

Luiz Fernando Bianchi dos Santos



UFABC

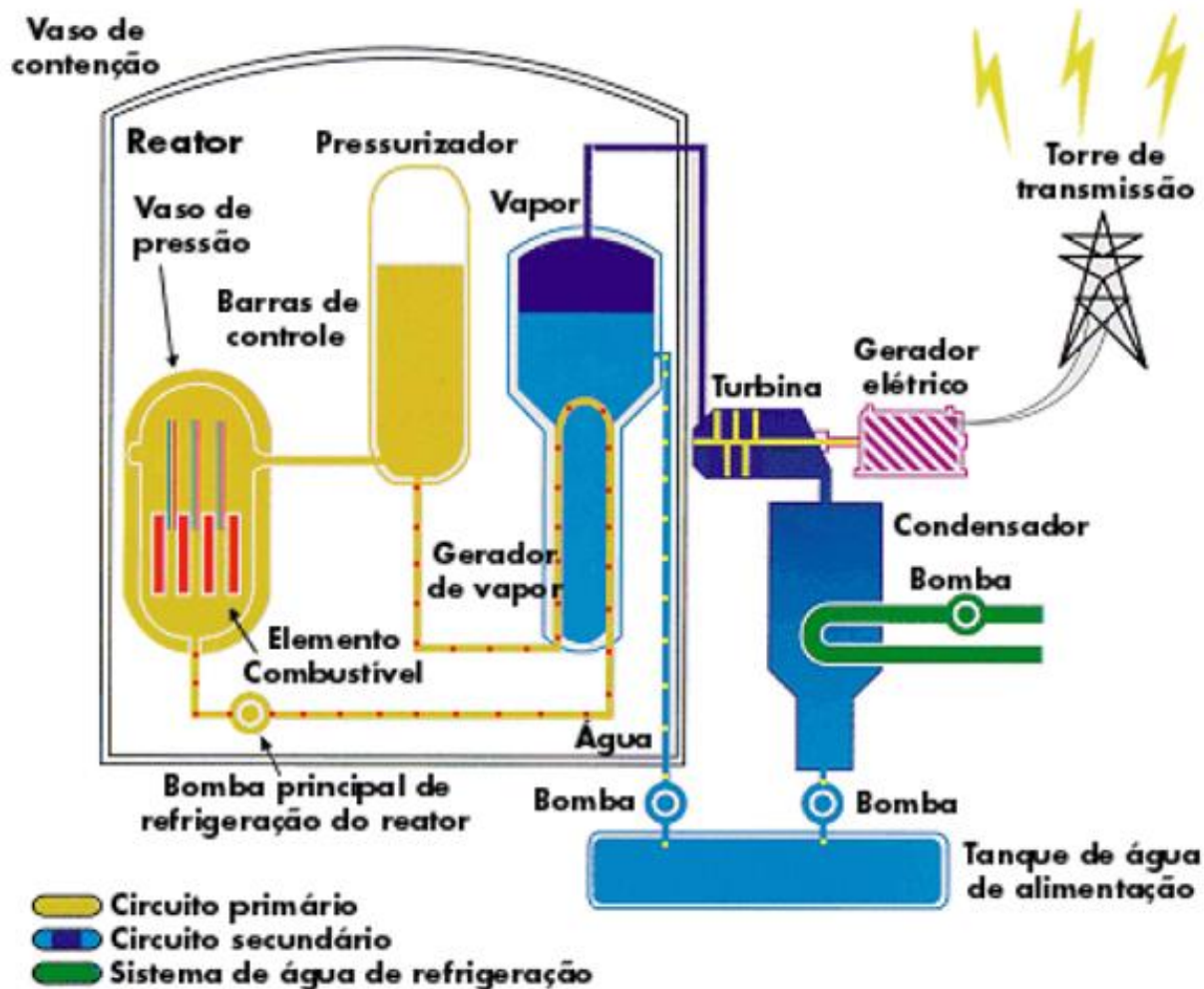
ESTUDO DOS EFEITOS DO TÓRIO EM CONFIGURAÇÕES CRÍTICAS
ORIENTADO PARA VERIFICAR OS DADOS NUCLEARES UTILIZADOS
EM SIMULAÇÕES MONTE CARLO

Sumário

- Introdução
 - Reatores Nucleares
 - Dados Nucleares
 - Método Monte Carlo
- Modelagem
 - Reator IPEN/MB-01
 - Varetas de Ensaio
 - Arranjos Simulados
 - Parâmetros de Simulação
- Resultados
- Conclusão
- Referências

