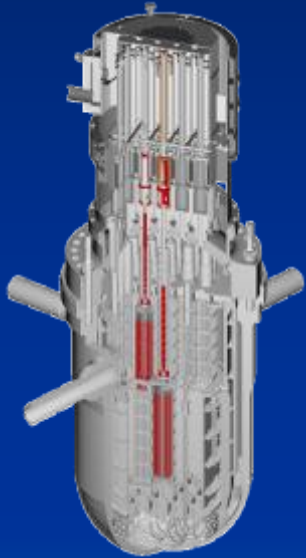


Aplicações da Tecnologia Nuclear na Defesa



"Se apenas com idealismo nada se consegue de prático, sem essa força propulsora é impossível realizar algo de grande"

Almirante Álvaro Alberto
criador do CNPq



BRASIL: TECNOLOGIA PRÓPRIA É INDEPENDÊNCIA



Objetivo

- Apresentar uma visão do estado atual do conhecimento na área das **aplicações da tecnologia nuclear na DEFESA**
- de forma a fomentar a discussão sobre as **ações de defesa NBQR associadas a cada uma dessas aplicações**

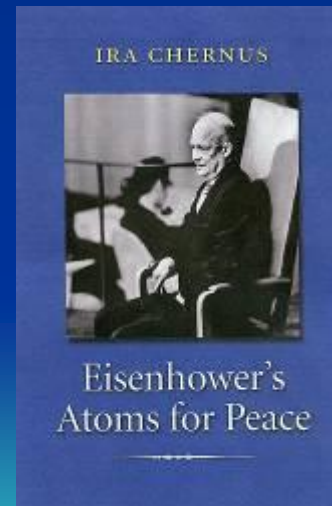


Usos da Energia Nuclear



- Não-Pacíficos
 - Explosivos
 - Armas

- Pacíficos
 - Energéticos
 - Não energéticos



Legislação Brasileira

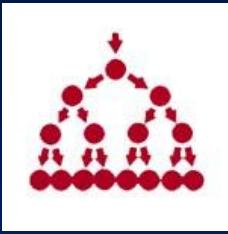


Art. 21 XXIII a)
toda atividade nuclear em território nacional somente será admitida para fins pacíficos



Legislação Brasileira

- **Decreto nº 1.246, de 16/09/1994:**
 - Promulga o Tratado para a **Proscrição das Armas Nucleares** na América Latina e no Caribe (Tratado de Tlatelolco), concluído na Cidade do México, em 14 de fevereiro de 1967, e as Resoluções números 267 (E-V), de 3 de julho de 1990, 268 (XII), de 10 de maio de 1991, e 290 (VII), de 26 de agosto de 1992, as três adotadas pela Conferência Geral do Orçamento para a Proscrição das Armas Nucleares na América Latina e no Caribe (OPANAL), na Cidade do México
- **Decreto nº 2864, de 07/12/1998**
 - Promulga o Tratado sobre a **Não-Proliferação de Armas Nucleares**, assinado em Londres, Moscou e Washington, em 1º de julho de 1968



Usos não-pacíficos

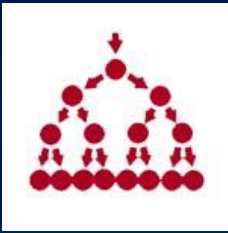


Little Boy



Fat Man









- a **reação nuclear em cadeia**, de fissão ou de fusão, é estabelecida de forma **descontrolada e explosiva** por meio de **artefatos nucleares**
- Para estas aplicações utiliza-se ***materiais físséis especiais*** em alta concentração

