



ENERGIA E DESENVOLVIMENTO:

EXPANSÃO DA ENERGIA
NUCLEAR NO BRASIL

abemi

Associação Brasileira de Engenharia Industrial



ABEN
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENERGIA NUCLEAR





APRESENTAÇÃO

**Carlos
Henrique
Mariz**

PRESIDENTE DA ABEN





CRENCIAIS

- Engenheiro eletricista

(Formação pela UFPE e especialização pela Universidade de Toulouse/França)

- Mestre em ciências pela COPPE/UFRJ em Engenharia de Sistemas e Computação
- Diretor de Energia do Governo do Estado de Pernambuco
- Adjunto da Presidência da Chesf
- Adjunto da Presidência da Eletronuclear
- Professor de Produção de Energia Elétrica da UFPE
- Membro da Academia Pernambucana de Engenharia
- Presidente da ABEN





SOBRE A ABEN

A Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN) foi fundada em 7 de dezembro de 1982 e reúne técnicos, pesquisadores e empresas com o propósito de difundir a importância **DA APLICAÇÃO PACÍFICA DA ENERGIA NUCLEAR** para o desenvolvimento soberano do Brasil.





A ABEN é uma entidade sem fins lucrativos e que tem o compromisso de promover, cada vez mais, uma maior integração entre a comunidade nuclear e a sociedade brasileira.





40 ANOS

Em 2022, a ABEN completa 4 décadas de história. Para celebrar essa data, foi criado um selo comemorativo.



ABEN
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENERGIA NUCLEAR





REVISTA

A ABEN produz a revista Brasil Nuclear com o intuito de propagar temas científicos sobre o uso pacífico da energia nuclear. A revista está em sua 53ª edição.





APOIO INSTITUCIONAL





O International Nuclear Atlantic Conference (INAC) é um evento bianual promovido pela ABEN. Em 2021, foi realizada a 10ª edição, que reuniu a comunidade nuclear para uma discussão de abrangência mundial.



XXII ENFIR



XV ENAN



VII ENIN



IX JR. POSTER



X ExpoINAC





INAC

DIAMOND:    | GOLD:   

SILVER:  | BRONZE:  

SPECIAL SUPPORT:  | SUPPORT:     

ORGANIZATION:           

PROMOTION:  | FUNDING AGENCIES:  



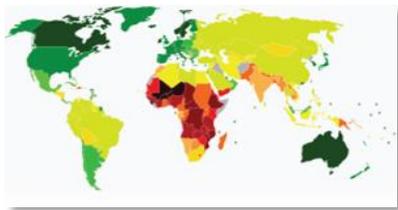
A world map where the landmasses are illuminated with a golden-yellow glow, representing electrical energy consumption at night. The density of the glow is highest in North America, Europe, and East Asia, and lowest in Africa, South America, and Australia. The oceans are dark blue/black.

ENERGIA ELÉTRICA - VISÃO MUNDIAL

ENERGIA ELÉTRICA X DESENVOLVIMENTO

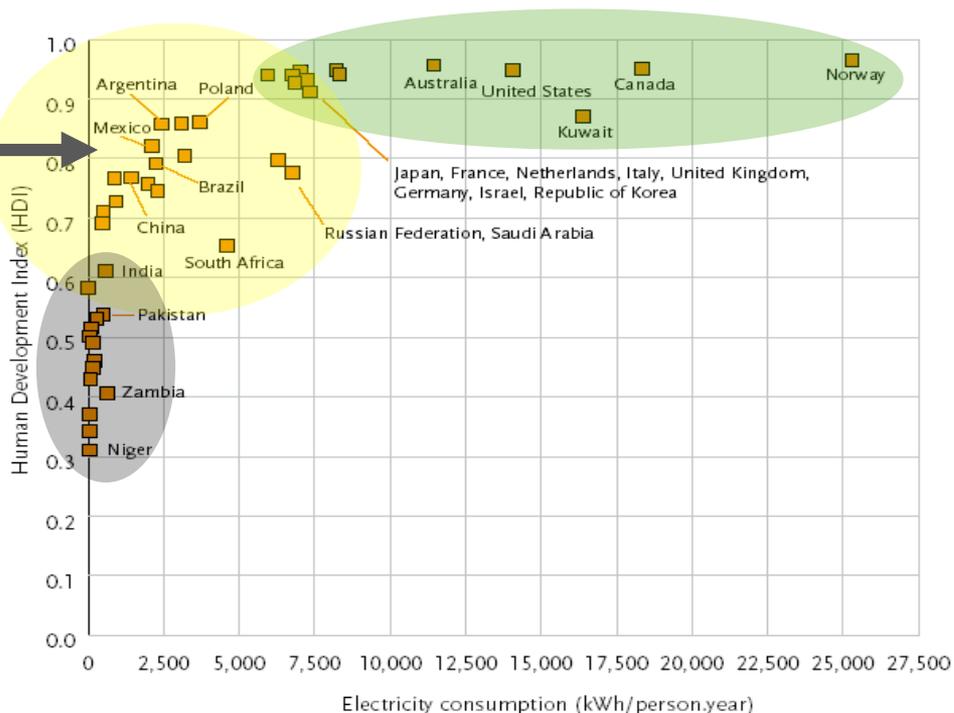
Brasil

Consumo:
84ª posição



IDH:
75ª posição

IDH x Consumo de eletricidade





COMO O MUNDO PRODUZ ENERGIA ELÉTRICA

Fonte: Matriz Elétrica Mundial 2019 (IEA, 2021)

Outras

2,4%

Óleo

2,8%

Solar e eólica

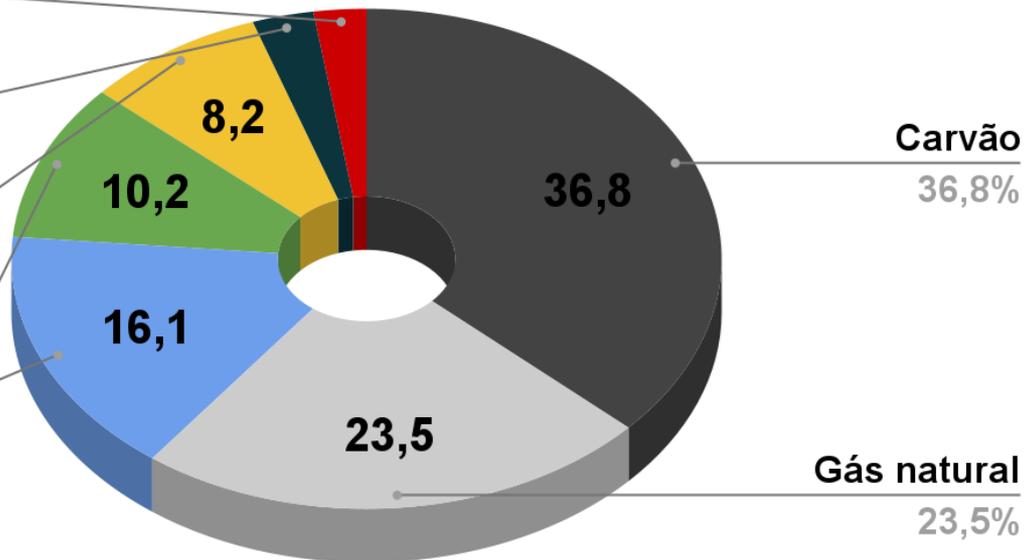
8,2%

Nuclear

10,2%

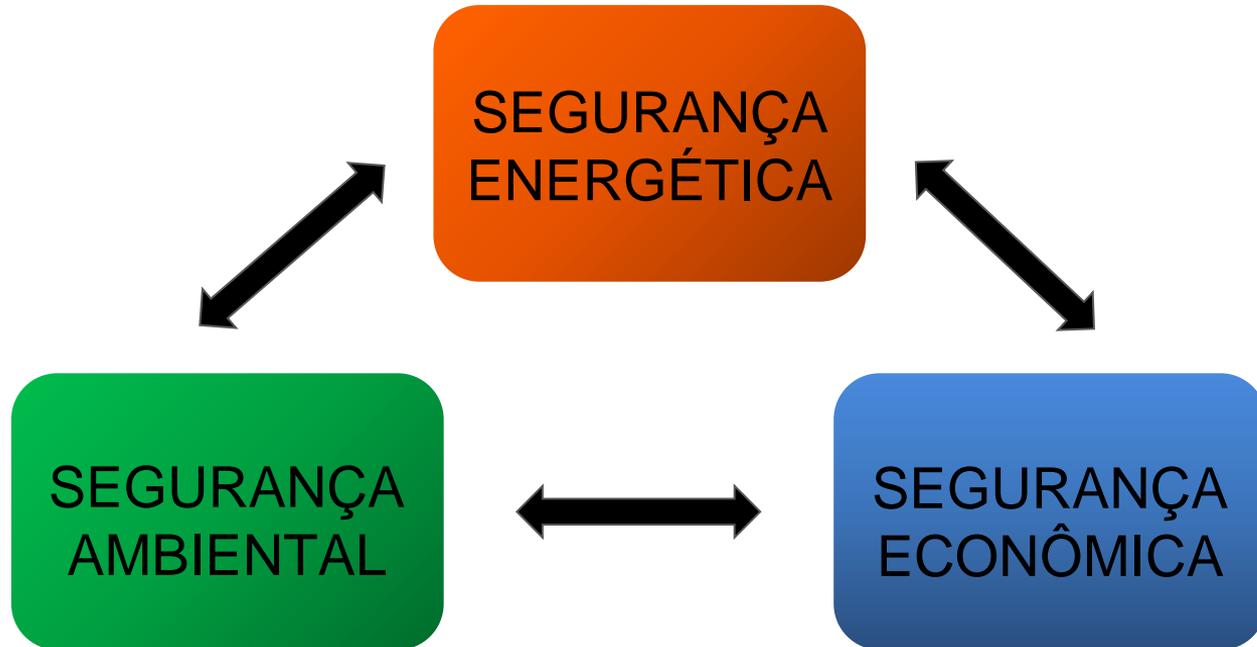
Hidroelétrica

16,1%





SISTEMA ELÉTRICO





SETOR NUCLEAR EM EXPANSÃO

- 440 usinas em operação
- 55 usinas em construção
- 95 usinas em aprovação
- 340 usinas em planejamento

