



José Augusto Perrotta



RMB

Reator
Multipropósito
Brasileiro

**Tecnologia Nuclear
a Serviço da Vida**

19 de julho de 2021



**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

Ciência



(descobrir)

Tecnologia



(desenvolver)

Inovação



(criar)

Sociedade

(utilizar)
(produtos e serviços)

Ciência Nuclear

➤ **Energia nuclear**

- *Energia de ligação das partículas que constituem o núcleo do átomo*

➤ **Reações nucleares**

- *Reações de partículas com o núcleo do átomo*

➤ **Dcaimento radioativo**

- *Emissão de partículas e radiação por núcleo instável*

➤ **Produção artificial de radioisótopos**

- *Reações no núcleo dos átomos com partículas carregadas*
- *Reações no núcleo dos átomos com nêutrons*
- *Processo da fissão nuclear com nêutrons*

Tecnologia Nuclear

- ***Produção artificial de radioisótopos***
 - ***Aceleradores - reações com partículas carregadas***
 - ***Reatores Nucleares***
 - ***Reações no núcleo dos átomos com nêutrons***
 - ***Processo da fissão nuclear com nêutrons***
- ***Reator Nuclear*** é o “sistema” ou “equipamento” onde as reações em cadeia da fissão nuclear são realizadas de forma controlada.
 - ***Reator de Potência*** usa a energia gerada pela fissão nuclear no reator para produzir, por exemplo, energia elétrica
 - ***Reator de Pesquisa*** usa os nêutrons produzidos na fissão nuclear no reator para diferentes aplicações, por exemplo, produzir radioisótopos

Introdução sobre Reatores Nucleares

Reações Nucleares

➤ As principais reações nucleares com nêutrons são:

Absorção

- Captura Radioativa
- Formação de Partículas Carregadas

Espalhamento

- Elástico
- Inelástico

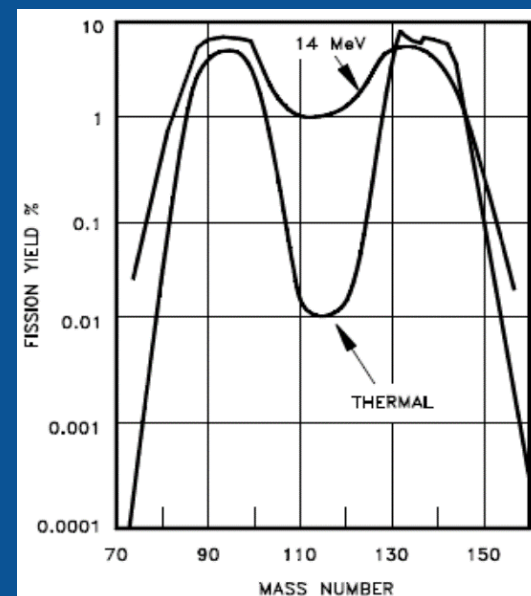
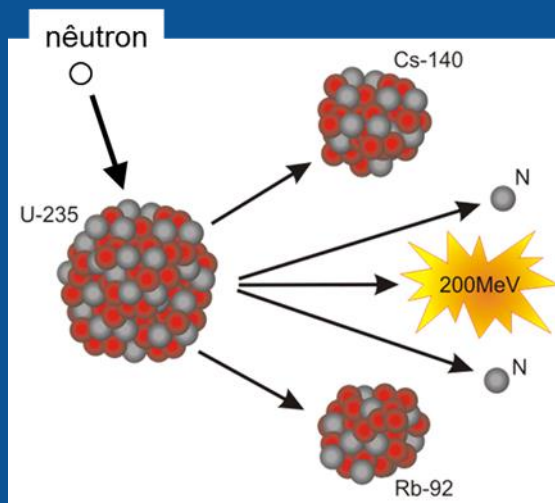
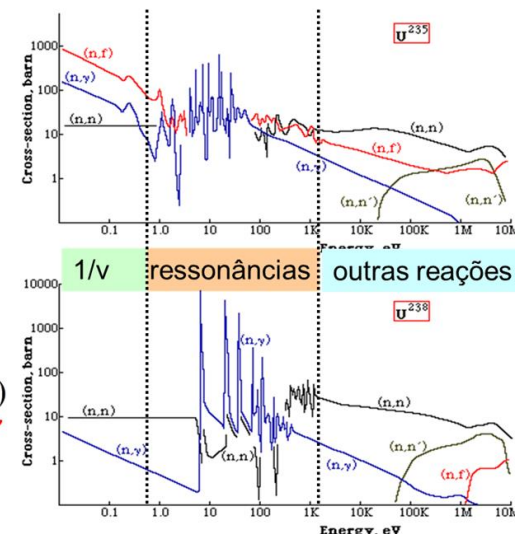
Fissão

Forma da energia	Emitida (MeV)	Recuperada (MeV)
pf (cinética)	168	168
Dcaimento pf:		
β	8	8
γ	7	7
Neutrinos	12	0
γ -prontos	7	7
Nêutrons de fissão (prontos+atrasados)	5	5
γ de captura radiativa	0	3-12
TOTAL	207	198-207

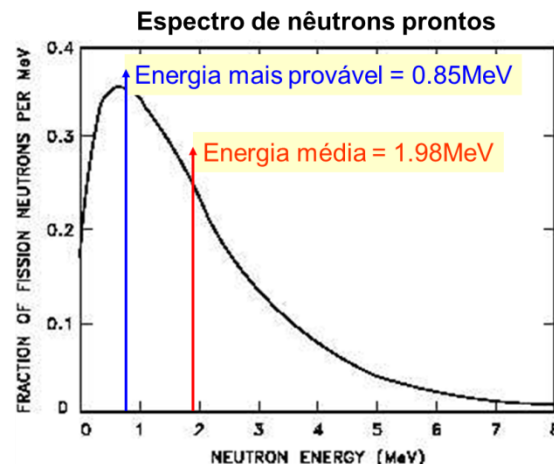
Seção de Choque microscópica σ

Para cada tipo de reação nuclear, existe uma seção de choque correspondente que é uma característica do núcleo alvo, sendo entretanto, função da energia do nêutron incidente. A seção de choque total é a somatória das seções de choque individuais para cada tipo de reação nuclear.

$$\sigma_t = (\underbrace{\sigma_e + \sigma_i}_{\text{Seção de choque de espalhamento } \sigma_s}) + (\underbrace{\sigma_\gamma + \sigma_f + \sigma_\alpha + \dots}_{\text{Seção de choque de absorção } \sigma_a})$$

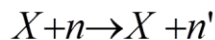


➤ Nêutrons de Fissão

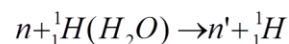


➤ Espalhamento Elástico

Reação (n, n'), onde a energia interna do núcleo alvo [X] não é alterada.

