e 1955 que foram levadas à Conferência de Genebra, todas elas insistem nesses valores. O Dr. Távora chamou a atenção para os dados de [...] 1954 que são publicados em um livro muito conhecido [...] e que dizem que as rochas ígneas contém, em média, 11,5 partes por milhão de tório e apenas 3 ou 4 partes por milhão de urânio. Todos os livros, todos os trabalhos são unânimes.

### **Professor Elysiário Távora**

Preciso esclarecer um ponto. Realmente o Dr. Leonardos tem razão quando diz que todos os geoquímicos, inclusive os famosos finlandeses [...] mencionam 11,5 por tonelada para o tório e 4 gramas, por tonelada, para o urânio. Isso nas rochas eruptivas. Esses dados foram repetidos por [...] e [...], em Genebra, nos trabalhos que apresentaram sobre ocorrências de urânio e tório na crosta terrestre. Porém, talvez a válvula de escape esteja no caso das concentrações dos depósitos porque, realmente, nos últimos anos, as buscas de urânio foram tão intensificadas e a quantidade de urânio em movimento é tão grande que talvez daí nasça essa divergência. As quantidades mobilizadas nos depósitos de urânio são incomparavelmente superiores às conhecidas nos depósitos de tório. Portanto, teríamos que encarar o problema sobre dois aspectos. A estatística do urânio nas rochas com a difusão uniforme e a concentração do urânio nas ocorrências hidrotermais abundantes e nos pegmatitos chambrados com tório. Dessa média geral é que devemos ter um resultado decisivo, porque são dois dados de controles diferentes.

### **Professor Othon Leonardos**

Essas quantidades de tório que citei, não são imaginação, mas dados fornecidos por pesquisadores do mundo inteiro. Essas quantidades que citei, nas rochas brasileiras, não devem ser mentira. Quantidades de gramas, de quilos de tório. Quanto ao valor é que deve existir alguma divergência e profunda, radical. Para nós geólogos economistas, o

valor de qualquer coisa é aquele do mercado, descontados o custo de extração. Citei os dados do Congresso de Genebra, quanto custaria para extrair urânio e tório de um granito e a conclusão a que chegaram é que só seria econômico quando o urânio e o tório chegassem a um preço da ordem de 60 ou 70 dólares por quilo de urânio e de 90 a 200 dólares por quilo de tório. No momento, os únicos valores venais que existem de tório e urânio é o que a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos vende aos [...] para aplicação em reatores e outros fins pacíficos. Esses são dados de venda. Os preços de compra são 7 dólares e pouco por quilo de urânio e 11 dólares por quilo de tório. Todo o resto é fantasia. Apenas podem ser considerados minérios de tório, as areias monazíticas que contenham mais de 1% de monazita. Isso quer dizer que não há no momento minério de tório, se esses dados prevalecem. Mas, no dia em que o tório chegar a preços prefixados, então todo o mundo [...]. Procurei, pegando os dados dos físicos experimentais sem especificações [...] do leigo, cheguei a conclusões que, pelo que vejo, estão no rol de absurdas, mas a culpa não foi minha. Desejaria perguntar onde é que há divergência, como é que podemos chegar a um acordo. Esses dados perigosos perante os leigos e levados a meu querido amigo, Engenheiro Dagoberto Salles, ilustre deputado por São Paulo, ocasionaram um projeto de lei que considero absurdo, embora conheça extremamente bem o Engenheiro Dagoberto Salles e a vontade que tem de trabalhar para o bem do Brasil. Pergunto o que podemos fazer em conjunto para abreviar a solução de construir um reator de tório ou de descobrir mais jazidas de urânio. Todo o resto não tem importância.

### **Professor Oliveira Castro**

Ouvi com muito interesse a discussão que foi aqui travada entre meus ilustres colegas físicos teóricos e geólogos representados pelo professor Othon Leonardos. Quando pessoas de alto grau de cultura não chegam a um acordo, alguma coisa deve haver nisso. Assim, parece-me que o problema foi mal proposto. Quando se afirma que um grama de urânio equivale a 20.000.000 kwts hora, creio que não há discussão possível. É um dado garantido pela física, sobre o qual não podemos discutir. Quando se trata de avaliar esses kwts hora em dólares e dizer que esse é o valor do grama de carvão é que, parece-me, que o problema não está bem colocado, porque isso pertence a uma outra ciência que é a economia política. No preço não entra só o combustível, entram também as máquinas. Como já foi provado que o preço do combustível pouco influi no preço do kwt hora, provavelmente, esse valor grande de dólares, que foi achado, representa o valor das máquinas e não do combustível. Essas são as observações que desejaria fazer. São considerações não de físico, nem de geólogo, mas de engenheiro.

**T<sup>te</sup> C<sup>el</sup> Aldo Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Muito obrigado.

Tem a palavra o professor Armando Dias Tavares.

**Professor Armando Dias Tavares**

Estamos discutindo aqui o valor relativo das coisas e para secundar as palavras do professor Othon Leonardos, tenho a relatar o seguinte: nos meus trabalhos em vácuo na Faculdade de Filosofia, verifiquei freqüentemente, aliás, é uma coisa que se verifica com qualquer principiante em vácuo, que a quantidade de vapor de água absorvida nas paredes do recipiente, pode fazer aumentar, por exemplo, a pressão de 10 a menos 3 de um milímetro de mercúrio a alguns milímetros de mercúrio em poucas horas, depois de selado o recipiente. Isso quer dizer que a quantidade de vapor de água que é absorvido nas paredes do vidro, pode resistir a várias horas de vácuo quase que absoluto. Por isso nós podemos, parodiando o professor Othon Leonardos, dizer que a quantidade de vapor de água existente nas rochas e que está absorvida nas rochas na pressão normal, nas condições hidrométricas normais, é uma quantidade fabulosa. Desse modo, segundo o professor Othon Leonardos, o problema do Nordeste, por exemplo, seria facilmente resolvido se extraíssemos esse vapor de água que está absorvido nas rochas. A quantidade de umidade existente a uma certa profundidade, por exemplo, no solo, aí, aumenta de muito mais. De modo que podemos, parodiando ainda o professor Othon Leonardos, dizer que o nordestino não tem absolutamente falta de água. Ele está mergulhado num açude. Naturalmente, o governo, que anda gastando fortunas fabulosas em construção de açudes, poderia resolver o problema dando uma ordem ao nordestino – “Não venham nos “paus de arara” para cá, vocês chupem as rochas.”

