

Workshop Nacional do Tório

Prof. Dr. Giovanni Laranjo de Stefani
COPPE/Poli/UFRJ

Apresentação

Rede Nacional de tório:

- Criado em 2021 e secretariado pelo Prof. Giovanni (COPPE/UFRJ);
- Iniciativa entre vários centros de pesquisa: ITA, IME, UFABC, UFPE, UFRJ, IPEN e UFMG;
- Objetivo: troca de experiências e trabalhos em parceria;
- Iniciativa oficial endossada pela CNEN e MCTI.

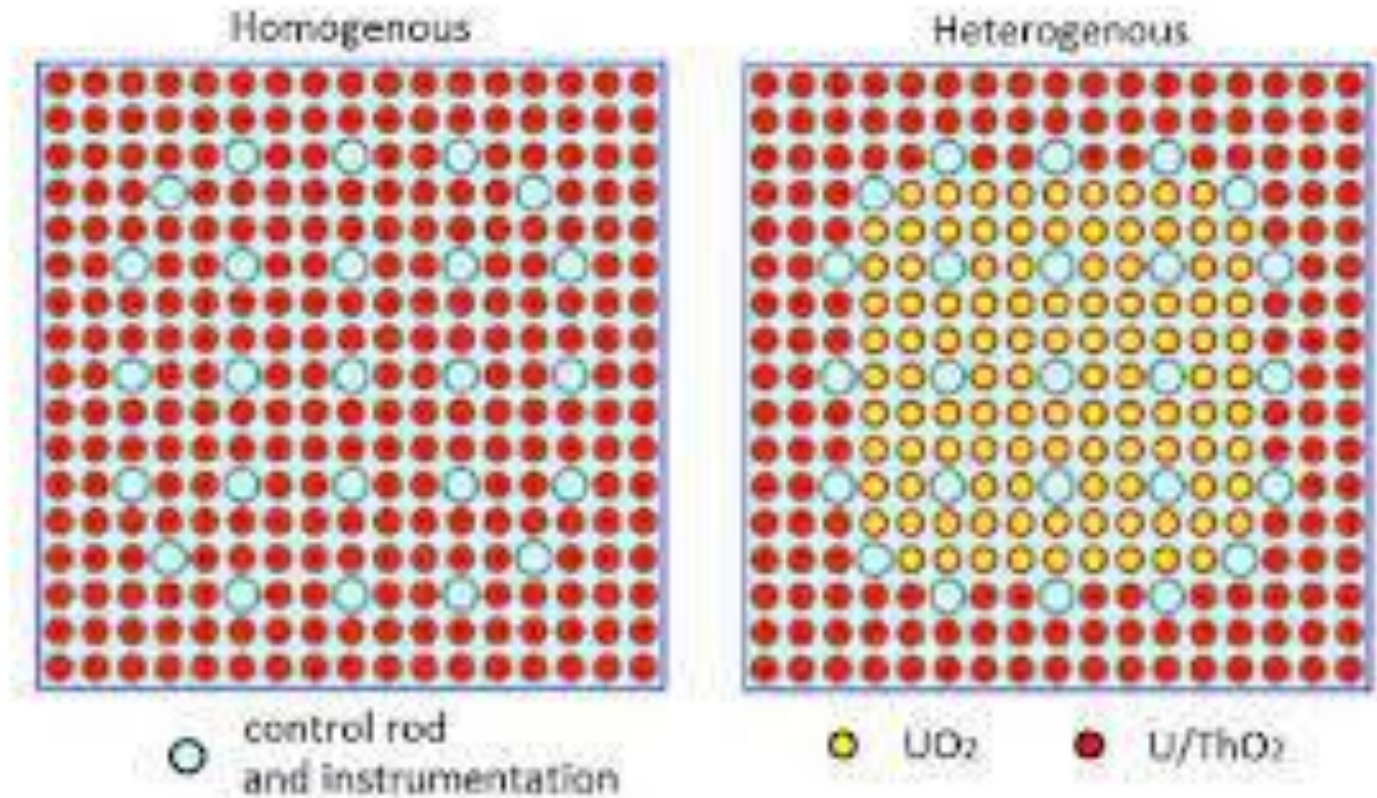
Apresentação

Grupo do tório UFRJ:

- Criado em 2021 pelo professor Giovanni;
- Atualmente conta com 4 alunos de IC, 3 de mestrado, 3 de doutorado e 1 de pós-doutorado;
- Projetos aprovados com financiamento da FAPERJ e CNPq.

Projetos em PWR e SMR

Tipos de elemento combustível:



Projetos em PWR e SMR

Homogêneo:

Vantagens:

- Menor calor linear gerado;
- Reduz a necessidade de veneno queimável;

Desvantagens:

- Acúmulo de U-236 a cada reprocessamento;
- U-233 misturado com uma grande quantidade de outros isótopos de U.

Projetos em PWR e SMR

TABLE 11 Fuel mass inventory for cycles 2, 3, and 4 (data in kg)

Cycle 2	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4		Full core	
	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC
U-232	0.45	0.57	0.23	0.85	0.37	1.07	0.00	0.01	1.05	2.49
U-233	236.94	294.65	124.01	258.93	170.81	295.94	0.00	4.23	531.76	853.75
U-234	18.40	31.33	7.87	24.92	13.50	33.43	0.00	0.29	39.76	89.98
U-235	1358.75	935.53	1203.97	754.70	779.36	466.75	16.82	8.85	3358.89	2165.83
U-236	78.41	153.25	106.12	183.28	99.95	150.27	0.00	1.40	284.48	488.21
U-238	7097.84	6990.78	6914.86	6780.03	5141.48	5030.06	67.28	65.59	19 221.46	18 866.60
Th-232	18 615.51	18 422.47	18 414.29	18 167.69	20 484.21	20 205.90	440.33	434.20	57 954.80	57 230.70
Cycle 3	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4		Full core	
	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC
U-232	1.08	1.09	0.57	1.06	0.85	1.48	0.00	0.01	2.49	3.64
U-233	300.17	332.68	294.65	337.80	258.93	310.40	0.00	3.77	853.75	984.66
U-234	33.72	48.53	31.33	49.27	24.92	42.18	0.00	0.22	89.98	140.20
U-235	1403.14	945.02	935.53	597.65	754.70	496.73	16.82	9.72	3110.18	2049.13
U-236	151.67	231.82	153.25	207.98	183.28	221.30	0.00	1.26	488.21	662.37
U-238	8811.64	8673.90	6990.78	6861.54	6780.03	6656.99	67.28	65.85	22 649.73	22 258.40
Th-232	16 701.75	16 504.30	18 422.91	18 186.26	18 168.24	17 973.57	440.33	435.15	53 733.60	53 064.70
Cycle 4	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4		Full core	
	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC	BOC	EOC
U-232	1.49	1.40	1.09	1.43	1.06	1.64	0.00	0.01	3.64	4.47
U-233	314.18	331.36	332.68	349.08	337.80	358.09	0.00	3.68	984.66	1042.22
U-234	42.40	56.00	48.53	63.83	49.27	65.69	0.00	0.21	140.20	185.73
U-235	1441.14	977.20	945.02	623.20	597.65	394.86	16.82	9.93	3000.62	2005.21
U-236	222.56	301.70	231.82	281.05	207.98	235.11	0.00	1.23	662.37	819.09
U-238	10 480.18	10 324.87	8673.90	8529.17	6861.54	6738.74	67.28	65.90	26 082.91	25 658.80
Th-232	17 957.77	15 014.97	16 504.75	16 293.95	18 186.78	14 831.67	440.33	435.33	50 147.20	49 519.10

Projetos em PWR e SMR

Heterogêneo:

Vantagens:

- Produção maior de U-233 com relação a outros isótopos;
- Queima separada do seed e do blanket;

Desvantagens:

- Maior calor gerado;
- Grande número de parâmetros para estudar parametricamente.

