



**NOTA PRELIMINAR SÔBRE PROPRIEDADES E  
ESTRUTURAS DE DISPERSÕES À BASE DE TÓRIA**

*HELITON MOTTA HAYDT, JOSÉ DEODORO TRANI CAPOCCHI,  
SEBASTIÃO HERMANO LEITE CINTRA, ERBERTO  
FRANCISCO GENTILE*

**PUBLICAÇÃO IEA N.º 179**  
Março — 1969

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

NOTA PRELIMINAR SÔBRE PROPRIEDADES E ESTRUTURAS DE  
DISPERSÕES A BASE DE TÓRIA \*

Heliton Motta Haydt  
José Deodoro Trani Capocchi  
Sebastião Hermano Leite Cintra  
Erberto Francisco Gentile

Divisão de Metalurgia Nuclear  
Instituto de Energia Atômica  
São Paulo - Brasil

Publicação IEA Nº 179

Março - 1969

---

\* Separata de "METALURGIA - REVISTA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS", vol. 25, nº 135, fevereiro, p. 111-119, 1969.

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 Química -  
Chefe: Lic. Alcídio Abrão

Divisão de Engenharia Nuclear -  
Chefe: Engº Pedro Bento de Camargo

Divisão de Operação e Manutenção de Reatores -  
Chefe: Engº Azor Camargo Penteado Filho

Divisão de Física de Reatores -  
Chefe: Prof. Dr. Paulo Saraiva de Toledo

Divisão de Ensino e Formação -  
Chefe: Prof. Dr. Rui Ribeiro Franco

# NOTA PRELIMINAR SÔBRE PROPRIEDADES E ESTRUTURAS DE DISPERSÕES A BASE DE TÓRIA <sup>(1)</sup>

HELITON MOTTA HAYDT <sup>(2)</sup>

JOSÉ DEODORO TRANI CAPOCCHI <sup>(3)</sup>

SEBASTIÃO HERMANO LEITE CINTRA <sup>(3)</sup>

ERBERTO FRANCISCO GENTILE <sup>(3)</sup>

## RESUMO

*Tendo em vista as reservas abundantes de tório, encontradas no Brasil, tem sido dada grande importância aos estudos relacionados com a produção de energia em reatores de tório-plutônio. Os estudos experimentais descritos nesta contribuição visaram a pesquisa de dados para o programa de elementos combustíveis com cermetts constituídos por uma dispersão de óxido de tório em alumínio em pó.*

*Descrevem os autores os trabalhos desenvolvidos referentes à produção e características de dispersões de  $ThO_2 - Al$ ,  $ThO_2 - UO_2 - Al$  e de  $ThO_2 - U_3O_8 - Al$ , sendo a tória obtida por calcinação tanto de sulfato de tório como de oxalato de tório.*

*Através dos ensaios de empolamento, radiográficos e metalográficos realizados, foram obtidos resultados que indicaram plasticidade adequada à transformação mecânica com  $ThO_2$  e  $U_3O_8$ , a tória sendo resultante de calcinação de oxalato. As dispersões sem  $U_3O_8$  e as que continham  $ThO_2$ , oriunda de calcinação do sulfato mostraram-se pouco plásticas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Tem constituído um dos objetivos de pesquisa sistemática da Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica de São Paulo a fabricação de elementos combustíveis na forma de placas, encerrando núcleos constituídos de uma mistura formada por um combustível na fase cerâmica, disperso numa matriz metálica. Esses combustíveis por dispersão têm sido objeto de vários programas realizados pela Divisão <sup>1 a 9</sup>.

A importância desses combustíveis é destacada por Holden <sup>10</sup>, em virtude do seu uso basear-se no conceito de proporcionar pequenas células individuais de combustível, cada uma delas encapsulada numa matriz, tornando o composto resultante mais estável sob irradiação do que os materiais combustíveis homogêneos comparáveis. A vantagem mais importante oferecida pelos combustíveis por dispersão é o aumento de vida de operação através da localização de danos dos fragmentos de fissão.

Tudo indicando que, num futuro próximo, a utilização principal de tório será em reatores térmicos não reprodutores com um índice de conversão relativamente alto, porém menor que a unidade, e tendo em vista o interesse que representa para o Brasil a utilização de tório em rea-

tores para o ciclo de produção do  $U^{233}$ , um sistema potencial de combustível nuclear que mereceu a atenção de pesquisas por parte desta Divisão foi o de cermetts contendo dispersões de  $ThO_2 - Al$ ,  $ThO_2 - UO_2 - Al$  e  $ThO_2 - U_3O_8 - Al$ , revestidos por alumínio 1100 ou outras ligas de alumínio.

## 2. JUSTIFICATIVA DO PROGRAMA

Além do  $U^{235}$ , que é o único isótopo existente na natureza capaz de ser usado por sua facilidade de fissão, há dois outros de importância capital para a tecnologia nuclear como combustíveis: o  $Pu^{239}$ , que é produzido pela irradiação do  $U^{238}$  fértil e o  $U^{233}$ , que é formado após a captura de um neutrão pelo núcleo de  $Th^{232}$ , fértil, e subsequente emissão de partículas beta.

A longo prazo, a utilização dos combustíveis nucleares para produção de energia dependerá do modo como for utilizado o  $U^{235}$  fissil, existindo naturalmente, ao mesmo tempo em que seja convertido em isótopos físsis, a apreciável quantidade dos materiais combustíveis férteis, encontrados com muito mais abundância. Só a conversão do  $U^{238}$  em plutônio e a utilização subsequente deste plutônio em reatores de potência multiplicará por um fator da ordem de 100 as reservas mundiais de urânio.

Por outro lado, as características nucleares do  $Th^{232}$  permitem que se processe uma completa reprodução do material fértil em matéria fissil, tornando bastante promissor o  $U^{233}$  como elemento combustível, de modo a aumentar as fontes de energia nuclear de uma maneira bastante econômica. Tendo em vista as reservas abundan-

(1) Contribuição Técnica n.º 794. Apresentada ao XXIII Congresso Anual da ABM; Belo Horizonte, MG, julho 1968.

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

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

tes de tório, encontradas no Brasil, seu interesse na utilização em reatores para o ciclo de produção de  $U^{233}$  já tem dado margem a que a Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica de São Paulo apresentasse diferentes trabalhos a congressos anteriores da ABM, tanto sob o estado atual da tecnologia da produção de tório metálico<sup>11</sup>, como sob a fabricação de pastilhas de tória e de soluções sólidas de tória-urânio<sup>12, 13</sup>, no campo da cerâmica nuclear.

Realizaram o Argonne National Laboratory, em Illinois, EEUU e o Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, EEUU, como uma pequena experiência, irradiações a baixa temperatura de ligas de tório-urânio revestidas por alumínio<sup>14, 15</sup>. Ainda o Argonne National Laboratory<sup>14</sup> realizou irradiações de combustíveis de  $ThO_2-UO_2$  com amostras na forma de pastilhas colocadas em tubos de liga Al-1% Ni (liga 8001), onde a estabilidade dimensional das amostras foi excelente.