Introdução

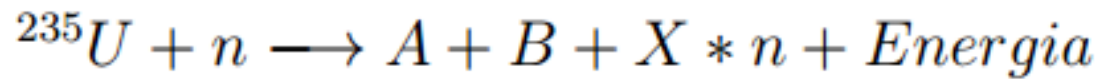
- Reatores Nucleares



Introdução

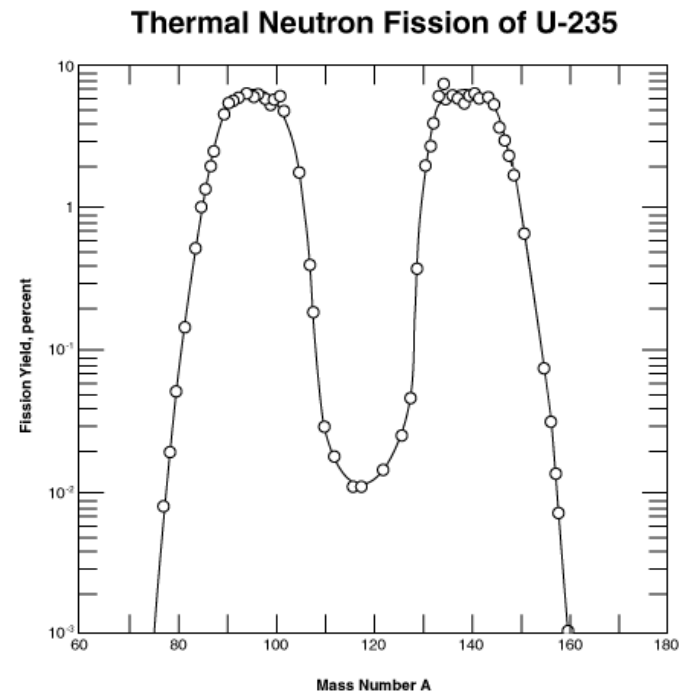
- Reatores Nucleares

- Reação Nuclear



- Energia média liberada em uma reação de fissão do Urânio-235: 193 MeV;

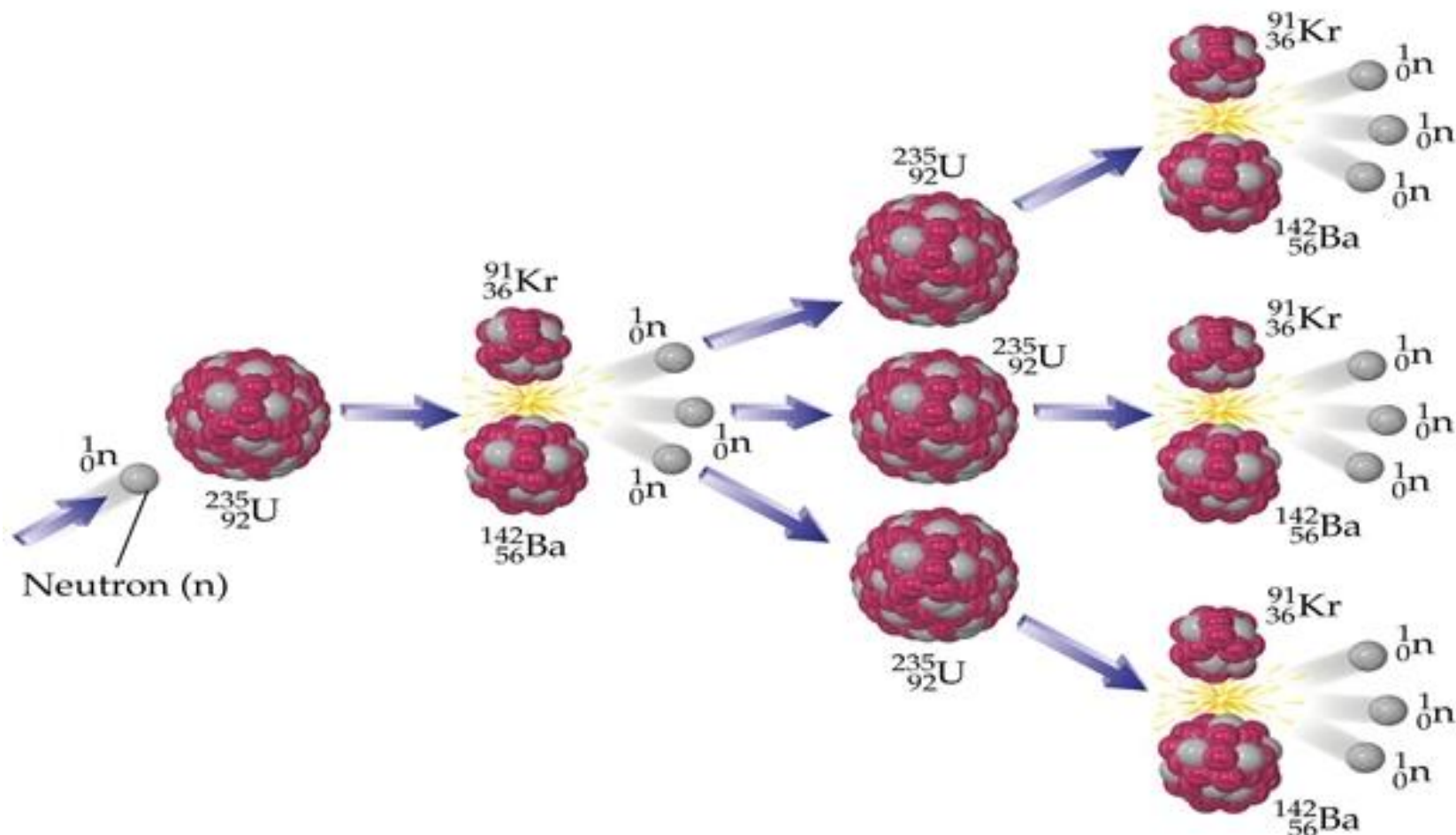
- 20 milhões de vezes maior do que a combustão de uma molécula de metano.