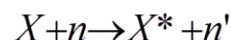


Exemplo:

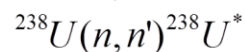


➤ Espalhamento Inelástico

Pode ser considerado como uma reação (n, n') onde o nêutron é absorvido pelo núcleo alvo formando um núcleo composto que decai emitindo "outro nêutron" com menor energia.



Exemplo:



➤ Moderação de nêutrons

Decremento

Logarítmico Médio de
Energia por Colisão

$$\xi = \ln \frac{E_0}{E_1}$$

$$\text{Poder de moderação} = \xi \cdot \Sigma_s$$

Número médio de
colisões

$$C = \ln \frac{E_0}{0.025 \text{ eV}} / \xi$$

$$\text{Razão de moderação} = \frac{\xi \cdot \Sigma_s}{\Sigma_a}$$

Material	ξ	C	P.M.	R.M.
H ₂ O	0,920	20	3,17	143
D ₂ O	0,509	36	0,23	6922
¹² ₆ C	0,158	115	0,61	223
²³⁸ ₉₂ U	0,0838	2100	-----	-----

Introdução sobre Reatores Nucleares

➤ Fator de Multiplicação de um Meio

❖ k_{ef} = produção de nêutrons no meio / perda de nêutrons no meio

$$\text{❖ } k_{ef} = (\nu_{235} \cdot \Sigma_{f235}) / ((\Sigma_{acomb} + \Sigma_{aestr} + \Sigma_{aabs}) + DB^2) \quad (*)$$

(*) OBS: apenas como exemplo - aproximação da teoria de difusão para 1 grupo de energia

$$B^2 \propto (1/x^2 + 1/y^2 + 1/z^2); \quad D = 1/3 \Sigma_{tr}$$

- $k_{ef} = 1$ crítico
- $k_{ef} < 1$ subcrítico
- $k_{ef} > 1$ supercrítico


$$P = {}^{235}\text{N} \cdot {}^{235}\sigma_f \cdot \phi_n \cdot V \cdot E_f$$


$$\phi_n = (P/V) \cdot (1/{}^{235}\text{N}) \cdot (1/{}^{235}\sigma_f \cdot E_f)$$

CLASSIFICAÇÃO

FUNÇÃO

MATERIAIS PRINCIPAIS

COMBUSTÍVEL NUCLEAR

Tem a função de conter os elementos fisséis e férteis que irão produzir as fissões da reação em cadeia

urânio, plutônio, tório

ESTRUTURAS

São todos os materiais utilizados como estrutura e revestimento dos diversos componentes do reator

zircaloy, aço, inox, ligas de níquel

MODERADORES

Tem a função de moderar a energia dos nêutrons produzidos na fissão e também servem como refletores na periferia do núcleo do reator de forma a minimizar a fuga de nêutrons do núcleo

grafite, água leve, água pesada, berílio

ABSORVEDORES (controlador)

Tem a função de manter de forma controlada a reação em cadeia dentro do núcleo

boro, cádmio, háfnio, índio, prata, gadolínio

REFRIGERANTES

Tem a função de retirar o calor gerado no núcleo do reator devido às fissões nucleares

hélio, CO₂, água leve, água pesada, metais líquidos (NaK, Na)

BLINDAGEM

Tem a função de servir de barreira para a radiação (blindar) de forma a atenuar os efeitos desta sobre componentes estruturais ou o meio exterior ao reator

água leve, elementos de médio e alto número atômico (Pb, Fe, etc.)

Funções Básicas de Segurança no Reator

- Garantir o desligamento do reator (subcrítico)
- Garantir o resfriamento do combustível
- Conter os produtos radioativos

“Graded approach” na gestão de Reatores de Pesquisa

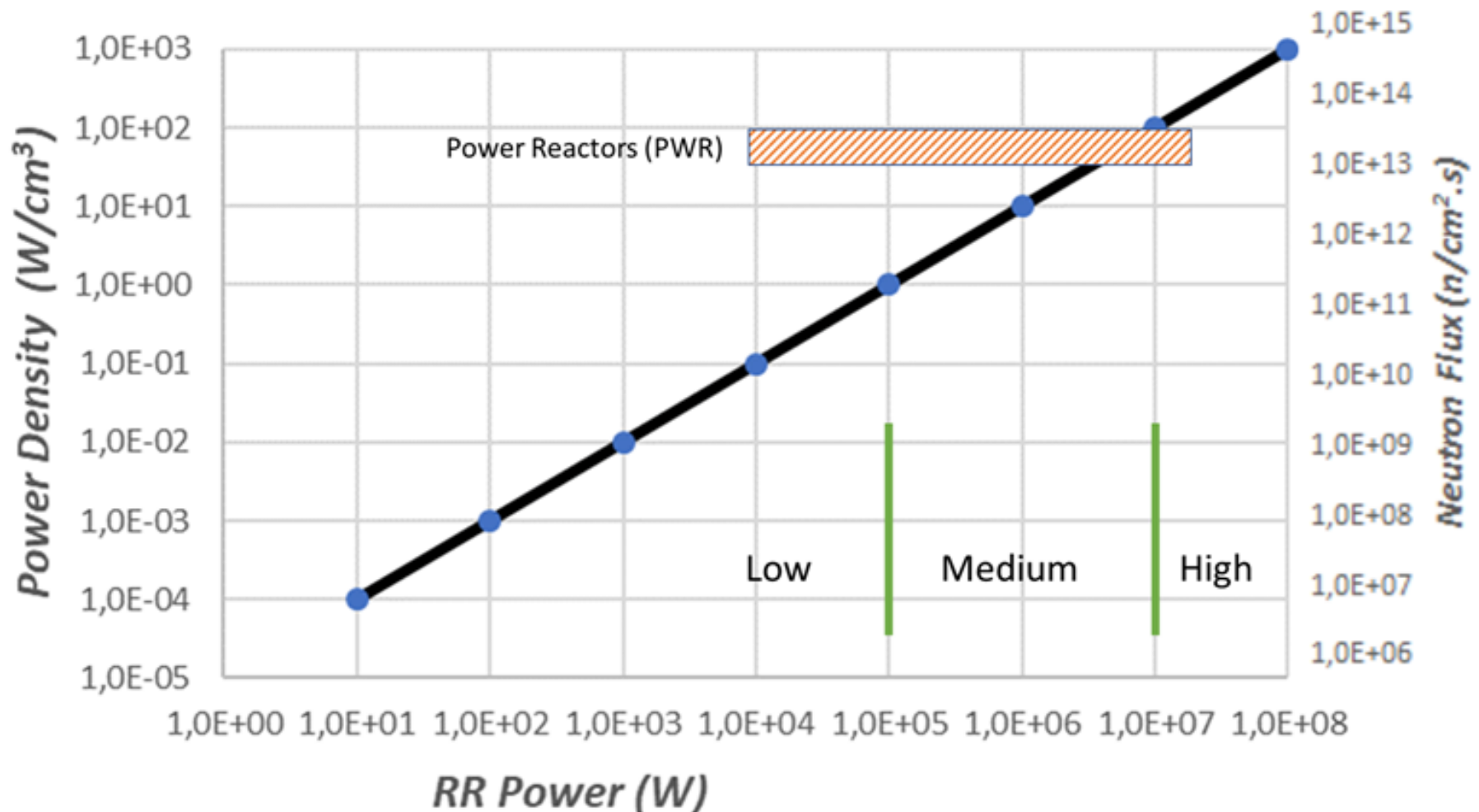
Assumindo por simplicidade um reator homogêneo e adotando apenas um grupo de energia de nêutrons (média), e seção de choque constante em energia:

i. $R_i = N_i \sigma_{xi} \phi V$

ii. $P = E_f N_f \sigma_f \phi V$ ou $\phi = P / (E_f N_f \sigma_f V)$

onde: R – taxa de reação dos nêutrons; P – potência ; ϕ – fluxo de nêutrons; V – volume;
N – concentração atômica; σ – seção de choque de reação com nêutrons

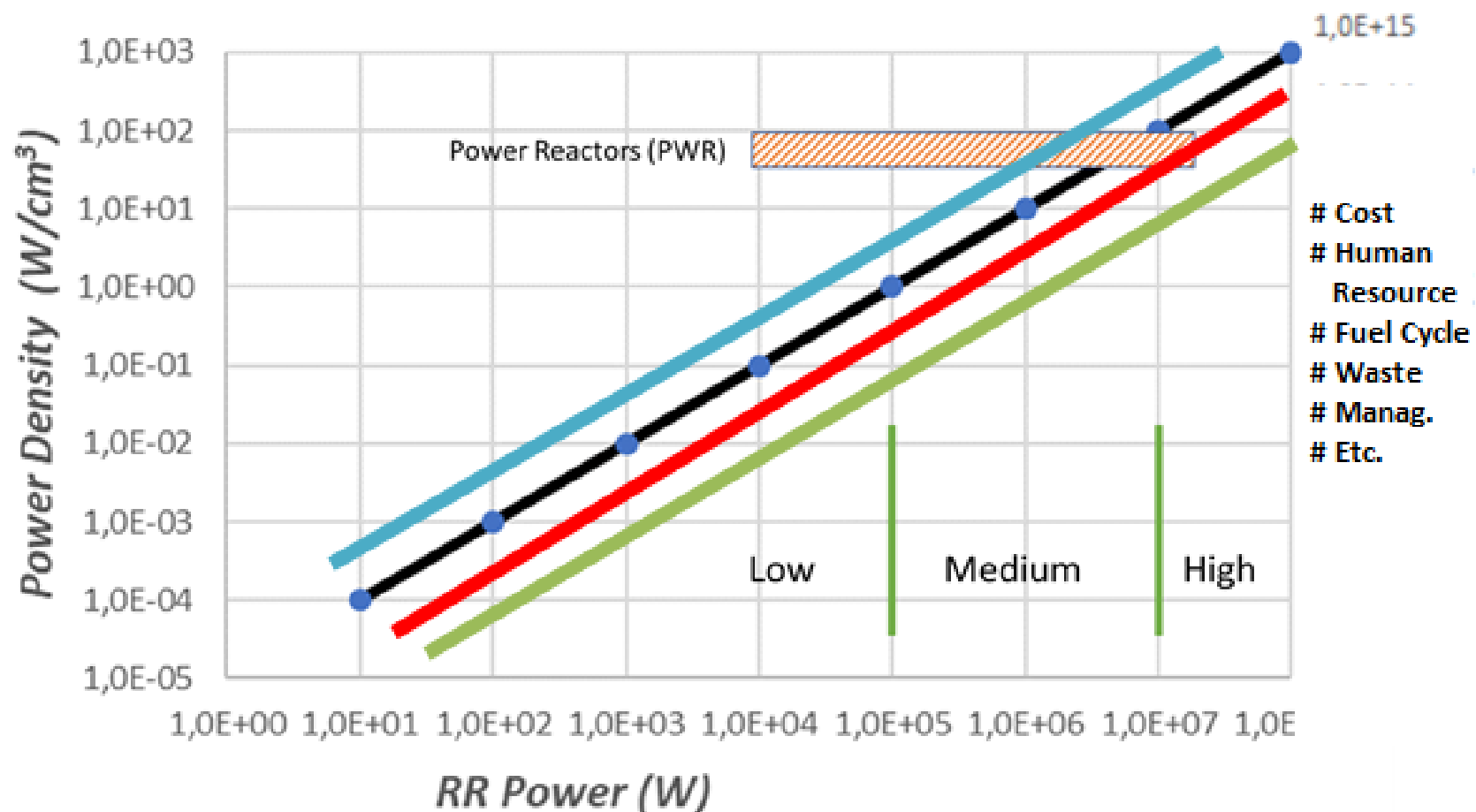
“Graded approach” na gestão de Reatores de Pesquisa