Projetos em PWR e SMR

Table 7
Neutronics and thermal-hydraulics results for the several configurations.

Configuration	BOC ^a k_{eff}	EOC ^b k_{eff}	C	β_{eff}	q'_{max} (W/cm)	Fuel T_{CL} (°C)
THET-1	1.28696	1.17155	0.87	0.00683	868	3169
THET-2	1.27596	1.13116	0.83	0.00682	934	3454
THET-14	1.25263	1.12293	0.84	0.00679	879	2703
THET-9	1.25958	1.1221	0.83	0.0068	809	2432
THET-15	1.2435	1.11734	0.83	0.00679	804	2481
THET-4	1.26282	1.11119	0.81	0.00683	862	3139
THET-10	1.23899	1.10102	0.83	0.00681	806	2418
THET-6	1.23898	1.10072	0.83	0.0068	813	2445
THET-8	1.2323	1.10032	0.83	0.00678	781	2325
THOM-3	1.25712	1.08906	0.80	0.00681	526	1457
THOM-5	1.25808	1.08449	0.80	0.00678	533	1479
THET-11	1.21853	1.07925	0.82	0.00681	794	2370
THOM-1	1.22064	1.05957	0.82	0.00679	537	1490
THET-5	1.24808	1.08949	0.80	0.00681	790	2925
THET-3	1.22475	1.05729	0.78	0.00685	728	2578
THOM-2	1.21581	1.0502	0.79	0.0068	538	1494
THET-12	1.16951	1.02495	0.80	0.0068	713	2071
THOM-4	1.16319	1.00498	0.81	0.00683	589	1651
THET-13	1.13681	0.99744	0.81	0.0068	613	1729
THET-7	1.23232	0.98116	0.76	0.00675	840	2539

^a BOC: beginning of cycle.

^b EOC: end of cycle.

MAIORINO, J. R. ; Stefani, G. L. ; MOREIRA, J. M. L. ; ROSSI, P. C. R. ; SANTOS, T. A. . Feasibility to convert an advanced PWR from UO₂ to a mixed U/ThO₂ core – Part I: Parametric studies. ANNALS OF NUCLEAR ENERGY, v. 102, p. 47-55, 2017.

Projetos em PWR e SMR

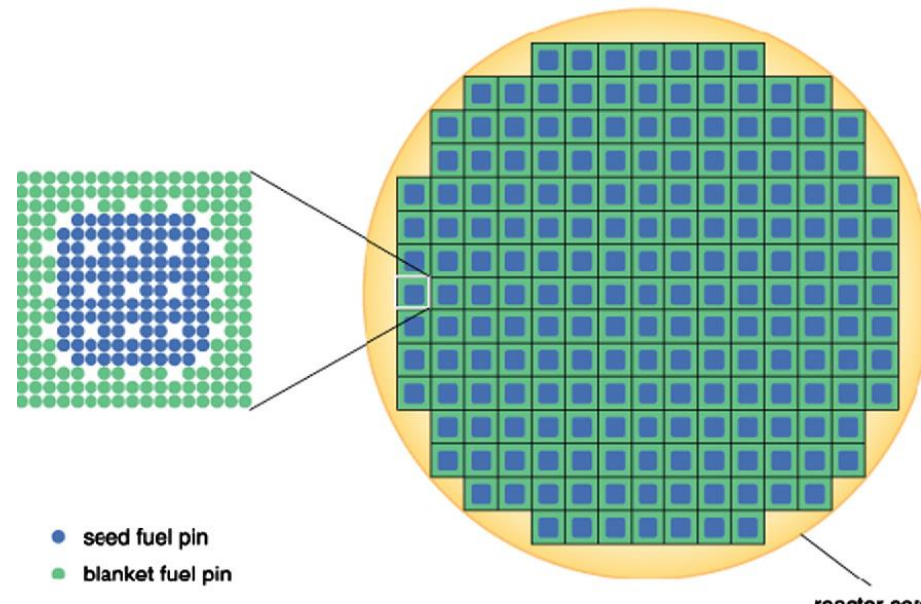
Heterogêneo:

Parâmetros para otimização:

- Pitch do blanket;
- Pitch do seed;
- Número de varetas em cada região;
- Área de cada região;
- Proporção Th-U ou Th-Pu.

Solução:

- Inteligência Artificial (I.A.) – Projeto CNPq



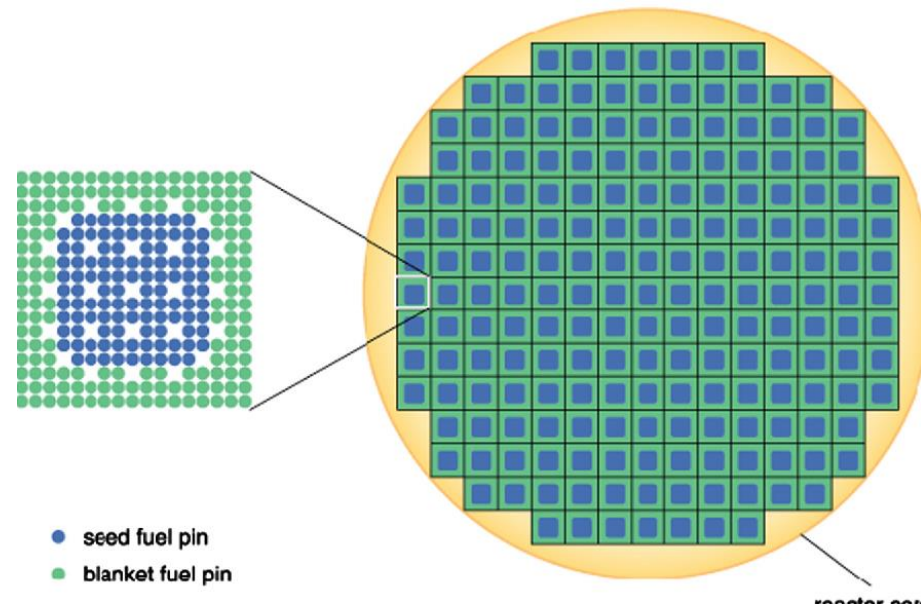
Projetos em PWR e SMR

Heterogêneo:

Problema: Alto limite de potência.

Solução:

- SMR?
- Redução da proporção de Th?



Estudos: 2 alunos de mestrado e 1 de doutorado.

Reprocessamento de sal fundido

Reator de Sal fundido (MSR):

Vantagem:

- Um dos conceitos que podemos gerar U-233 em níveis adequados para utilização em outros reatores.

Desvantagem:

- Necessidade de reprocessamento.

Estudo de reprocessamento eletroquímico para combustíveis de sal fundido (doutorado).

Reprocessamento de sal fundido

Reator de Sal fundido (MSR):

Desvantagem :

- Não temos um reator MSR disponível.

Solução:

- Irradiação dos sais em um reator de pesquisa;
- Derretimento do sal em forno de alta temperatura para reprocessamento.

Ciclo TANDEM + Th

Consiste em:

- Ciclo simbiótico entre LWR-HWR

Objetivo:

- Reaproveitamento do combustível irradiado de Angra I e II;
- Sustentabilidade da energia nuclear (redução de HLW);
- Redução da necessidade de repositórios geológicos;
- Inserção de varetas de Th para produção de U-233;

SENCIR

Obrigado

Prof. Dr. Giovanni Laranjo de Stefani

giovanni.Laranjo@coppe.ufrj.br