**T<sup>te</sup> C<sup>el</sup> Aldo Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Muito obrigado.

Tem a palavra o deputado Dagoberto Salles

**Deputado Dagoberto Salles**

Confesso que estava muito encabulado, no fundo desta sala, sem coragem de comparecer aqui no meio de tantas sumidades: geólogos, físicos. Sou um pobre político que se sente encabulado num meio tão culto e tão ilustre. Escutei o discurso do professor Othon Leonardos e dei-lhe um valor enorme, porque se nós agora estamos rindo aqui numa discussão amena se deve exclusivamente a ele esse mérito. Isso ninguém lhe tira.

Entretanto, quanto às críticas que foram dirigidas, e eu fui atingido particularmente, creio que são “ossos do ofício”.

Não posso absolutamente pretender defender alguma tese, sem esperar que haja gente prejudicada. É uma coisa muito natural.

E mesmo pessoas que as combatam e usem dos recursos de intelecto, inclusive esse da ironia como arma, e se somos atingidos o que nos resta de melhor, é virmos uns com os outros. Eu devo dizer, professor Leonardos, que não estou pretendendo absolutamente estabelecer uma COFAP Internacional para fixar o preço do tório e estabelecer a venda do tório. Isso é coisa que nunca me passou pela cabeça. Apenas, advertido por cientistas brasileiros de grande valor, valor internacional, e que estão aqui presentes e também nas minhas horas disponíveis compulsando alguns manuais, alguns livros que se referem à energia atômica, não pude deixar de notar esses dados que são impressionantes. Isso está em qualquer manual que trata de economia de energia atômica. E citei na Câmara o equivalente monetário do valor do conteúdo energético do urânio. Isso deu margem a uma tempestade que está assumindo caráter nacional e que está até tirando Vs. Excias. dos seus cuidados para uma discussão como esta.

Entretanto, há uma questão muito séria e, como ocupante de uma cadeira na Câmara Federal, não posso deixar de estudar o assunto e propor soluções. No caso, penso que o professor Mário Schenberg definiu muito bem o assunto. O Brasil possui uma quantidade limitada de minérios ricos em tório. É para fugir à necessidade de, no futuro, explorar o Pão de Açúcar, como propôs o professor Leonardos, que devemos defender, tirar o melhor partido de nossas reservas. Esse é o ponto de vista. O meu projeto não fixa em 6, ou 20, ou 30, ou 50 mil dólares o valor do tório. Apenas estou vendo por essa reunião, que o princípio de procurar é muito justo, e, proponho a proibição de exportação de tório antes que se faça uma avaliação correta das nossas possibilidades. E estou vendo pelo que ouvi de todos os geólogos que essa avaliação ainda não foi feita. Alegam uns que é falta de dinheiro, outros que é culpa do governo. Vamos então dar recursos ao governo para que ele faça, para que amanhã a nação brasileira e nossos filhos não acordem necessitando comprar tório nos mercados internacionais e dessa vez não a 11 dólares o quilo, nem a 40, mas a um preço que não sabemos qual será. Não proponho fixar o preço, apenas acho que o Brasil deve tirar o máximo partido dessas reservas que a natureza lhe concedeu. Já que é tão pobre em combustíveis clássicos e agora que aparece esse combustível, palavra mal empregada, em todo o caso que dá idéia da capacidade de gerar energia, mas esse combustível mais nobre que qualquer outro, e que nós notamos que há

em nosso território algumas jazidas de alto teor, devemos seguir uma política prudente, de cautela. Não vamos repetir os episódios todos que vêm desde a época do descobrimento do Brasil. Com essa característica, com esse defeito, com esse crime que sempre se imputou aos brasileiros, de serem uns criadores de desertos e de exploradores desapiadados e inconscientes de suas riquezas. Já aconteceu isso com muitos dos dons com que a natureza nos favoreceu. Acontece, agora, com a nossa terra toda ela erodida. Não queremos que aconteça isso também com o tório e, por isso nós propusemos, apesar de todas as críticas, nós propusemos essa legislação ao Parlamento Nacional, para que as reservas nacionais de minerais atômicos sejam usadas com cautela, com discernimento, de preferência trocando-as por conhecimentos no setor da energia atômica, por equipamento no setor de energia atômica, por reatores nucleares que venham aqui aliviar essa crise de energia elétrica que está estrangulando o nosso progresso e estamos aqui, de público, ou em qualquer lugar, para debater com o homem da rua, ou com os cientistas altamente qualificados os pontos fundamentais dessa política que nós propusemos.

Acho que ela é preferível ao que está acontecendo hoje em dia, em que sem uma própria avaliação das nossas reservas, estamos vendendo a um preço que nos é imposto, como um povo completamente desprevenido e displicente. E não poderemos dar boas explicações aos nossos filhos e aos nossos netos. Esse é o motivo, professor Leonardos, que nos leva a afrontar as críticas, a suportar os sarcasmos e serenamente enfrentar os insultos. É em satisfação a nós mesmos, a um dever de consciência que nós estamos defendendo essa causa. Agradeço a atenção.

### **Professor Othon Leonardos**

Sr. Presidente, estou vendo que as discussões estão nos aproximando cada vez mais. Vejo que os olhares fulminantes do nosso colega professor Goldemberg já não são tão intensivos. As palavras do deputado Dagoberto Salles me obrigam a aproximar-me um pouco mais da questão econômica. Aliás, a ciência e a economia estão ligadas em muitos setores, especialmente no meu caso em que sou geólogo economista. A questão de determinação de reservas é teoricamente extremamente interessante. Pergunto: poderão ser feitas? Quanto à tese do deputado Dagoberto Salles de que o Brasil tem se prejudicado pela leviandade de exportar certos produtos, tenho a impressão de que não. Tomemos o caso do minério de ferro em que o presidente Artur Bernardes, apoiado nos conselhos do professor Oliveira, se opôs desde 1910, primeiro o Marechal Hermes, depois o Dr. Bernardes, à exportação de ferro. Naquela época se dizia que as nossas reservas eram pequenas. O tempo mostrou que a técnica transformou rochas que não eram consideradas minérios,