Fonte: Physics of Uranium and Nuclear Energy (WNA, 2010),
Acesso em 07/05/2018 às 22:00h.

Introdução

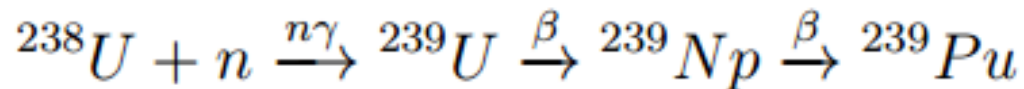
- Reactores Nucleares



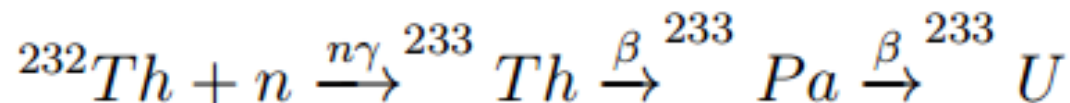
Fonte: "Fissão Nuclear: como tudo começou?", 2018 , disponível em: <<https://www.resumoescolar.com.br/fisica/fissao-nuclear-como-tudo-comecou/>> Acesso em 08/05/2018 às 13:00h.

Introdução

- Reatores Nucleares
 - Elementos fissionáveis x Elementos físseis x Elementos férteis;
 - Urânio-238



- Tório-232



- Reatores de Óxido Misto

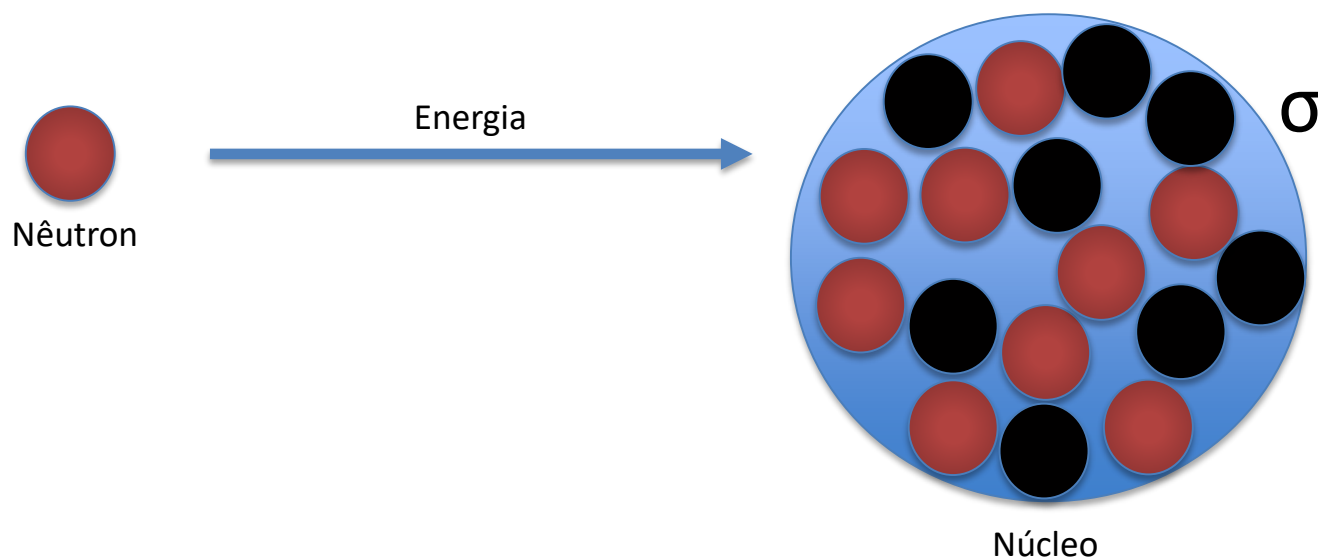
Introdução

- Dados Nucleares

- Secção de Choque Macroscópica;
- Secção de Choque Microscópica.