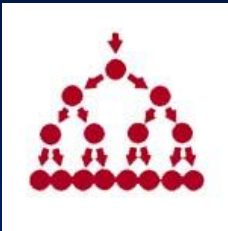


Artefatos nucleares

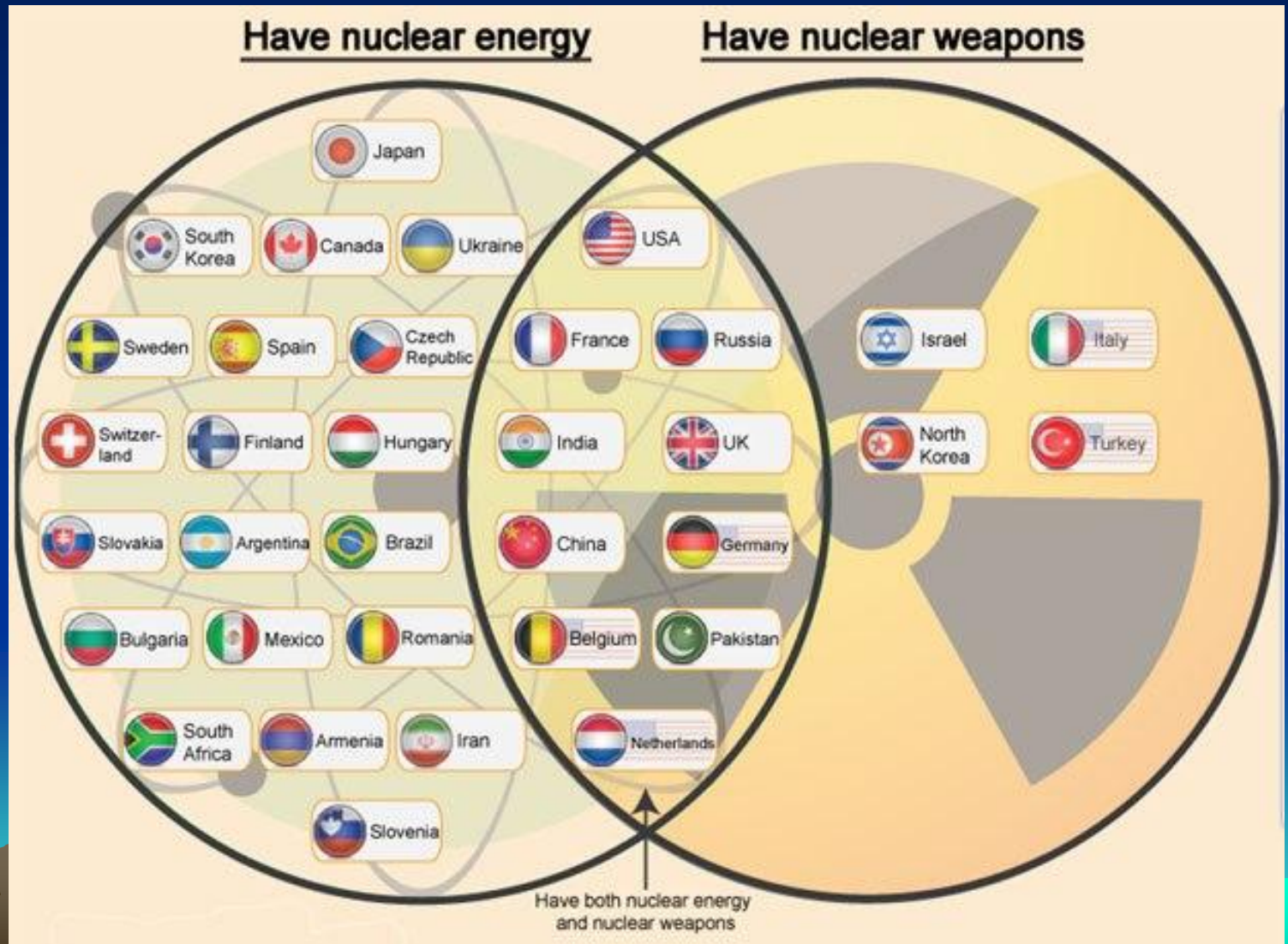


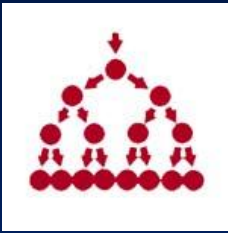
MIRV

	Country	Suspected Strategic Nuclear Weapons	Suspected Non-Strategic Nuclear Weapons	Suspected Total Nuclear Weapons
	China	250	120	400
	France	350	0	350
	India	60	?	60+?
	Israel	100-200	?	200+?
	Pakistan	24-48	?	24-48
	Russia	~ 6,000	~ 4,000	~10,000
	United Kingdom	180	5	185
	United States	8,646	2,010	10,656



Artefatos nucleares





Materiais físsseis especiais

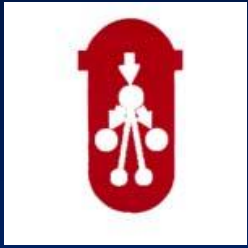
- Físsil especial
 - Isótopos “ímpares” do Urânio:
 - **U-235** (único natural) e **U-233**
 - Isótopos “ímpares” do Plutônio:
 - **Pu-239, Pu-241, Pu-243**
 - **Americío**
- Materiais “férteis”
 - **URÂNIO**
 - **TÓRIO**