Fonte: World Nuclear
Association, junho de 2022





32 NAÇÕES OPERAM USINAS NUCLEARES

América do Norte

Canadá
México
Estados Unidos

Europa

Alemanha
Armênia
Belarus
Bélgica
Bulgária
Finlândia
França
Holanda
Hungria
Eslováquia
Eslovênia
Espanha
Suécia
Suíça
Reino Unido
República Tcheca
Romênia
Rússia
Ucrânia

Ásia

China
Coreia do Sul
Emirado Árabes Unidos
Índia
Irã
Japão
Paquistão

América do Sul

Argentina
Brasil

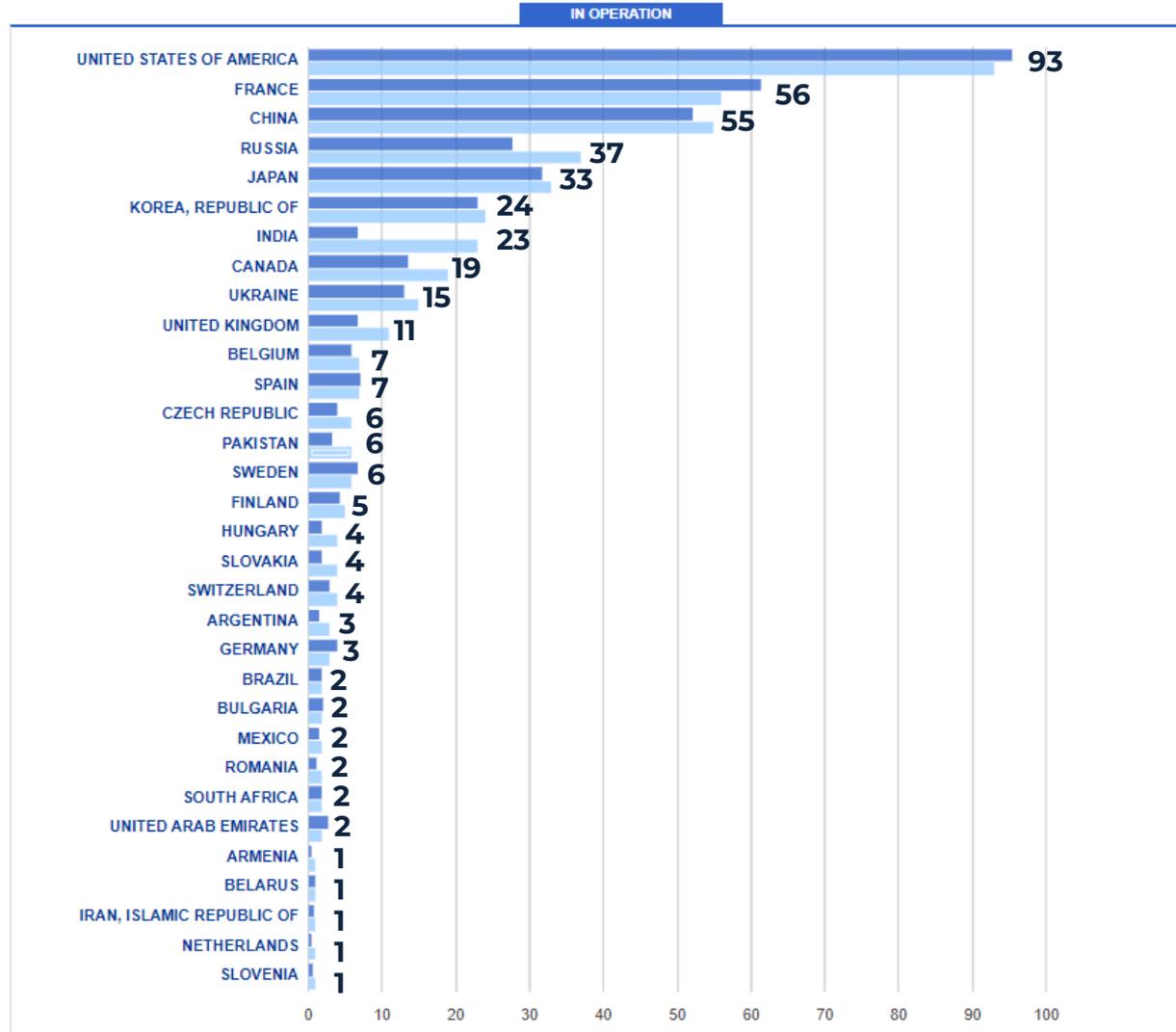
África

África do Sul



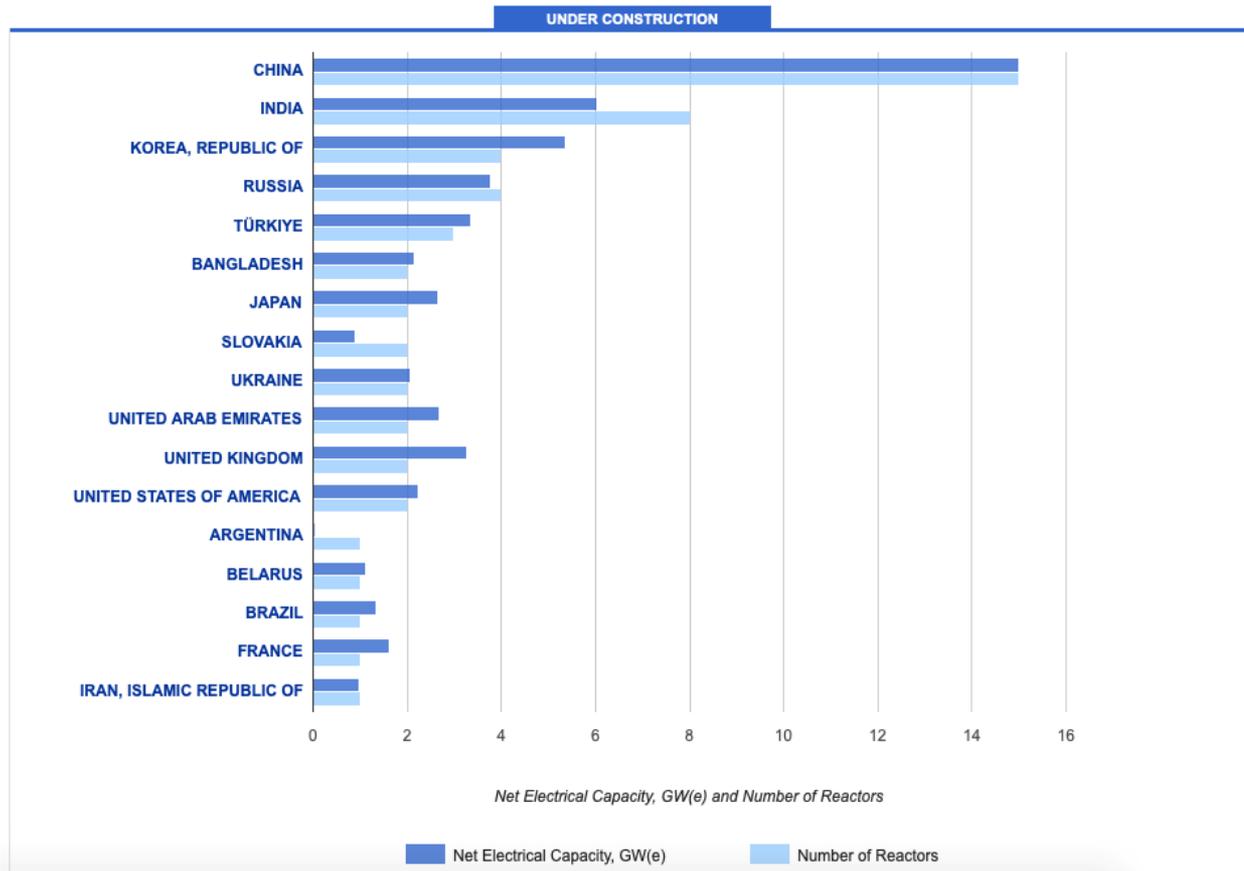


NÚMERO DE REACTORES





USINAS EM CONSTRUÇÃO



Fonte: World Nuclear Association, junho de 2022



Usina Nuclear

Esquemático de uma usina PWR

*Estrutura da
contenção*

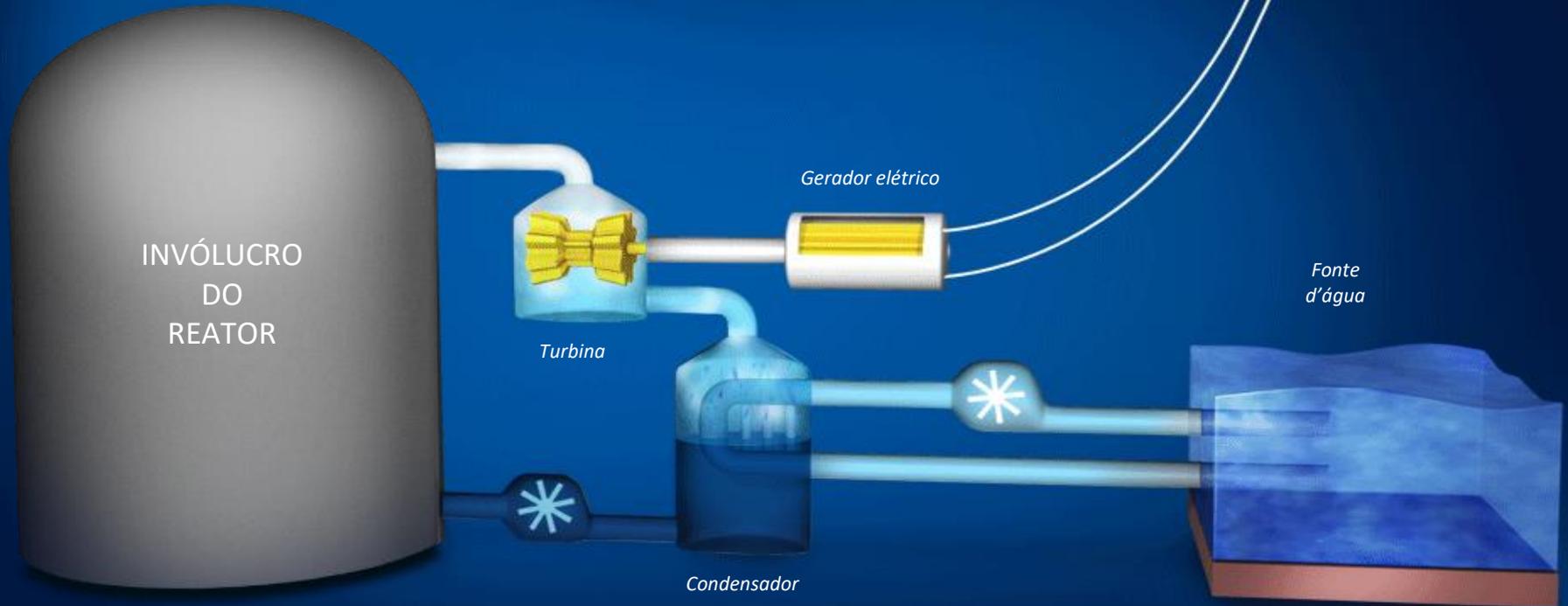
INVÓLUCRO
DO
REATOR

Turbina

Gerador elétrico

*Fonte
d'água*

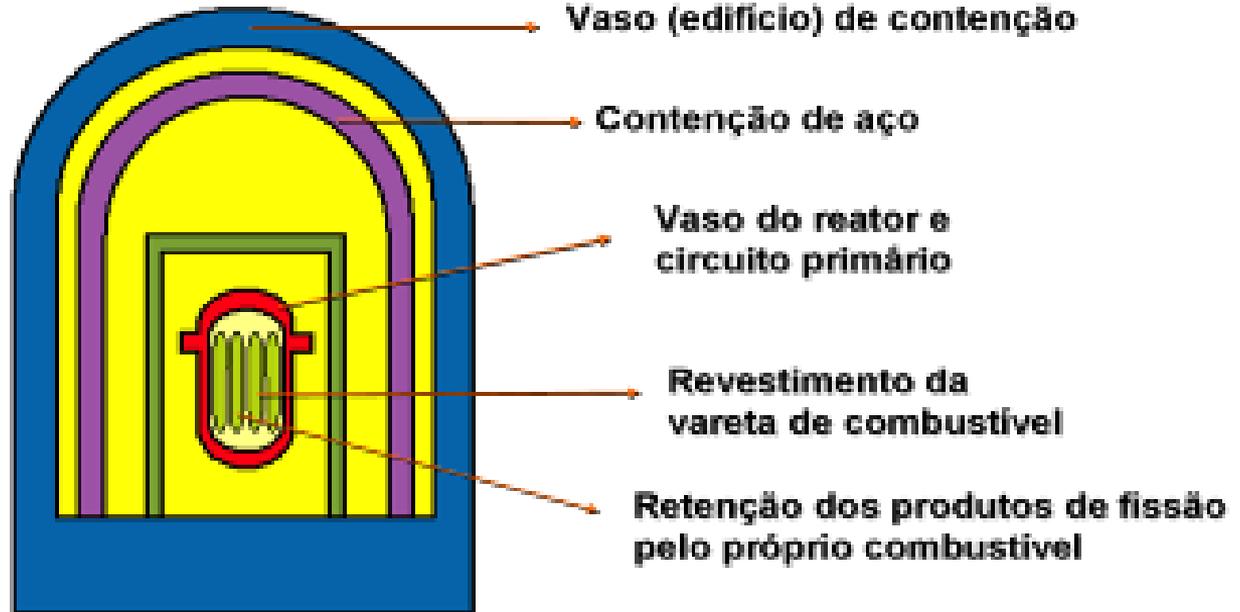
Condensador





TECNOLOGIA COMPROVADA PELA EXPERIÊNCIA

CONTENÇÃO PWR

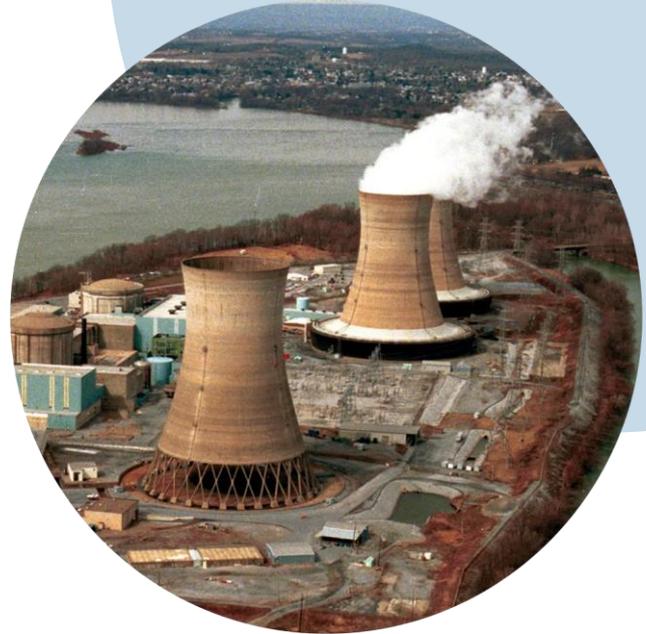




THREE MILE ISLAND

28 de março de 1979, ilha no Rio Susquehanna no Condado de Dauphin, Pensilvânia

- A contenção funcionou
- Acidente sem vítimas e sem dano ao meio ambiente
- Demonstração da segurança dos PWR





CHERNOBYL



26 de abril de 1986, na Ucrânia

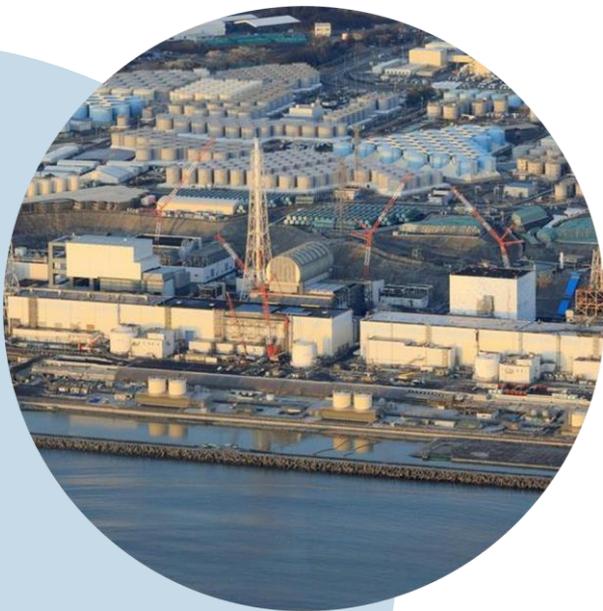
- 64 óbitos confirmados (2008)
- Não há evidência de impacto na saúde pública atribuído a exposição à radiação 20 anos após o acidente