Um processo foi desenvolvido há algum tempo pelo Savannah River Laboratory que investigou técnicas para a fabricação de elementos combustíveis contendo 40%  $UO_2$  ou  $ThO_2$  disperso numa matriz de alumínio<sup>16</sup>. Neste processo uma mistura dos pós de óxido e de alumínio foi compactada a frio para produzir o núcleo em forma de barra redonda, o qual era então co-extrudado com alumínio para produzir a peça revestida.

As principais exigências eram que o óxido estivesse uniformemente disperso no núcleo e que o núcleo fosse ligado metalurgicamente ao revestimento. A densidade dos núcleos foi consistentemente alta, quando os pós foram misturados de forma adequada antes da compactação. A compactação a frio do pó misturado, até pelo menos 90% da densidade teórica, foi necessária para evitar que as peças compactadas se desagregassem durante a montagem das barras e para assegurar uma espessura uniforme do revestimento na barra co-extrudada.

Um programa de fabricação de elementos combustíveis a cargo da Phillips Petroleum Company<sup>17</sup> procurou desenvolver conjuntos aperfeiçoados, econômicos e de vida longa, através de um estudo acurado de diferentes variáveis. Foram estudados enriquecimentos, composições, revestimentos, adição de venenos como gadolínio, boro, disprósio e irídio, distribuição do combustível e do veneno, e otimização de geometria dos elementos combustíveis. Estes foram fabricados pelo processo de moldura-revestimento sendo os núcleos constituídos da Al-U, cermetes de óxido de urânio-alumínio, tório, óxido de tório, etc. para posterior irradiação. Embora na pesquisa destas chapas experimentais tivessem sido analisadas diferentes técnicas de fabricação, algumas das chapas de óxido de tório apresentaram falhas durante um ciclo de irradiação devido a empolamentos, ruturas ou formação de porosidade excessiva no revestimento. A conclusão foi que o processo

de caldeamento isostático usado para ligar chapas de alumínio aos núcleos de  $ThO_2$  é aparentemente inadequado para uso em reatores. Os furos encontrados nas chapas de  $ThO-UO_2$ , também, devem ter sido causados por irradiação, corrosão ou reações entre combustível e revestimento. A experiência de irradiação, não satisfatória, indica não ter ocorrido caldeamento perfeito entre o núcleo combustível e o revestimento. Face à natureza quebradiça dos briquetes compactados e sinterizados de  $ThO_2$ , não foi considerada a laminação como uma técnica de fabricação plausível.

A fim de ser conseguido o caldeamento entre o alumínio da moldura e o das chapas de revestimento, usou a Divisão de Energia Atômica da Phillips Petroleum Company o processo de compactação a quente. No desenvolvimento desse programa, foram utilizados cermetes de  $ThO_2-UO_2$  em pó de alumínio, onde a tória usada era a fração de pó -100 + 270 malhas por polegada. Os cermetes foram colocados nos conjuntos moldura-revestimento e, depois de ser exercida uma pressão para caldeamento, foi feita a laminação a quente até a espessura final. Contudo, cerca de 40% das chapas produzidas foram rejeitadas devido a porosidades e empolamentos.

Era esta a experiência anterior de outros laboratórios, a partir da qual pretende a Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica prosseguir em pesquisas para futura obtenção de elementos combustíveis deste tipo.

### 3. OBTENÇÃO DOS CERMETS

Os cermetes foram preparados inicialmente com óxido de tório de pureza técnica obtido por calcinação do sulfato de tório, em duas fases:

- pré-calcinação a 800°C, por 5 horas, realizada em muflas elétricas, sendo o pó colocado em bandejas de ferro fundido com 26-28% Cr, ou em recipientes de porcelana, conforme as quantidades a serem calcinadas;
- calcinação a 1000°C, por 3 horas, realizada em mufla elétrica sendo o material carregado em cápsulas de porcelana.

O procedimento acima descrito foi adotado anteriormente para preparação de  $ThO_2$  destinado a fins cerâmicos<sup>18</sup>. O óxido obtido foi classificado na fração -200 malhas por polegada e misturado com pó de alumínio, ou com pó de alumínio e  $U_3O_8$ , ou, ainda, com pó de alumínio e  $U_3O_8$ .

O alumínio empregado é de procedência francesa e foi classificado na fração -100 malhas por polegada. O terceiro constituinte do cermet, que é eventualmente  $UO_2$  ou  $U_3O_8$ , foi adicionado na fração de -200 malhas por polegada.

A homogeneização das misturas de  $ThO_2-Al$ ,  $ThO_2-UO_2-Al$  e  $ThO_2-U_3O_8-Al$  foi realizada em tambores plásticos com capacidade de 1500 cm<sup>3</sup>, 13 cm de diâmetro externo, girando no mistura-

dor com velocidade periférica de aproximadamente 84 cm/seg. O tempo de homogeneização foi mantido constante e igual a 24 horas. A quantidade de material carregada por misturador foi de 300 g, sendo o meio de homogeneização rólhas de borracha com cêrca de 3 cm de altura e 1,5 cm de diâmetro médio. A relação de carga de rólhas para carga de mistura foi mantida constante e igual a 1/2, ou seja 150 g de rólhas para 300 g de mistura. Não foram registradas perdas sensíveis nessa operação. Nenhum aglomerante ou lubrificante foi adicionado às dispersões nesta fase preparatória para a compactação. A análise granulométrica das misturas prontas para serem compactadas pode ser observada na figura 1.

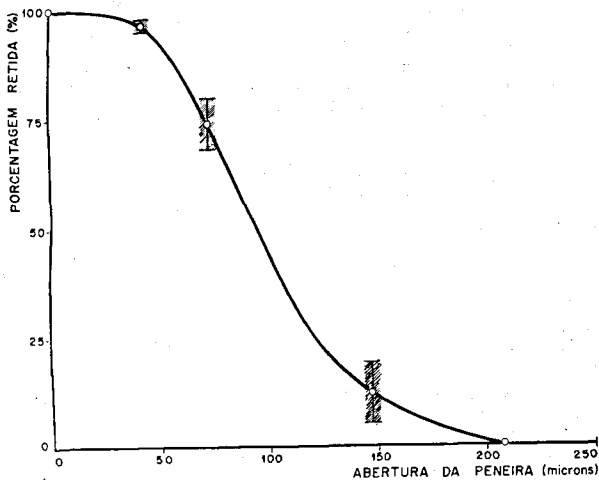


Fig. 1 — Análise granulométrica das misturas de ThO<sub>2</sub>-Al, ThO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-Al e ThO<sub>2</sub>-U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-Al, prontas para serem compactadas.