em minérios de ferro. Se nós, em 1910, tivéssemos iniciado a construção da estrada de ferro projetada pela [...] Bethlehem Steel, ligando Cauê a Vitória, nos já estaríamos, há decênios, com uma grande siderúrgica em Vitória exportando aço para todo o hemisfério sul. Em seguida, o projeto [...]. Isso não foi feito e foi um prejuízo. As observações pessoais que tenho da Divisão de Minério de Ferro de Minas Gerais, o Dr. Luciano de Moraes chegou aos mesmos dados ele próprio, me levam a admitir 700 km de uma faixa de itabiritos contendo mais de 200 m de largura e que se prolonga por profundidade muito grande e que tomando apenas 100 ou 200 m, a altura das montanhas comuns, isso nos leva a dados da ordem de 50 bilhões de toneladas. Dizia-se que esse minério não vale nada; a técnica de sintonização mostra que esses minérios finos, ricos, dão cinto mais interessante que qualquer minério de ferro. Isso é apenas um exemplo. Podia-se citar outros mais, porém, seria derivar do problema. Quando cito esse valor de 300 a meio milhão de toneladas de monazita, penso que não é um dado leviano, baseia-se num estudo de muitos anos. Há mais de trinta e cinco anos que tenho ensinado geologia econômica e tenho percorrido o Brasil e grande parte do mundo estudando esses minérios. No caso da monazita, então, foi sempre minha dedicação. Meu primeiro trabalho sobre a monazita data de 1925 muito antes da energia atômica, por isso não posso estar envolvido na histeria do tório, como foi chamado o engenheiro Mario da Silva Pinto. Mas a minha convicção é que [...] extremamente conservador. Devo ainda insistir nesses argumentos. Está aqui o mapa do engenheiro Lamego, que não usou da palavra por timidez, por modéstia ou por elegância. Trata-se aqui do seguinte. Do delta do Paraíba. É apenas para mostrar um exemplo de ilação de ordem geológica para mostrar que o professor Lages é muito exagerado ou escrupuloso demais em admitir ilações geológicas. De fato, chamam-se reservas provadas ou medidas aquelas que são determinadas em três dimensões por sondagem. Chama-se reserva indicada a determinada em duas dimensões. E, finalmente, a reserva inferida ou provável é aquela determinada numa única dimensão, mas extrapolada por ilações de ordem geológica. Se pegarmos essa pontinha do delta do Paraíba, onde antigos engenheiros e geólogos e, modernamente, a SUBA e as outras determinaram uma faixinha de uns 100 m. de praia de costa uma reserva da ordem de 100 mil toneladas. Isso no mapa é um nada. De onde é que vem essa monazita? Caiu do céu? Evidentemente que não. Ela é trazida das rochas graníticas de [...]. Isso o professor Távora comprova e todos os geólogos aqui presentes não podem negar. De qualquer lâmina de rocha granítica do Rio de Janeiro, vista ao microscópio ou feita com alta radiografia mostra que contém tório em quantidade bastante elevada, da ordem média de 13 partes por milhão. E acredito

que nos dias em que tivermos mais análises químicas aqui no Brasil ela será maior. Qual a extensão de área mineralizada em tório? Mas, procurando acompanhar esse raciocínio [...] todas essas áreas provieram de onde? Dos rios que drenam uma região granítica. Em alguns lugares do Rio Paraíba essas concentrações são enormes. Por exemplo, em Sapucaia, além de Paraíba, em Santa Rita do Rio Preto, em uma porção de localidades. Essas regiões começaram a ser exploradas, no começo do século, e foram abandonadas porque naquela ocasião houve aquelas grandes concessões dadas ao engenheiro Gordon, o que se chamou de contrabandista e que, em 1880 e 1890, exportou areia monazítica clandestinamente. Até hoje toda gente está convencida que esse contrabando existe. Essa derivação da imprensa é que atrapalha esse raciocínio. Se todas essas areias provêm desses rios e foram concentradas no litoral devido às correntes marinhas e ao vai e vem das ondas, é absolutamente certo, do ponto de vista geológico, que esta restinga que foi feita pelo crescimento, que esse delta do Paraíba com sua área imensa [...]. Todo ele deve conter monazita em grande volume, todo útil, provavelmente não. Mas as mesmas razões que fizeram aquela faixa de monazita rica e chegaram a conter 50% naquelas pequeninas faixas que foram exploradas no começo do século, tudo faz crer que devemos encontrar, sobretudo nos pés das barreiras terciárias [...] exatamente iguais aos que têm sido trabalhados nas jazidas da Bahia, em Prado, em Guarapari, etc. Isso é uma ilação geológica que nenhum geólogo poderá contestar. Mas tudo isso está abandonado. Estamos querendo apenas as praias atuais. Isso quer dizer que nós os geólogos, que temos nos dedicado à monazita, outros talvez não sejam tão otimistas, porque não se dedicaram ao assunto, não temos o menor receio de considerar a probabilidade de outros grandes depósitos de monazita. Mas esqueçamos da monazita. Vejamos esses dados que o Dr. Sylvio Villar Guedes repetiu e que se baseiam em prospecções muito conscienciosas de um dos mais ilustres geólogos que o Brasil teve em todos os tempos que é o Dr. Djalma Guimarães. Estive esta semana, em Belo Horizonte, com aquele engenheiro que mostrou-me os pormenores dessa pesquisa. O professor Victor Leinz foi um pouquinho mau demais na crítica que fez ao Dr. Sylvio Villar Guedes e a mim. Esses estudos do professor Djalma Guimarães baseiam-se em sistema moderno de prospecção sobre o qual talvez o professor Victor Leinz ainda não esteja bem a par, e que são prospecções radiométricas. Outrora, determinar o teor de urânio e tório era um problema terrível de química. Hoje, com o contador Geiger e Muller e um cintilômetro, é fácil, correndo sobre o terreno, dentro de um automóvel, verificar. O professor Costa Ribeiro tem usado esse processo e verificado como é fácil determinar. Além disso, se o trabalho de terra é um pouco mais difícil por

causa do “background”, torna-se de uma evidência imensa a prospecção aérea. Os trabalhos da PROSPEC são qualquer coisa de maravilhoso nesse sentido. São trabalhos que tem sido exibidos em todas partes do mundo. Dentro dessa área perfeitamente delimitada, os trabalhos terrestres confirmados. O Dr. Djalma Guimarães teve a habilidade de ter grande número de amostras estudadas no laboratório, mostrando a homogeneidade desses depósitos. Diante de um depósito homogêneo [...]. Tal qual como um banco de calcário numa camada de carvão.

