



**FABRICAÇÃO DE FONTES DE NÊUTRONS CONSTITUÍDAS  
POR ANTIMÔNIO E BERÍLIA**

*THARCÍSIO D. DE SOUZA SANTOS, HELITON M. HAYDT,  
CLAUER TRENCH DE FREITAS*

**PUBLICAÇÃO IEA N.º 146**

Julho — 1967

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA**  
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)  
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"  
SÃO PAULO — BRASIL

FABRICAÇÃO DE FONTES DE NÊUTRONS CONSTITUIDAS

POR ANTIMÔNIO E BERÍLIA

Tharcísio D. de Souza Santos

Heliton M. Haydt

Clauer Trench de Freitas

Divisão de Metalurgia Nuclear

Instituto de Energia Atômica

São Paulo - Brasil

Publicação IEA nº 146

Julho - 1967

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Presidente: Prof. Uriel da Costa Ribeiro

Universidade de São Paulo

Reitor: Prof. Dr. Luiz Antonio da Gama e Silva

Instituto de Energia Atômica

Diretor: Prof. Rômulo Ribeiro Pieroni

Conselho Técnico-Científico do IEA

Prof. Dr. José Moura Gonçalves	}	pela USP
Prof. Dr. José Augusto Martins		
Prof. Dr. Rui Ribeiro Franco	}	pela CNEN
Prof. Dr. Theodoro H. I. de Arruda Souto		

Divisões Didático-Científicas

Divisão de Física Nuclear -

Chefe: Prof. Dr. Marcello D. S. Santos

Divisão de Radioquímica -

Chefe: Prof. Dr. Fausto Walter de Lima

Divisão de Radiobiologia -

Chefe: Prof. Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

Divisão de Metalurgia Nuclear -

Chefe: Prof. Dr. Tharcísio D. S. Santos

Divisão de Engenharia Nuclear -

Chefe: Eng<sup>o</sup> Pedro Bento de Camargo

Divisão de Engenharia Química -

Chefe: Lic. Alcídio Abrão

Divisão de Operação e Manutenção de Reatores

Chefe: Eng<sup>o</sup> Azor Camargo Penteado Filho

Divisão de Física de Reatores -

Chefe: Prof. Paulo Saraiva de Toledo

Divisão de Ensino e Formação -

## FABRICAÇÃO DE FONTES DE NEUTRONS CONSTITUIDAS

### POR ANTIMÔNIO E BERÍLIA

Tharcísio D. de Souza Santos

Heliton M. Haydt

Clauer Trench de Freitas

#### RESUMEN

Describen los autores los métodos utilizados en la División de Metalurgia Nuclear del Instituto de Energía Atómica para la fabricación de pastillas de óxido de berilio para fuentes Sb-Be, destinadas a múltiples usos en investigación nuclear y para inicio de operación de reactores y, en particular, para la fabricación de fuentes que utilizan tres pastillas sobrepuestas de óxido de berilio; de estas, la pastilla central contiene un cilindro coaxial de antimonio metálico.

Describen, igualmente, las características de las pastillas, los procesos utilizados para obtenerse una mejor compactabilidad y, al final, los procesos de montaje y revestimiento de las fuentes con tubos de aleación 1100 de aluminio sellados por "recartillamiento" y soldadura eléctrica en atmósfera de argonio.

#### RESUMÉ

Les auteurs présentent les méthodes utilisées dans la Division de Métallurgie Nucléaire de l'Institut de Energia Atômica (São Paulo) concernant la fabrication de pastilles d'oxyde de beryllium pour des sources Sb-Be destinées à la recherche nucléaire et au démarrage d'une pile et en particulier pour la source qui utilise trois pastilles superposées d'oxyde de beryllium, la centrale contenant un cylindre coaxial d'antimoine métallique.

Les auteurs étudient les caractéristiques des pastilles, des procédés de conditionnement des poudres pour améliorer la compacité et ils décrivent aussi la procédé de montage

de la source en les plaçant dans des tubes d'alliage d'aluminium 1100, utilisant le double sertissage suivi de soudure électrique sous un arc d'argon.