Os dados são do relatório do Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica





FUKUSHIMA



11 de março de 2011, no Japão

- Sem baixas confirmadas
- Índice de ocorrência de câncer permaneceu estável;
- Aumento TEÓRICO no risco de câncer na tireóide entre as crianças mais expostas;
- Nenhum impacto em defeitos de nascimento/ efeitos hereditários;
- Não teve nenhum aumento detectável em ocorrência de Câncer nos trabalhadores;
- Impacto temporário nos animais selvagens.

Os dados são do relatório do Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica





SEGURANÇA NUCLEAR

FONTE	Mortes/1 000 TWh
Carvão, Linhito	100.000
Petróleo	36.000
Gás	4.000
Biomassa	24.000
Fotovoltaica	440
Eólica	150
Hidro	1.400
Nuclear	90

Fonte: Revista *Forbes*, Junho, 2012.

387,117 views | Jun 10, 2012, 01:08am

How Deadly Is Your Kilowatt? We Rank The Killer Energy Sources



James Conca Contributor

Energy

I write about nuclear, energy and the environment

 This article is more than 2 years old.

Everyone's heard of the carbon footprint of different energy sources, the largest footprint belonging to coal because every kWhr of energy produced emits about 900 grams of CO₂. Wind and nuclear have the smallest carbon footprint with only 15 g emitted per kWhr, and that mainly from concrete production, construction, and mining of steel and uranium.