“Graded approach” na gestão de Reatores de Pesquisa

Utilization	Power				
Material and Fuel Testing					
Neutron Scattering					
Radioisotope Production					
Neutron Activation Analysis					
Education and Training					
	< 1 kW	100 kW	1 MW	10 MW	>10 MW
No capability	Some capability	Full capability			

“Graded approach” na gestão de Reatores de Pesquisa



Intensity

“Graded approach” na gestão de Reatores de Pesquisa

Principais Funções de Segurança no Reator:

- (i) *controle da reatividade neutrônica do núcleo*
- (ii) *remoção de calor do combustível*
- (iii) *contenção do material radioativo*

$k_{\text{eff}} = (\text{nêutrons produzidos}) / (\text{nêutrons absorvidos} + \text{fuga de nêutrons})$

$$k_{\text{ef}} = \nu N_f \sigma_f \phi V / ((N_1 \sigma_{a1} + N_2 \sigma_{a2} + \dots) \phi V + DB^2 \phi V)$$

ou:

$$k_{\text{ef}} = [\nu N_f \sigma_f / ((N_1 \sigma_{a1} + N_2 \sigma_{a2} + \dots) + DB^2)] (\phi V / \phi V)$$

“Graded approach” na gestão de Reatores de Pesquisa

Principais Funções de Segurança no Reator:

- (i) *controle da reatividade neutrônica do núcleo*
- (ii) *remoção de calor do combustível*
- (iii) *contenção do material radioativo*

$k_{\text{eff}} = (\text{nêutrons produzidos}) / (\text{nêutrons absorvidos} + \text{fuga de nêutrons})$

$$k_{\text{ef}} = \nu N_f \sigma_f \phi V / ((N_1 \sigma_{a1} + N_2 \sigma_{a2} + \dots) \phi V + DB^2 \phi V)$$

ou:

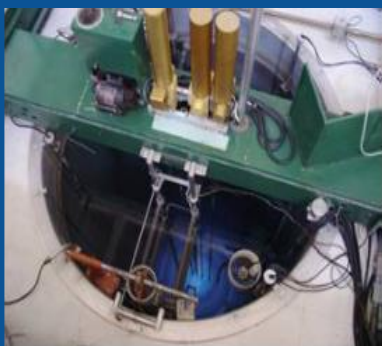
$$k_{\text{ef}} = [\nu N_f \sigma_f / ((N_1 \sigma_{a1} + N_2 \sigma_{a2} + \dots) + DB^2)] (\phi V / \phi V)$$


“Graded approach” na gestão de Reatores de Pesquisa

Areas with importance to management	Power				
	< 1 kW	100 kW	1 MW	10 MW	>10 MW
Decommissioning Planning					
Fuel Cycle					
Finance Management					
Radioactive Waste					
Human Resources Development					
Integrated Management System					
Security					
Utilization					
Safety					
Operation					
	< 1 kW	100 kW	1 MW	10 MW	>10 MW
Not intense	Some intensity	Very Intense			

Reatores Nucleares de Pesquisa no Brasil

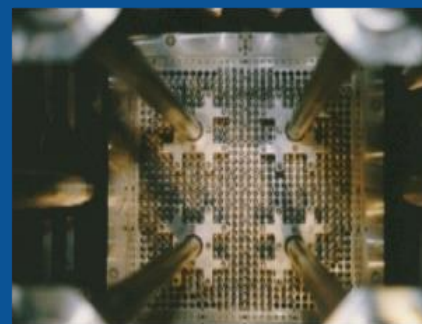
Nome	Utilização	Potência	Localização	Início de Operação	Tipo
IPEN/MB-01	Unidade Crítica – Análise de Núcleo de PWR	100 W	IPEN/CNEN-SP	1988	Núcleo Aberto – Vareta
			São Paulo		
ARGONAUTA	Pesquisa – Ensino	500 W	IEN/CNEN-RJ	1965	Argonaut
			Rio de Janeiro		
IPR-R1	Pesquisa – Ensino	100 kW	CDTN/CNEN-MG	1960	TRIGA MARK-I
			Belo Horizonte		
IEA-R1	Pesquisa e Produção de Radioisótopos	5 MW (2MW)	IPEN/CNEN-SP São Paulo	1957	Reator MTR Piscina Aberta



IPR-R1



ARGONAUTA



IPEN/MB-01



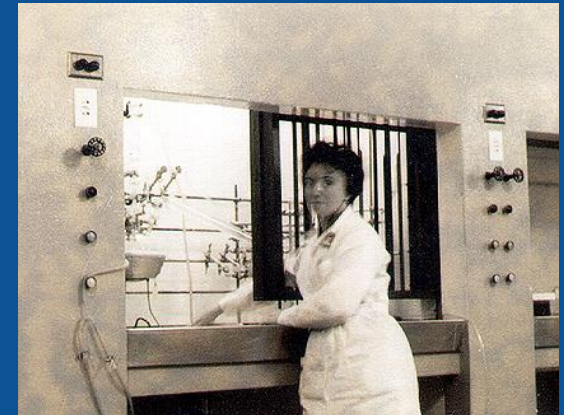
IEA-R1

REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

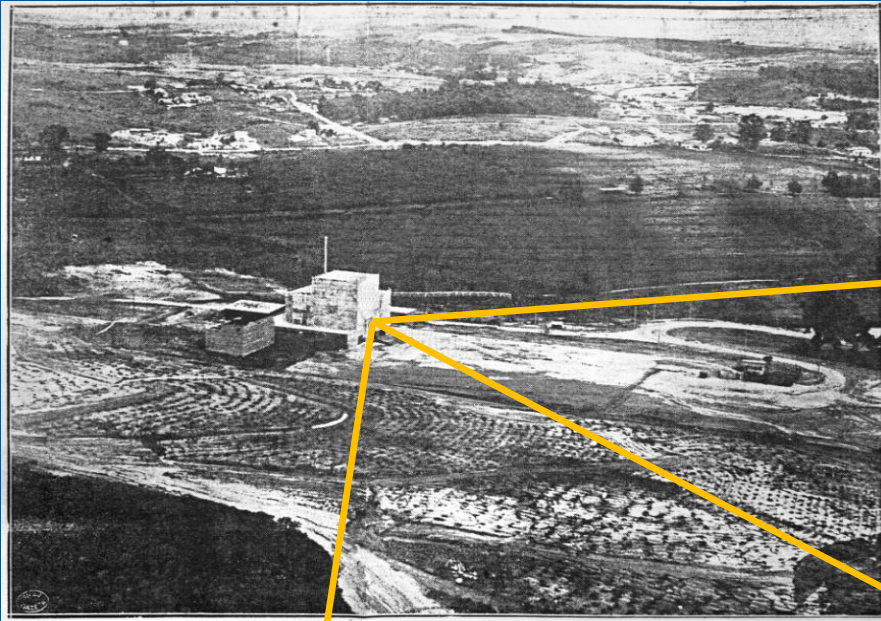
IEA-R1 (1958)