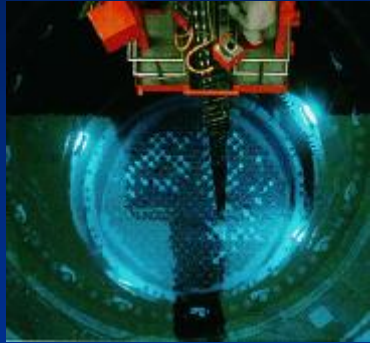
Mineral de urânio



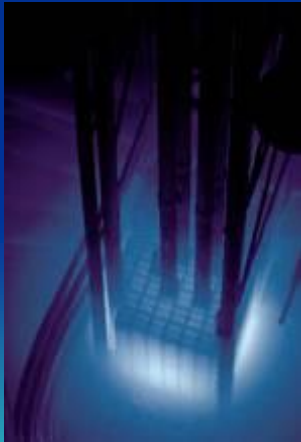
Mineral de tório



Usos pacíficos

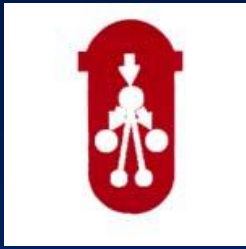


Núcleo de Reator PWR

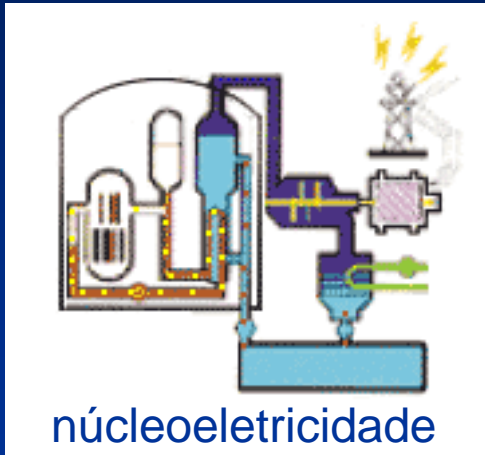


Núcleo de Reator de Pesquisa

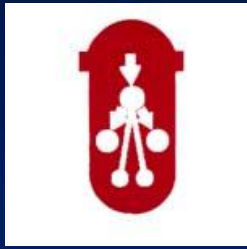
- onde a **reação nuclear em cadeia**, de fissão ou de fusão, é estabelecida de forma **controlada e portanto não-explosiva**, por meio de **reatores nucleares**
- podem ser classificadas em dois subgrupos:
 - ***Aplicações energéticas; e***
 - ***Aplicações não-energéticas.***



Aplicações energéticas



- o objetivo principal do reator nuclear é a **produção de energia** final, a ser posta a disposição de consumidores:
 - **Energia elétrica**
 - multi-uso
 - **Energia térmica**
 - calor industrial ou residencial
 - **Energia mecânica**
 - acionamento direto de máquinas



Aplicações energéticas

– Produção de eletricidade em grande escala

- para sistemas energéticos nacionais



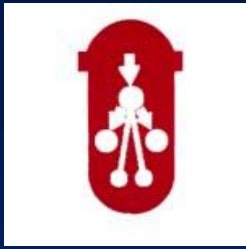
Produção de eletricidade em pequena escala

- em locais não alcançáveis pelos setor de distribuição dos sistemas energéticos nacionais e onde não são disponíveis fontes locais de energia primária nem sistemas logísticos de distribuição



Central Nuclear flutuante

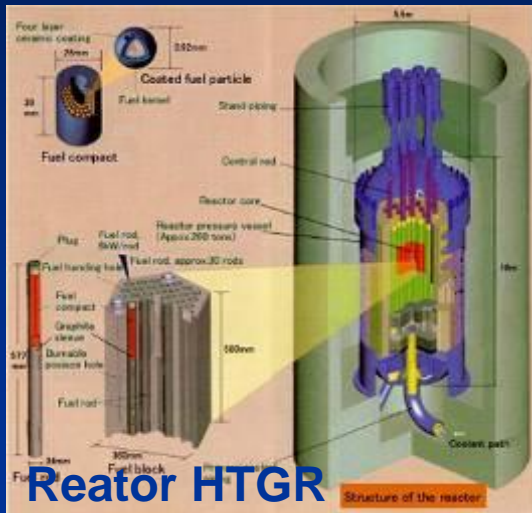
- locais inóspitos e afastados: **regiões polares, desertos**
Amazônia?



Aplicações energéticas

Produção de calor

- para **processos industriais** em geral
- para **calefação ambiental**
(residências, comércio, indústria)



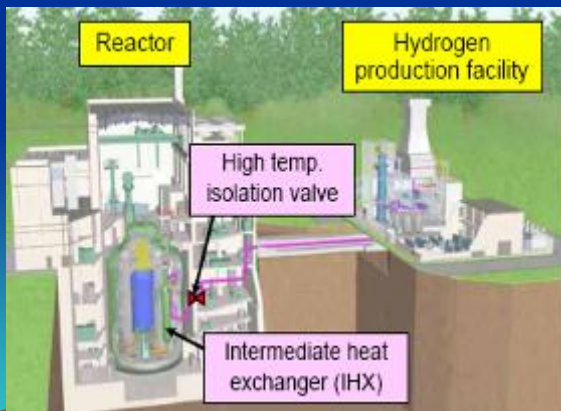
Reator HTGR

Reator Slowpoke



Produção de eletricidade e/ou calor

- para **dessalinização** de águas salobras
- para **produção de hidrogênio**



NUPLEX
project





Aplicações energéticas



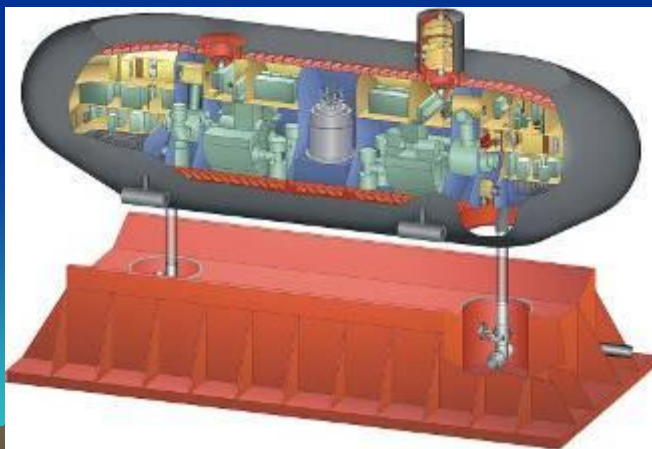
Cassini Spacecraft

- **Produção de eletricidade espaço exterior**
 - para suportar a operação de satélites, veículos espaciais e estações fixas

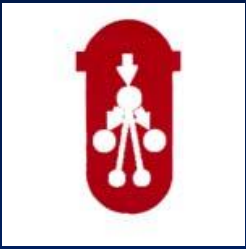
Produção de eletricidade em águas profundas

- para suportar a operação de sistemas de exploração econômica de minerais e hidrocarbonetos no solo e subsolo oceânico

Pré-sal?