$$I(x) = I(0)e^{-N\sigma x} \quad (1.1)$$

$$\Sigma = N\sigma \quad (1.2)$$



Introdução

- Dados Nucleares

- Densidade Numérica:

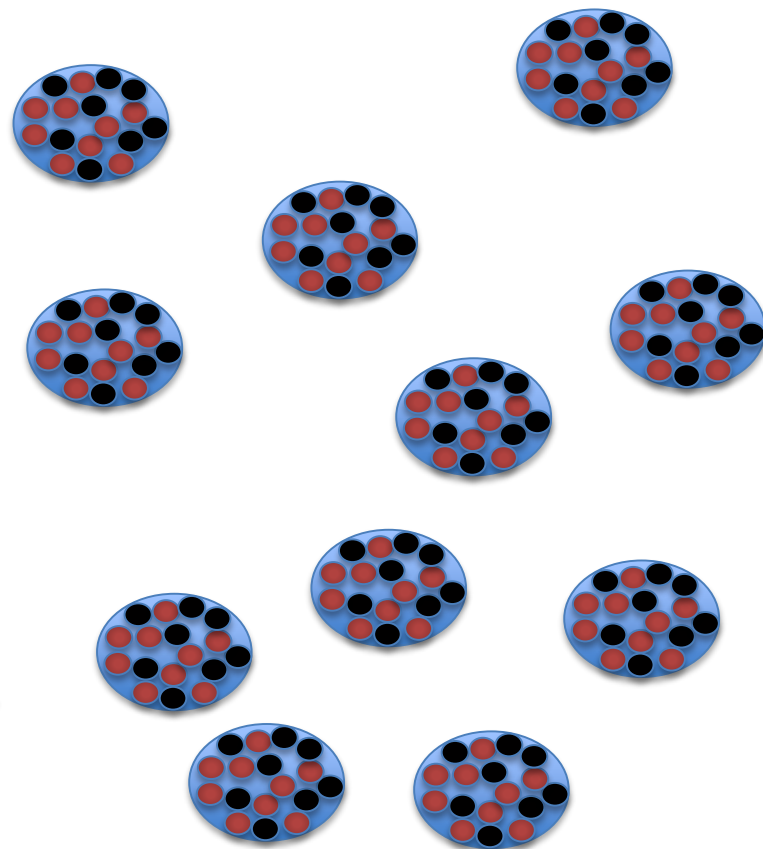
$$N = \frac{\rho A}{M} \quad (1.3)$$

- Caminho livre médio:

$$\lambda = \frac{1}{\Sigma} \quad (1.4)$$


Nêutron

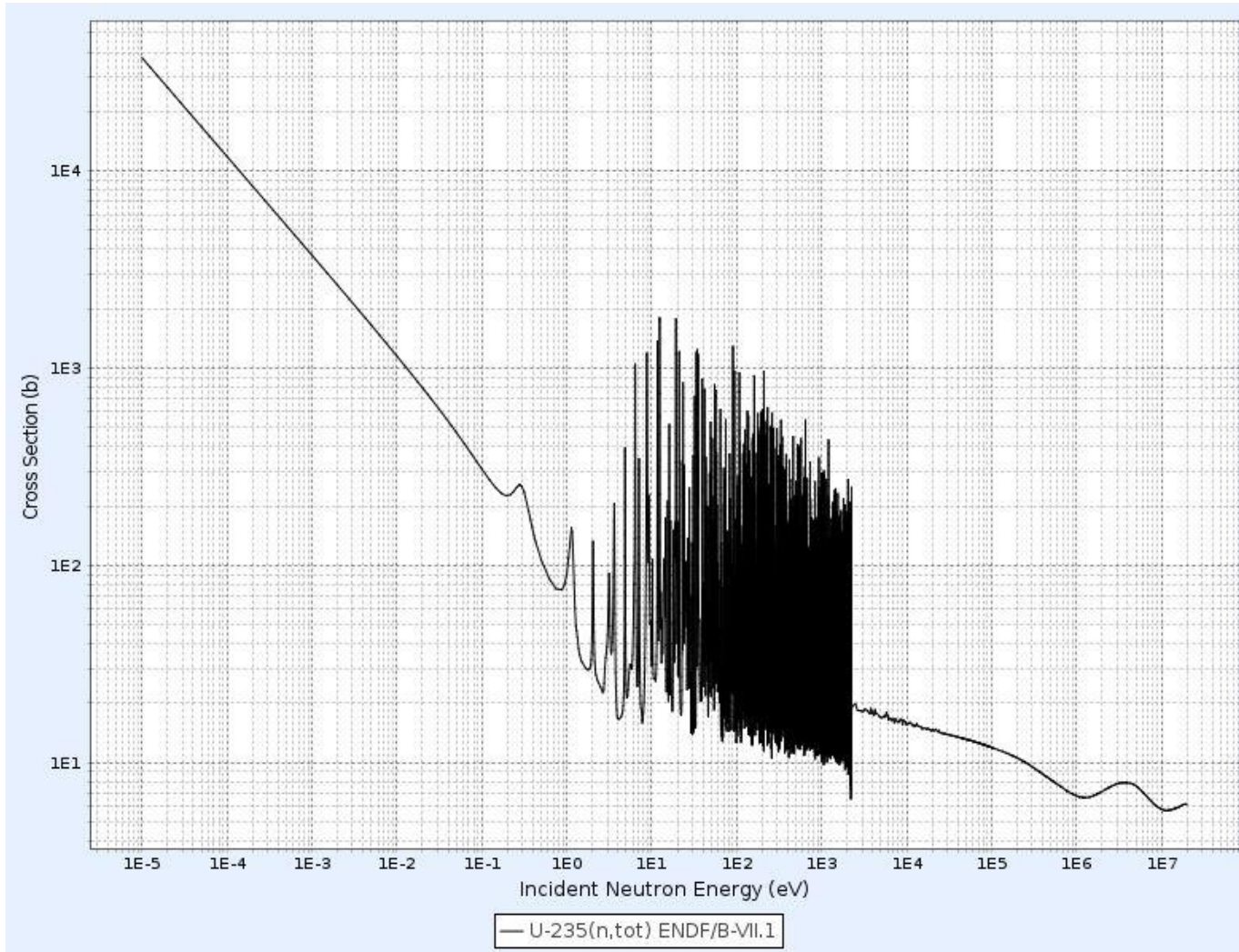
Energia



Núcleos

Introdução

- Dados Nucleares



Introdução

- Dados Nucleares

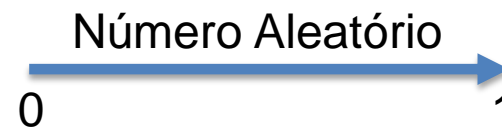
- Fator de Multiplicação k :

$$k = \frac{\text{Número de Nêutrons na geração atual}}{\text{Número de Nêutrons na geração anterior}} \quad (1.5)$$

- $k > 1$: Reação supercrítica, geração potência com curva ascendente;
 - $k = 1$: Reação crítica, potência se mantém constante;
 - $k < 1$: Reação subcrítica, geração de potência com curva descendente;