Pioneiros



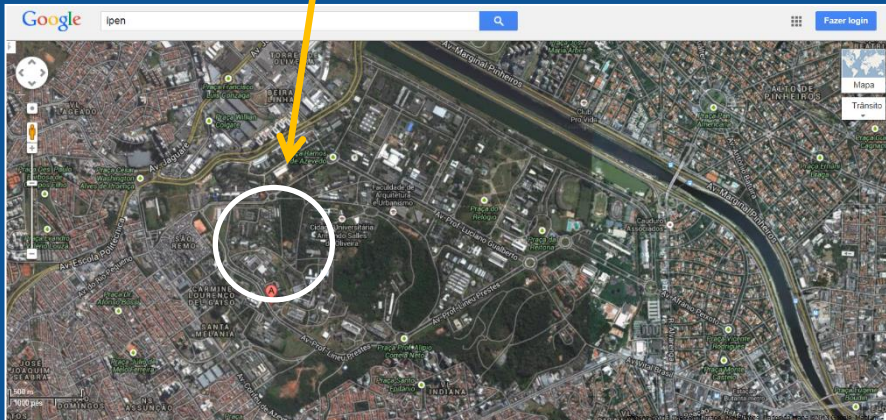
REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO



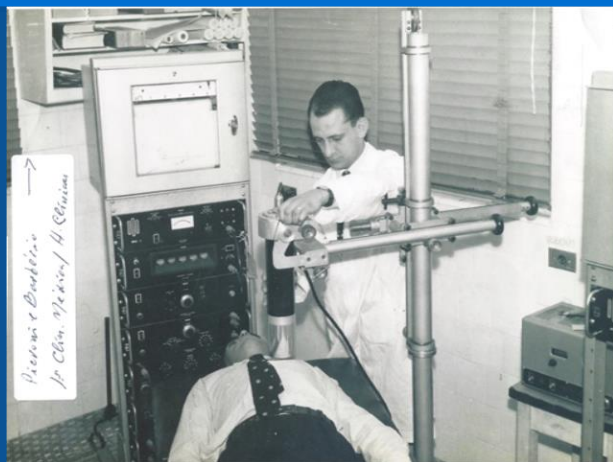
**A instalação de um Reator de Pesquisa origina
um grande Instituto de Pesquisa**



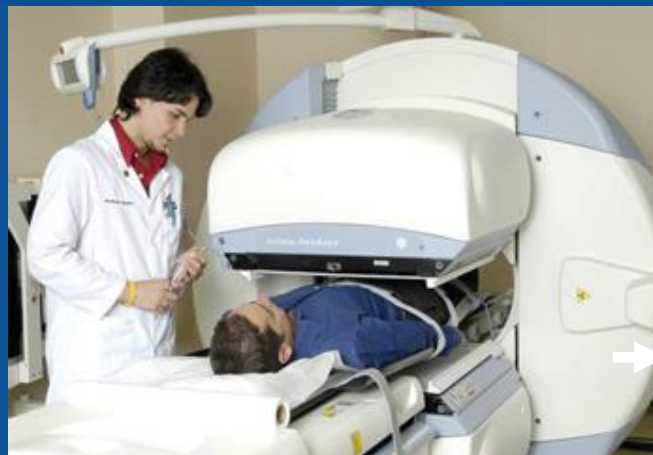
IEA-R1 (1958) ----- IPEN (2020)



REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO



Passado



Presente

➔ *Futuro*

Ciência ➔ ***Tecnologia*** ➔ *Inovação* ➔ *Sociedade*
Produtos
Serviços

Pioneiros ➔ ***Formação de RH*** ➔ *Gerações Futuras*

Porque um Novo Reator de Pesquisa?

- O RMB dotará o Brasil de uma **infraestrutura fundamental** para o desenvolvimento nacional das atividades do setor nuclear nas áreas de:
 - ✓ **aplicações sociais,**
 - ✓ **estratégicas e industriais,**
 - ✓ **desenvolvimento científico e tecnológico.**
- **Projeto estruturante e de arraste.**

Produção de Radioisótopos pelo RMB (Proposta Inicial)

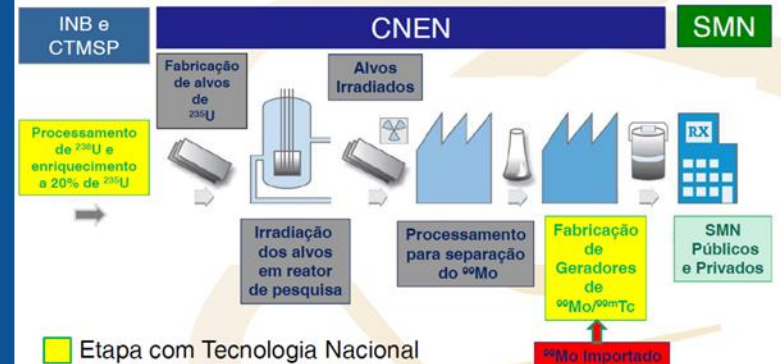
Aplicação	Radioisótopo	Forma de Produção	Frequência de Produção ⁽¹⁾	Produção Anual ⁽²⁾ (Ci)
Radiofármacos Injetáveis	Mo-99	Irradiação U-235	S	54.000
	I-131	Irradiação U-235	S	5.400
	I-131	Irradiação de Te-130	S	2.700
	Cr-51	Irradiação Cr-50	Q	5,4i
	Sm-153	Irradiação de Sm-152	Q	108
	Lu-177	Irradiação de Lu-176	S	270
	Ho-166	Irradiação Ho-165	S	5,4
	Y-90	Irradiação de Y-89	S	5,4
	W-188	Irradiação de W-186	M	1,2
	P-32	Irradiação de S-32	Q	5,4
Braquiterapia	I-125	Irradiação de Xe-124	S	120
	Ir-192	Irradiação de Ir-191 (sementes)	S	12.000
	Ir-192	Irradiação de Ir-191 (fios)	M	20 fios (atividade variável)
Radioterapia	Co-60	Irradiação de Co-59	A	15
Indústria	Ir-192	Irradiação Ir-191 (discos)	Q	30.000
	Co-60	Irradiação Co-59	T	2,5
	Se-75 ⁽³⁾	Irradiação Se-74	M	6.000
Traçadores	Br-82	Irradiação Br-81	T	0,2
	Hg-203	Irradiação Hg-202	T	15
	I-131	Irradiação de Te-130	S	Sob demanda