Nuclear Underwater Gas Transfer Station (NUGTS)

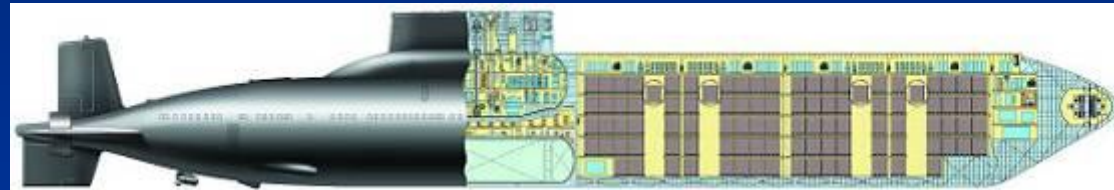


Aplicações energéticas

- Propulsão naval
 - Navios de superfície
 - Submarinos



Quebra-gelo russo Yamal

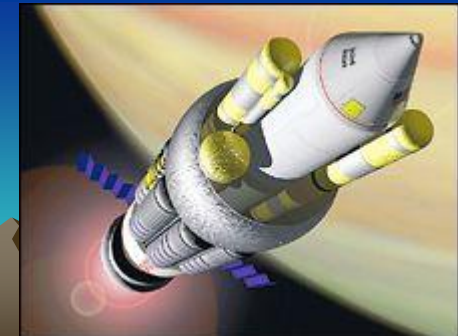


Submarino nuclear cargueiro

- Propulsão espacial
 - Lançadores
 - Extra-orbitais



NERVA
Project





Aplicações não energéticas

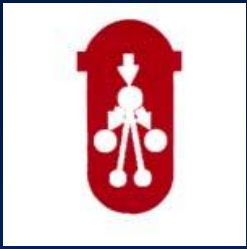


Reator IEA-R1

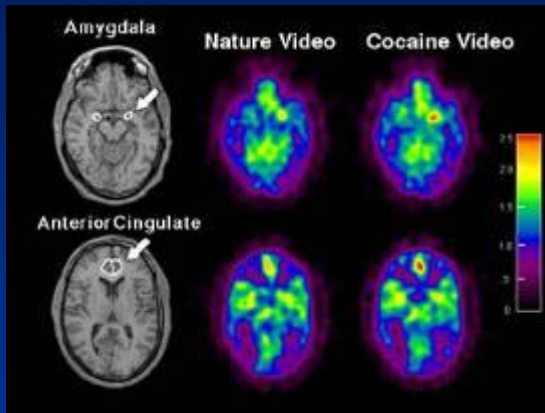


Ciclotron
IPEN

- o objetivo principal do reator nuclear é a **produção de feixes de partículas subatômicas** empregados para:
 - **Irradiação de materiais**
 - **Pesquisas científicas e tecnológicas**
- *Para algumas destas aplicações os feixes podem ser produzidos por aceleradores de partículas (ciclotrons), não requerendo reatores*



Aplicações não energéticas



Tomografia PET



Irradiador Co-60

- Irradiação de materiais para **produção de radioisótopos** para:
 - **medicina nuclear** (contrastes, radiofármacos, fontes de irradiação terapêutica);
 - **indústria** (fontes de gamagrafia, traçadores para análise de processos industriais);
 - **pesquisa ambiental** (traçadores para análise de processos naturais); e
 - **esterilização** de alimentos e outros materiais, tais como instrumentos cirúrgicos.



