

# Validação das principais bibliotecas nucleares utilizadas em reatores de tório com o código serpent

Lucas James Faga e Giovanni Laranjo de Stefani  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

## INTRODUÇÃO

Para garantir a precisão e relevância dos cálculos feitos para estudos e aplicações em tecnologia nuclear, é imprescindível que as bibliotecas de seção de choque utilizadas nas simulações computacionais para modelagem estejam apropriadamente validadas. Estes dados nucleares são obtidos a partir de métodos experimentais e, após passarem por uma primeira avaliação, eles são agrupados e complementados com cálculos de modelos e parâmetros nucleares sistemáticos, formando bibliotecas nucleares. Por sua vez, essa biblioteca pode ser validada utilizando seus dados nucleares em simulações computacionais para reproduzir sistemas previamente analisados em benchmarks experimentais críticos, i.e., comparar os fatores macroscópicos obtidos pela simulação, tal como o fator de multiplicação efetivo, com aqueles de fato

obtidos em reatores experimentais.

O presente trabalho visa avaliar a biblioteca ENDF/B-VII, que compõe o banco de dados padrão do código Serpent, para modelos ligados a reatores de tório produzindo U-233 e a combustíveis de reciclagem. A avaliação da biblioteca para a seção de choque dos isótopos envolvidos nesses modelos é um trabalho fundamental para estruturar os demais projetos do recém formado grupo de estudos do Centro de Engenharia Nuclear do IPEN.

A utilização de tório em óxidos mistos para combustíveis nucleares de diversos tipos de reatores, objeto de pesquisa principal do grupo, é um assunto que vem ganhando cada vez mais relevância internacional devido ao potencial do tório para otimizar o setor energético, além de ser estratégico ao Brasil por concentrar a maior reserva mundial de tório, como indica a figura 1 [1].



Figura 1: Reservas Mundiais de Tório

## OBJETIVO

Validar os dados nucleares referentes às bibliotecas ENDF/B-VII com o código Serpent, visando garantir a confiabilidade dos dados utilizados em programas relacionados à implementação de tório em óxidos mistos para combustíveis nucleares de reatores de fissão. São ainda âmbitos desse projeto: (i) formação básica do aluno para que possa entender e desenvolver projetos na área de Engenharia Nuclear; (ii) viabilizar futuros estudos sobre o comportamento de combustíveis que utilizam óxido de tório para a produção de U-233 e combustíveis de reciclagem.

## METODOLOGIA

O trabalho inicia-se com uma pesquisa bibliográfica por relatórios que contenham benchmarks experimentais críticos envolvendo os elementos de interesse para sistemas rápidos e térmicos [2] [3] [4]. A partir deles, são escolhidos os benchmarks a serem modelados para o Serpent, sendo preferíveis aqueles que contêm o menor número de elementos não diretamente relacionados à linha de pesquisa. Uma vez modelados, os inputs são inseridos no Serpent e o fator de multiplicação efetiva absoluto encontrado é comparado com aqueles descritos nos benchmarks experimentais. A diferença entre os dados é medida em pcm, sendo esperado que uma biblioteca validada deva ser capaz de gerar resultados a uma distância em torno de 100 pcm dos valores experimentais.

## RESULTADOS

Dos seis benchmarks rápidos escolhidos e dos oito benchmarks térmicos, apenas dois dos térmicos obtiveram um keff a uma distância maior que 200 pcm do esperado, enquanto os demais atingiram valores satisfatórios, como ilustrado na tabela 1.

TABELA 1: Resultados Obtidos

Benchmarks	keff encontrado		keff esperado		Diferença [PCM]
	valor	incerteza	valor	incerteza	
Rápidos					
JEZEBEL	1,00024	0,00013	1,000	0,002	24
JEZEBEL-23	0,99962	0,00012	1,000	0,001	38
THOR	0,99894	0,00014	1,000	0,001	106
FLATTOP-23	1,00149	0,00013	1,000	0,001	149
U233-MET-FAST-002 (10kg)	0,99921	0,00012	1,0000	0,0011	79
U233-MET-FAST-002 (7,6kg)	1,00050	0,00012	1,000	0,001	50
Térmicos					
ORNL-1	0,99746	0,00008	1,00026	0,00001	280
ORNL-2	0,99729	0,00008	0,99975	0,00001	246
ORNL-5	1,00137	0,00008	1,0000	0,0031	137
ORNL-6	1,00119	0,00008	1,0005	0,0033	69
ORNL-7	1,00069	0,00008	1,0006	0,0033	9
ORNL-8	1,00070	0,00008	0,9998	0,0033	90
PNL-3	0,99998	0,00011	1	-	2
PNL-5	1,00057	0,00013	1	-	57

## CONCLUSÕES

Apesar de dois dos 16 resultados não terem convergido dentro do intervalo esperado, esses erros não podem ser imediatamente atribuídos a problemas nas seções de choque, já que outras simulações envolvendo os mesmos isótopos nas mesmas condições convergiram bem para o resultado esperado. Logo, é possível concluir que as bibliotecas possuem dados nucleares confiáveis para serem utilizados em futuros projetos que envolvam combustíveis mistos de tório e combustíveis de reciclagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.itheo.org/thoriumresources> acesso em agosto de 2017.
- [2] Pelloni, S. Benchmark Test of JEF-1 Evaluation by Calculating Fast Criticalities, OECD NEA DATA BANK, 1986.
- [3] Brewer, W., Benchmark Critical Experiments of Uranium-233 Spheres Surrounded by Uranium-235, 1995.
- [4] Frankle, C., A Suite of Criticality Benchmarks for Validating Nuclear Data, Los Alamos National Laboratory, 1999.

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Apoio concedido pela CNPq (PIBIC).