(1) Produção: S : Semanal Q: Quinzenal M: Mensal T: Trimestral A: Anual

(2) 1 Ci equivale a $3,7 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo (Becquerel – Bq)

(3) A produção de ^{76}Se dependerá de uma análise mais detalhada a ser realizada durante o projeto detalhado.

Etapas da Cadeia de Suprimento de ⁹⁹Mo



 Etapa com Tecnologia Nacional

■ Etapas a serem obtidas por meio do Empreendimento RMB



**RMB um Laboratório Nacional
para Utilização de Feixe de
Nêutrons em complemento ao
LNLS (CNPEM)**

LNLS- Laboratório Nacional de Luz Sincrotron (em operação)

Sirius-Nova fonte de luz síncrotron brasileira (em projeto)

X-RAYS & NEUTRONS CROSS SECTIONS

As compared with x-ray scattering cross sections, which vary as Z^2 , neutron scattering cross sections show little systematic variation with atomic number.

The diagram shows two rows of spheres representing scattering cross sections for elements H, Li, C, O, S, Mn, Zr, and Cs. The top row, labeled 'x-rays', shows spheres whose size increases significantly from left to right, following a Z^2 trend. The bottom row, labeled 'neutrons', shows spheres of much more uniform size across all elements, indicating little systematic variation with atomic number.



RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO

Ministério da Ciência Tecnologia e Inovações
MCTI

Empreendedor

Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN

Órgão
Responsável

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento - DPD



Parceria Técnica

AMAZUL

Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A.