Aplicações não energéticas

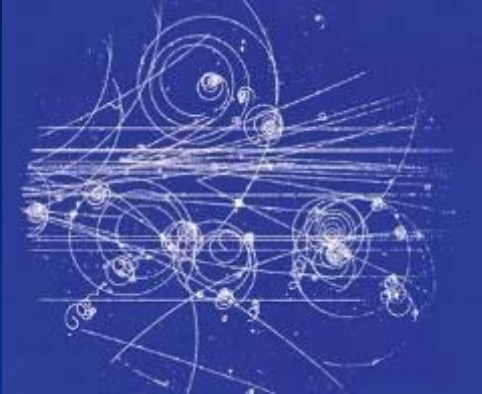


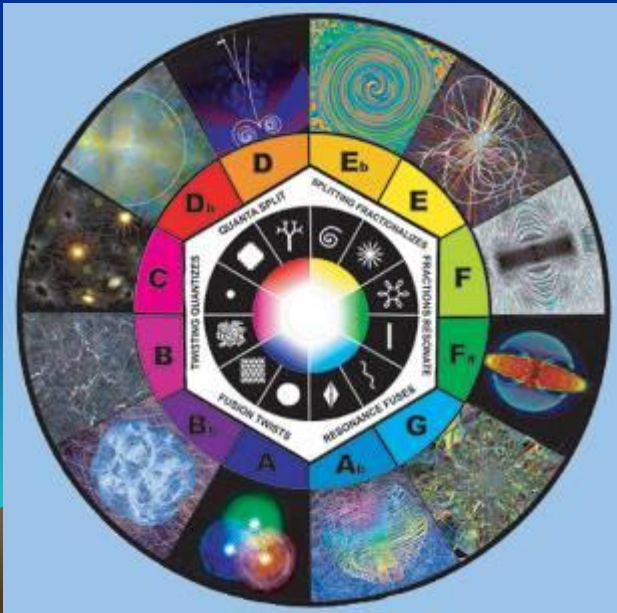
Imagem de câmara de Wilson

- Irradiação de materiais para **modificação de propriedades físicas**:

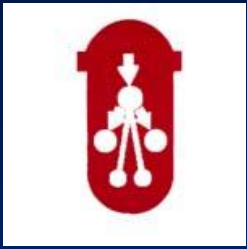
- dopagem de silício para semicondutores
- homogeneidade e coloração de pedras preciosas

- **Pesquisa científica e Tecnológica**

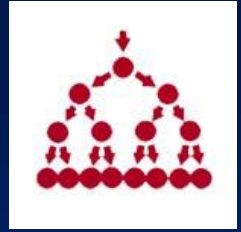
- Física das partículas subatômicas
- Novos materiais



C-Planck quanta, Db-Gravitons, D-Splitting of particles and anti-particles, Eb-Spinors, E-photon emission, F-Magnetism, F#-Mesons, G-Quantum strings, Ab-Superstrings, A-Quarks and gluons, Bb-Superspace, B-Higgs field and vacuum



Usos “duais”



Reator norte-coreano



Cascata de centrífugas

- Reactores de baixa queima e recarga em operação (*GCR, PHWR, RBMK*)
 - Alta produção de Pu-239 “limpo”
- Reprocessamento de combustível irradiado
 - Separação de Plutônio
- Enriquecimento por centrifugação
 - Modularidade e baixo custo
- Enriquecimento a laser
 - Alta capacidade separativa

Enriquecimento a laser
laboratorial





Aplicações na DEFESA



- **Propulsão nuclear naval**
 - Submarinos (SSN/SNA, SSGN/SNLMC, SSBN/SNLMB)
 - Navios-aeródromos (CVN/NAN)
- **Geradores elétricos nucleares**
 - Uso terrestre
 - Uso aeroespacial
 - Uso submarino
- **Propulsão espacial**