ABSTRACT

The authors describe the methods used by the Nuclear Metallurgy Division of the Instituto de Energia Atômica to manufacture beryllium oxide pellets for Sb-Be sources, suitable for various applications in nuclear research and reactor start-up. In particular, they describe the manufacture of a source using three superimposed beryllium oxide pellets, the middle one containing a co-axial cylinder consisting of metallic antimony.

The characteristics of the pellets are reviewed, as well as the conditioning of the powders to improve the compactability. Finally, the authors describe the process of producing the sources by enclosing them in type 1100 aluminum tubes, by double pressure followed by sealing with argon metal-arc welding.

\*\*\*\*\*

# FABRICAÇÃO DE FONTES DE NÊUTRONS CONSTITUÍDAS POR ANTIMÔNIO E BERÍLIA <sup>(1)</sup>

THARCÍSIO D. DE SOUZA SANTOS <sup>(2)</sup>  
HELITON M. HAYDT <sup>(3)</sup>  
CLAUER TRENCH DE FREITAS <sup>(4)</sup>

## RESUMO

*Descrevem os autores os métodos utilizados na Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica para a fabricação de pastilhas de óxido de berílio para fontes Sb-Be, destinadas a diversos empregos em pesquisa nuclear e para partida de reator e, em particular, a fabricação de fonte que emprega três pastilhas superpostas de óxido de berílio, a central encerrando um cilindro coaxial de antimônio metálico.*

*Estudam-se as características das pastilhas, dos processos de condicionamento dos pós para melhoria da compactabilidade e, por fim, descreve-se o processo de montagem da fonte em revestimento de tubo de liga 1100 de alumínio, por meio de duplo recartilhamento seguido de solda elétrica sob arco de argônio.*

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os trabalhos de que se tem ocupado a Divisão de Metalurgia Nuclear, além dos de pesquisas, de desenvolvimento e de fabricação de elementos combustíveis para reatores de pesquisa, enumeram-se os referentes à construção de fontes de nêutrons, destinadas a assegurar partida de reatores, a estudos experimentais no campo da neutrônica, a empregos industriais para determinados fins e para análises de ativação. Esses trabalhos vêm sendo realizados há quatro anos, quando foi construída pela primeira vez uma fonte de nêutrons destinada a estudos de física nuclear<sup>1</sup>. Mais recentemente, a Divisão de Metalurgia Nuclear construiu novas fontes, o que ensejou a organização desta contribuição técnica, descrevendo a utilização de materiais produzidos no País e o processo de fabricação empregado.

Recorda-se aqui que as fontes de nêutrons para uso industrial baseiam-se nas reações de partículas  $\alpha$  ou de raios  $\gamma$  sobre alvos de berílio, ou óxido de berílio, isto é, pelas chamadas reações ( $\alpha, n$ ) e ( $\gamma, n$ ). As fontes que utilizam a reação ( $\alpha, n$ ) no berílio têm empregos importantes, em face da elevada produção de nêutrons conseguida, muito embora apresentem a desvantagem de os nêutrons emitidos terem espectro relativamente largo de níveis de energia. As-

sim, as fontes de Ra-Be e Po-Be têm larga utilização quando houver necessidade de feixes de nêutrons de grande intensidade. Já nos casos em que seja necessária menor faixa de energia dos nêutrons obtidos, ou em outras palavras, quando o feixe deva ser quase monocromático, utiliza-se a reação ( $\gamma, n$ ) no berílio. A energia do foton  $\gamma$  necessária para iniciar a reação deve ser nesse caso superior a 1,67 MeV.

Dentre as fontes ( $\gamma, n$ ) mais usadas presentemente, destacam-se as de antimônio-berílio, e principalmente as de antimônio-berília (óxido de berílio), por serem materiais de obtenção relativamente fácil, além de possuir meia-vida longa, de serem de baixo custo e de fornecerem produção de nêutrons relativamente elevada. Entretanto, cumpre observar que essas fontes apresentam como desvantagem principal o fato de a radiação  $\gamma$  emitida ser de energia muito elevada, o que acarreta dificuldades no manuseio e medidas mais complicadas para proteção radiológica dos operadores.