Foi efetuado um estudo da compatibilidade das diversas dispersões objetivando a determinação de diferentes características dos pós, bem como a correspondência entre densidade a verde e pressão de compactação.

A tabela I apresenta as densidades sôlta, batida e limite das dispersões. A tabela II apresenta os valores das densidades teóricas das dispersões e a correspondência entre a composição em peso e em volume das mesmas. As figuras 2, 3 e 4 apresentam as curvas de densidades do cermet a verde, em função da pressão de compactação, para as dispersões à base de ThO<sub>2</sub>-Al, ThO<sub>2</sub>-UO<sub>2</sub>-Al e ThO<sub>2</sub>-U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-Al, respectivamente. Para êste levantamento de dados de compactação, foram prensadas pastilhas cilíndricas de 10 mm de diâmetro e massa de aproximadamente 5 g. Foi empregada matriz flutuante com cavidade de 3,8 cm<sup>3</sup>. O sistema de compactação foi o de dupla ação em prensa hidráulica manual de 25 t de esforço máximo. Para lubrificar as paredes internas da cavidade da matriz e facilitar a extração das pastilhas foi usada uma pasta a base de estearina, estearato de zinco, "carbowax" e tetra-cloroeto de carbono.

TABELA I — Densidades solta (d<sub>s</sub>), batida (d<sub>b</sub>), limite (d<sub>l</sub>) em g/cm<sup>3</sup> (médias de três determinações)

Composição da dispersão				d <sub>s</sub>	d <sub>b</sub>	d <sub>l</sub>
ThO <sub>2</sub> (%)	Al (%)	UO <sub>2</sub> (%)	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )
20	80	—	—	1,3 <sub>9</sub>	1,5 <sub>5</sub>	1,6 <sub>5</sub>
30	70	—	—	1,5 <sub>2</sub>	1,6 <sub>8</sub>	1,7 <sub>3</sub>
40	60	—	—	1,6 <sub>1</sub>	1,7 <sub>9</sub>	1,8 <sub>4</sub>
50	50	—	—	1,7 <sub>2</sub>	1,9 <sub>2</sub>	1,9 <sub>7</sub>
18	80	2	—	1,4 <sub>8</sub>	1,5 <sub>9</sub>	1,6 <sub>5</sub>
27	70	3	—	1,5 <sub>3</sub>	1,7 <sub>3</sub>	1,8 <sub>1</sub>
36	60	4	—	1,6 <sub>1</sub>	1,8 <sub>5</sub>	1,9 <sub>5</sub>
45	50	5	—	1,8 <sub>1</sub>	2,0 <sub>5</sub>	2,0 <sub>9</sub>
18	80	—	2	1,4 <sub>2</sub>	1,5 <sub>7</sub>	1,6 <sub>5</sub>
27	70	—	3	1,5 <sub>3</sub>	1,7 <sub>2</sub>	1,7 <sub>9</sub>
36	60	—	4	1,6 <sub>1</sub>	1,8 <sub>5</sub>	1,9 <sub>1</sub>
45	50	—	5	1,7 <sub>5</sub>	1,9 <sub>9</sub>	2,0 <sub>7</sub>

TABELA II — Composições e densidades teóricas respectivas das dispersões estudadas

Composição em peso (%)				Composição em volume (%)				Densidade teórica (g/cm <sup>3</sup> )
ThO <sub>2</sub>	Al	UO <sub>2</sub>	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	ThO <sub>2</sub>	Al	UO <sub>2</sub>	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	
28	80	—	—	6,3	93,7	—	—	3,15 ± 0,01
30	70	—	—	10,3	89,7	—	—	3,45 ± 0,01
40	60	—	—	15,1	84,9	—	—	3,80 ± 0,01
50	50	—	—	21,1	78,9	—	—	3,4 ± 0,01
18	80	2	—	5,7	93,7	0,6	—	3,15 ± 0,01
27	70	3	—	9,3	89,7	1,0	—	3,45 ± 0,01
36	60	4	—	13,7	84,9	1,4	—	3,80 ± 0,01
45	50	5	—	19,1	78,9	2,0	—	4,25 ± 0,01
18	80	—	2	5,6	93,7	—	0,7	3,15 ± 0,01
27	70	—	3	9,3	89,7	—	1,0	3,45 ± 0,01
36	60	—	4	13,6	84,9	—	1,5	3,79 ± 0,01
45	50	—	5	19,0	78,4	—	2,1	4,23 ± 0,01

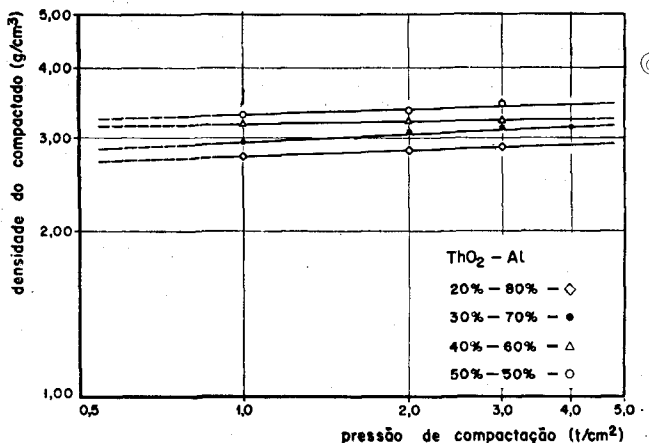


Fig. 2 — Valores experimentais da densidade no estado compactado em função da pressão de compactação de peças prismáticas de misturas de ThO<sub>2</sub>-Al.

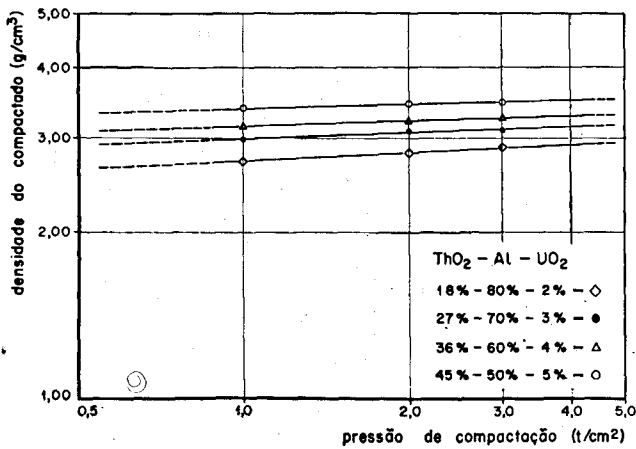


Fig. 3 — Valores experimentais da densidade no estado compactado em função da pressão de compactação de peças cilíndricas de misturas de  $\text{ThO}_2\text{-UO}_2\text{-Al}$ .