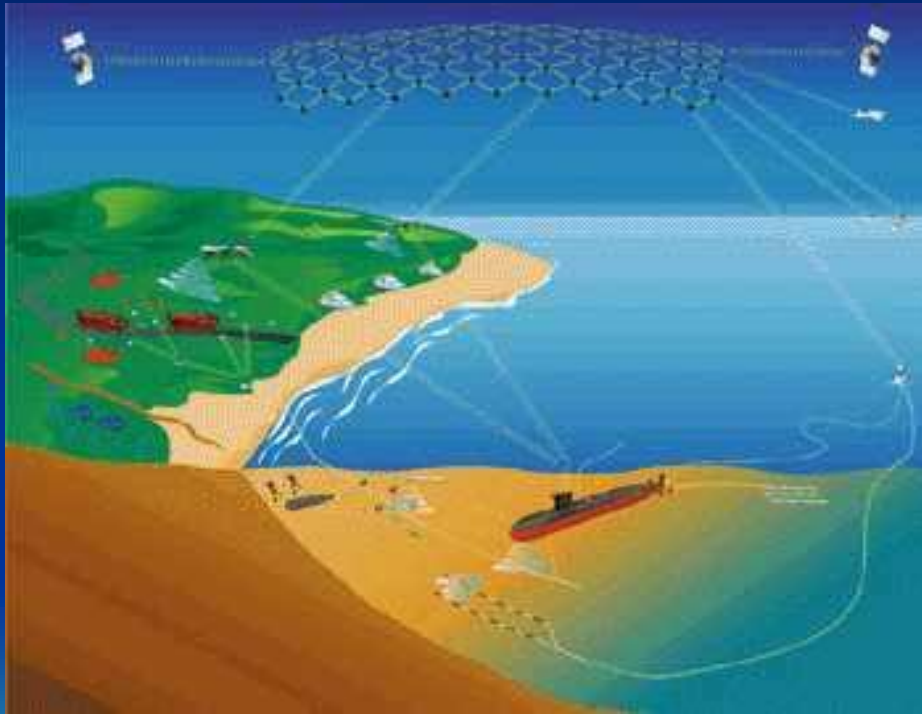
MIR



Reator SM-1A
Fort Greely – US Army



Submarinos de Propulsão Nuclear



SSN / SNA

SSGN
SNLMC



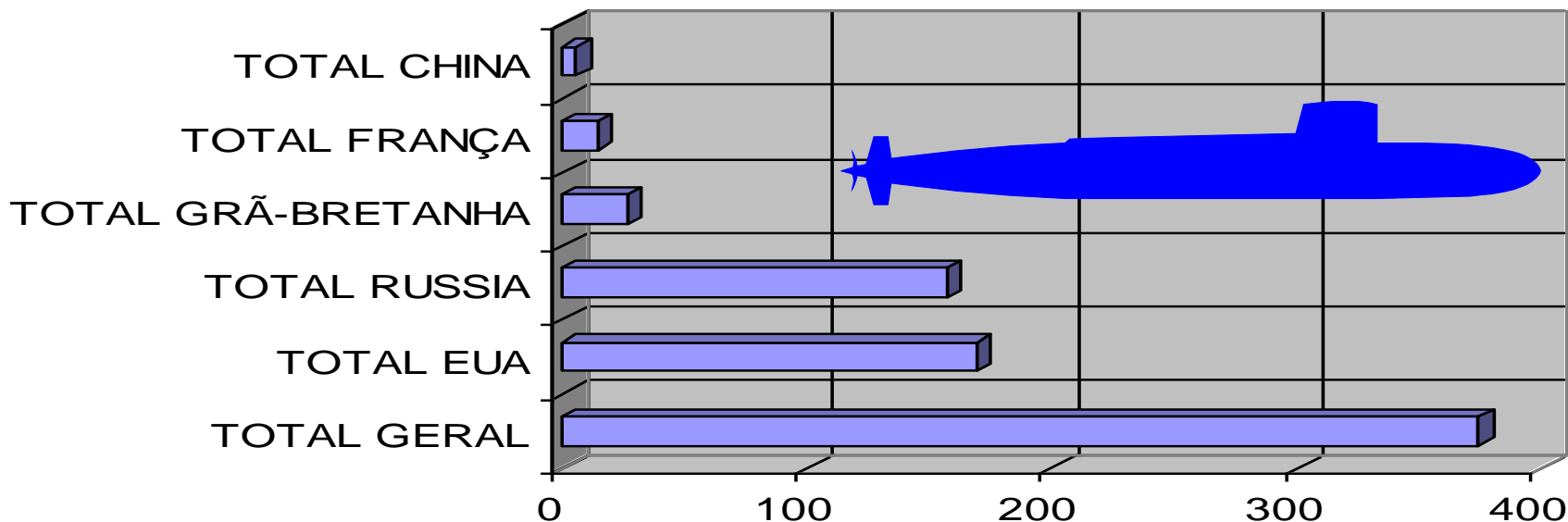
SSBN / SNLMB





Submarinos de Propulsão Nuclear

SUBMARINOS NUCLEARES CONSTRUÍDOS



	TOTAL GERAL	TOTAL EUA	TOTAL RUSSIA	TOTAL GRÃ-BRETANHA	TOTAL FRANÇA	TOTAL CHINA
■ SN	374	169	157	27	15	6

Navio-Aeródromo Nuclear

- Autonomia do navio
- Horas de vôo da aviação embarcada
 - *Redução do volume de armazenamento de combustível para o navio permite grande capacidade de combustível para a aviação embarcada*



Geradores elétricos nucleares



STURGIS: navio operado pelo U.S. Army
PWR 45 Mwe embarcado
Geração de eletricidade no Canal do Panamá
durante a guerra do Vietnam