### **Professor Victor Leinz**

O que queria dizer, como geólogo, é que 60 amostras, é o numero citado, não são suficientes para garantir o teor e a quantidade afirmada. Se existe, além dessas cifras citadas, outros dados que ainda não foram citados, evidentemente muda-se o aspecto.

### **Professor Othon Leonardos**

Os resultados das reservas medidas e avaliadas estão sendo valiosos. Esse valor que o Dr. Sylvio Guedes e o Dr. Djalma Guimarães citaram de 120 a 130 mil toneladas de tório revelam uma reserva tremendamente grande. Logo, do meu ponto de vista, não está sendo crime a exportação de tório. O que sempre o nosso grupo achou crime foi exportar qualquer matéria-prima em bruto, quando nós podemos beneficiá-la. Isto é, ter a indústria aqui como primeiro passo para a conquista da energia atômica. Tenho a impressão que está havendo um equívoco em se apelidar qualquer um que não pense da mesma maneira de traidor do Brasil. Seria muito duro acreditar que qualquer um de nós por ser católico ou judeu, favorável à Rússia ou aos Estados Unidos, estejamos vendendo o Brasil. Essa é uma idéia que devemos abandonar, porque é ridícula. Insisto, Sr. Presidente, que estamos chegando muito perto de qualquer coisa comum. O Dr. Dagoberto Salles disse algumas palavras que não pude compreender bem; que considerou como insulto ou qualquer coisa nesse gênero o que pronunciei. Peço desculpas ao deputado Dagoberto Salles. Estou procurando ver se nós, usando deduções teóricas, usando argumentos de ordem geológica, estatística ou qualquer outro processo que for chamado de ironia ou de sarcasmo, chegamos a um dado comum. Se não chegarmos a um dado comum, vamos nos destruir dois a dois. Faço votos, Sr. Presidente, que seja possível aproximarmos ainda mais, os geólogos dos físicos, os físicos dos economistas, e os economistas dos políticos, para o bem do Brasil.

### **Professor [Ernesto] Pouchain**

De certo modo, estamos outra vez nos aproximando da geologia. E nesse terreno é que vou me situar. Primeiramente, quero me referir a bela exposição do geólogo Dr.

Sylvio Villar Guedes que nos deu uma visão magnífica de nossas reservas minerais de urânio. No entanto, posteriormente, verifiquei que o professor Maffei restringia isso a 300 toneladas. Há, portanto, uma superestimação de reservas. E isso nós pudemos ver no D. N.P.M.. Por exemplo, no último relatório do Dr. Ericson, quando Diretor da Divisão do Fomento Mineral, está escrito que jazidas de zircônio de Poços de Caldas estavam avaliadas na ordem de 700.000 toneladas, absorve a sua potência, depois de estudos meticolosos ali realizados, para 1/10 da sua capacidade. Aí já temos um dado concreto de que há uma verdadeira superestimação das nossas riquezas no que se prende ao terreno dos minerais atômicos. Essa é a primeira parte sobre o urânio

Sobre monazita, sobre tório, então, essa superestimação é evidente. Temos visto aqui o professor Othon Leonardos avaliar entre 350 a 600.000 toneladas as reservas nacionais de monazita. Assisti aos debates da Comissão Parlamentar onde o Dr. Avelino citou números da ordem de 70.000 a 140.000 toneladas. Não se pode estar a raciocinar com números tão inverossímeis. A realidade dos números é uma necessidade para a nossa política nacional no que tange à energia atômica. Quero me referir ao raciocínio do professor Leonardos na sua apreciação das reservas monazíticas. Há lá, por exemplo, um raciocínio dessa ordem: o Senhor [...] porque com a sua já provada capacidade de ter exportado 20.000 toneladas de monazita afirma que no Espírito Santo há de 100.000 a 120.000 toneladas ainda restantes. É um raciocínio, a meu ver, inconseqüente. É como se disséssemos assim: Cuba que já exportou alguns milhões de toneladas de manganês, tem ainda manganês para exportar outros tantos milhões e, no entanto, a realidade é que em Cuba já não há mais manganês para exportar. São raciocínios dessa ordem que levam à inverossimilhança das nossas realidades, positivas, concretas, reais das disponibilidades dos nossos minerais atômicos. Ainda, sobre a última parte da exposição do professor Leonardos em que ele fala do professor Lamego, de que [...] na barra de Itabapoana, nos 100 m., há, digamos, 20.000 toneladas de monazita que estão sendo exploradas, no resto do delta há outros tantos. Também não aceito um raciocínio dessa ordem, porque pesquisando, furando, pegando em monazita ou areias monazíticas no Espírito Santo juntamente com outros colegas, verifiquei que há restingas enormes que pesquisadas convenientemente verificou-se, com pesar, que as nossas reservas aquelas que nós estudamos, do sul de Vitória à Barra de Itapemirim eram muito menores do que aquelas que costumavam apontar como existente. É, nessa forma de raciocínio, que acho devermos situar a discussão de minérios atômicos para o nosso aproveitamento industrial. Acho que não devemos ser otimistas, como alguns tem sido, nem pessimistas. Temos possibilidades,

mas enquanto essas possibilidades não forem concretizadas teremos que seguir uma política de conservação das nossas riquezas de minerais atômicos com muita ponderação, com muito controle porque senão podemos cair no caso que o ilustre Deputado Dagoberto Salles apontou de termos de, no futuro, comprar tório e urânio a países que nos vendê-lo-ão pelos “olhos da cara”.

### **Professor Othon Leonardos**

Quanto a essa cautela acho que não há ninguém que não pense dessa maneira.

### **Professor Lamego**

O que afirmo no meu trabalho é que deve existir.

### **Professor Ernesto Pouchain**

Deve existir. Vamos procurar. E enquanto não encontrarmos, não vamos fazer afirmações.