A produção de nêutrons pela fonte depende principalmente da quantidade de material utilizado para alvo (berílio ou óxido de berílio), o qual é geralmente disposto em volta, circundando, o elemento emissor  $\gamma$ , e que é o isótopo 124 do antimônio ( $Sb^{124}$ ). Este resulta do isótopo natural  $Sb^{123}$ , que existe no elemento na proporção de 42,75% em massa. Quando se utiliza alvo de berílio metálico, a produção de nêutrons de uma fonte  $Sb^{124}$ -Be é da ordem de  $10^6$  n/s . curie. Outros dados de interesse referentes a esse tipo de fonte, são: meia-vida — 60 dias; energia dos nêutrons produzidos — 0,030 MeV; radiação  $\gamma$  produzida — 980 mr/h . curie, a 1 m de distância; energia dos raios  $\gamma$  produzidos — 1,67 MeV.

Nesta contribuição técnica, analisam os autores as características dos materiais empregados, descrevem os métodos de fabricação das pas-

(1) Contribuição Técnica nº 661. Apresentada ao XXI Congresso da ABM; Volta Redonda, julho de 1966.

(2) Membro da ABM; Chefe da Divisão de Metalurgia Nuclear, Instituto de Energia Atômica; Professor Catedrático de Metalurgia dos Metais não-Ferrosos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; São Paulo, SP.

(3) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista e Nuclear; Divisão de Metalurgia Nuclear, Instituto de Energia Atômica; São Paulo, SP.

(4) Membro da ABM; Engenheiro Civil e Nuclear; Divisão de Metalurgia Nuclear, Instituto de Energia Atômica; São Paulo, SP.

tilhas e das peças e a montagem final de algumas fontes fabricadas recentemente. Uma destas fontes tem sido utilizada na partida do reator de pesquisas IEA-1 do Instituto de Energia Atômica.

## 2. ARRANJO E MATERIAIS UTILIZADOS

Devido à grande energia dos raios  $\gamma$  emitidos pelo  $Sb^{124}$ , não é necessário que se promova íntimo contato com o material do alvo, o qual pode assim envolver, ou ser disposto em volta, circundando o emissor. Em alguns casos empregam-se misturas de antimônio e de berílio metálico, ambos em pó; tais misturas depois de compactadas são submetidas à sinterização a quente.

Preferiu-se, entretanto, adotar óxido de berílio em lugar de berílio metálico, em virtude de não existir ainda produção do metal no Brasil, ao contrário do que se verifica com o óxido comercial, que foi produzido em uma instalação industrial nas proximidades de Resende, RJ. Não sendo também necessário promover íntima mistura com o emissor, foi preferida a forma de se constituir um empilhamento de três pastilhas, a central encerrando um cilindro de antimônio co-axial, e assim circundado de óxido de berílio, e duas nas extremidades do empilhamento, ambas de óxido de berílio. O arranjo apresentou grande eficácia e sua montagem não ofereceu dificuldades, a não ser a solda de fechamento, como será descrito mais adiante.

Para a fabricação das pastilhas foram utilizadas duas pequenas partidas de óxido de berílio, uma das quais purificada a "pureza nuclear", pelos técnicos da Divisão de Radioquímica do Instituto de Energia Atômica. Quanto ao antimônio, era metal destinado a fins analíticos, com pureza superior a 99,8%.

## 3. FABRICAÇÃO DAS PASTILHAS

1. *Características dos pós de óxido de berílio* — Os estudos experimentais realizados anteriormente<sup>1</sup> já haviam mostrado a grande influência da compactabilidade, medida pelos índices já utilizados em outros trabalhos<sup>2</sup>, sobre a densidade das pastilhas e sobre sua resistência mecânica. Em particular, mostraram as experiências anteriores, as quais foram confirmadas nos trabalhos experimentais cuja descrição constitui um dos objetivos desta contribuição, que aqueles índices eram de grande significação prática na determinação das propriedades das pastilhas produzidas.

Os pós recebidos tinham granulometria inferior a 200 malhas/polegada. Os valores das características principais das amostras desses pós constam da tabela I.

TABELA I — Principais características dos pós empregados

CARACTERÍSTICAS	Designação do pó	
	"1"	"2"
Densidade sôlta (g/cm <sup>3</sup> ) . . . . .	0,23	0,09
Densidade batida (g/cm <sup>3</sup> ) . . . . .	0,26	0,10
Densidade limite (g/cm <sup>3</sup> ) . . . . .	0,30	0,10

Mostram os valores acima, índices muito baixos, sendo mesmo anormalmente baixos os correspondentes à amostra "2", a qual não pode ser submetida à compactação sem condicionamento anterior.