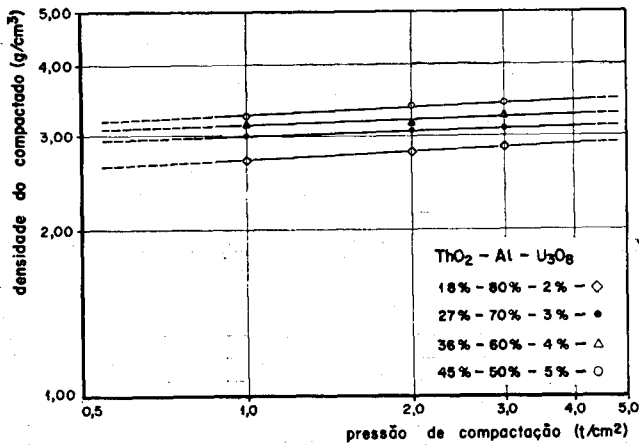


Fig. 4 — Valores experimentais da densidade no estado compactado em função da pressão de compactação de peças prismáticas de misturas de  $\text{ThO}_2\text{-U}_3\text{O}_8\text{-Al}$ .

A compactação dos cermets (briquetes paralelepípedicos) foi realizada empregando-se matriz desmontável de aço, com cavidade medindo 65x50x51 mm. Foi usada uma prensa hidráulica manual de 80 t de esforço máximo e compactação por simples-ação. O carregamento do pó foi feito manualmente e apenas 33% do volume da cavidade foi ocupado. Adotou-se a mesma pasta lubrificante para reduzir o atrito entre as paredes internas da cavidade da matriz e o punção móvel superior. A tabela III contém as características dimensionais dos briquetes no estado compactado.

Os briquetes a verde foram submetidos a um tratamento de pré-sinterização a 600°C, durante 1 hora e sob atmosfera de argônio. A tabela IV fornece as características dos briquetes após a pré-sinterização.

Além de experiência com tória proveniente do sulfato de tório, foram realizadas outras, com material proveniente de oxalato de tório. Óxido de tório de pureza nuclear foi obtido por calcinação do sal original a 800°C durante 4 horas. As tabelas V e VI contém as características de alguns briquetes fabricados com  $\text{ThO}_2$  proveniente do oxalato de pureza nuclear.

#### 4. OBTENÇÃO DE PLACAS COMBUSTÍVEIS

Os cermets das diversas composições foram co-laminados empregando-se a técnica de moldura-revestimento, obtendo-se placas combustíveis com dimensões finais de 2,45 mm de espessura, partindo de espessura total do conjunto de 16 mm.

A técnica de obtenção do conjunto para a laminação já foi amplamente descrita em trabalhos desta Divisão<sup>2, 4</sup>.

TABELA III — Características dos briquetes a verde (tória proveniente da calcinação do sulfato de tório).

composição (%)				pressão de compactação (t/cm <sup>2</sup> )	comprimento (cm)	largura (cm)	espessura (cm)	massa (g)	densidade (g/cm <sup>3</sup> )	porcentagem da densidade teórica %
ThO <sub>2</sub>	Al	UO <sub>2</sub>	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>							
20	80	-	-	1	5,005 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,605 ± 0,001	50,560 ± 0,001	2,61 ± 0,01	82,9
30	70	-	-	1	5,008 ± 0,003	6,510 ± 0,002	0,610 ± 0,001	55,572 ± 0,001	2,79 ± 0,01	80,9
40	60	-	-	1	5,007 ± 0,002	6,520 ± 0,002	0,612 ± 0,001	60,218 ± 0,001	3,01 ± 0,01	79,2
50	50	-	-	1	5,010 ± 0,002	6,523 ± 0,002	0,611 ± 0,001	65,380 ± 0,001	3,27 ± 0,01	77,1
18	80	2	-	1	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,613 ± 0,001	50,543 ± 0,001	2,53 ± 0,01	80,3
27	70	3	-	1	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,608 ± 0,001	54,509 ± 0,001	2,75 ± 0,01	79,7
36	60	4	-	1	5,000 ± 0,002	6,515 ± 0,002	0,610 ± 0,001	59,672 ± 0,001	3,00 ± 0,01	78,7
45	50	5	-	1	5,008 ± 0,002	6,520 ± 0,002	0,611 ± 0,001	64,544 ± 0,001	3,24 ± 0,01	76,2
18	80	-	2	1	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,610 ± 0,001	50,459 ± 0,001	2,54 ± 0,01	80,6
27	70	-	3	1	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,609 ± 0,001	54,601 ± 0,001	2,75 ± 0,01	79,9
36	60	-	4	1	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,610 ± 0,001	59,513 ± 0,001	3,00 ± 0,01	79,2
45	50	-	5	1	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,611 ± 0,001	64,656 ± 0,001	3,25 ± 0,01	76,8

TABELA IV — Características dos briquetes no estado pré-sinterizado (tória proveniente da calcinação do sulfato de tório).

composição (%)				pressão de compactação (t/cm <sup>2</sup> )	comprimento (cm)	largura (cm)	espessura (cm)	massa (g)	densidade (g/cm <sup>3</sup> )	porcentagem da densidade teórica %
ThO <sub>2</sub>	Al	UO <sub>2</sub>	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>							
20	80	-	-	1	5,005 ± 0,002	6,520 ± 0,002	0,623 ± 0,001	51,869 ± 0,001	2,55 ± 0,01	81,0
30	70	-	-	1	5,010 ± 0,002	6,520 ± 0,002	0,613 ± 0,001	55,396 ± 0,001	2,77 ± 0,01	80,3
40	60	-	-	1	5,020 ± 0,002	6,538 ± 0,002	0,616 ± 0,001	59,992 ± 0,001	2,97 ± 0,01	78,2
50	50	-	-	1	5,030 ± 0,002	6,548 ± 0,002	0,616 ± 0,001	64,952 ± 0,001	3,00 ± 0,01	75,5
18	80	2	-	1	5,010 ± 0,002	6,528 ± 0,002	0,615 ± 0,001	49,879 ± 0,001	2,48 ± 0,01	78,7
27	70	3	-	1	5,023 ± 0,002	6,528 ± 0,002	0,613 ± 0,001	53,778 ± 0,001	2,68 ± 0,01	77,7
36	60	4	-	1	5,023 ± 0,002	6,538 ± 0,002	0,615 ± 0,001	58,995 ± 0,001	2,92 ± 0,01	76,6
45	50	5	-	1	5,025 ± 0,002	6,543 ± 0,002	0,611 ± 0,001	63,700 ± 0,001	3,17 ± 0,01	74,6
18	80	-	2	1	5,011 ± 0,002	6,530 ± 0,002	0,613 ± 0,001	50,052 ± 0,001	2,50 ± 0,01	79,4
27	70	-	3	1	5,020 ± 0,002	6,530 ± 0,002	0,613 ± 0,001	54,004 ± 0,001	2,69 ± 0,01	78,2
36	60	-	4	1	5,023 ± 0,002	6,541 ± 0,002	0,614 ± 0,001	58,674 ± 0,001	2,91 ± 0,01	76,8
45	50	-	5	1	5,030 ± 0,002	6,553 ± 0,002	0,616 ± 0,001	63,524 ± 0,001	3,13 ± 0,01	74,0