Acho que desta reunião tão importante que reúne todos os cientistas e, em vista do que há de público, na Câmara dos Deputados, em todos os setores, nos jornais, na imprensa, a importância dessa reunião será capital. Com a orientação que este Simpósio Físico Nuclear, com o título que tem “Uso da Energia Atômica Para Fins Pacíficos”, pode dar uma orientação ao governo que servirá de uma vez por todas, para orientar sua política de energia atômica. Acho que não devemos ficar, como salientou o professor Leinz, na questão somente dos minerais tório e urânio. Para a industrialização da energia atômica são necessários outros tantos minerais de que somos também possuidores de reservas significativas. Quero me referir ao berílio, ao lítio, que são necessários à fabricação de trítio e na aplicação da energia de hidrogênio, ao zircônio. Principalmente, desses três temos reservas significativas. Devemos, também, para esses minérios ter uma política definida de defesa das suas reservas. Acho que, portanto, meus senhores, deste Simpósio sairá uma orientação benfazeja para nossa Pátria. E, nesse sentido, me permito dar uma indicação que passaria a mesa.

1. Dando a mais alta importância à questão das reservas dos minerais atômicos para o estabelecimento da indústria nacional de energia atômica para fins pacíficos, a presente indicação objetiva alguns pontos que julgamos primordiais para a solução do problema.

2. O Brasil possui reservas de grande significação de minérios de berilo e lítio. Entretanto, o montante dessas reservas não está nem ao menos estimado. Continuamos a exportar estes minérios sem o estudo real das nossas possibilidades de deles dispôr sem controle.

3. As reservas brasileiras de minérios de zircônio (zirconita, caldazita e badleita), superestimada pelos concessionários e exportadores e melhor avaliada pelo Departamento Nacional da Produção Mineral, estão em processo de exaustão, principalmente as jazidas de badleita de Poços de Caldas.

O Zircônio ocupa, como exuberantemente sabido, um dos papéis primordiais na indústria de energia atômica. A badleita de Poços de Caldas, minério de que o Brasil é monopolista natural, contém porcentagem de urânio variável até 3% de óxido de urânio.

4. São ainda muito pequenas, de acordo com os nossos conhecimentos, as reservas nacionais de minérios de urânio.

5. Cresce, portanto, de importância, já que se restringiria quase à nossa única fonte de metal atômico físsil, as reservas brasileiras de minérios de tório, as quais, principalmente e fundamentalmente, se encontram nas ainda restantes jazidas de monazita.

6. É ponto pacífico que graves prejuízos podem ocorrer para nosso País, se continuarmos seguindo uma política indiscriminada de exportação de minerais atômicos, ou de seus produtos elaborados ou semi-elaborados.

7. Assim, decorre do mais sumário exame do quadro em que se poderá desenvolver a futura indústria atômica brasileira, algumas medidas em relação à política mineral:

a. suspensão em caráter de emergência das exportações de minerais atômicos e seus produtos elaborados, seguida da compra e estocagem, pelo governo, da atual produção nacional.

b. Regularização das atividades do Departamento Nacional da Produção Mineral, de modo a capacitá-lo a exercer em toda a plenitude sua missão de estudo das jazidas brasileiras de minerais atômicos, acompanhada da normalização das informações ao público de todos os dados relativos às reservas, prospecções, lavras, industrialização e comércio de minerais atômicos, em colaboração com os demais órgãos a que está afeta a questão.

c. Reestudo dos ajustes e acordos relativos à exportação dos minerais e às pesquisas efetuadas em nosso território por parte de técnicos vindos do exterior.

Salão Nobre da F.N.F., 25 de abril de 1956.

ASS. Ernesto Pouchain

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

Serei breve dado o adiantado da hora. Creio que há um assunto de importância fundamental que não foi ventilado aqui nas nossas discussões. Tivemos oportunidade de estudar os problemas relacionados ao valor energético do tório, ao teor das jazidas exis-

tentes e assim por diante. Discutimos também, a conveniência ou não da exportação dos nossos minérios atômicos. Entretanto, um ponto fundamental que não foi ventilado é o seguinte. Qual a idéia de um país ao exportar qualquer mercadoria? É, ao que me parece, a de obter divisas. Ora, se nós tomarmos como base de preço para exportação o custo do tório tal como o fixado pela Comissão de Energia Atômica e calculado qual o total em dólares que o Brasil poderia obter da exportação de todas as nossas jazidas conhecidas de tório, segundo as afirmações do professor Távora, chegamos à conclusão que da exportação de todos os nossos minérios atômicos existentes, nós obteremos uma quantia em dólares que dificilmente será suficiente para cobrir as nossas importações em whisky durante um período de três meses. Creio que esse argumento demonstra de uma maneira cabal que o tório e o urânio são elementos que não devem ser exportados tendo-se em vista apenas, o seu valor comercial. Era o que eu tinha a dizer.

### **Professor Leite Lopes**

Tenho uma observação, ou uma indicação, a propósito de um comentário do professor Leinz. Não sou especialista no assunto ao qual ele se referiu, mas, como comparei à Conferência de Genebra e tive oportunidade de estudar vários trabalhos, queria apenas mencionar que ele se refere à vida das jazidas avaliadas dos combustíveis clássicos: carvão, petróleo, etc. Essa avaliação foi estudada por técnicos e economistas das Nações Unidas e eles apresentaram um trabalho intitulado "As necessidades mundiais de energia em 1957 e no ano 2.000". Também houve um trabalho apresentado por dois ingleses, um na Universidade de Cambridge e outro do Ministério de Combustíveis e Energia da Grã-Bretanha, intitulado "A necessidade mundial de uma nova fonte de energia". Em ambos os trabalhos, eles chegam à conclusão de que realmente essas reservas avaliadas desses combustíveis clássicos, atendendo ao crescimento industrial, extrapolado da curva estudada desde o último século, extrapolando, admitindo que esse crescimento seja feito em condições normais, sem depressões monômicas, sem novas guerras, etc., e, ainda mais, atendendo à elevação do nível de vida de outros povos que evidentemente tendem a isso, têm uma aspiração a tal, então, a vida por eles calculada é menos de 100 anos. Não estou endossando, mas apenas chamando a atenção para esses trabalhos que tiveram uma grande repercussão nessa Conferência e que, naturalmente, nós devemos estudar, os nossos especialistas no assunto. Sou leigo e confesso que estas conclusões me impressionaram profundamente. Era isso que eu queria dizer.

**Professor Mario Schenberg**

Relativamente ao assunto devo dizer que se estudou não só a questão dos combustíveis, mas de todas as matérias-primas e o Presidente do Instituto dos Engenheiros Eletricistas fez a seguinte observação que saiu em *Nature*. Que se todos os países do mundo atingissem o nível de desenvolvimento industrial da Grã-Bretanha, não seriam apenas os combustíveis, mas todas as matérias-primas que, em 20 anos, estariam esgotadas. Por isso, salientava a necessidade de fabricação de matérias-primas artificiais, inclusive, para substituir o ferro e outros produtos desse tipo, porque com o ritmo atual do aumento de consumo, num período muito curto estarão todas esgotadas.