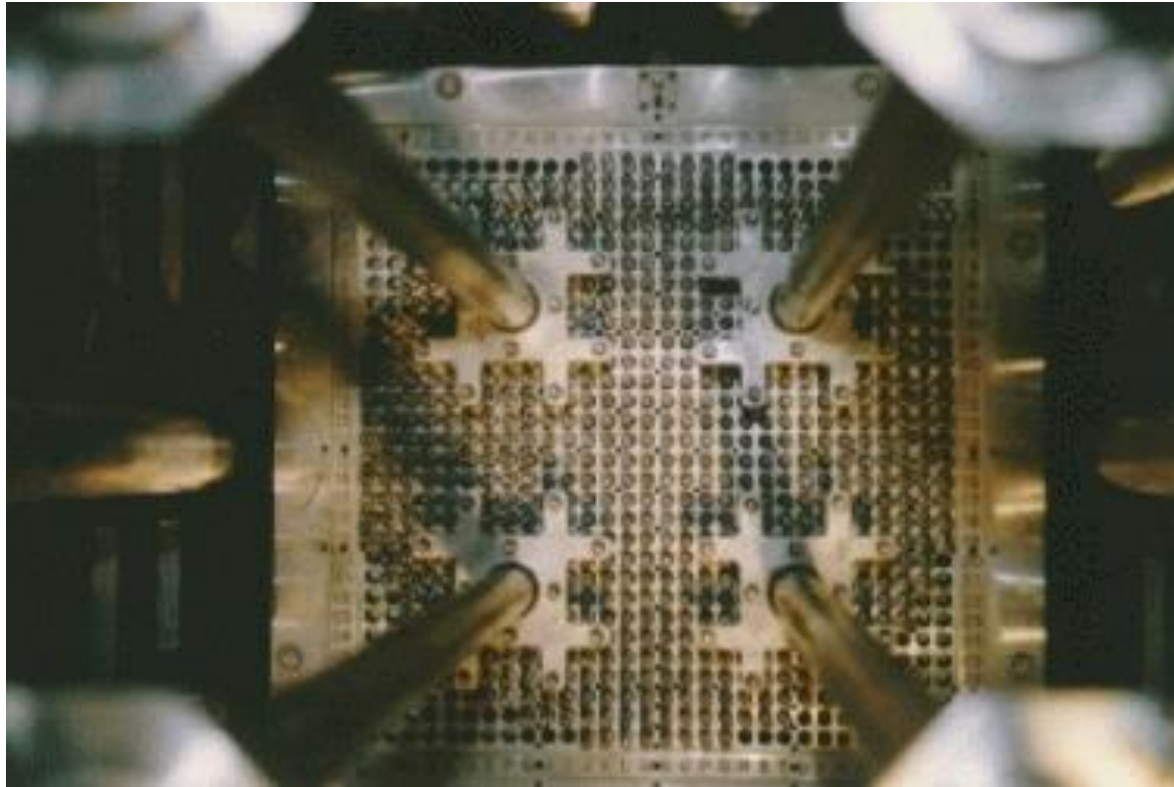
Introdução

- Método Monte Carlo
 - Método simulação estocástico de natureza iterativa;
 - O valor esperado para uma variável é proporcional a uma grandeza física de interesse;
 - O nêutron é simulado desde o seu nascimento até seu consumo:
 - O nêutron reage com o meio?
 - Qual qual nuclídeo o nêutron reage?
 - Qual reação ocorre?
 - Quais são os produtos da reação?
 - Código MCNP.



Modelagem

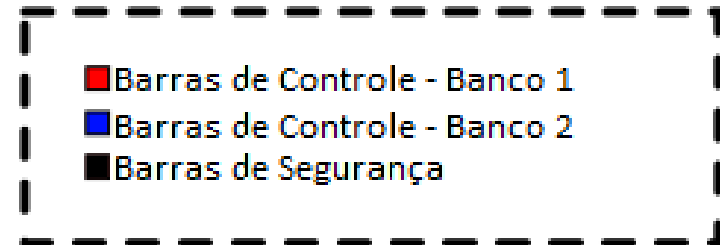
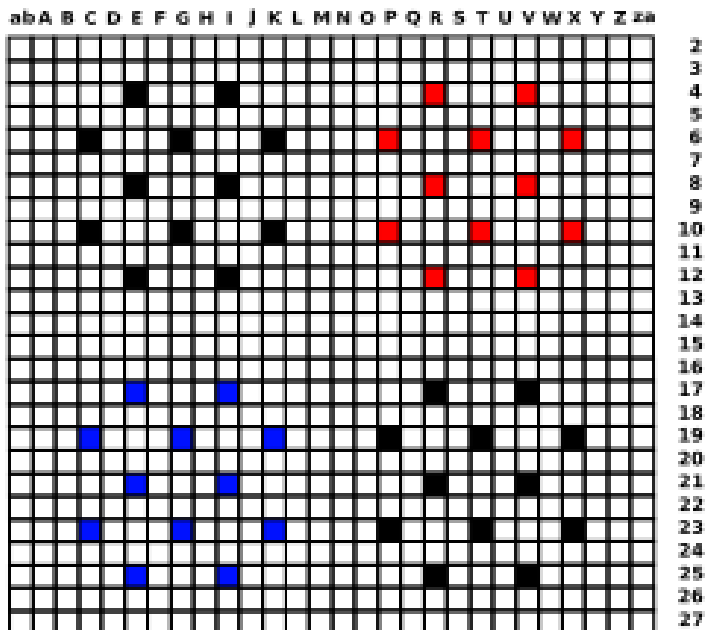
- Reator IPEN/MB-01



Fonte: <https://www.ipen.br/>, acesso em 07/05/2018 às 20:00h.