TABELA V — Características dos cermets a verde (tória proveniente da calcinação do oxalato de tório).

composição (%)				pressão de compactação (t/cm <sup>2</sup> )	comprimento (cm)	largura (cm)	espessura (cm)	massa (g)	densidade (g/cm <sup>3</sup> )	porcentagem da densidade teórica %
ThO <sub>2</sub>	Al	UO <sub>2</sub>	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>							
30	70	-	-	0,6	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,611 ± 0,001	51,768 ± 0,001	2,60 ± 0,01	75,4
30	70	-	-	1,0	5,000 ± 0,002	6,508 ± 0,002	0,598 ± 0,001	55,638 ± 0,001	2,86 ± 0,01	82,9
27	70	3	-	0,6	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,607 ± 0,001	51,500 ± 0,001	2,60 ± 0,01	75,4
27	70	3	-	1,0	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,587 ± 0,001	54,600 ± 0,001	2,86 ± 0,01	82,9
27	70	-	3	1,0	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,592 ± 0,001	54,607 ± 0,001	2,83 ± 0,01	82,3
27	70	-	3	1,0	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,612 ± 0,001	56,507 ± 0,001	2,84 ± 0,01	82,6

TABELA VI — Características dos cermets no estado pré-sinterizado (tória proveniente do oxalato de tório).

composição (%)				pressão de compactação (t/cm <sup>2</sup> )	comprimento (cm)	largura (cm)	espessura (cm)	massa (g)	densidade (g/cm <sup>3</sup> )	porcentagem da densidade teórica %
ThO <sub>2</sub>	Al	UO <sub>2</sub>	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>							
30	70	-	-	0,6	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,610 ± 0,001	51,605 ± 0,001	2,60 ± 0,01	75,4
30	70	-	-	1,0	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,598 ± 0,001	55,444 ± 0,001	2,85 ± 0,01	82,6
27	70	3	-	0,6	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,607 ± 0,001	51,325 ± 0,001	2,56 ± 0,01	74,2
27	70	3	-	1,0	5,000 ± 0,002	6,510 ± 0,002	0,587 ± 0,001	54,404 ± 0,001	2,85 ± 0,01	82,6
27	70	-	3	1,0	5,010 ± 0,002	6,520 ± 0,002	0,597 ± 0,001	54,315 ± 0,001	2,74 ± 0,01	79,7
27	70	-	3	1,0	5,010 ± 0,002	6,520 ± 0,002	0,614 ± 0,001	56,206 ± 0,001	2,80 ± 0,01	81,4

No desenvolvimento do estudo da laminação, diversas variáveis, tais como tempo de pré-aquecimento, tempo de aquecimento entre passes e porcentagem de redução por passe foram analisadas afim de se obter placas perfeitas. O trabalho experimental desenvolvido até o momento confirma as dificuldades apontadas por outros

laboratórios, como descrito em item anterior. No trabalho de deformação por laminação a quente os cermets apresentaram comportamento quebradiço, sendo que esta característica foi agravada nos oriundos de material obtido a partir da calcinação de sulfato de tório.

## 5. ENSAIOS

**ENSAIO DE EMPOLAMENTO** — Com o objetivo de se analisar o caldeamento núcleo-revestimento, foi realizado ensaio de empolamento, à temperatura de 450°C, durante 1 hora, antes da laminação a frio.

Os resultados obtidos por este ensaio não permitiram uma conclusão final sobre o processo de fabricação das mesmas. As seguintes observações, no entanto, podem ser feitas:

- as chapas obtidas a partir de oxalato têm melhores propriedades;
- a adição de  $U_3O_8$  facilita as condições de laminação em relação aos cermets bastante quebradiços de  $ThO_2-Al$  e de  $ThO_2-UO_2-Al$ .

**ENSAIO RADIOGRÁFICO** — Os ensaios radiográficos realizados tiveram como objetivo uma primeira verificação da homogeneidade do briquete deformado. As chapas aprovadas no ensaio anterior foram radiografadas em máquina de raios-X de 65 kV, sob as condições de 13,5 m A e 8 s de tempo de exposição. Os resultados obtidos confirmaram as observações anteriormente citadas, apesar da mistura de  $ThO_2-U_3O_8-Al$ , de tória oriunda do oxalato, não se apresentar tão homogênea como as demais (figuras 5 e 6).

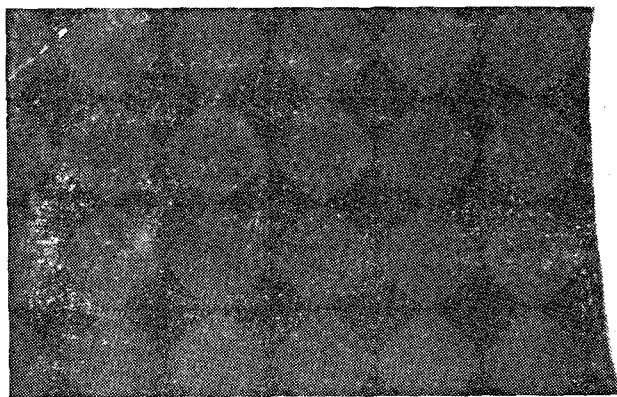


Fig. 5 — Radiografia de uma chapa contendo núcleo de cermet de  $ThO_2-U_3O_8-Al$  com tória oriunda de sulfato de tório.

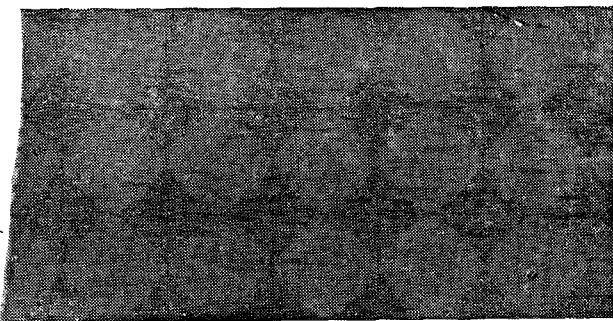


Fig. 6 — Radiografia de uma chapa contendo núcleo de cermet de  $ThO_2-U_3O_8-Al$  com tória obtida a partir de oxalato de tório.

**ENSAIO METALOGRÁFICO** — Foram realizados exames metalográficos com o fim preciso de se analisar, mais detidamente, os resultados obtidos nas radiografias.

As observações feitas levaram a confirmação de que tanto as dispersões  $ThO_2-Al$  como  $ThO_2-UO_2-Al$  apresentaram baixa plasticidade, quando da transformação mecânica.