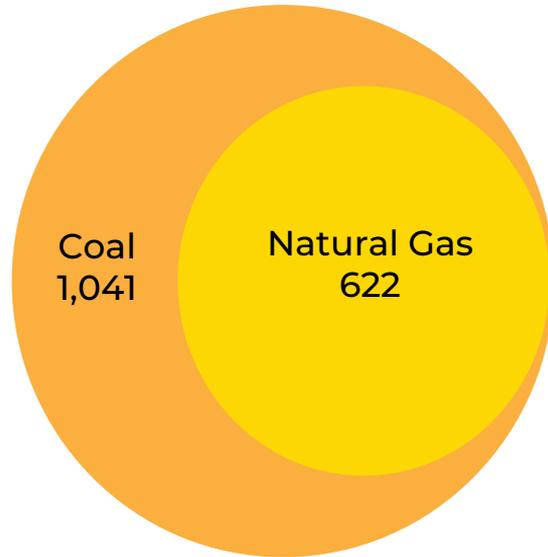
VANTAGENS DA ENERGIA NUCLEAR

- Energia segura e limpa de produção contínua com alta confiabilidade, qualidade e alto fator de capacidade;
- Grande volume de produção com segurança energética, ambiental e econômica;
- Produção de energia praticamente sem a emissão de gases de efeito estufa;
- Estabilidade ao preço tarifário;
- Vida útil de 60 a 80 anos;
- Mínima ocupação de espaço com mínimo impacto ambiental;
- Baixo custo de combustível;
- Impacto positivo na economia, na tecnologia, nas universidades, na formação de pessoal qualificado, na saúde e etc.





CICLO DE VIDA DE EMISSÕES DE CO₂ DAS FONTES DE ENERGIA ELÉTRICA



Fonte: IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)





SÍTIOS NUCLEARES NA FRANÇA

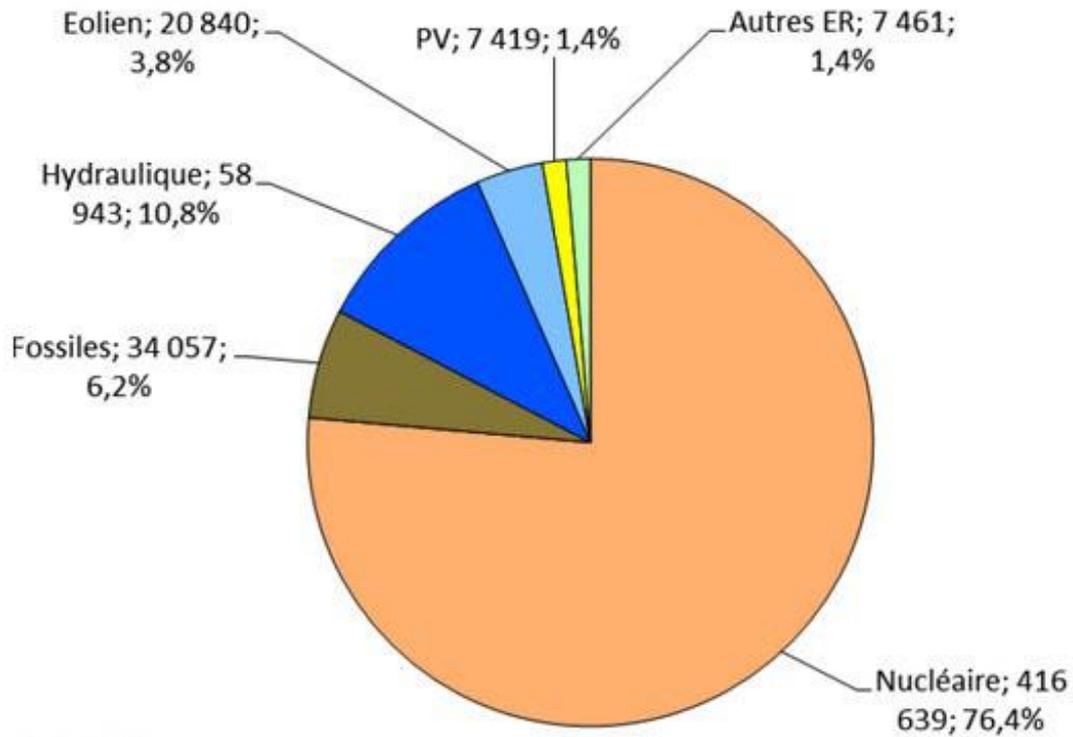
EDF Opera 58 usinas em 19 sítios:



-  Circuit de réfrigération fermé
-  900 MW (34 unités)
-  1300 MW (20 unités)
-  1500 MW (4 unités)



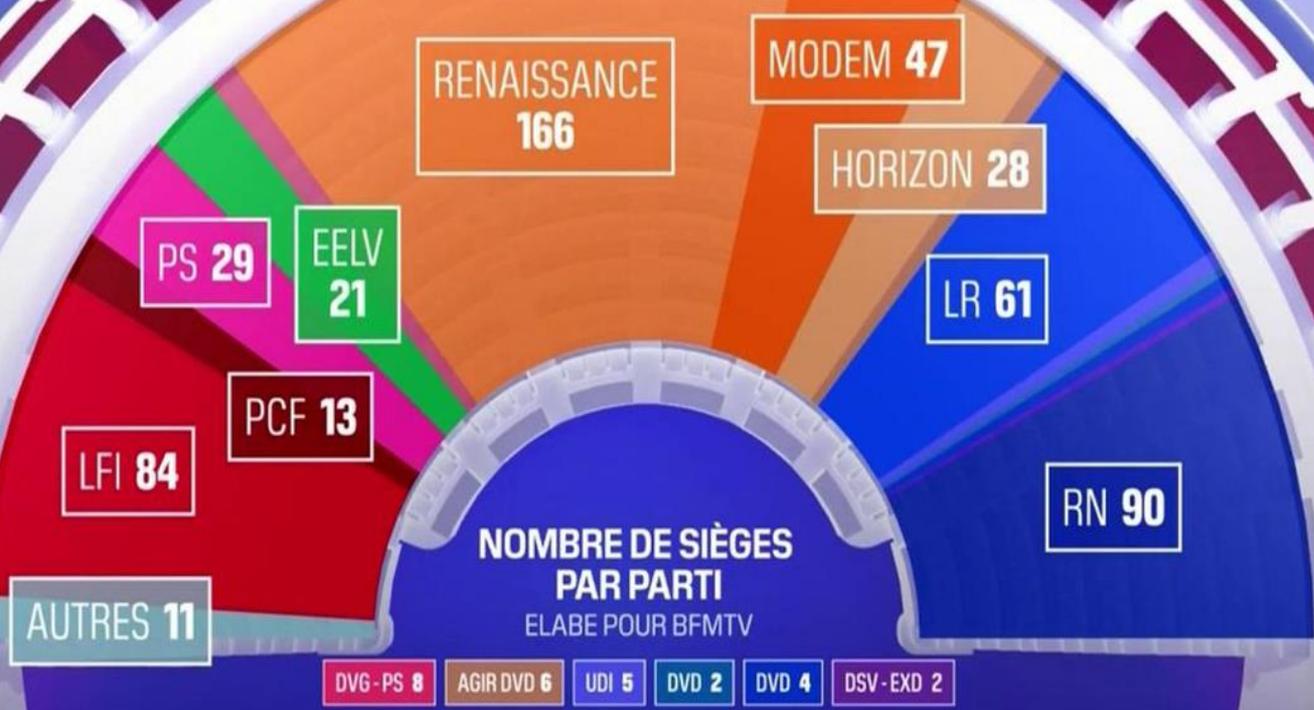
Production d'électricité 2015. Données: RTE
Total: 545 TWh. ER: 94,7 TWh, 17,4 % (19,9 % demande)



B. CHABOT

La répartition des sources de production d'électricité en France en 2015 © B.Chabot / RTE





