

Um breve roadmap de SMRs

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

SENCIR

Os SMRs são projetados para serem fabricados conforme necessário, com seus módulos testados nas instalações de fabricação antes de serem enviados às concessionárias para instalação.

Assim teremos:

- Redução do tempo de construção;
- Aumento simultâneo da qualidade e redução do custo financeiro;
- Projetos incluem alguns SMR's transportáveis (“*plug and play*”);

Em 2020 tivemos a usina nuclear flutuante Akademik Lomonosov foi conectada à rede elétrica em Pevek, Federação Russa e iniciou a operação comercial em 22 de maio de 2020.

SENCIR



Akademik Lomonosov floating nuclear power plant 70 MW

SENCIR

Um grande número de projetos SMR que atendem a diferentes usos finais e capacidades de produção de energia estão sendo desenvolvidos em todo o mundo.

Os SMRs podem ser categorizados em três grupos distintos:

1. SMRs recentemente conectados à rede e atualmente em construção.
2. SMRs provavelmente serão implantados nos próximos dez anos após a conclusão das atividades de projeto, teste e P&D. Esses projetos têm programas de desenvolvimento bem avançados e apoio significativo do governo ou do setor privado.
3. SMRs provavelmente serão implantados dentro de 20 anos.

SENCIR

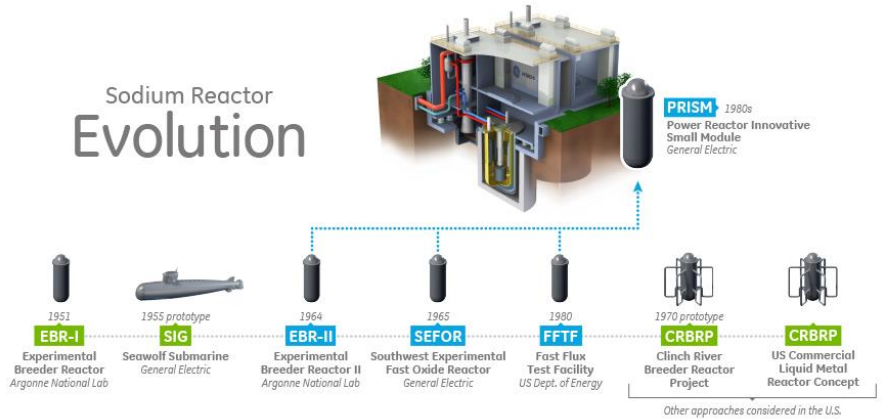
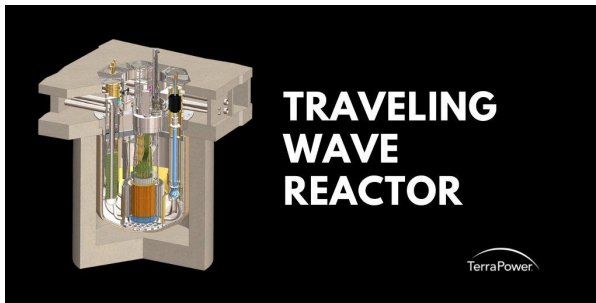
Alguns desenvolvedores propuseram novas soluções para contornar alguns dos programas de teste demorados, especialmente em novos materiais:

- pode incluir a definição de tempos de vida mais curtos de alguns componentes e equipamentos onde a experiência operacional de longo prazo não existe atualmente;
- Apesar de acarretar redução do tempo implantação, pode causar risco regulatórios e de licenciamento adicionais;

Alguns Estados-Membros da IAEA permitem o licenciamento através de uma fábrica protótipo em que os aspectos de concepção e funcionamento são confirmados passo a passo para uma primeira fábrica. Isso pode reduzir o tempo de desenvolvimento.