2. *Condicionamento* — O pó da amostra "1", apresentou nítida melhoria das características apontadas com a pre-compactação, seguida de desintegração em almofariz. Já para o pó da amostra "2" era muito pequena a melhoria resultante só de pré-compactação; por isso, antes da pré-compactação, deveria ser feita operação de pré-adensamento em moinho de bolas, durante 24 horas. Como os valores fôssem baixos, foi necessário repetir mais três vezes a operação de pré-compactação, mantida sempre constante a pressão utilizada.

A tabela II reúne todos os valores obtidos e nela estão indicadas as condições em que foram realizadas as operações.

TABELA II — Principais características dos pós condicionados

CARACTERÍSTICAS	Pó "1"	Pó "2"	Pó "2"
Densidade sôlta (g/cm <sup>3</sup> ) ..	0,68	0,34	0,75
Densidade batida (g/cm <sup>3</sup> ) ..	0,77	0,41	0,80
Densidade limite (g/cm <sup>3</sup> ) ..	0,77	0,44	0,80
Condicionamento . . . . .	a/	b/	c/

a/ — Pré-compactação sob pressão de 0,64 t/cm<sup>2</sup>, seguida de desintegração em almofariz.

b/ — Adensamento em moinho de bolas, durante 24 horas.

c/ — Carga adensada como em b/ e pré-compactada sucessivamente, por quatro vezes, sob 0,64 t/cm<sup>2</sup>, tendo sido as densidades aparentes das pastilhas respectivas de 1,04 — 1,19 — 1,21 e 1,22 g/cm<sup>3</sup>; desintegração.

3. *Compactação e pré-sinterização das pastilhas* — Depois de convenientemente misturadas e homogeneizadas, foram as cargas submetidas à compactação, em matriz flutuante, de aço indeformável, de forma a resultarem pastilhas cilíndricas de  $40,3 \pm 0,1$  mm de diâmetro

e de alturas variáveis conforme a indicação do projeto, e de densidades tais que, apenas submetidas posteriormente a operação de pré-sinterização sob vácuo, permitissem a montagem direta para constituir a fonte de nêutrons. Dessa forma evitar-se-iam os inconvenientes que resultariam de sinterização, a elevada temperatura, o que também impediria que se adotasse a solução simples para a produção da pastilha central, como vai ser mostrado mais adiante.

A pastilha central, como se disse, englobava o cilindro co-axial de antimônio, e foi preparada com o pó da amostra "1". O cilindro de antimônio foi obtido por usinagem, a partir de pequenas barras cilíndricas fundidas na Divisão de Metalurgia Nuclear. Antes da compactação da pastilha, as dimensões desse cilindro eram 19,2 mm de diâmetro e 40 mm de altura. Após a sua compactação com o óxido de berílio circundante, passou a apresentar diâmetro de 19,9 mm ao mesmo tempo que a altura reduziu-se a 38,5 mm. A pressão de compactação foi de 0,64 t/cm<sup>2</sup>. Em fontes de outro tipo, destinadas principalmente para estudos de física de nêutrons, o cilindro de antimônio não fica permanentemente dentro da pastilha de berílio, mas pode ser introduzido dentro das pastilhas, as quais têm nesse caso forma anular. O quadro I engloba os principais dados referentes a essa pastilha.

QUADRO I — Características da pastilha central

Altura inicial do cilindro de Sb .....	40,0 mm
Diâmetro inicial do cilindro de Sb ....	19,2 mm
Massa do antimônio do cilindro .....	77,174 g
Altura total da pastilha .....	65,2 mm
Diâmetro da pastilha .....	40,2 mm
Massa de óxido de berílio .....	78,585 g
Massa total da pastilha com cilindro ....	155,759 g
Densidade do óxido de berílio na pastilha	1,11 g/cm <sup>3</sup>
% da densidade teórica do óxido de berílio .....	36,7%

As duas pastilhas terminais foram obtidas por compactação na mesma matriz já mencionada, a partir de cargas de pó da amostra "2". A tabela III reúne os principais dados referentes a essas pastilhas.