**Professor Othon Leonardos**

Quanto ao assunto ventilado por último pelo professor Souza Santos, de que a exportação em troca de whisky é nociva, é evidente, ponto pacífico entre todos nós, geólogos e físicos. Todos pensamos da mesma maneira, ou seja, que a exportação permitida pela lei, de governo para governo, tem que ser vinculada com a importação de reatores de energia nuclear ou de material bélico sobre o qual nós civis não podemos opinar. Isso é ponto pacífico.

Tenho a impressão de que se a noite não tivesse tão adiantada acabaríamos comungando de pontos de vista idênticos.

**T<sup>te</sup>. C<sup>el</sup>. Aldo Vieira da Rosa - Presidente da Sessão**

Antes de encerrar a sessão de hoje, desejaria lembrar da sessão de amanhã, 26, em que será debatido o tema: "Desenvolvimento da Energia Atômica no Brasil" a qual espero que seja tão interessante quanto a de hoje.

Agradeço a presença de todos e declaro encerrada a sessão.

- 1905** • A relação massa-energia da relatividade especial de Albert Einstein -  $E=mc^2$ .
- 1925/26** • Surge a teoria quântica moderna na Europa.
- 1929** • Primeiro acelerador de partículas, projetado por Cockcroft e Walton, na Inglaterra.
- Primeiro Acelerador Eletrostático, projetado por Van de Graaff, nos EUA.
  - Concebeu do acelerador ciclotron por Ernest Lawrence.
- 1930** • Descoberta da fissão nuclear.
- 1931** • Ernest O. Lawrence, na Universidade da Califórnia, em Berkeley, com seu aluno Stanley Livingston construíram o primeiro acelerador de partícula circular, o cíclotron.
- 1932** • James Chadwick descobre o nêutron, na Inglaterra.
- Cockcroft e Walton, no Laboratório de Cavendish na Inglaterra, demonstram a liberação de energia em uma reação nuclear.
- 1934** • A radioatividade induzida é comprovada pelo casal Joliot-Curie, na França.
- Grupo de Lawrence utiliza o ciclotron de Berkeley para produção artificial de radioatividade.
  - Enrico Fermi propõe e demonstra que nêutrons lentos induzem radioatividade em núcleos pesados.
  - Criação da Universidade de São Paulo/USP e início, no Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, do grupo de pesquisa formado por Gleb Wataghin, com os jovens alunos Marcello Damy de Souza Santos, Mario Schenberg, Paulus Aulus Pompéia, entre outros. Os estudos concentraram-se em radiação cósmica, radioatividade e problemas de física teórica.

---

<sup>1</sup>Foram utilizados na elaboração desta cronologia sites de instituições e órgãos aqui citados.

- 1938** • Otto Hahn e Frederic Strassmann comprovam a fissão de urânio pelo bombardeio de nêutrons lentos, na Alemanha.
- 1939** • Lise Meitner e Otto Frisch publicam na *Nature* um artigo sobre a fissão do urânio e Niels Bohr comunica este artigo em conferência sobre física moderna nos Estados Unidos.
- 1940** • Proposto o Processo Urca de dissipação de energia de supernovas pelo astrofísico russo George Gamow e Mario Schenberg.
- 1941** • Início do projeto Manhathan da bomba atômica, influenciado também por proposta em 1939 de Einstein ao Presidente Roosevelt.
- 1942** • Equipe de Enrico Fermi controla a reação em cadeia na primeira pilha atômica (reator nuclear), em Chicago.
- Criada a Orquima - Indústrias Químicas Reunidas S/A : um grupo fundou a empresa, que montou a Usina de Santo Amaro, no bairro Brooklin Paulista, em São Paulo, para beneficiar areias monazíticas, retiradas do litoral do Rio de Janeiro. Em fins da década de 50 foi adquirida pela CNEN tornando-se Administração da Produção de Monazita (APM). O objetivo principal da instalação, além da obtenção de terras raras, era obter material nuclear, a torta II, que antes da entrada de operação da mina de Poços de Caldas, era a única fonte de urânio do país.
- 1944** • Joaquim Costa Ribeiro descobre - em um dos laboratórios científicos instalados na antiga Universidade do Brasil, no Rio de Janeiro, que então, contavam com poucos recursos e eram bastante simples se comparados com os existentes na Europa ou nos Estados Unidos - um fenômeno físico que consistia na produção de cargas elétricas associadas a mudanças de estado físico de dielétricos em que uma das fases é sólida. A esse fenômeno denominou de efeito-termodielétrico, também conhecido como efeito Costa Ribeiro.
- 1945** • Na Conferência Pan-Americana de Chapultepec, no México, em fevereiro de 1945, os Estados Unidos propõe um acordo de exportação de monazita brasileira (Acordo de 1945) formalizado em 10 de julho. Este primeiro acordo previa a venda anual de 3 mil toneladas de monazita, ao preço de 31 a 40 dólares/tonelada. Era válido por três anos, podendo ser prorrogado por dez triênios consecutivos.

- Lançamento da bomba atômica sobre a cidade de Hiroshima, em 6 de agosto, e sobre Nagasaki dia 9.

**1946**

- O Plano Baruch para o controle internacional de energia atômica foi apresentado a 14 de junho por Bernard Baruch, financista de Wall Street e chefe da Representação Norte-Americana, na Agência Internacional de Energia Nuclear/AIEA/ONU. Determinava o estabelecimento de uma autoridade central mundial para controlar as atividades atômicas potencialmente perigosas, licenciar todas as outras atividades atômicas e executar inspeções. Foi discutido por dois anos.

- Álvaro Alberto passa a defender que o princípio norteador das relações exteriores deveria ser o das “compensações específicas” – os minérios só seriam concedidos em troca da tecnologia indispensável à sua utilização.

- Atomic Energy Act - Lei que regulava o desenvolvimento e o controle do programa da energia atômica dos Estados Unidos depois da 2ª Guerra. O legislativo americano aprovou em 01 de agosto a proposta do congressista McMahon, que proibia a troca de informação sobre qualquer arma ou material nuclear com qualquer outra nação.