**NOMBRE DE SIÈGES
PAR PARTI**

ELABE POUR BFMTV

416 FAVORÁVEIS X 134 CONTRÁRIOS

PARTIDOS CONTRÁRIOS: LFI, PS E



Nogent,
Margem
direita do Rio
Sena



Bugey,
*Margem
direita do Rio
Rhône*





Dampierre,
Margem
direita do Rio
Loire





Cruas, *Rio Rhône*



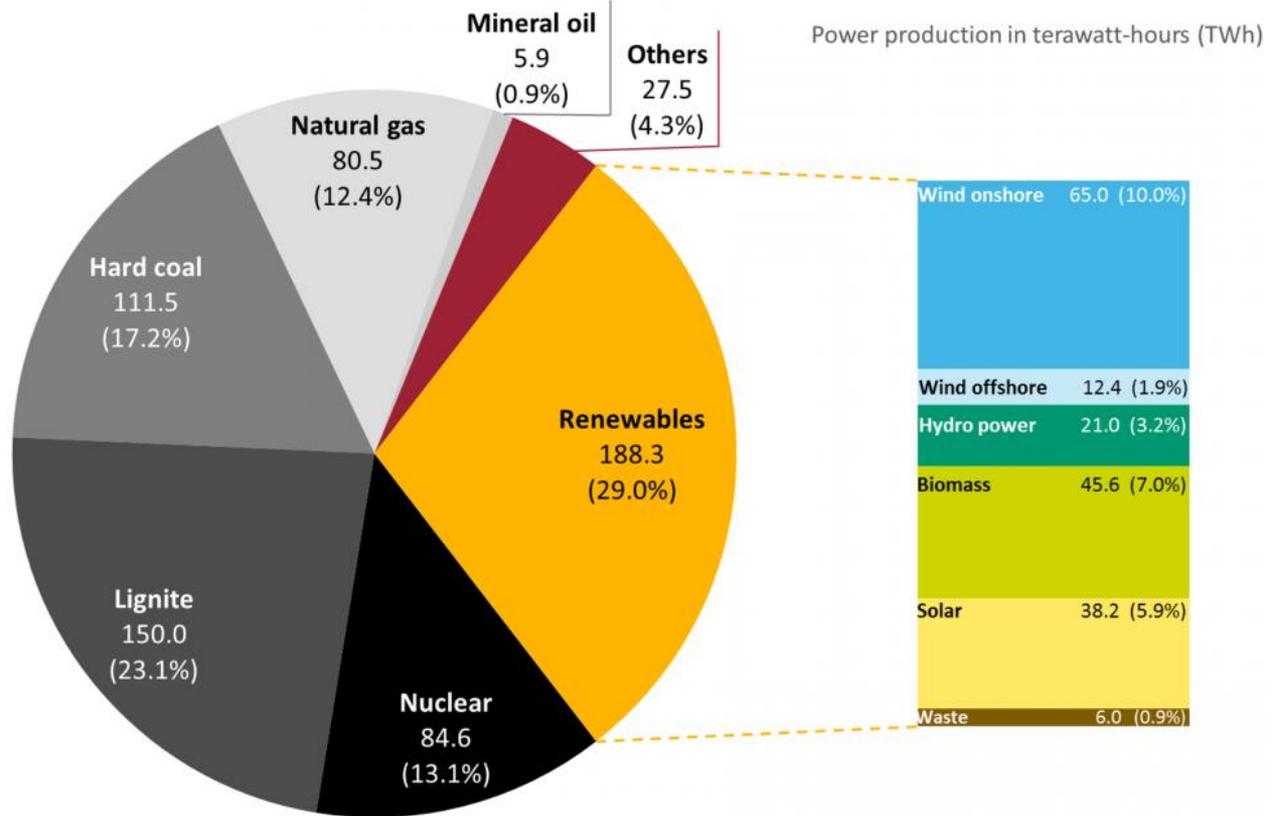
●●● St Laurent, *Rio Rhône*





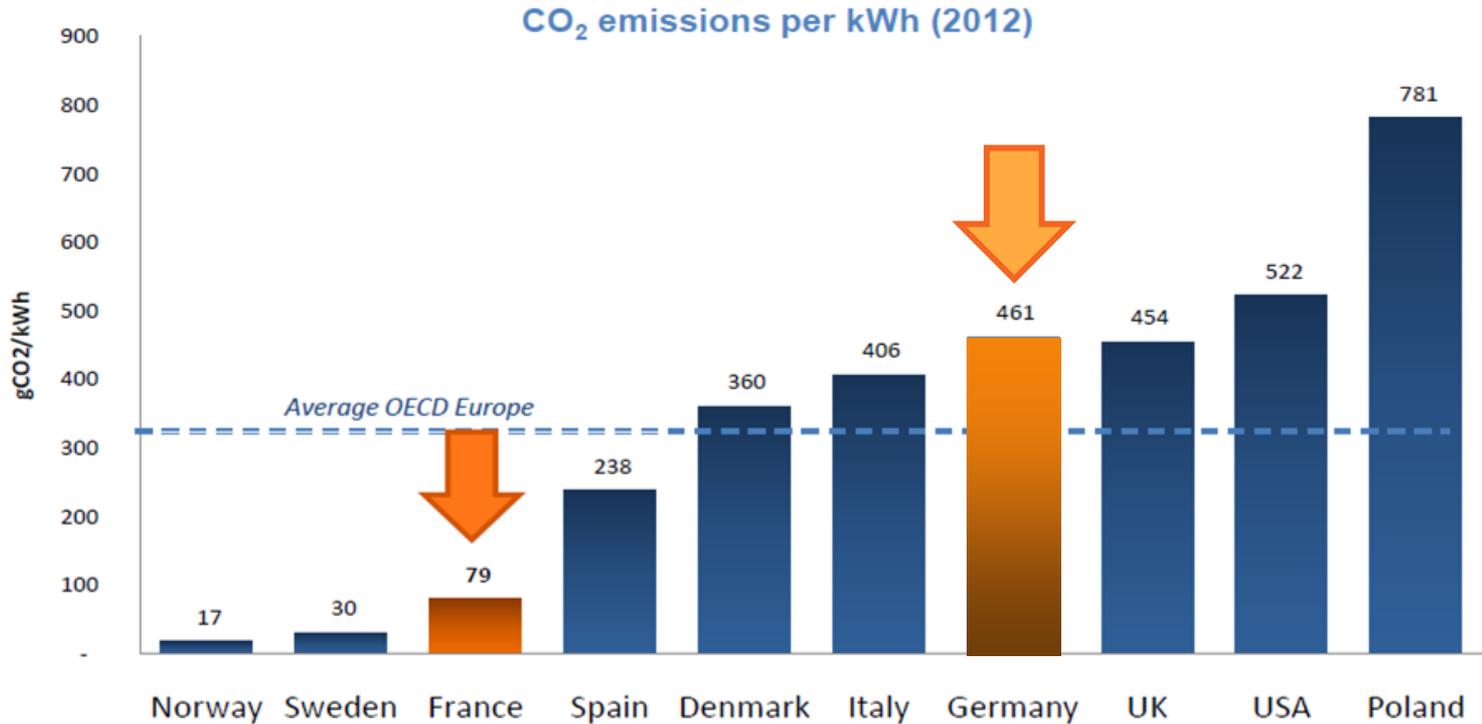
Share of energy sources in gross German power production in 2016.

Data (preliminary): AG Energiebilanzen 2017.