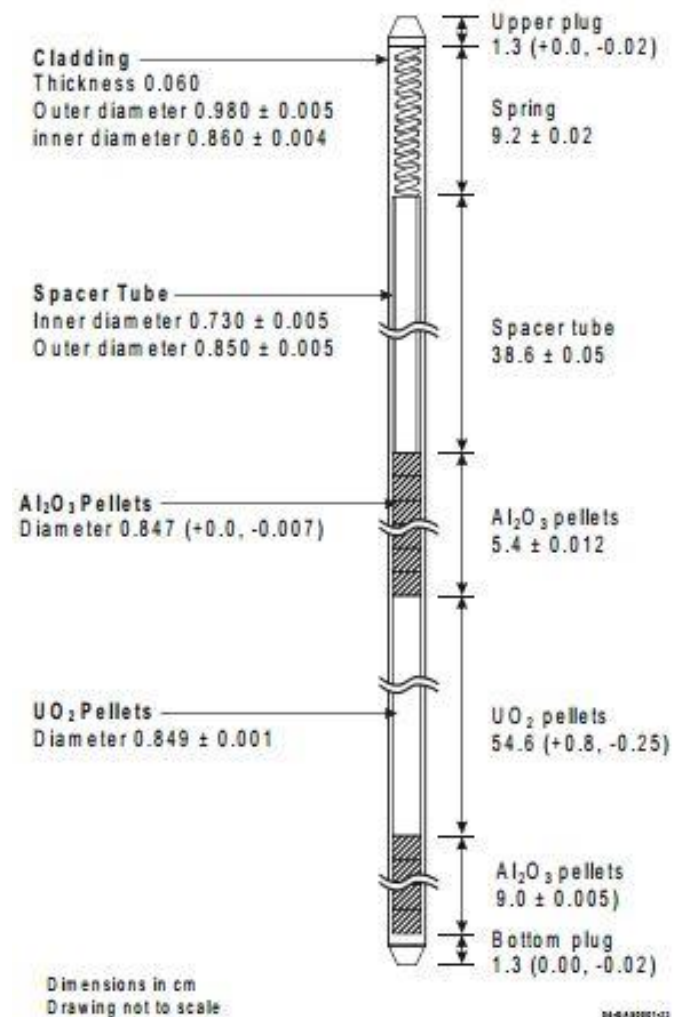
Modelagem

- Reator IPEN/MB-01



Modelagem

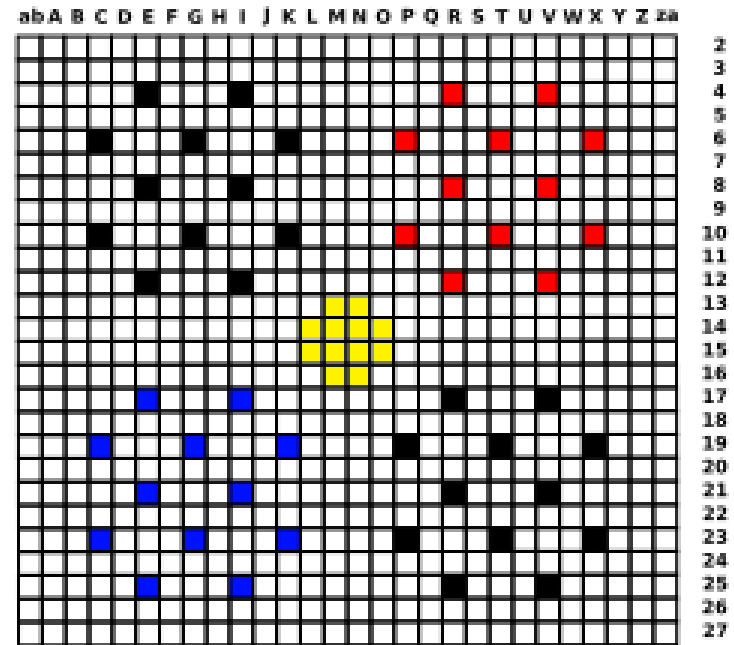
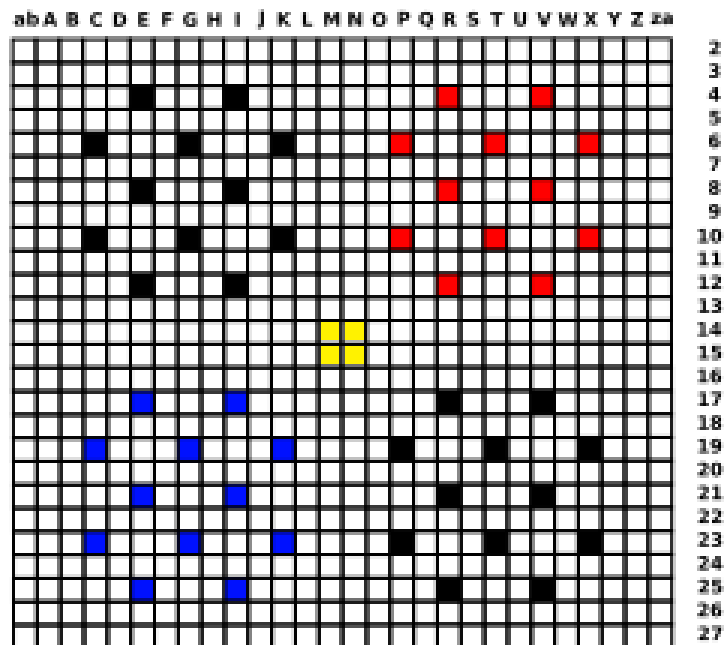
- Varetas de Ensaio
 - 100% pastilhas de Óxido de Tório.
 - As varetas propostas são diferentes das propostas por MOREIRA;
 - São necessárias, no mínimo, 4 varetas.



