

# ANÁLISES NEUTRÔNICA, TERMO-HIDRÁULICA E DE SEGURANÇA DE DISPOSITIVOS PARA IRRADIAÇÃO DE ALVOS TIPO LEU DE $UAl_x$ -Al E U-Ni PARA PRODUÇÃO DE $Mo$ -99 NOS REATORES IEA-R1 E RMB



Douglas Borges Domingos<sup>1</sup>, Pedro Julio Batista de Oliveira Nishiyama<sup>2</sup>,  
Antonio Teixeira e Silva<sup>3</sup> e Mitsuo Yamaguchi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> douglasborgesdomingos@yahoo.com.br, <sup>2</sup> pedrojapa@yahoo.com.br, <sup>3</sup> teixeira@ipen.br, <sup>4</sup> mitsuo@ipen.br

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP)  
Av. Professor Lineu Prestes 2242 – Cidade Universitária  
05508-000 São Paulo, SP

Ministério da  
Ciência e Tecnologia



## Introdução

Anualmente o Tecnécio-99m ( $^{99m}Tc$ ), produto do decaimento do Molibdênio-99 ( $^{99}Mo$ ), é utilizado em 20-25 milhões de procedimentos de diagnóstico médico no mundo, abrangendo cerca de 80% de todos os procedimentos na medicina nuclear. Atualmente 95-99% de todo  $^{99}Mo$  é produzido pela irradiação de alvos de urânio altamente enriquecido (*High Enriched Uranium* – HEU). A preocupação mundial com a utilização de alvos do tipo HEU tem sido um dos motores do Programa RERTR (*Reduced Enrichment for Research and Test Reactors*) que visa a conversão de alvos HEU para alvos com baixo enriquecimento de urânio (*Low Enriched Uranium* – LEU). A inserção com segurança destes dispositivos no núcleo do reator deve ser avaliada através de cálculos neutrônicos, termo-hidráulicos e de segurança.

## Objetivos

O objetivo deste trabalho é desenvolver os estudos relativos a caracterização e a especificação técnica de alvos para produção de  $^{99}Mo$  do tipo LEU de  $UAl_x$ -Al e U-Ni (folhas finas de urânio metálico LEU). Para alojar os dois tipos de alvo durante a irradiação nos reatores, serão projetados e fabricados, respectivamente, dois dispositivos de irradiação (DI), como mostrado na figura 1 e 2, que serão projetados tanto para posicionamento no núcleo do Reator IEA-R1 como no núcleo em fase de concepção do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB).