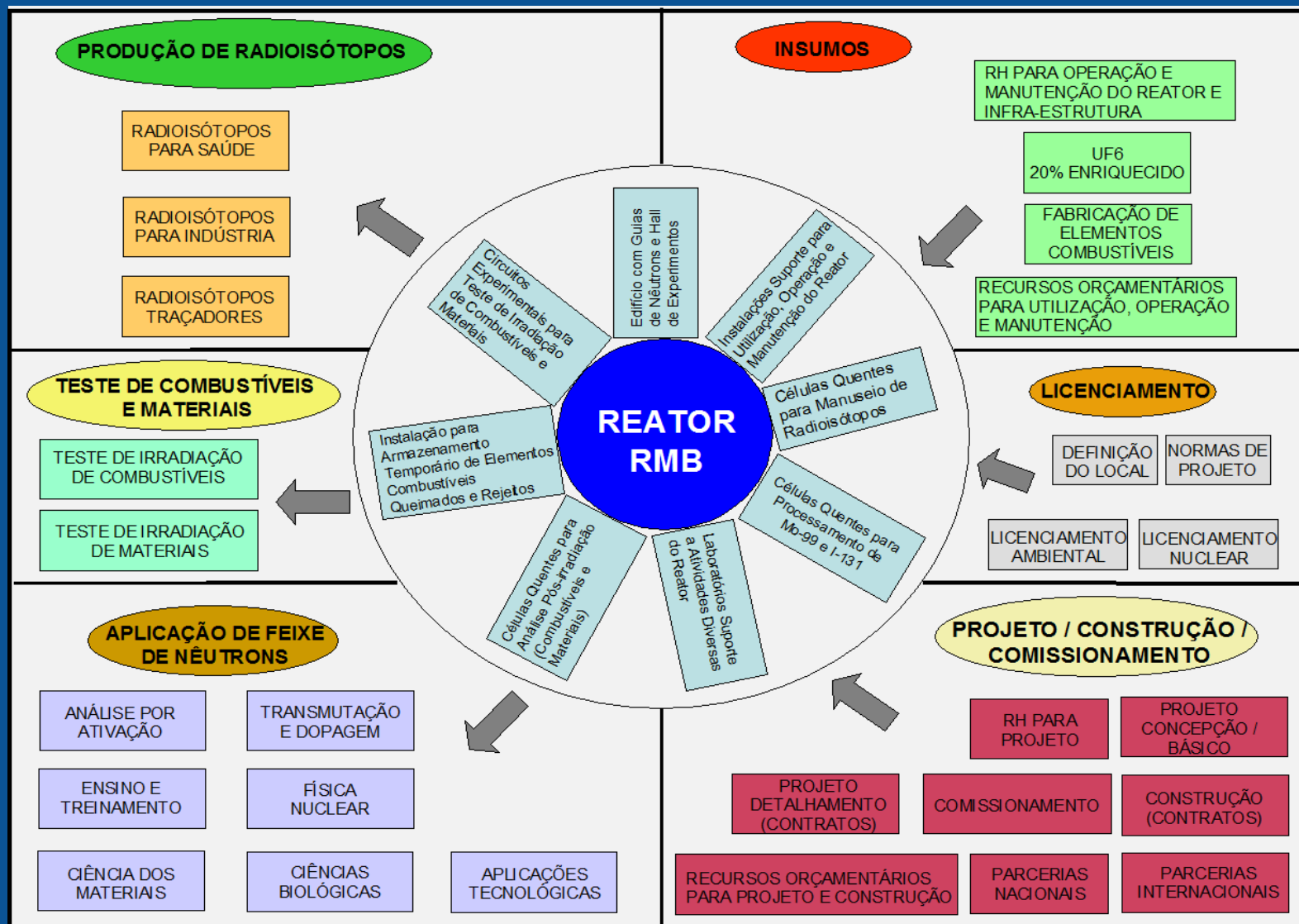
APOIO



CDPNB - GSI



Escopo do Empreendimento



ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

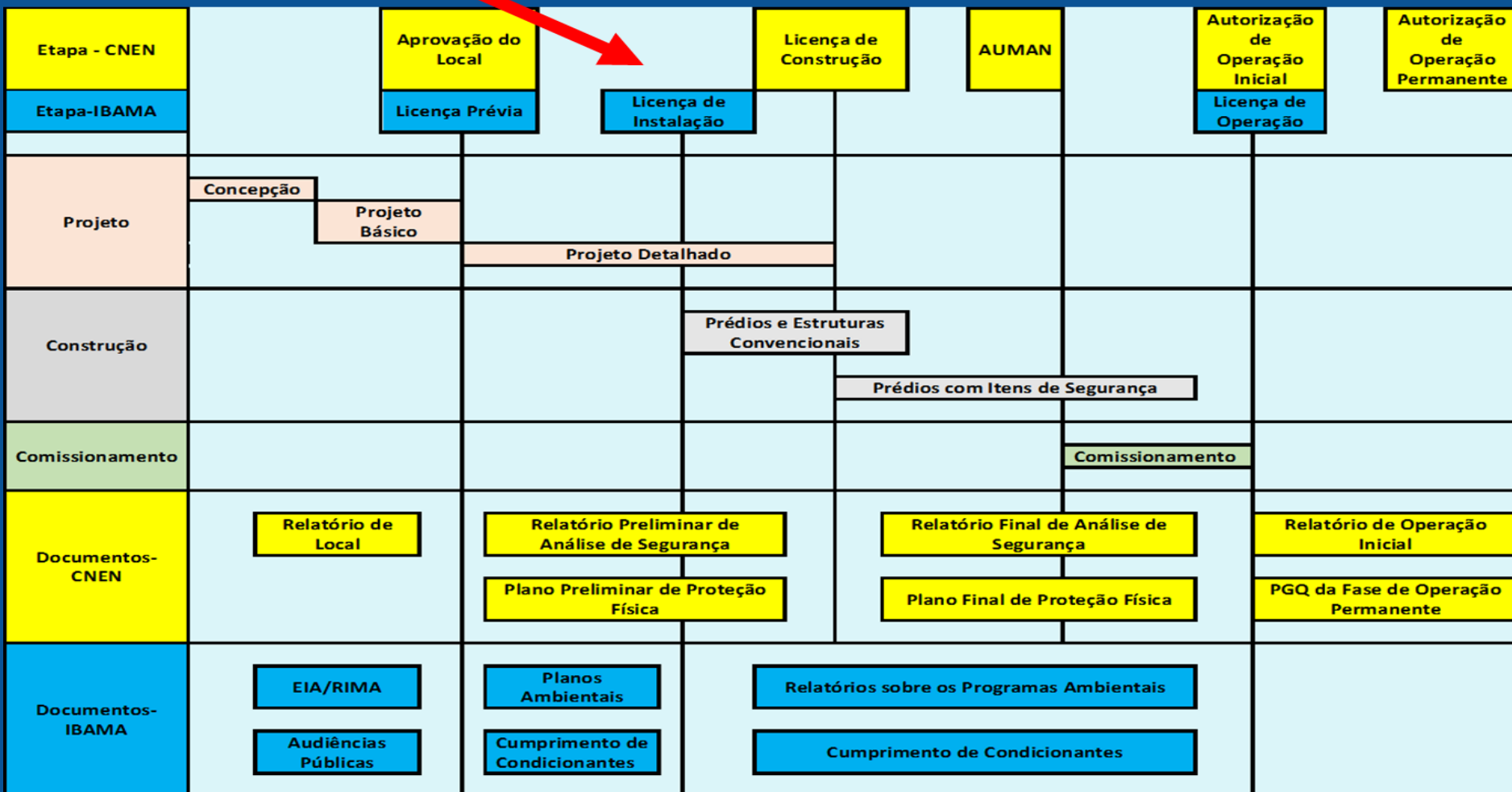
2008							2017			2021				2025
Prospecção do Local														
Projeto Conceitual														
Projeto Básico														
							Projeto Detalhado da NPP							
										Suprimento da NPP				
										Construção NPP				
							Desenvolvimento do Combustível							
Licenciamento Ambiental														
Licenciamento Nuclear														
											Comissionamento da NPP			
	Em Execução													
	Concluído													
	Não Iniciado													
	Execução Futura													