Fonte: CRITICAL LOADING CONFIGURATIONS OF THE IPEN/MB-01 REACTOR WITH HEAVY REFLECTORS COMPOSED OF CARBON STEEL AND NICKEL(IPEN,, 2013).

Modelagem

- Arranjos Simulados



- Barras de Controle - Banco 1
- Barras de Controle - Banco 2
- Barras de Segurança
- Varetas de Ensaio

Modelagem

- Parâmetros de Simulação

kcode 200000 1.02 20 1000

- 200.000 nêutrons simulados por fase de simulação;
- Fator de multiplicação no instante $t=0$ aproximado para 1,02;
- Descartados as primeiras 20 fases de simulação para fins de convergência;
- No total foram simuladas 1000 fases.

Resultados

Tabela 1 – Resultados de keff para as varetas em configuração cruz.

Composição da Vareta	k efetivo	σ
ThO ₂	0,98962	0,00014
(Th-U)O ₂ (25%U)	0,99693	0,00013
(Th-U)O ₂ (50%U)	1.00457	0,00013

Tabela 2 – Resultados de keff para as varetas em configuração 2x2.

Composição da Vareta	k efetivo	σ
ThO	1.01010	0,00014
(Th-U)O ₂ (25%U)	1.01281	0,00013
(Th-U)O ₂ (50%U)	1.01577	0,00013

Conclusão

- Os arranjos propostos são possíveis de um ponto de vista teórico;
- Dados coerentes, com valores de fator de criticidade operáveis (uso mínimo de barras de controle);
- Custos de produção das varetas de teste;
- Alteração na configuração do núcleo do IPEN/MB-01.

Referências

- CHADWICK, M. B. et al ENDF/B-VII. 0: Next generation evaluated nuclear data library for nuclear science and technology. Nuclear data sheets. ELSEVIER, 2006.
- ÇENGEL Y. A.; BOLES, M. A. Termodinâmica. 7. ed. Michigan: AMGH EDITORA LTDA., 2013.
- EPE. Empresa de Pesquisas Energéticas - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016, ano base 2015. Brasília, 2016. Website Oficial. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/>>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.
- INATOMI T. A. H.; UDAETA, M. E. M. Análise dos Impactos Ambientais na Produção de Energia Dentro do Planejamento Integrado de Recursos. Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: http://seeds.usp.br/portal/uploads/INATOMI_TAHI_IMPACTOS_AMBIENTAIS.pdf>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.
- INL. Idaho National Laboratory - International Criticality Safety Benchmark Evaluation Project. Idaho, Estados Unidos, 2015. Website Oficial. Disponível em: <<http://icsbep.inel.gov/>>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.

Referências

- IPEN. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - CRITICAL LOADING CONFIGURATIONS OF THE IPEN/MB-01 REACTOR WITH HEAVY REFLECTORS COMPOSED OF CARBON STEEL AND NICKEL. São Paulo, 2013. Website Oficial. Disponível em:
<http://repositorioconsulta.ipen.br/Consulta_AutorIPEN.php?codigo=1309>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.
- JUNK W. J.; MELLO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. Universidade de São Paulo, 1990. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141990000100010>.vAcesso em: 07 de Maio de 2018.
- KAERI. Korean Atomic Energy Research Institute - Table of Nuclides. Gu Daejeon, Korea, 2018. Website Oficial. Disponível em: <<http://atom.kaeri.re.kr/nuchart/>>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.
- MCNP - Criticality Primer III. [S.I.].

Referências

- MOREIRA, J. M. L. Uma proposta de estudo brasileira visando a utilização de Tório em reatores. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 1998. Disponível em:
- <<http://repositorio.ipen.br:8080/xmlui/handle/123456789/13918>>. Acesso em: 07 de Maio de 2018.
- NEA, N. E. A. International Handbook of Evaluated Reactor Physics Benchmark Experiments. 2015. ed. France: Nuclear Energy Agency, 2015.
- NIFENECKER, H. e. a. Series in Fundamental and Applied Nuclear Physics. 1. ed. Philadelphia: IOP, 2003.