PM3A: geração elétrica para a
estação antártica McMurdo

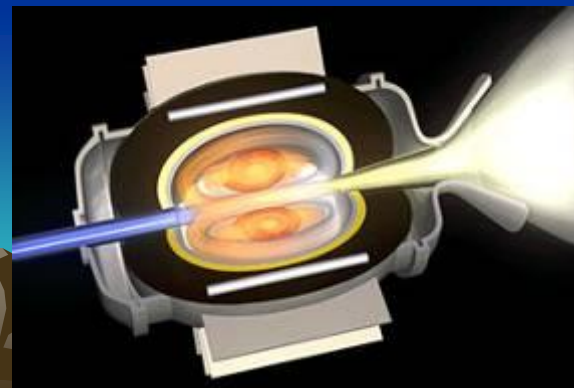
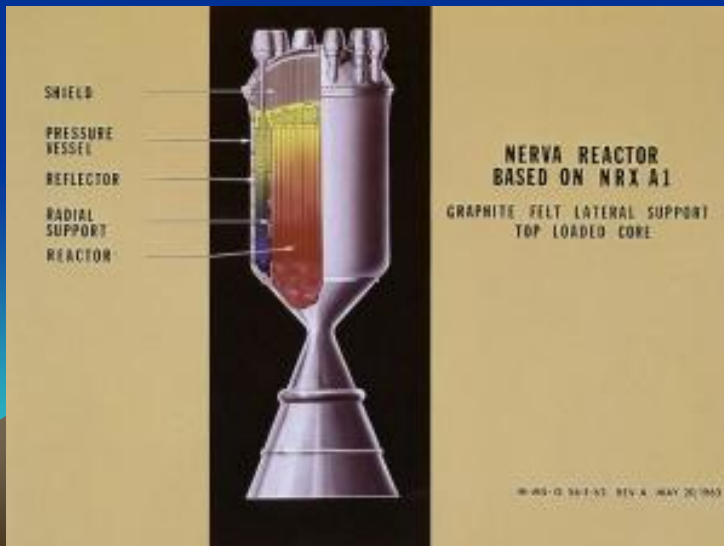
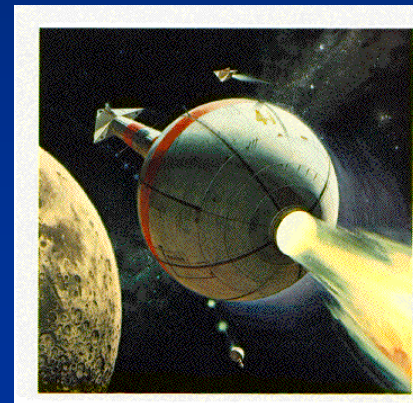
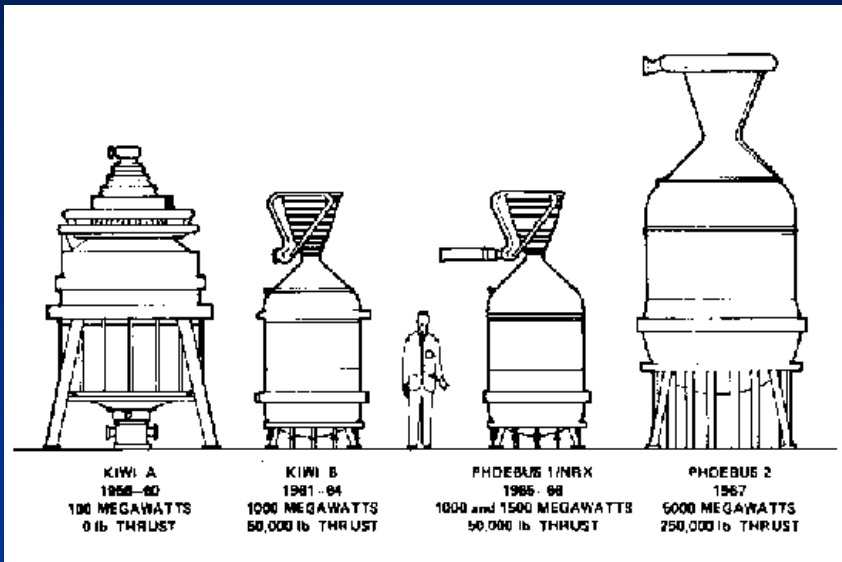


SL-1A: BWR 200 Kwe + calor US Army



PM-3A NUCLEAR POWER PLANT
McMURDO STATION, ANTARCTICA

Propulsão espacial



Importância estratégica

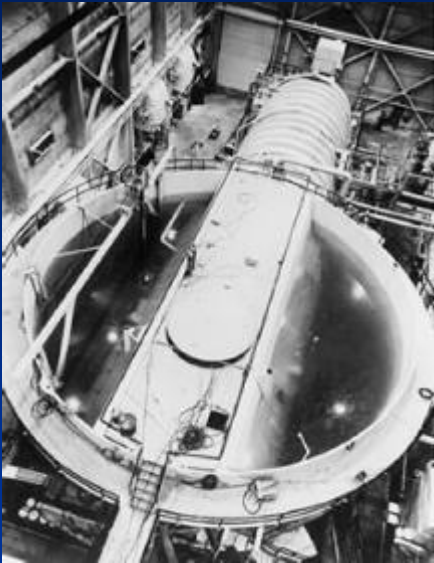
- Sinergia entre aplicações
 - Geração núcleo-elétrica
 - Produção de combustível nuclear
 - Efeitos de arraste tecnológico



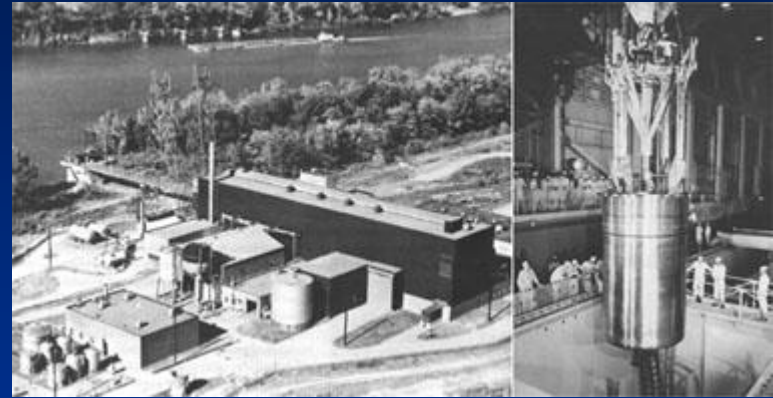
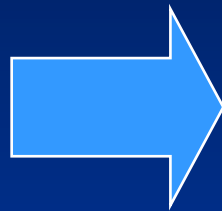
- Dissuasão



Geração núcleo-elétrica



STR Mk1
Protótipo em terra
Propulsão 1° SSN
Nautilus - 1954



Central nuclear de Shippingport
1° gerador nucleo-elétrico comercial - 1958



Westinghouse
AP-1000



Ciclo do Combustível no Brasil (INB e CTMSP)