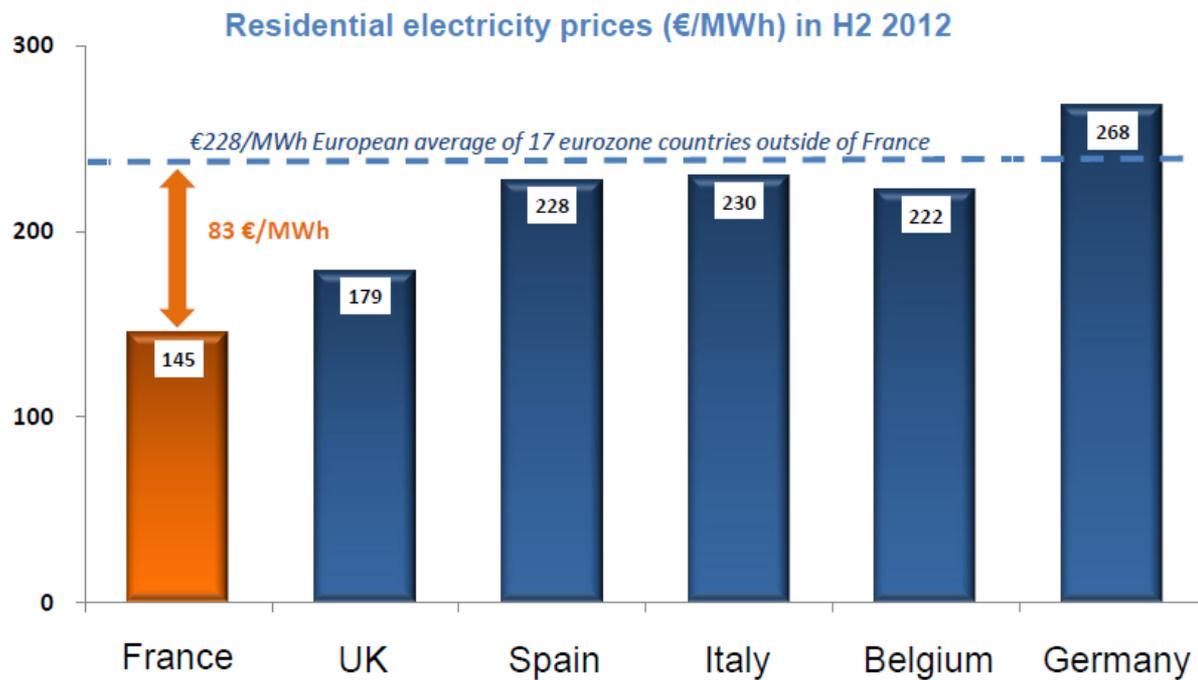


EMISSÕES DE CO2 POR kWh





PREÇO DA ELETRICIDADE



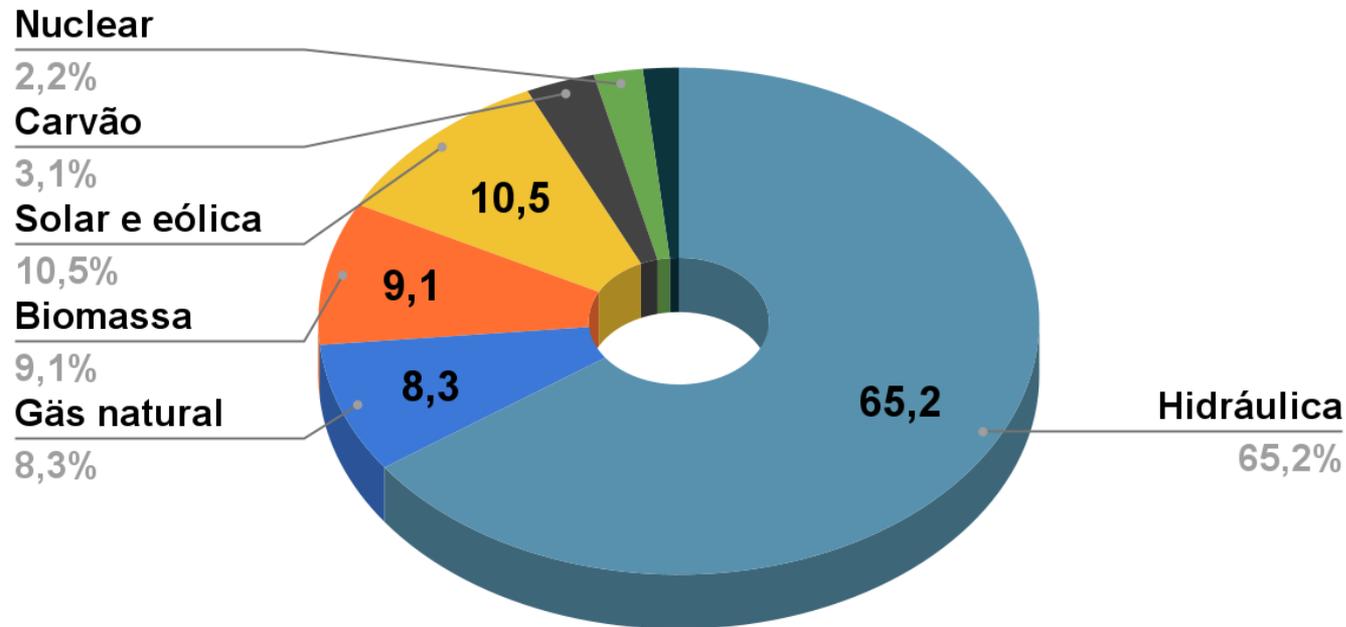
A satellite in space is shown observing Earth. The satellite is positioned in the upper right, with a beam of light directed towards the continent of South America. Overlaid on the continent is a glowing yellow map of Brazil, with a network of yellow lines representing rivers or a data grid. The word "BRASIL" is written in white, spaced-out capital letters across the map. The background is a dark blue space filled with stars.

BRASIL



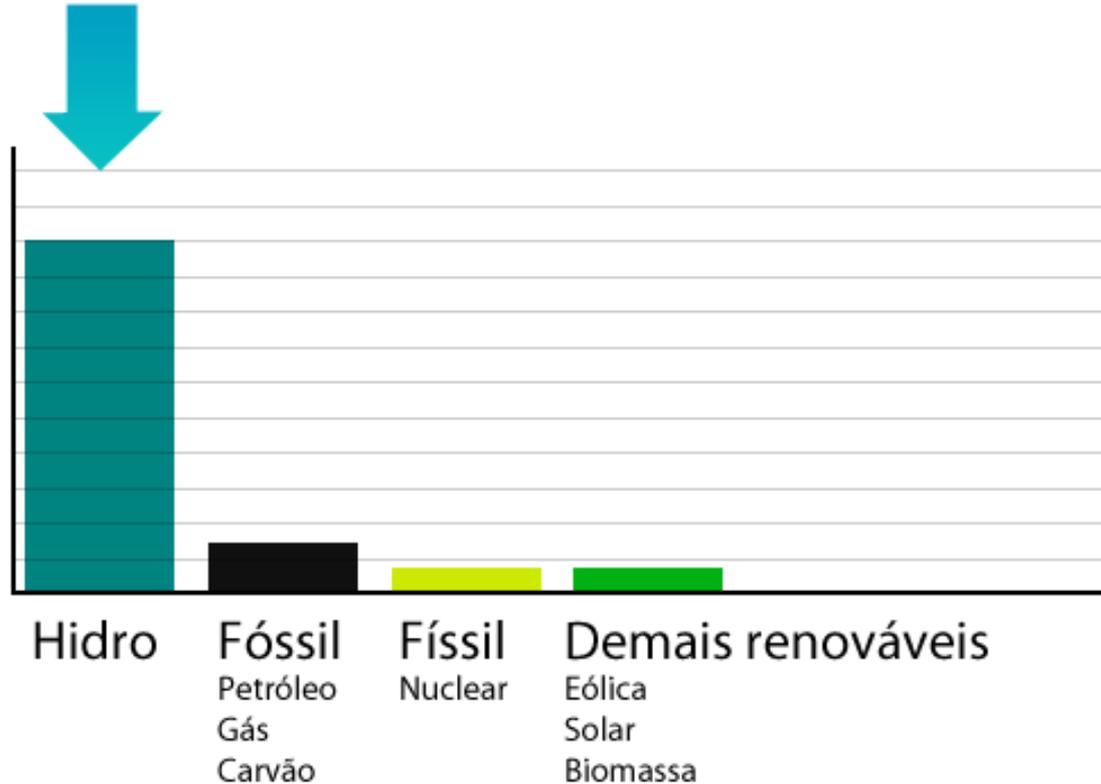
COMO O BRASIL PRODUZ ENERGIA ELÉTRICA

Fonte: Matriz Elétrica Brasileira 2020 (BEN, 2021)





MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA DO FUTURO





CENTRAL NUCLEAR BRASILEIRA



Angra dos Reis, Rio de Janeiro





CENTRAL NUCLEAR BRASILEIRA



ANGRA 1: PWR - 650MW
Tecnologia: Westinghouse
Início da operação: Janeiro de 1985

ANGRA 2: PWR - 1.350MW
Tecnologia: KWU/Siemens
Início da operação: Fevereiro de 2001





CENTRAL NUCLEAR BRASILEIRA



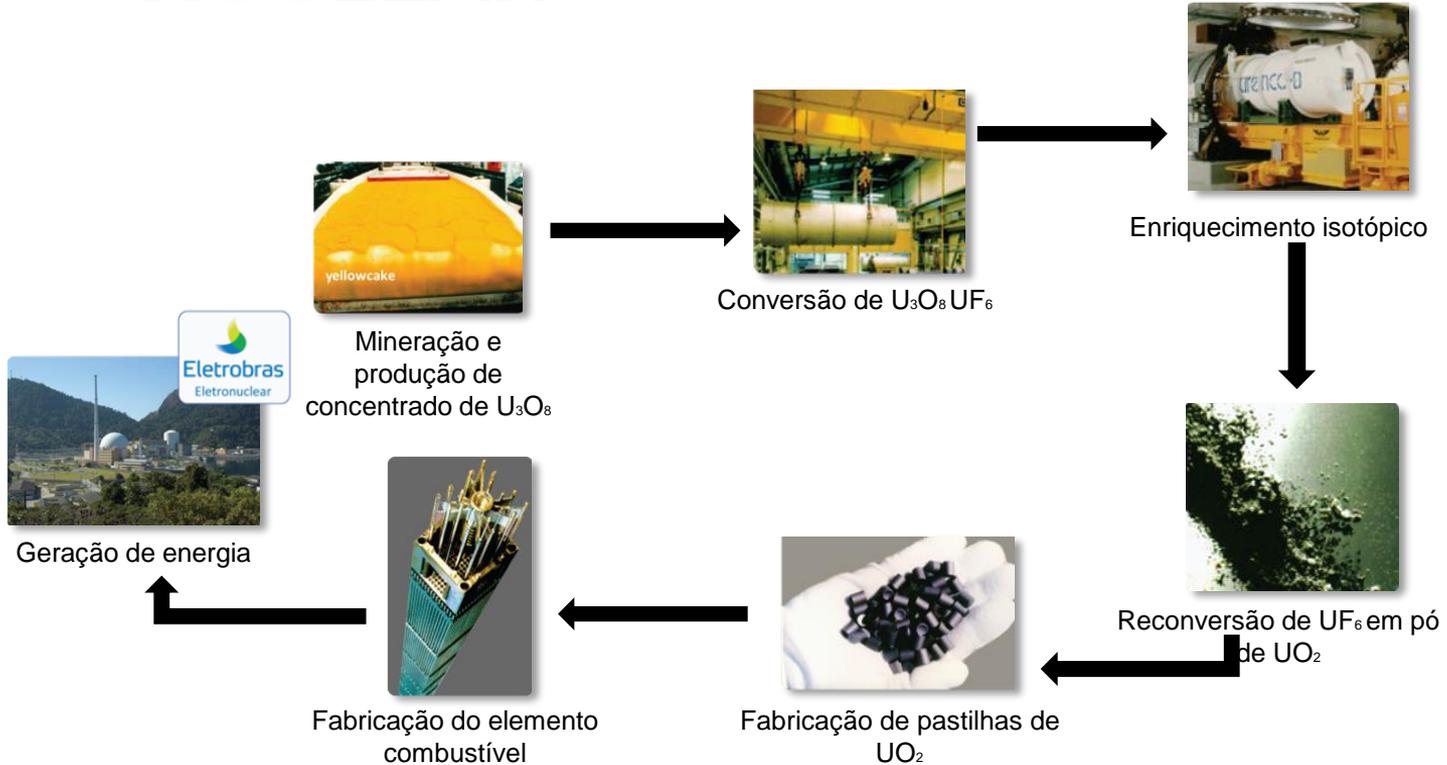
Em construção
ANGRA 3: PWR - 1.400MW
Tecnologia: Famatome
Previsão de início da operação:
2025/2026



ciclo INB



CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR



●●● INB



O monopólio da produção e comercialização de materiais nucleares é do INB, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia. A empresa também atua na execução de serviços de engenharia do combustível e na produção de componentes dos elementos combustível.





PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2050

O PNE 2050 sinaliza o compromisso do Governo Federal em nortear as decisões de política energética a partir de uma visão estratégica e de longo prazo. O documento foi elaborado com o concurso da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) a partir de diretrizes do Ministério de Minas e Energia.