TABELA III — Principais características das pastilhas terminais

CARACTERÍSTICAS	Superior	Inferior
Massa de BeO (g) .....	73,850	74,928
Altura (mm) .....	47,2	49,6
Diâmetro (mm) .....	40,3	40,3
Pressão de compactação (t/cm <sup>2</sup> ) .....	0,56	0,64
Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> ) ..	1,184	1,226
% da densidade teórica .....	39,1	40,5

Conforme se disse, após a pré-sinterização (realizada a 120°C, durante 3 horas sob vácuo de 0,5 mm de mercúrio) as pastilhas mantiveram apreciável resistência mecânica para os fins visados, dispensando assim qualquer tratamento a temperaturas mais elevadas.

4. *Sinterização de pastilhas de óxido de berílio* — Muito embora tivessem sido empregadas pastilhas que não necessitavam sinterização, haviam antes os autores estudado o comportamento de pastilhas de 10,3 mm de diâmetro por sinterização sob vácuo de 0,03 microns de mercúrio, a 1.450°C durante duas horas. Essas operações foram realizadas no forno elétrico de resistência de tungstênio Wild-Barfield, da Divisão de Metalurgia Nuclear.

Reúne a tabela IV os principais dados obtidos nessas operações de sinterização.

TABELA IV — Principais características de pastilhas sinterizadas durante 2 horas a 1450°C sob vácuo de 0,03 microns Hg

CARACTERÍSTICAS	Pressão de compactação (t/cm <sup>2</sup> )	
	1,3	3,8
Densidade, estado compactado (g/cm <sup>3</sup> ) .....	1,872	1,970
% densidade teórica, compactado .....	62,0	65,2
Densidade, estado sinterizado (g/cm <sup>3</sup> ) .....	1,978	2,080
% densidade teórica, sinterizado .....	70,6	74,2

#### 4. MONTAGEM DA FONTE

Apresentam-se a seguir os principais dados referentes à montagem de fonte de nêutrons destinada à partida do reator IEA-1 do Instituto de Energia Atômica, utilizando as pastilhas cuja fabricação foi descrita nos capítulos precedentes.

As pastilhas foram montadas em tubo de alumínio 1100, de forma a constituir um conjunto que deve ser absolutamente estanque, uma vez que vai operar, dentro do chamado "elemento porta-fonte", na região do carôço do reator, sob cêrca de 10 m de coluna de água deionizada, da "piscina" do reator.

Para garantir a estanqueidade, foram as pastilhas colocadas no tubo da forma antes indicada e a seguir receberam, nas extremidades, discos de alumínio para vedação, de 32 mm de altura e do mesmo diâmetro das pastilhas. A figura 1 mostra os principais detalhes do conjunto. Foi feito a seguir duplo recartilhamento do tubo sobre esses discos. Um dos discos tinha furo central cônico, de cêrca de 2,5 mm de diâ-

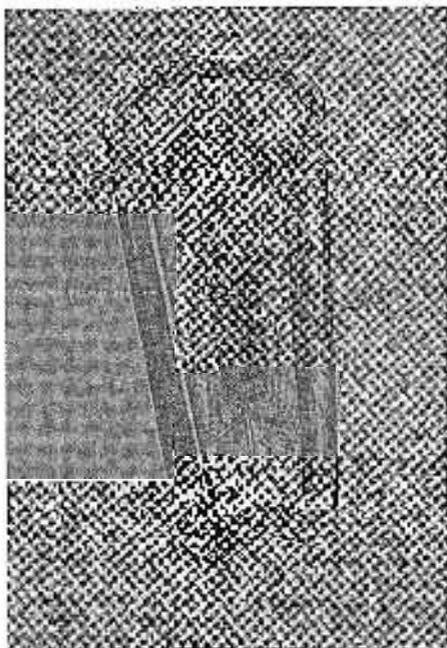


Fig. 1 — Desenho esquemático do conjunto da fonte, mostrando as pastilhas de berílio e o cilindro central de antimônio, bem como o conjunto de proteção, constituído por tubo e tampas de alumínio.