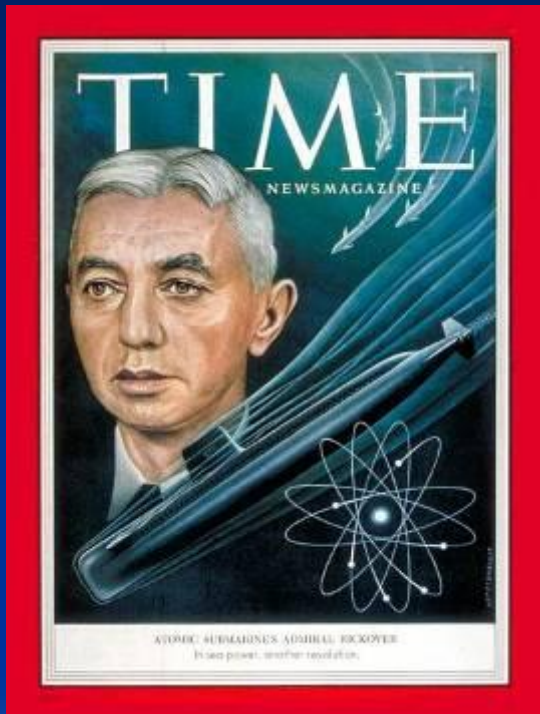
Efeitos de arraste tecnológico

um projeto de arraste tecnológico requer

- uma “**massa crítica**” de cérebros humanos, reunidos num **ambiente** que estimule o pleno desenvolvimento de suas potencialidade;
- a **motivação** gerada por um **objetivo** colimador de esforços e sobre o qual não parem dúvidas sobre os **benefícios estratégicos e sociais** que dele virão a ser derivados;
- um **planejamento** de metas intermediárias coerente e consistente com este objetivo, que seja de conhecimento de todos os envolvidos e sobre qual haja um **convencimento** geral sobre sua adequação;
- uma **abordagem gerencial** que otimize a **alocação de recursos** (que serão sempre insuficientes ...), de forma a aproveitar da melhor forma possível o esforço nacional dispendido.

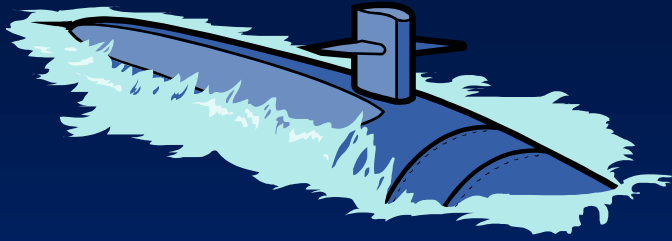


Efeitos de arraste tecnológico



Hyman George Rickover
Almirante-de-Esquadra, US NAVY

- *The development of naval nuclear propulsion plants is a good example of how one goes about getting a job done. It is a good subject to study for methods ... It has involved the establishment of procedures and ways of doing government business for which there was no precedent, and which I believe will be necessary in the future for similar large projects*



Dissuasão

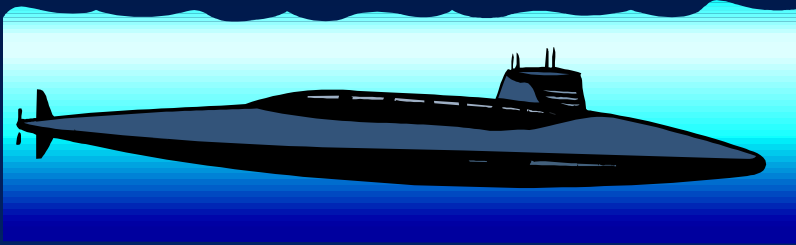
- Privilegiado instrumento de defesa do país com menor poderio militar
(negar o uso do mar)
 - ❖ aumenta o risco do oponente
 - ❖ obriga o oponente a um maior esforço



CONFLITO DAS MALVINAS HMS CONQUEROR x ARA SAN LUIZ

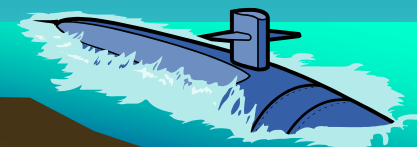
HMS Conqueror

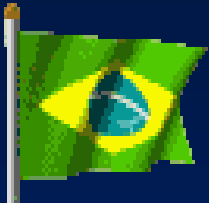




Dissuasão

- Países que possuem submarinos nucleares:
 - EUA, Reino Unido, França, Rússia e China (+ Índia)
 - esforço autônomo totalmente independente
 - narrado como epopéia
 - embrião da indústria núcleo-elétrica
- Tecnologia não é transferida
 - *alto valor estratégico e imenso potencial econômico*
 - *“não-proliferação” de SN garante total liberdade de movimentação da US Navy nos oceanos*





TECNOLOGIA PRÓPRIA É INDEPENDÊNCIA

Aplicações da Tecnologia Nuclear na Defesa

"Parece curioso que, numa discussão que trata da saúde do planeta no futuro, uma possível e significativa solução [a energia nuclear] seja simplesmente ignorada em nome da opinião pública, sem qualquer exame sério sobre se essa opinião é justificada"

Hans Blix

Ex-Diretor-Geral da AIEA, em 05/09/1997

"better a sub under the sea than a bomb in the basement"