- O Governo Brasileiro é alertado em agosto pelo Conselho de Segurança Nacional do caráter prejudicial do Acordo de 1945.

- O Almirante Álvaro Alberto, representante brasileiro na Comissão de Energia Atômica do Conselho de Segurança, da recém-criada Organização das Nações Unidas/ONU, propôs ao governo, por intermédio da Academia Brasileira de Ciências, a criação de um conselho nacional de pesquisa.

- Em São Paulo, a partir de 1946, Marcello Damy iniciou a instalação do acelerador Bétatron e enviou alguns dos seus assistentes, Oscar Sala, Paulo de Tacques Bittencourt e José Goldemberg para se iniciarem nas pesquisas nas reações fotonucleares, nos Estados Unidos e no Canadá.

**1947**

- Em outubro o governo americano comunica a intenção de exercer a prorrogação do Acordo de 1945. As negociações diplomáticas entre os dois países persistiram, sem interrupção das exportações.

- Observação do Méson-pi por Cesar Lattes, G. Occhialini e C. F. Powell – este último tendo recebido o Prêmio Nobel pela descoberta – em emulsões nucleares expostas às radiações cósmicas em Pic du Midi.

- 1948**
- Fundação da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência/SBPC.
  - Observação do Méson-pi, em Berkeley, numa colaboração entre Cesar Lattes e Eugene Gardner. Essa descoberta ajudou a impulsionar o desenvolvimento da ciência no Brasil.
- 1949**
- Bomba atômica da União Soviética .
  - O CBPF foi fundado a 15 de janeiro por um grupo de cientistas brasileiros, entre outros, César Lattes, José Leite Lopes e Jayme Tiomno. As principais linhas de pesquisa eram raios cósmicos e partículas elementares. O CBPF contribuiu para a instalação, no ano de 1952, do Laboratório de Física Cósmica em Chacaltaya (Bolívia).
  - Instalada, por ordem presidencial, Comissão Redatora de anteprojeto do Conselho Nacional de Pesquisas liderada por Álvaro Alberto.
- 1950**
- O governo americano não aceita um projeto de acordo elaborado pelo Conselho de Segurança Nacional. Mesmo sem prorrogação firmada, do Acordo de 1945, as exportações continuaram.
- 1951**
- A 15 de janeiro o Congresso Nacional, através da Lei nº 1310, aprova a criação do Conselho Nacional de Pesquisas e estabelece o monopólio estatal do comércio externo de minérios atômicos além de fixar restrições à venda. O CNPq assumiu a formulação das políticas de ciência e tecnologia no país e a coordenação dessas atividades.
- 1952**
- Acordo de 1952, estabelecia a compra pelos EUA de sais de terras raras até 2.500 toneladas/ano de areias monazíticas, de acordo com as necessidades da indústria brasileira, por três anos. Com a assinatura deste Acordo, em fevereiro, o monopólio e a política de compensações defendidos pelo CNPq foram abandonados. Ele solucionava os impasses ainda existentes quanto a compra de areias monazíticas, referentes ao Acordo de 1945. A quantidade total a ser exportada em três anos foi realizada ainda no primeiro ano e a única compensação para o Brasil, a compra dos sais de terras raras, não foi cumprida.
  - Em março foi criada a Comissão de Exportação de Materiais Estratégicos/CEME tirando do CNPq o controle da venda de minerais estratégicos. Apesar de fazer parte da Comissão tanto o CNPq como o EMFA eram voto vencido frente aos defensores da exportação mais liberal de materiais estratégicos.

- 1953**
- Em 8 de dezembro os EUA propõe para as Nações Unidas o programa Átomos para a Paz (“Atoms for Peace”), sobre a utilização da energia nuclear para fins pacíficos. Na prática, esse programa significava limitar o acesso às tecnologias de produção de armas nucleares.
  - O Conselho de Segurança Nacional, que não tem representante na CEME, envia ao Presidente Getúlio Vargas o memorando 772 acompanhado do relatório 771 onde reafirma os princípios expostos na Lei 1310 de defesa das riquezas minerais e diretrizes para a política nacional de energia atômica. Proposta essa aceita pelo presidente em 30 de novembro.
  - Álvaro Alberto percebendo a dificuldade dos EUA em cooperar com os objetivos do CNPq, principalmente, quanto equipamento e técnica, procurou contato com outros países. Com a Itália e Grã-Bretanha fez entendimentos quanto à formação de pesquisadores; com a França fez negociações para instalação de uma usina de tratamento de minério de urânio em Poços de Caldas; da Alemanha comprou três ultracentrífugas para serem utilizadas no enriquecimento de urânio no Brasil (operação embargada pela Comissão de Energia Atômica dos EUA) e constituiu uma Comissão Brasil/Alemanha para estudar a possibilidade de se construir uma usina de enriquecimento de urânio no Brasil.
  - Criado o Instituto de Pesquisas Radioativas/IPR, atual Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, em Belo Horizonte, foi a primeira instituição criada no país especificamente para desenvolver atividades na área nuclear. Em 1960 foi instalado o reator TRIGA - Training Research Isotope General Atomic - reator de pesquisa de pequeno porte/10 kw. Reatores TRIGA foram inicialmente projetados para operar com urânio enriquecido, sendo modificado na década de 70 para funcionar com urânio com baixo teor do isótopo U-235. O IPR foi sede do Grupo do Tório nas décadas de 50 e 60, para estudos sobre a utilização de tório em reatores nucleares.
- 1954**
- Acordo de 1954 ou Acordo do Trigo. Em julho o ministro da Fazenda Oswaldo Aranha apresenta a proposta americana para resolver o impasse do não cumprimento do Acordo de 1952. O presidente Vargas agindo contra as diretrizes propostas pelo CNPq e Conselho Nacional de Segurança, aceitas por ele em novembro de 1953, assina em 20 de agosto, esse Acordo que estabelecia a troca de 5.000 toneladas de monazita e da mesma quantidade de sais de cério

e terras raras do Brasil por 100.000 toneladas de trigo americano.

- Não podendo impedir o avanço da tecnologia atômica e a divulgação de “segredo” por parte dos outros países que realizavam pesquisas, os EUA alteram sua legislação. Em 9 de agosto de 1954 o Presidente Eisenhower assina a Lei de Energia Atômica de 1954 (Atomic Energy Act of 1954), que autoriza a troca de informações sobre o uso pacífico de energia atômica com outros países e apóia o desenvolvimento de energia nuclear para uso comercial.