PARA ALCANÇAR A META DO PNE 2050



DADOS MÉDIOS DE UMA CENTRAL NUCLEAR

Potência

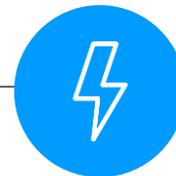
3,4 GW*

Fase de projeto e licenciamento

5 anos

Fase de construção

5 anos



PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2050

Objetivo de incluir

10 GW

Diferença entre a
capacidade atual e a meta:

**3,4
GW**

Atual



**13,4 GW
Meta**

** Soma das potências de Angra 1, 2 e 3*





PARA ALCANÇAR A META DO PNE 2050

8 novas unidades

serão necessárias para a concretização do plano. Afim de que todas estejam operando até 2050, deverão entrar em operação sucessivamente num prazo menor que três anos, isto é, se a primeira unidade começar a **fase de projeto e licenciamento em 2022**.



2032



2034



2036



2038



2046



2044



2042



2040





ATLAS BRASILEIRO PARA SÍTIOS NUCLEARES

Inventário Nacional de Áreas que
atendem aos Critérios de
Exclusão e Evitação para
Localização de Usinas Nucleares

COPPE
UFRJ
Pós-Graduação de Engenharia

INVENTÁRIO NACIONAL DE ÁREAS
QUE ATENDEM AOS CRITÉRIOS DE
EXCLUSÃO E EVITAÇÃO PARA
LOCALIZAÇÃO DE USINAS
NUCLEARES

 **Eletrobras**
Eletro nuclear
 **epe**
União de Especialistas

GARTA
Grupo de Análise de Risco Tecnológico Ambiental





SELEÇÃO DE SÍTIOS: SITUAÇÃO DOS ESTUDOS

O Programa Decenal de Energia (PDE) fez uma menção à quarta usina nuclear no Sudeste.

SÍTIOS PRÉ-SELECIONADOS

Situação

ÁREA	11	13	14	1	6	9	14
UF	MG	PE	AL	RS	ES	MG	SE
ESTUDO PRELIMINAR	●	●	●	●	●	●	●
SOBREVÔO/ VISITA	●	●	●	○	○	○	●
AVALIAÇÃO TÉCNICA	●	●	○	○	○	○	○