SENCIR

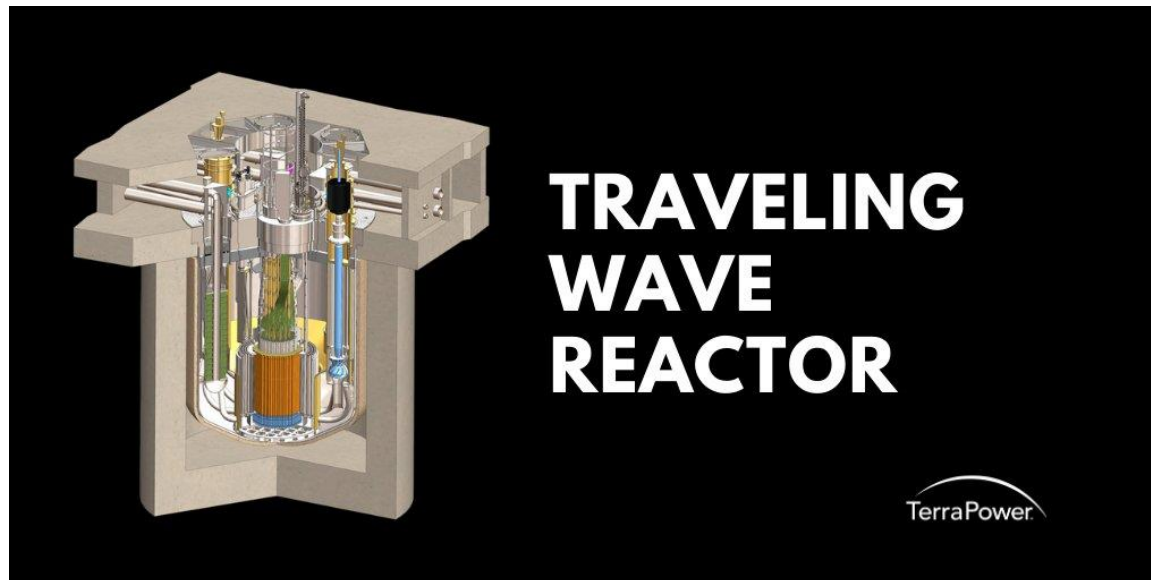
Atualmente existem mais de 70 projetos de SMR em desenvolvimento para as mais diversas aplicações.



SENCIR

TWR: Desenvolvido pela Terrapower é provavelmente o mais inovador dos SMRs em desenvolvimento.

- Uma fina camada de urânio enriquecido em 10% de U-235 será carregada em BOC. O resto do combustível será de urânio depletado.
- Os nêutrons absorvidos pelo U-238 produzem plutônio que se move como uma onda ao longo do núcleo do combustível com uma vida operacional entre 50 e 100 anos.

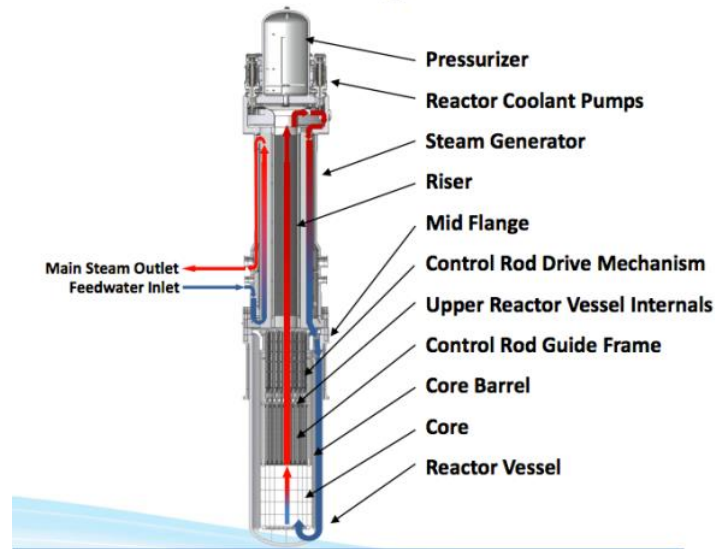


SENCIR

mPower : O mPower desenvolvido pela B&W possui um sistema de suprimento de vapor nuclear (NSSS) que deverá chegar ao sítio já montado.

- Necessário pouca construção no sítio;
- Cada reator modular é projetado para possuir 125 MWe;
- os módulos individuais podem ser ligados juntos para formar o equivalente a uma usina nuclear de grande porte.

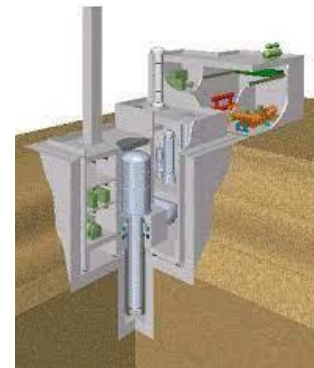
B&W mPower Integral Reactor



SENCIR

4S: Super Safe Small and Simple (4S) foi desenvolvido pelo Instituto Central de Pesquisas de Industria de Potência do Japão:

- Refrigeração: sódio;
- Combustível: Zr-U ou U-Pu-Zr;
- Cada módulo produz 10 MWe fabricado e enviados selado ao sítio.
- Mantido em estado estacionário (10 a 30 anos) com refletor móvel.
- Bombas eletromagnéticas para circular o sódio, em emergência a circulação natural remove o calor do núcleo.
- Por ser selado problemas com proliferação desaparecem.



SENCIR

NuScale: Promete ser o primeiro SMR a operar comercialmente nos EUA, em processo já avançado de licenciamento.

Essencialmente é um LWR com combustível enriquecido a 5%. Cada módulo pesa 500 t e fornece 45 MWe. Uma planta completa pode ter até 24 módulos.

O projeto foi aprovado para certificação esse ano e previsão de operação entre 2029-2030.