- 24 de agosto suicídio de Getúlio Vargas.

- Documento 1017, aprovado pelo presidente Café Filho em novembro de 1954, inabilitando o CNP para negociações com o exterior e concedendo tratamento preferencial aos EUA.

- Equipe de Oscar Sala opera na USP um acelerador eletrostático tipo Van de Graff.

**1955** • Em janeiro Álvaro Alberto cria a Comissão de Energia Atômica, órgão consultivo do CNPq.

- Exoneração do Almirante Álvaro Alberto do CNPq ocorrida em 02/03/55.

- Entre 8 e 11 de março a SBPC realiza, no Rio de Janeiro, o *Simpósio sobre as realizações e possibilidades da Física Atômica no Brasil*.

- Em junho, por meio de ofício secreto é firmado um contrato de venda de 300t. de óxido de tório, além do Acordo de 1954. A defesa de tal contrato por parte do CNPq baseava-se na necessidade de manter as atividades da Orquima S.A.

- Em agosto, antes da Conferência de Genebra, o governo brasileiro direciona a política nuclear brasileira ao programa Átomos para a Paz, assinando dois acordos com os EUA. Acordo de Pesquisa Conjunta que estabelecia cooperação para o reconhecimento conjunto dos recursos uraníferos, e, Acordo do Reator de Pesquisas ou Acordo de Cooperação para o Desenvolvimento da Energia Atômica com finalidades pacíficas, estabelecendo a cooperação para usos civis da energia atômica. O Brasil compraria reatores de pesquisa de urânio enriquecido, para os seus laboratórios no Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte. A maneira de construção desses reatores impedia o acesso ao seu núcleo interno.

- Realizou-se em agosto a I Conferência Internacional de Genebra, sobre aplicações pacíficas da energia atômica, organizada pelas Nações Unidas, com ativa participação da delegação brasileira.

- Comissão Parlamentar de Inquérito sobre energia atômica no Brasil criada pela Câmara dos Deputados em 10 de dezembro pela resolução 49. Iniciada em 12 de abril de 1956, ouviu 30 depoimentos e teve o relatório elaborado pelo deputado Dagoberto Salles em 1958.
- Foi designada pelo governo brasileiro uma Comissão Ministerial para pensar diretrizes da política de energia nuclear no país.

**1956**

- Em 11 de janeiro firmava-se em São Paulo um convênio entre o CNPq e a USP visando à criação, na Cidade Universitária em São Paulo, de um centro de pesquisas na área nuclear para instalação do primeiro reator de pesquisa do país, orçado em 900 mil dólares divididos entre o programa Átomos para a Paz e os governos federal e estadual.
- Em abril o T<sup>te</sup>. Cel. Aldo Weber Vieira da Rosa é designado para a presidência do Conselho Nacional de Pesquisas/CNPq. Esse fato gerou o pedido de demissão de quase todo o quadro científico do CNPq.
- Entre 25 e 27 de abril, no Rio de Janeiro, a SBPC promoveu o *Simpósio sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos no Brasil*.
- Em agosto, Juscelino Kubitschek aprova as Diretrizes Governamentais para a Política Nacional de Energia Nuclear que, teoricamente, recuperavam os princípios da política formulada pelo CNPq quando presidido por Álvaro Alberto, como por exemplo, apoio à indústria nacional na pesquisa, lavra e beneficiamento de minerais; controle do governo sobre o comércio, compra, armazenagem e venda, inclusive exportação, de materiais de aplicação no campo da energia nuclear; garantir o princípio das compensações específicas no caso de negociações entre governos; etc. O Plano de Metas já tocava em questões importantes para o desenvolvimento da energia nuclear como fabricação nacional de combustíveis nucleares; planejamento e realização de instalação de usinas termoelétricas nucleares; formação de pessoal especializado.
- Em 31 de agosto foi fundado o Instituto de Energia Atômica/IEA, hoje Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/ IPEN, em São Paulo.
- Em 30 de outubro foi criada, no Rio de Janeiro, a Comissão Nacional de Energia Nuclear/ CNEN, vinculada diretamente à Presidência da República, com a finalidade de executar o monopólio nacional em minerais nucleares e promover

a pesquisa e os usos pacíficos da energia nuclear no país. Assume a execução da política nuclear brasileira, com as funções que antes cabiam ao CNPq.

- 1957**
- Em 16 de setembro de 1957 entrava em funcionamento no IPEN, o primeiro reator nuclear no Brasil, o reator de piscina IEA-R1 de 5 MW de potência para produção de isótopos.
  - Criação da Agência Internacional de Energia Atômica/AIEA (International Atomic Energy Agency/IAEA), organização internacional independente, afiliada às Nações Unidas. Foi fundada com o duplo objetivo de promover a cooperação para os usos pacíficos da energia nuclear e evitar a proliferação de armamentos nucleares, isto através de um programa de inspeções, auditoria e contabilidade de materiais nucleares (conhecido como sistema de salvaguardas).
- 1958**
- Inaugurado em 25 de janeiro na Cidade Universitária/USP, em São Paulo, o primeiro reator nuclear no Brasil.
  - Aprovado em 25 de março de 1958 o relatório final da CPI sobre energia Nuclear iniciada em 1955.
- 1960**
- É criado o Ministério de Minas e Energia.
- 1962**
- Fundação do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro, com apoio do programa Átomos para a Paz. O IEN recebe um reator de pesquisa, batizado de "Argonauta", que foi desenvolvido segundo projeto do laboratório norte-americano de Argonne. O reator começou a funcionar em 20/2/1965.
- 1963**
- O Presidente João Goulart anuncia a intenção de construir a primeira usina nuclear no Brasil para gerar energia elétrica.
- 1965**
- Assinado, em Washington, o Acordo de Cooperação Nuclear entre o Brasil e os EUA, de fornecimento para o Brasil de equipamentos nucleares e de urânio enriquecido.
  - Proposta de aquisição de Angra I, que se tornará a primeira usina nuclear para geração de energia elétrica, gerenciada pela ELETROBRÁS. O contrato de compra só será assinado em 27/01/1972.
- 1966**
- Criada a Sociedade Brasileira de Física durante a XVIII Reunião Anual da SBPC que teve lugar em Blumenau, Santa Catarina. O ato de fundação ocorreu no dia 14 de julho de 1966 no salão da Biblioteca Municipal Fritz Muller.