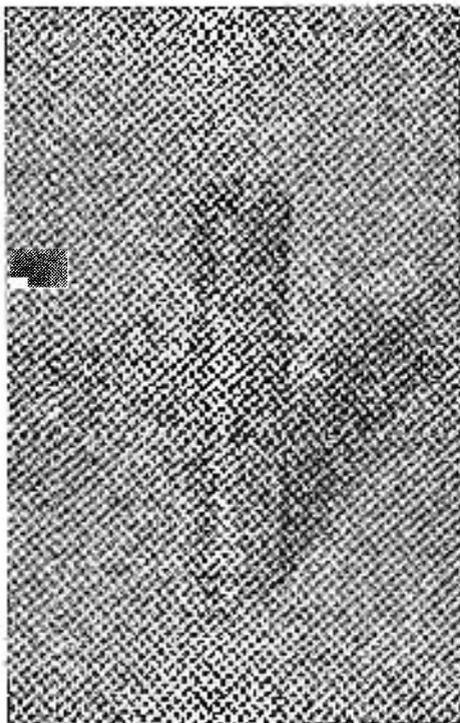


Fig. 2 — Fotografia da fonte depois de concluída sua montagem.

metro, destinado a permitir o escape do ar durante a operação de soldagem. Depois de concluída a soldagem, foi esse orifício fechado sob pressão, por pino cônico, também de alumínio

1100. Depois de executado o recartilhamento, foi efetuada a soldagem de tampo do bordo do tubo juntamente com o bordo de espessura igual à do tubo, deixada no disco da extremidade, sob arco elétrico e em atmosfera de argônio, tendo assim sido depositada uma camada contínua de alumínio 1100 nesse espaço. Inicialmente encontraram-se grandes dificuldades em obter uma solda estanque; as dificuldades foram resolvidas com a execução do furo destinado ao escape do ar, como foi descrito. Mostra a figura 2 o aspecto da fonte depois de concluída a soldagem.

O quadro II reúne os principais dados referentes à fonte propriamente dita.

QUADRO II — Características do conjunto da fonte

Altura total .....	229,0 mm
Diâmetro externo do tubo .....	44,4 mm
Diâmetro interno do tubo .....	40,3 mm
Altura dos discos terminais .....	32,0 mm
Profundidade do bordo do disco .....	5,0 mm
Massa total de alumínio .....	330,5 g
Massa total das pastilhas, inclusive núcleo de antimônio .....	294,5 g
Massa total da fonte .....	635,0 g

O ensaio final de estanqueidade foi feito por imersão durante 2 horas em parafina fundida, mantida a 95-105°C, repetindo-se o ensaio depois de ter sido feita completa limpeza da parafina aderida após resfriamento da fonte em água. Esse ensaio mostrou-se muito eficaz para revelar defeitos na soldagem enquanto não se havia conseguido uma camada contínua e isenta de porosidade.

## 5. CONCLUSÕES

1. Os processos estudados pela Divisão de Metalurgia Nuclear para a fabricação de pastilhas de berília têm permitido a construção de fontes de nêutrons Sb-Be de características satisfatórias para diversos empregos, inclusive para a partida do reator IEA-1.
2. A técnica descrita para a fabricação da fonte compreende essencialmente o emprêgo de três pastilhas de óxido de berílio, de pureza nuclear, superpostas, a do meio encerrando cilindro co-axial de antimônio, o qual funciona como emissor ( $\gamma, n$ ).
3. Em virtude da baixa compactabilidade do pó utilizado de óxido de berílio de pureza nuclear, foi necessário estudar o seu condicionamento, por densificação em moinho de bolas e por pré-compactação. O condiciona-

mento descrito permitiu obter características plenamente satisfatórias, assegurando a produção de pastilhas de elevadas densidades, sob pressões de compactação bastante reduzidas.

4. Foram descritos os principais detalhes referentes à montagem das pastilhas de forma a constituir os conjuntos das fontes, os quais se comportaram de forma plenamente satisfatória nos ensaios de estanqueidade sob parafina fundida.