Pode-se notar, nitidamente, na micrografia da figura 7, que existe um estrangulamento na espessura do núcleo, indicando possivelmente uma insuficiente plasticidade da dispersão, apesar da boa homogeneidade da mesma.

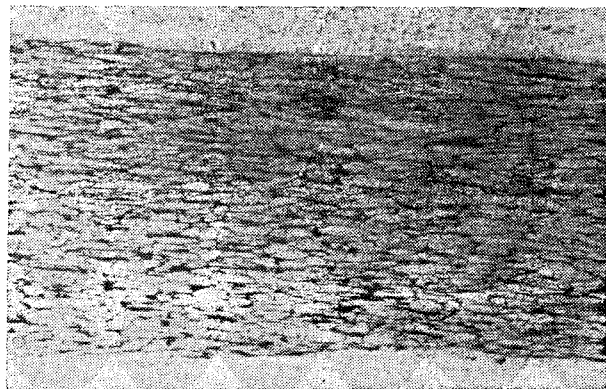


Fig. 7 — Micrografia da secção transversal de placa contendo núcleo de dispersão de 30%  $ThO_2$  e 70% Al (200 X).

A figura 8 mostra uma micrografia da secção transversal de uma placa contendo a dispersão  $ThO_2-U_3O_8-Al$ , onde evidencia-se uma certa heterogeneidade de distribuição da fase cerâmica, confirmando a radiografia obtida, apresentada na figura 6. Pode-se observar também a uniformidade de espessura, mostrando uma plasticidade relativamente melhor com relação às outras dispersões.

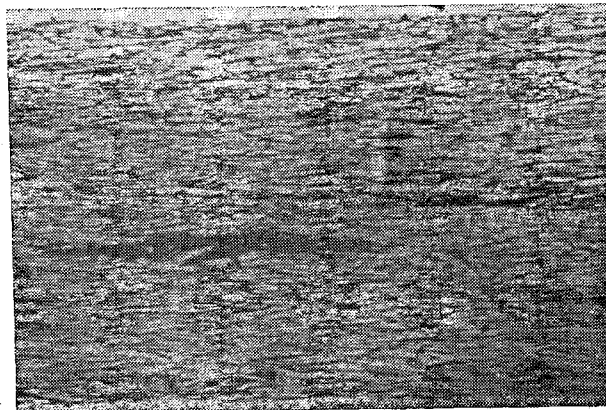


Fig. 8 — Micrografia da secção transversal de placa contendo núcleo de dispersão de 27% de  $ThO_2$ , 3% de  $U_3O_8$  e 70% Al (200 X).

## 6. CONCLUSÕES

1. Os estudos experimentais descritos nesta nota preliminar abrangem briquetes de  $\text{ThO}_2\text{-Al}$ ,  $\text{ThO}_2\text{-UO}_2\text{-Al}$  e  $\text{ThO}_2\text{-U}_3\text{O}_8\text{-Al}$ , tendo sido utilizada tória obtida por calcinação, tanto do sulfato como do oxalato de tório.

2. No intervalo das pressões estudadas existe uma correlação linear entre a densidade dos cermets e a pressão de compactação, quando locadas em gráfico bi-logarítmico.

3. Os briquetes fabricados com  $\text{ThO}_2$  oriundo do oxalato, particularmente na porcentagem de 70% de alumínio, apresentaram maior porcentagem da densidade teórica do que os de procedência do sulfato.

4. O trabalho experimental desenvolvido até o momento confirma as dificuldades apontadas em outros laboratórios, já que, durante a deformação por laminação a quente, os cermets apresentaram comportamento quebradiço.

5. O comportamento quebradiço dos cermets é mais acentuado nos oriundos de material obtido a partir da calcinação de sulfato de tório.

6. O ensaio de empolamento com o objetivo de verificar o caldeamento núcleo-revestimento acusou defeito em várias chapas, principalmente nas provenientes de calcinação do sulfato de tório, ao mesmo tempo em que indicou melhores condições de laminação quando o cermet continha  $\text{U}_3\text{O}_8$ .

7. Os ensaios radiográfico e metalográfico confirmaram as observações anteriores, mostrando também que a mistura de  $\text{ThO}_2\text{-U}_3\text{O}_8\text{-Al}$ , de tória oriunda do oxalato não se apresentou tão homogênea como as demais.

## BIBLIOGRAFIA

1. BIDWELL, R. M.; HAYDT, H. M.; FREITAS, C. T. e SOUZA SANTOS, T. D. — «Nota preliminar sobre propriedades e estruturas de dispersões  $\text{U}_3\text{O}_8\text{-Al}$ ». ABM — Bol. Ass. Bras. Met. v. 20, n.º 84, pgs. 567-576, dezembro, 1964.
2. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M. e FREITAS, C. T. — «Fabricação de elementos combustíveis para o reator «Argonauta» do Instituto de Engenharia Nuclear». Metalurgia — Rev. Ass. Bras. Met. v. 21, n.º 90, pgs. 369-376, maio, 1965.
3. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M. e FREITAS, C. T. — «Principais característicos metalúrgicos dos elementos combustíveis produzidos para o reator «Argonauta» do Instituto de Engenharia Nuclear». Metalurgia — Rev. Ass. Bras. Met. v. 21, n.º 97, pgs. 909-921, dezembro, 1965.
4. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M.; GENTILE, E. F. e CINTRA, S. H. L. — «Características de placas delgadas para elementos combustíveis contendo dispersões de  $\text{U}_3\text{O}_8\text{-Al}$ ». Metalurgia, Rev. Ass. Bras. Met. v. 22, n.º 109, pgs. 935-940, dezembro, 1966.
5. SOUZA SANTOS, T. D.; CAPOCCHI, J. D. T. e CINTRA, S. H. L. — «Estudo experimental de fabricação de elementos combustíveis planos dotados de múltiplos «cermets»». Metalurgia, Rev. Ass. Bras. Met. v. 24, n.º 125, pgs. 295-299, abril, 1968.
6. CAPOCCHI, J. D. T.; CINTRA, S. H. L. e GENTILE, E. F. — «Estudo experimental de fabricação de elementos combustíveis planos contendo núcleo de cermets». Metalurgia, Rev. Ass. Bras. Met. v. 24, n.º 124, pgs. 201-212, março, 1968.
7. SOUZA SANTOS, T. D., HAYDT, H. M. e FREITAS, C. T. — «Development Studies for Argonaut Fuel Fabrication». Seção III, n.º 37, Study Group Meeting on the Utilization of Research Reactors, IAEA, v. 1, pgs. 279-293, São Paulo, novembro, 1963.
8. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M. e FREITAS, C. T. — «Developments in Fuel Fabrication for Research Reactor in Brazil». Proceedings, Third International Conference on the Peaceful Uses for Atomic Energy, v. 10, pgs. 26-31, ONU, New York, 1965.
9. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M. e FREITAS, C. T. — «Experimental Studies on the Fabrication of Thin Fuel Plates with  $\text{U}_3\text{O}_8\text{-Al}$  «cermets». Proceedings, Third International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, v. 10, pgs. 33-37, ONU, New York, 1965.
10. HOLDEN, R. B. — «Ceramic Fuel Elements». ASM and USAEC, Monograph, Gordon & Breach Science Publishers, New York, 1966.
11. HAYDT, H. M. — «Estado atual da tecnologia de produção de tório metálico». ABM — Bol. Ass. Bras. Met. v. 19, n.º 77, pgs. 571-578, 1963.
12. FREITAS, C. T.; HAYDT, H. M. e SOUZA SANTOS, T. D. — «Nota preliminar sobre a fabricação de pastilhas de berília, de tória, e de soluções sólidas tória urânica». ABM — Bol. Ass. Bras. Met. v. 20, n.º 84, pgs. 557-566, 1964.
13. SOUZA SANTOS, T. D.; HAYDT, H. M.; FREITAS, C. T.; CAPOCCHI, J. D. T. e PUCCINI, E. C. — «Estudo experimental da produção de pastilhas de  $\text{ThO}_2$  e de  $\text{ThO}_2\text{-UO}_2$ ». Metalurgia — Rev. Ass. Bras. Met. v. 22, n.º 108, pgs. 883-888, novembro, 1966.
14. KITTEL, J. H.; PATNE, S. H. — «Effect of Irradiation on Fuel Materials». Proceedings of the Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, P/1890, v. 5, pgs. 500-509 — ONU, Genebra, 1958.
15. CARROL, R. M. — «The Effect of Reactor Irradiation on Thorium-Uranium Alloy Fuel Plates». ORN-1938, setembro, 1955.
16. MARSH, H. G. — «Coextrusion of Powder-Compact Slugs». D. P. — 443, abril, 1960.
17. FRANCIS, W. C. e CRAIGS, S. E. — «Progress Report in Fuel Element Development and Associate Projects». Phillips Petroleum Comp. IDO-16574, agosto, 1960.
18. GIBSON, G. W. e FRANCIS, W. C. — «Annual Progress Report on Fuel Element Development for FY 1962». Phillips Petroleum Comp. IDO-16788, agosto, 1962.