●●● ITACURUBA



**MISSÃO
TÉCNICA AO
SÍTIO DE
ITACURUBA
JANEIRO 2010**





CENTRAL NUCLEAR EM ITACURUBA-PE



Potencial

6.600 MW

Capacidade Instalada



Investimentos

US\$ 30 Bi

Investimentos Totais
Estimados

10.000

No pico da Obra



Empregos

5.000

Na fase de Operação



●●● TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PWR



MITSUBISHI
US-APWR
1.700 MW



AREVA
EPR
1.700 MW



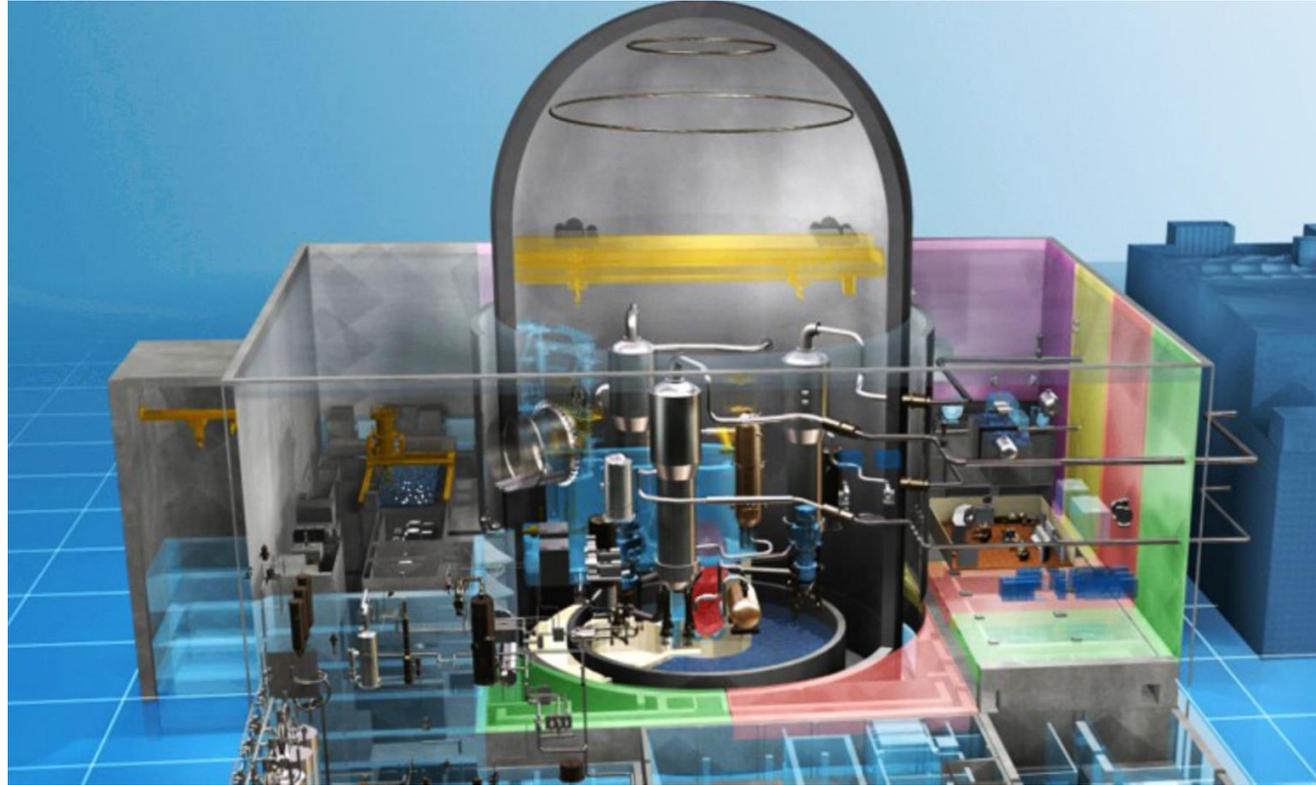
KHNP
APR
1.400 MW





PROPOSTAS DE REATORES

1200 MW
FRAMATOME



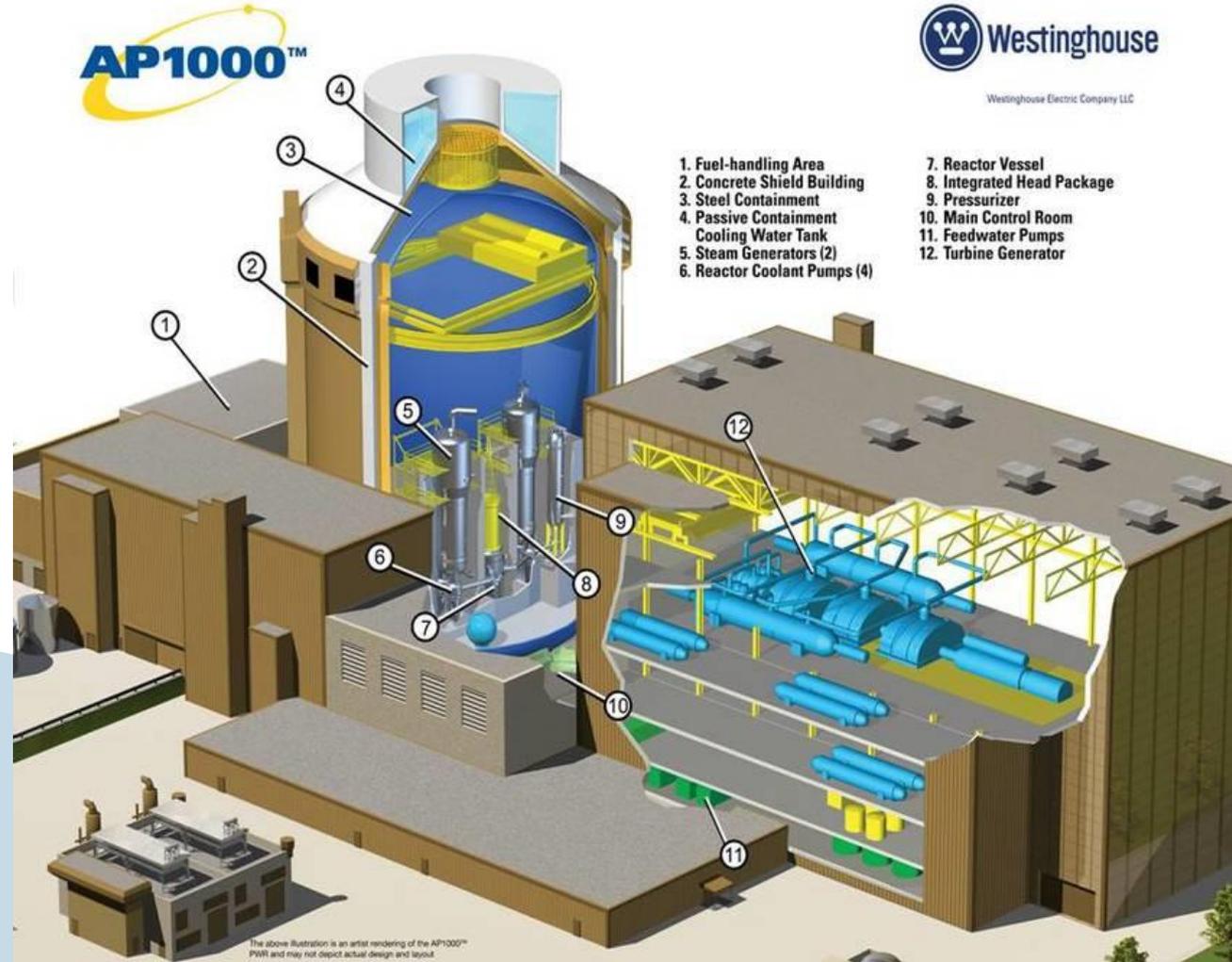


PROPOSTAS DE REATORES

AP1000™



Westinghouse Electric Company LLC



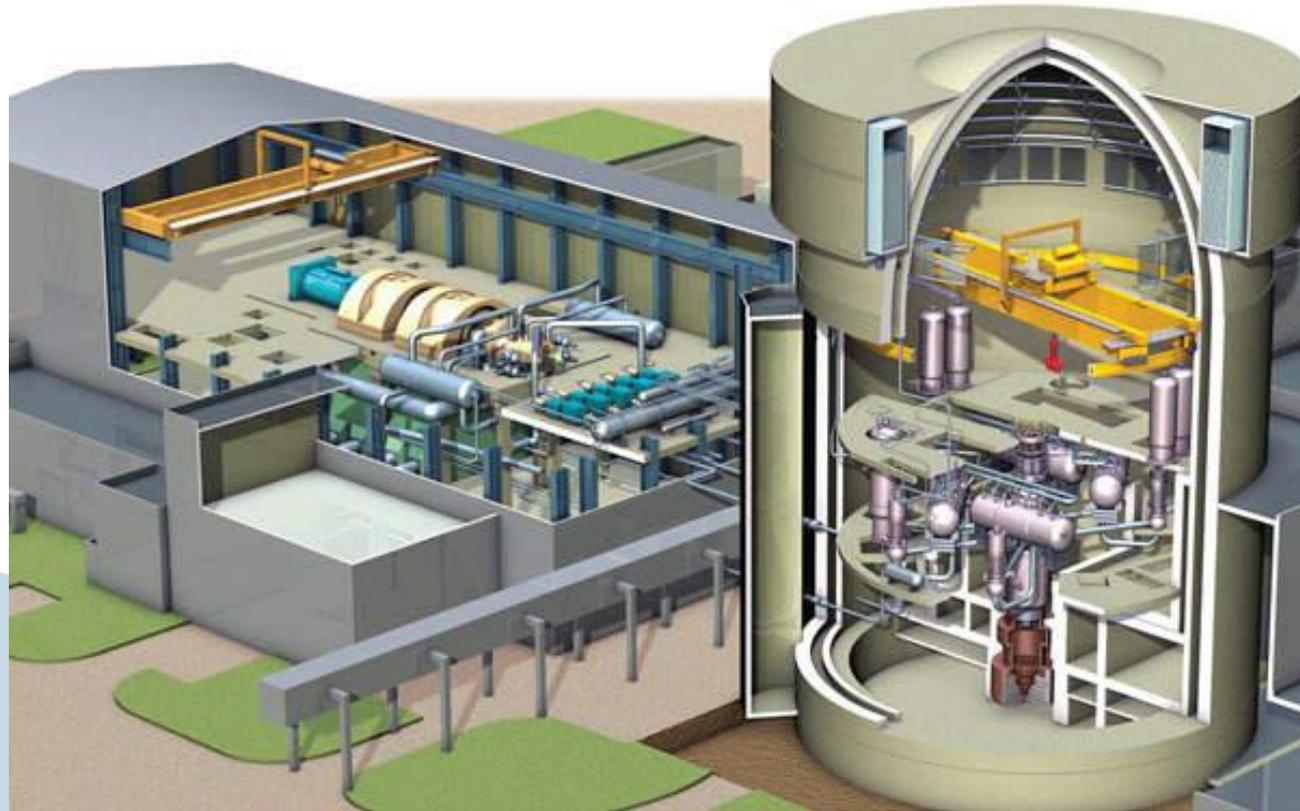
The above illustration is an artist rendering of the AP1000™ PWR and may not depict actual design and layout.





PROPOSTAS DE REATORES

VVER – 1200
ROSATOM





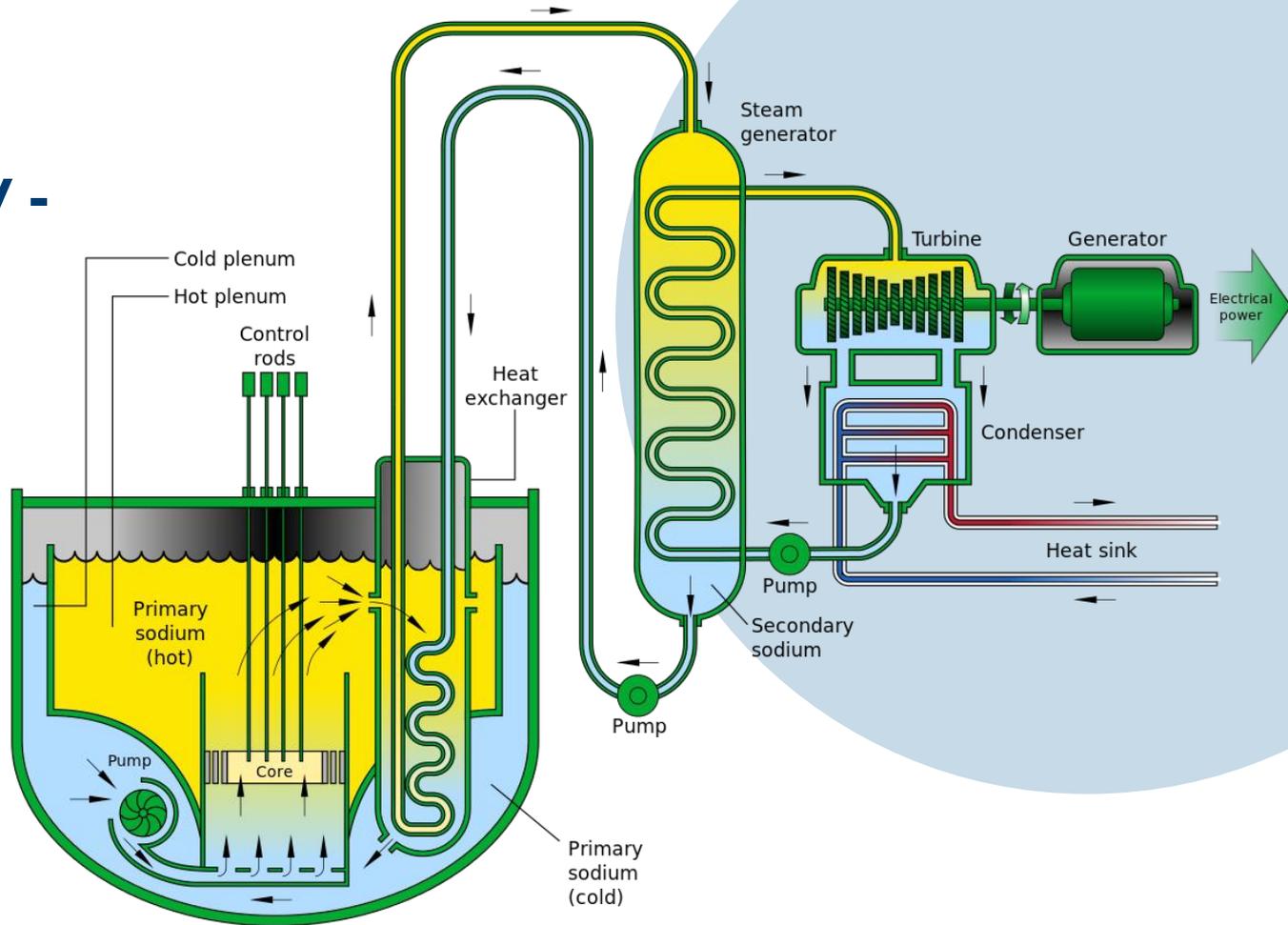
PROPOSTAS DE REATORES

CAP – 1400

CNPTC



GERAÇÃO IV - REATOR A SÓDIO.





PEQUENOS REATORES



O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO

SMR TECHNOLOGY LEADERS			
COMPANY NAME	COUNTRY	PROJECT	POWER
GE Hitachi	USA	BMRX-300	300MW
Gen4	USA	G4M	25MW
General Atomics	USA	EMS TRIGA	0,1MW ~ 16MW
NuScale Power	USA	NU Power Module	77MW ~ 924MW
Holtec International	USA	SMR 160	160MW
Westinghouse Electric	USA	eVINCI	5MW ~ 13MW
X Energy	USA	XE100	80MW ~ 320MW
TerraPower	USA	NATRIUM	345MW
Rolls Royce	UK	UKSMR	470MW
Moltex Energy	CANADA	NEW BRUNSWICK	300MW
U Battery	CANADA	AMR	4MW / 7MW
Argentinien National Atomic Energy Commission	ARGENTINA	CAREM25	32MW / 100MW
CNNC	CHINA	ACP100	125MW
CNNC	CHINA	TMSR-LF1	10MW
EDF	FRANCE	NUWARD	170MW
AREVA	FRANCE	FLEXBLUE	160MW



mais 4 telas

●●● INDÚSTRIA NACIONAL





NUCLEP

Indústria Estratégica Nacional criada para atender ao Programa Nuclear Brasileiro e especializada na fabricação de equipamentos pesados, únicos e diferenciados aos setores Nuclear, Defesa, Óleo e Gás, e Energia. Empresa integrante do Programa de Submarinos da Marinha do Brasil.





O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO





**“30 anos bem
conduzidos podem
mudar a história de
uma nação”**





Obrigado!

Telefone: +55 (81) 9.9952.8752

E-mail: chcmariz@gmail.com ou president@aben.com.br

Site: www.aben.com.br

Instagram: [@aben_nuclear](https://www.instagram.com/aben_nuclear)

Facebook: [\abennuclear](https://www.facebook.com/abennuclear)

Twitter: [@aben_nuclear](https://www.twitter.com/aben_nuclear)