#### BIBLIOGRAFIA

1. FREITAS, C. T., HAYDT, H. M. e SOUZA SANTOS, T. D. — *Nota preliminar sobre a fabricação de pastilhas de berílio, de tório e de soluções sólidas tório-urânio*. ABM-BOLETIM, vol. 20, nº 84, págs. 557-566, 1964.
2. SOUZA SANTOS, T. D., BIDWELL, R. M., FREITAS, C. T., HAYDT, H. M. e PEREIRA DA SILVA, P. S. C. — *Estudo experimental das principais variáveis para a produção das pastilhas de UO<sub>2</sub> para o Reator Subcrítico "Re-Suco"*. ABM-BOLETIM, vol. 20, nº 85, págs. 771-784, 1964.

#### DISCUSSÃO

MÁRIO RENNÓ GOMES (1) — Tenho a satisfação de agradecer ao Comandante Heliton Motta Haydt a apresentação deste trabalho, mostrando outro setor de atividade da Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica na fabricação de fontes radioativas, as quais são muito importantes em aplicações industriais. Em Belo Horizonte, o Instituto de Pesquisas Radioativas já tem feito alguns trabalhos no sentido de mostrar as aplicações dessas fontes nos exames de peças metálicas. Esses trabalhos têm sido publicados por METALURGIA.

D. VASSALO (2) — Não tenho perguntas técnicas a fazer, mas quero facilitar os engenheiros do Instituto de Energia Atômica pelos quatro excelentes trabalhos apresentados no campo da aplicação dos combustíveis nucleares à técnica dos reatores.

JORGE E. KITTL (3) — Gostaria de saber quais as precauções que tomaram para trabalhar com berílio, e como foi executado o fechamento da peça.

HELIO MOTTA HAYDT (4) — Todas as operações de pesagem e de mistura foram feitas em "glove box". Quanto ao fechamento do tubo de alumínio, foi feito por recartilamento, forçando-se por ferramenta apropriada o metal do tubo contra o disco que fora previamente inserido.

D. VASSALO — O processo empregado é muito interessante. Pergunto sobre se assegura uma soldadura a frio e sobre se têm o autores dados sobre a porcentagem de deformação na zona próxima à de soldadura.

H. MOTTA HAYDT — Não temos dados numéricos quanto à porcentagem de deformação. Procuramos, entretanto, ter uma deformação do material do tubo bastante profunda, a fim de assegurar, pela deformação, perfeita estanqueidade. Através do ensaio, podíamos verificar se o recartilamento era suficiente. Em caso de ser deficiente, podia ser refeito.

JOSÉ DEODORO TRANI CAPOCCHI (5) — Não parece haver uma soldadura a frio, no sentido mencionado pelo Eng.º Vassallo.

H. MOTTA HAYDT — Embora a estanqueidade fôsse perfeita, creio que não se deve afirmar que tenha existido soldadura a frio.

M. RENNÓ GOMES — Terminada a discussão, desejo levar à equipe do Instituto de Energia Atômica as melhores felicitações pelo trabalho que vem realizando, bastante minucioso; ficou ressaltada, pela apresentação e pelas discussões havidas, a excelência dos trabalhos que a Divisão de Metalurgia Nuclear realiza. Basta que citemos dois fatos: primeiro, o de que esses trabalhos já vêm sendo premiados nos Congressos da ABM, no julgamento posterior que se realiza no campo especializado; segundo, é que estou informado de que esses trabalhos têm despertado interesse no exterior, o que constitui um fato alentador para todos nós. Quero, assim, em nome da ABM, apresentar agradecimentos pela participação excelente que tivemos da equipe do Instituto de Energia Atômica. Quero, igualmente, agradecer aos senhores congressistas presentes e destacar, dentre eles, os dois pesquisadores e nossos prezados consócios da Divisão de Metalurgia da Comissão Nacional Argentina de Energia Nuclear, que vieram aqui também trazer a sua experiência e assim abrilhantar os debates, esclarecendo problemas que foram apresentados com tanto interesse.

(1) Conselheiro e Diretor da ABM; na presidência da Comissão; Professor Catedrático na Escola de Engenharia da UFMG; Belo Horizonte, MG.

(2) Membro da ABM; da Comisión Nacional de Energia Atômica da República Argentina; Buenos Aires, Argentina.

(3) Membro da ABM; da Comisión Nacional de Energia Atômica da República Argentina; Buenos Aires, Argentina.

(4) Membro da ABM; Engenheiro da Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica; São Paulo, SP.

(5) Membro da ABM; da Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica de São Paulo; São Paulo, SP.