## DISCUSSÃO

FRED WOODS DE LACERDA (1) — No que diz respeito à técnica de preparação, pergunto aos autores se têm observado três pontos, que me parecem importantes. O primeiro ponto é quanto à técnica de mistura desses materiais formadores de cermets. Teria sido usado misturador em V?

HELTON MOTTA HAYDT (2) — Não usamos misturador em V e sim uma unidade projetada na Divisão pelo Eng.º C. T. de Freitas e construída lá mesmo em nossa oficina mecânica. Estamos adquirindo um misturador em V, para o caso de quantidades maiores. Como o senhor vê, estamos utilizando cargas relativamente pequenas. ○

F. W. DE LACERDA — Seria uma questão a verificar, porque talvez mesmo para cargas pequenas pode existir uma correlação.

H. M. HAYDT — Ainda dentro deste campo devo destacar que nos cermets a mistura é realizada empregando-se cilindros de borracha como meio de homogeneização e não de adensamento.

F. W. DE LACERDA — Teria sido feito algum ensaio no sentido de se conhecer a estrutura do grão e se seria angular ou arredondado, o que conduziria rapidamente à compreensão do mecanismo de compactação?

H. M. HAYDT — Isso também tem sido feito desde as primeiras experiências com  $U_3O_8$ , verificando-se a formação de grupos. Como se trata de assunto constante de trabalhos anteriores procurou-se mostrar, apenas, dentro daquelas dificuldades, o ponto final de uma dispersão que realmente tenha futuro.

F. W. DE LACERDA — Lembro-me de um caso, alguns anos atrás, em que a saída encontrada para contornar a dificuldade de compactado a verde, quebradiço, foi a prévia agitação, isto é a vibração do molde que continha o material, com aplicação de pressão posteriormente, possibilitando o adensamento por vibração e assim permitindo alta densidade. E através do conhecimento da natureza dos grãos, foi possível conseguir-se melhor resultado do que com simples aplicação de pressão, naturalmente dando-se tempo para a expulsão do ar. Era feita uma vibração do molde contendo os materiais, e depois se aplicava a pressão.

H. M. HAYDT — Os cermets utilizados nestes trabalhos atingiram a altura e a densidade desejadas com simples aplicação de pressões relativamente baixas.

F. W. DE LACERDA — É porque esse material é completamente diferente, e a finalidade também. Em alguns casos, também tínhamos porosidade nula.

H. M. HAYDT — Nas experiências do Savannah River Laboratory onde foi utilizado o processo de extrusão, era necessária alta densidade, como citado, afim de que o material não se desagregasse. Entretanto, nós não tínhamos este problema.

F. W. DE LACERDA — Muito obrigado. O Instituto Brasileiro de Siderurgia gostaria que seus associados pudessem ver implantada em tôdas as suas usinas a mentalidade de pesquisa industrial, que hoje é tão

necessária e sem a qual não teremos um avanço tecnológico necessário. O exemplo dessa equipe é dos mais valiosos para nós.

JOSÉ DEODORO TRANI CAPOCCHI (3) — Gostaria de trocar algumas idéias com o Eng.º Woods de Lacerda porque nesse ponto de metalurgia de pó temos tido um trabalho continuado nesses últimos anos. No caso particular, os cermets são constituídos por materiais muitas vezes com uma certa diferença de densidade, de forma que uma vibração poderia acarretar um gradiente de composição dentro do próprio corpo. Isto é crítico porque cada centímetro cúbico desse material contém algumas células combustíveis, que devem ficar confinadas exatamente numa determinada região do elemento. Não tendo experiência de compactação por vibração, estou prevendo dificuldades. Por outro lado, quanto ao aspecto morfológico dos grãos, temos feito análises microscópicas por meio de lupas, acompanhando o trabalho de homogeneização das misturas. Temos observado uma certa formação de grumos da fase cerâmica ao redor da fase metálica. Os grãos da fase cerâmica têm uma morfologia dependente da precipitação química e da história anterior do material, enquanto os grãos de alumínio têm forma de gotas. Por um mecanismo ainda não determinado, mas que supomos ser consequência de cargas eletrostáticas, geradas por atritos que ocorrem durante a fase de homogeneização da mistura, temos a formação de grumos das partículas de óxido em torno das de alumínio.

Até o presente, não temos tido dificuldade maior quanto à homogeneização e à fabricação dos briquetes, sendo inclusive os resultados bastante reprodutivos. Contudo, está em desenvolvimento na Divisão, desde junho, um trabalho sobre a influência das diversas variáveis, como microestrutura de dispersões, variáveis de fabricação e de história anterior dos pós.