SENCIR

CAREM: O reator Central Argentina de Elementos Modulares (CAREM) é um protótipo de pequeno protótipo LWR pressurizado.

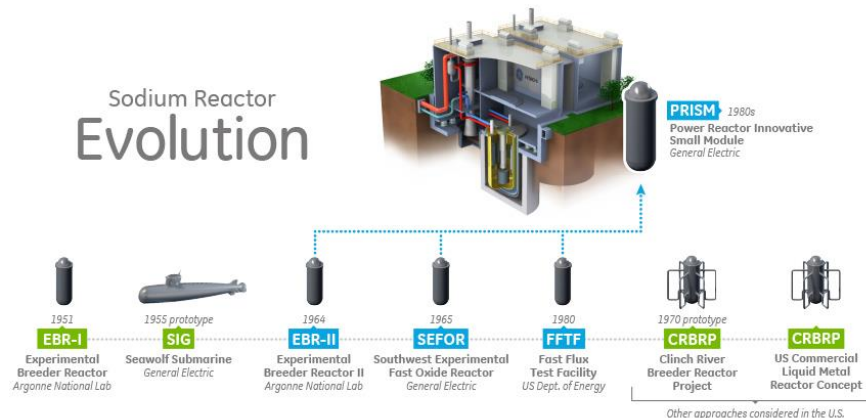
- Potência de 27 MW(e);
- Construído para desenvolver a experiência operacional necessária para suportar uma futura versão maior que será classificada entre 150 e 300 MW(e).
- Todos os componentes tradicionais do sistema de refrigeração primário foram incorporados dentro do vaso do reator.
- A data prevista de início do projeto para comissionamento e primeiro carregamento de combustível é o segundo semestre de 2023.



SENCIR

PRISM: Power Reactor Innovative Small Module:

- desenvolvido pela GE-Hitachi;
- Reator rápido refrigerado a sódio com potência de 311 Mwe;
- Combustível metálico e colocado em uma piscina de sódio;
- Segurança inerente devido ao seu grande coeficiente de reatividade de potência negativo;
- Refrigeração passiva e opera a pressão de 1 atm;
- pode queimar combustível usado.



SENCIR

HTR-PM: O primeiro high-temperature gas-cooled (HTGR) pebble-bed de geração IV do mundo.

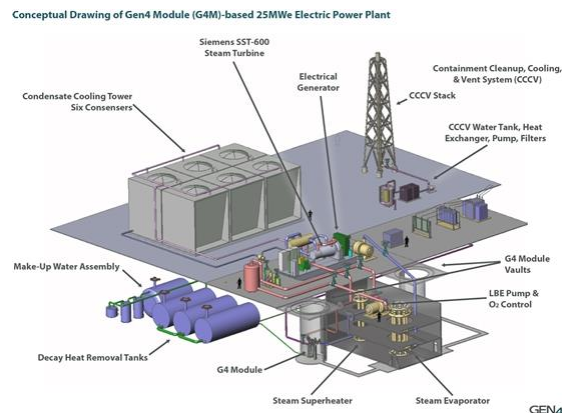
- Em 11 de novembro de 2021, o reator dois alcançou a primeira criticalidade. Em 20 de dezembro de 2021, o reator um foi conectado à rede elétrica estadual e começou a produzir energia
- A HTR-PM é uma planta comercial de demonstração para produção de eletricidade, com duas unidades de reatores acionando uma única turbina de potência de 200 MW(e)



SENCIR

HPM - Hyperion Power Module projetado por LANL:

- Potência de 25 MWe;
- Urânio enriquecido a 20%;
- O reator possui 50 t de peso e é selado em um vaso de 1,5 m de comprimento;
- Transportado até o sítio de caminhão, trem ou barca e pronto para operação.
- Combustível para 5 anos, sendo devolvido ao fabricante para ser reabastecido.
- O HPM não possui partes móveis e não atinge pronto crítico.



SENCIR

Conclusões:

- Apesar de existirem numerosos projetos, sendo alguns deles bastante inovadores os SMR's com projetos mais viáveis de se tornarem comerciais em curto intervalo de tempo são baseados em projetos já consolidados na indústria nuclear (PWR). Sendo o caso do Nuscale, CAREM e Lomonosov. A exceção seria o HTR-PM, da China.
- Os SMR's tem sido uma resposta da indústria nuclear as dificuldades encontradas no licenciamento e sobretudo no custo, sendo uma promessa para dar a indústria nuclear uma inovação real e competitividade econômica com outras fontes de geração de energia.
- Os projetos mais ambiciosos ainda devem demorar um pouco para sair do papel, mas com uma capacidade de impactar de forma singular a indústria energética mundial.

SENCIR

Obrigado

Prof. Dr. Giovanni Laranjo de Stefani

giovanni.Laranjo@coppe.ufrj.br