Figura 1: Dispositivo para Irradiação de Miniplacas

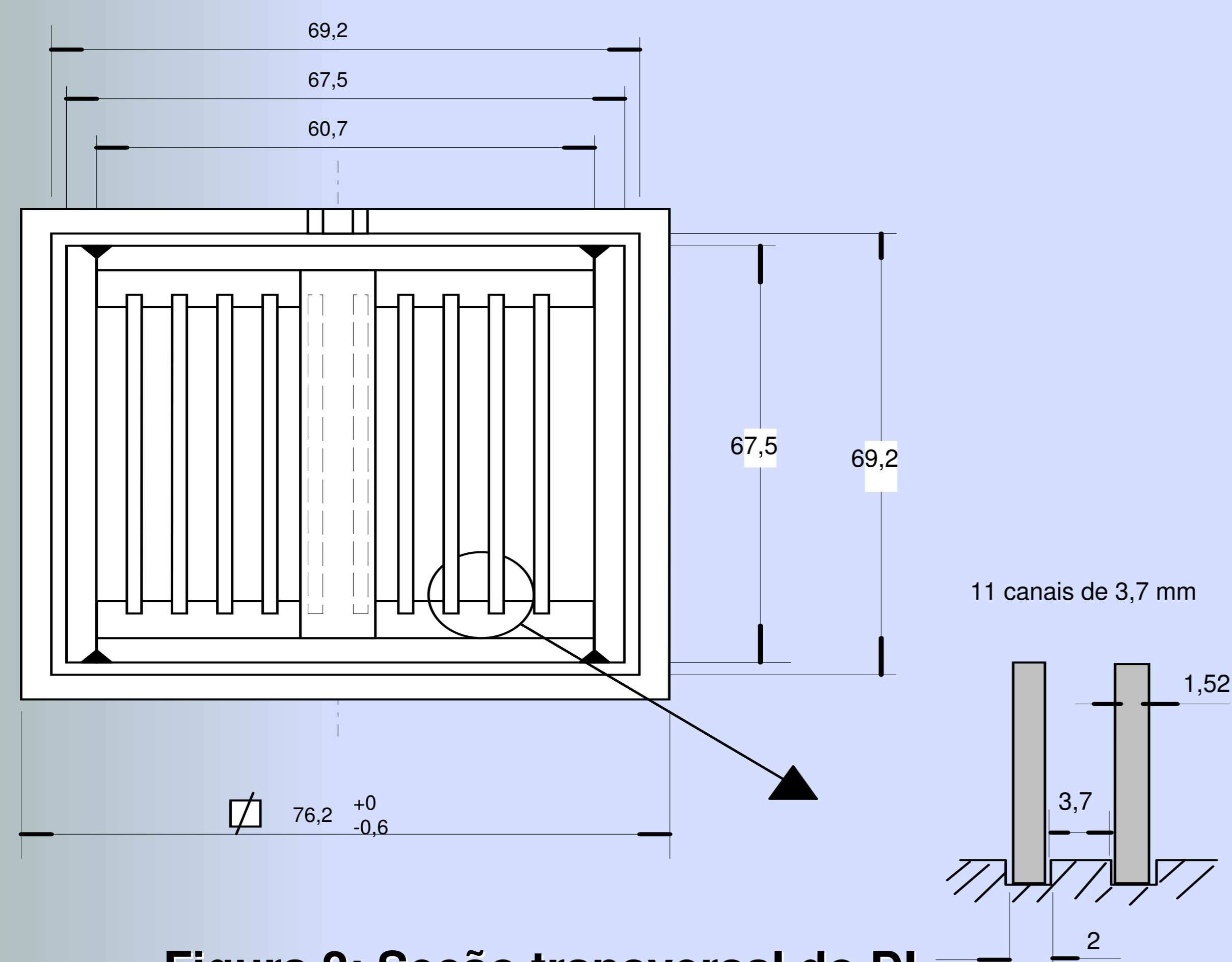


Figura 2: Seção transversal do DI

## Metodologia

Os alvos de  $UAl_x$ -Al do tipo LEU a serem desenvolvidos e analisados no IPEN serão a princípio baseados nos alvos produzidos na Argentina e utilizados para produção de  $^{99}Mo$  desde 2002, para o primeiro alvo proposto a massa de  $^{235}U$  será de 1,4 g, gerando uma densidade  $\rho_{U-235} = 0,416 g^{235}U/cm^3$  e  $\rho_U = 2,10 gU/cm^3$ . Um segundo dispositivo será projetado para o alojamento do alvo de U-Ni, baseados nos alvos que estão sendo analisados e testados no Chile para produção de  $^{99}Mo$ .

Estudos neutrônicos, termo-hidráulicos e de segurança referente aos dispositivos de irradiação serão conduzidos, considerando as possíveis de colocação destes dispositivo para irradiação no reator IEA-R1 e no RMB. A geração de dados nucleares dos constituintes dos núcleos será realizada com os programas LEOPARD para os elementos combustíveis e HAMMERTECHNION para os materiais não combustíveis, incluindo os dispositivos. O 2DB será utilizado para o cálculo bidimensional dos núcleos, queima do combustível e a produção de  $^{99}Mo$  e o CITATION para o cálculo tridimensional dos núcleos, queima do combustível e, conseqüentemente, a produção de  $^{99}Mo$  para comparação com dados gerados com os outros programas. As análises termo-hidráulicas dos núcleos serão desenvolvidas com o programa computacional MTRCR-IEAR1. Este programa permite calcular as variáveis térmicas e hidráulicas dos núcleos e dos dispositivos e compará-las a limites e critérios de projeto estabelecidos para estes tipos de combustíveis. O programa FLOW será utilizado para avaliar se o fluxo de refrigerante desviado do núcleo dos reatores para a refrigeração dos dispositivos irá comprometer o resfriamento dos mesmos. A análise de segurança dos dispositivos será feita considerando a condição hipotética da ocorrência de um Acidente de Perda de Refrigerante Primário - APRP (*Loss of Coolant Accident* – LOCA) no núcleo dos reatores. Dois programas computacionais serão utilizados: o programa LOSS e o programa TEMPLOCA. O programa LOSS calcula o tempo de esvaziamento da piscina dos reatores para diversos eventos postulados de perda de refrigerante. O programa TEMPLOCA calcula a máxima temperatura atingida no combustível, devido ao calor de decaimento dos produtos de fissão e quando da perda completa do fluido de refrigeração no núcleo.

## Conclusão

Com o desenvolvimento de alvos para a produção de Molibdênio-99 e a construção do reator RMB o Brasil se tornará auto-suficiente em produção de Tecnécio-99, atendendo, assim, à crescente necessidade interna do país pelo radioisótopo e até mesmo exportá-lo para outras nações.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, a CNEN e a FAPESP pelo apoio financeiro.