Tenho a impressão que no próximo ano poderemos apresentar algumas informações a respeito desse problema da microestrutura, que é crítico para o elemento combustível.

F. W. DE LACERDA — Apenas porque foi suscitada a questão, gostaria de dizer o seguinte: o conhecimento dessa técnica seria muito importante porque realmente, ao encontrar materiais diferentes, temos que apelar para uma variável ou outra. Sem absolutamente tentar polêmica, acho sua observação muito valiosa a respeito do deslocamento possível dos grãos, mas acho também que o escorregamento dos grãos por efeito de lubrificantes pode conduzir a alterações. Realmente, eu ressaltei bastante que a minha experiência se baseia em materiais com características diferentes implicando na obtenção de resultados completamente diferentes. Mas eu apreciaria que essas técnicas de obtenção de cermets, de tão variadas aplicações, utilizando tão variados métodos, continuassem a ser divulgadas, o que facilitaria pesquisas futuras com outros materiais face ao conhecimento destes mecanismos.

J. D. T. CAPOCCHI — Os cermets paralelepípedicos são compactados por simples ação, mas são relativamente pouco espessos; já, as pastilhas cilíndricas, mas altas, são compactadas por dupla ação, minizando-se, assim, os efeitos de gradiente de densidade e de escorregamentos.

PAULO GOMES DE PAULA LEITE (4) — Perguntaria ao Eng.º Motta Haydt alguma coisa acerca dos

(1) Membro da ABM; Engenheiro Civil; Secretário Regional do IBS; Belo Horizonte, MG.

(2) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista da Divisão de Metalurgia Nuclear do IEA; São Paulo, SP.

(3) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista e Nuclear da Divisão de Metalurgia Nuclear do IEA; São Paulo, SP.

(4) Membro da ABM; Engenheiro Civil; Professor Adjunto de Física na EEUFRRJ; Rio de Janeiro, GB.

ensaios de empolamento e também, sabendo que o Instituto de Energia Atômica de São Paulo fabricou, além dos elementos combustíveis para reatores em funcionamento no Brasil, placas que foram enviadas à França, se estas chapas estão sendo usadas.

H. M. HAYDT — O contrato foi de apenas dez chapas para possível utilização num reator de alto fluxo, cuja importância será salientada pelo trabalho seguinte. Conforme as últimas informações, estas chapas estão sendo estudadas.

P. G. DE PAULA LEITE — O ensaio da empolamento que é feito pelo Instituto de Energia Atômica como é feito em todas as partes do mundo, realmente corresponde às exigências necessárias?

H. M. HAYDT — Corresponde; porém o Eng.º Cintra poderá dar mais detalhes.

SEBASTIÃO HERMANO LEITE CINTRA (5) — Como foi comentado em outros congressos, o ensaio de empolamento é um primeiro ensaio grosseiro que elimina as chapas que tenham efeito de maior amplitude. Outros ensaios mais refinados devem ser feitos para apurar-se a qualidade da fabricação. Então foi para nós uma grande vantagem esse contrato com a França, porque eles contam com melhor equipamento para determinarem a qualidade efetiva dos produtos fabricados por nós. Infelizmente não tivemos ainda o resultado a que chegaram. A validade do ensaio de empolamento é a seguinte: todas as chapas rejeitadas por esse ensaio serão rejeitadas pelos demais, mas não significa que todas as chapas aprovadas por esse ensaio sejam aprovadas pelos demais.

(5) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista e Nuclear da Divisão de Metalurgia Nuclear do IEA; São Paulo, SP.

#### RESUMEN

Teniendo en vista las reservas abundantes de torio encontradas en el Brasil, ha sido dado gran importancia a los estudios relacionados con la producción de energía en reactores de torio. Los estudios experimentales descritos en esta contribución se orientan a la investigación de datos para el programa de elementos combustibles con "cermets" constituidos por una dispersión de óxido de torio en aluminio en polvo.

Los autores describen los trabajos desarrollados referentes a la producción y características de dispersiones de  $\text{ThO}_2\text{-Al}$ ,  $\text{ThO}_2\text{-UO}_2\text{-Al}$  y  $\text{ThO}_2\text{-U}_3\text{O}_8\text{-Al}$ , siendo el óxido de torio obtenido por calcinación tanto de sulfato de torio como de oxalato de torio.

A través de los ensayos de ampollamiento, radiográficos y metalográficos realizados, fueron obtenidos resultados que indicaron plasticidad adecuada a la transformación mecánica con  $\text{ThO}_2$  y  $\text{U}_3\text{O}_8$ , siendo el óxido de torio resultante de calcinación del oxalato. Las dispersiones sin  $\text{U}_3\text{O}_8$  y las que contenían  $\text{ThO}_2$  oriunda de la calcinación del sulfato mostraron ser poco plásticas.

#### RÉSUMÉ

Les réserves abondantes de thorium qui se trouvent au Brésil nous ont amené à faire des études relatives à la production d'énergie en réacteurs utilisant le thorium comme combustible.

Les études expérimentales avaient le but d'assembler des données nécessaires pour programmer l'utilisation d'éléments combustibles avec "cermets" constituées par une dispersion d'oxyde de thorium en poudre d'aluminium.

Les auteurs décrivent la production et les caractéristiques de la dispersion de  $\text{ThO}_2\text{-Al}$ ,  $\text{ThO}_2\text{-UO}_2\text{-Al}$  et  $\text{ThO}_2\text{-U}_3\text{O}_8\text{-Al}$ , l'oxyde de thorium étant obtenu par calcination, soit du sulfate de thorium soit de l'oxalate de thorium.

À travers des essais de soufflure, radiographiques et métallographiques, on a obtenu des résultats qui indiquent une plasticité du  $\text{ThO}_2$  et  $\text{U}_3\text{O}_8$  qui se prêtent à une transformation mécanique, dans le cas du  $\text{ThO}_2$  obtenu par la calcination de l'oxalate.

Les dispersions sans  $U_3O_8$  et celles qui contenaient  $ThO_2$  provenant de la calcination du sulfate sont peu plastiques.

#### R E S U M E

Much importance has been given to the studies related with the production of energy by thorium reactors due to the great reserves of thorium in Brazil. The experimental studies, described in this contribution, aimed the research of data for the program of fuel elements having as core a cermet of a dispersion of thorium oxide in aluminum powder.

The authors describe the work carried out for the production and the determination of characteristics of dispersions of  $ThO_2-Al$ ,  $ThO_2-UO_2-Al$  and of  $ThO_2-U_3O_8-Al$ , where it was used thoria deriving from both calcined thorium sulphate and thorium oxalate.

The results based upon blister, radiographic and metallographic tests indicated the plasticity necessary to the mechanical transformation with  $ThO_2$  and  $U_3O_8$ , for the thoria from the calcined oxalate. The dispersions without  $U_3O_8$  and the ones with  $ThO_2$  from the calcined sulphate, proved to be not so plastic.