Custo Estimado: US\$ 500 milhões
Ação PPA 12P1

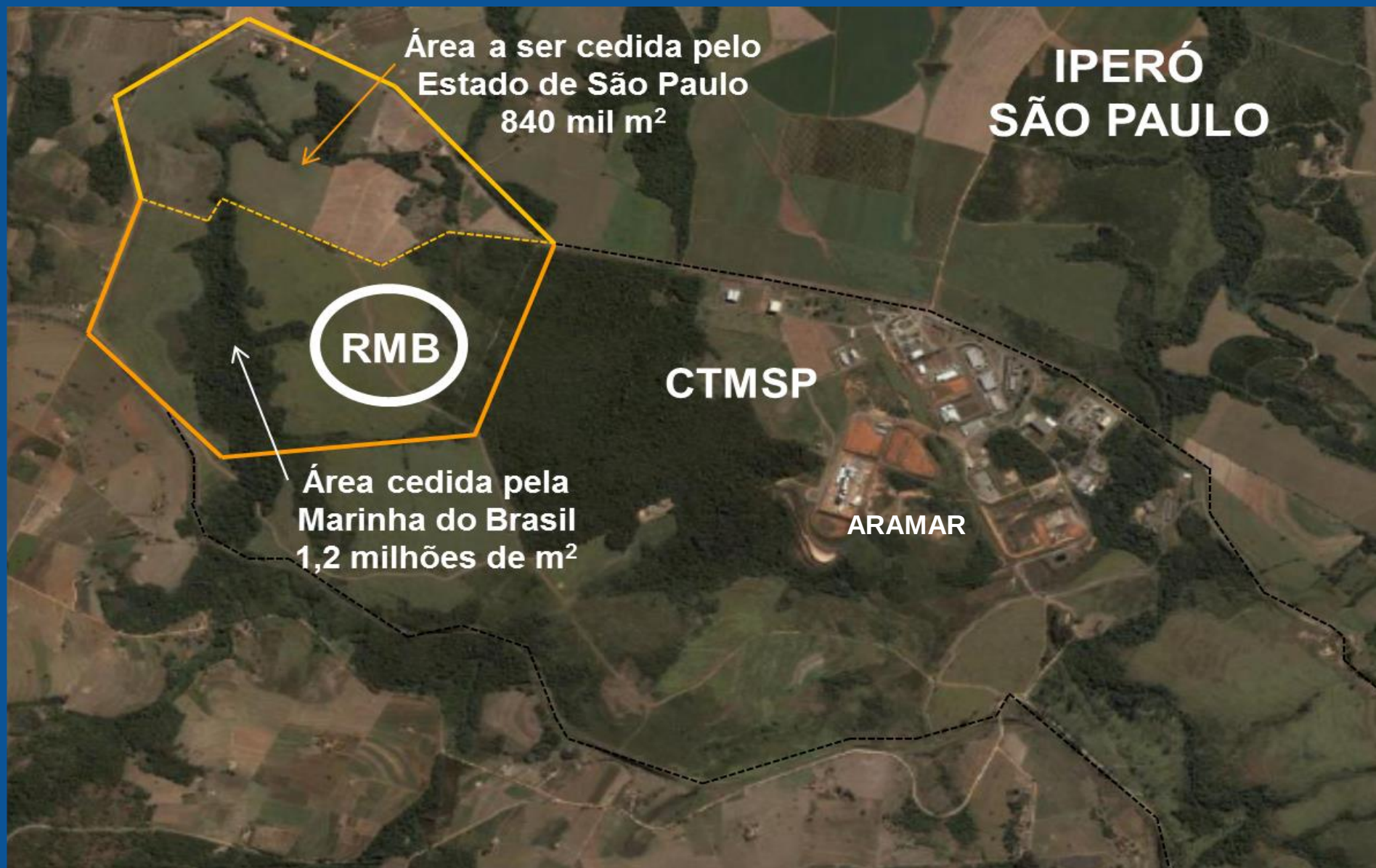
ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

Situação Atual

Etapas do Licenciamento



REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO



INSTALAÇÕES DO RMB

Terreno em Iperó/SP



INSTALAÇÕES DO RMB

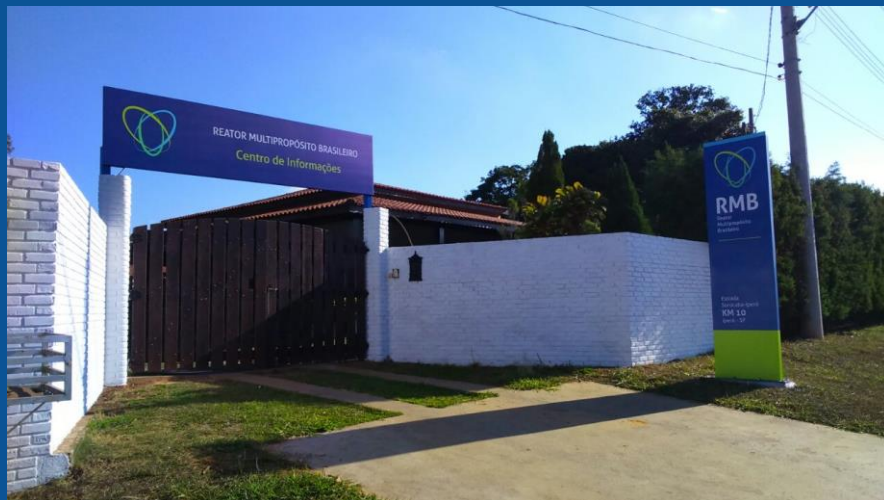
Terreno em Iperó/SP



REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

INSTALAÇÕES DO RMB

Terreno em Iperó/SP



ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

2008							2015								2024
Prospecção do Local															
Projeto Conceitual															
Projeto Básico															

Projeto Conceitual e Básico

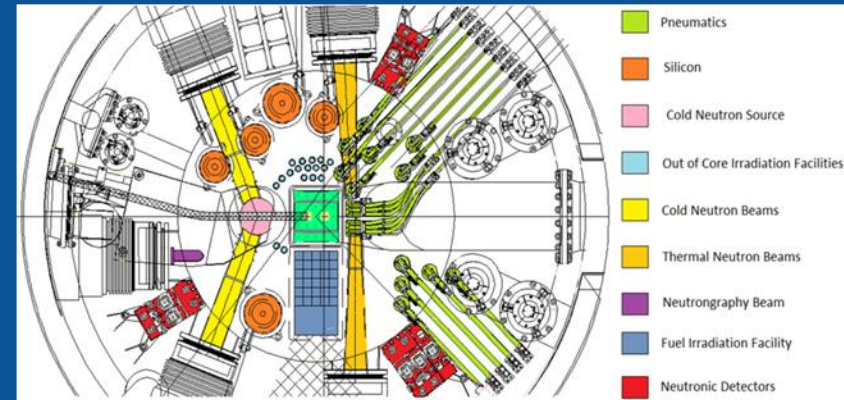
- Projeto de concepção dos sistemas do reator e principais instalações realizado por técnicos dos institutos da CNEN
- Convênio CNEN/FINEP/REDETEC No. 01.10.0704.00 de R\$ 50 milhões para Desenvolvimento do projeto básico.
- Projeto de engenharia conceitual e básico de prédios, sistemas e infraestrutura: empresa nacional **INTERTECHNE** - contratada em 02/01/2012 concluído em Dezembro de 2014.

Projeto Conceitual e Básico

- **Acordo de Cooperação CNEN/CNEA**, no âmbito da **COBEN**, assinado em 31 de janeiro de 2011.
- Neste acordo foi assumido que Brasil e Argentina adotariam o reator de pesquisa OPAL, construído na Austrália e projetado pela empresa argentina INVAP, como reator de referência para os projetos básicos dos reatores de pesquisa **RMB** e **RA-10**.
- Projeto de engenharia básico dos itens e sistemas nucleares do reator: **INVAP** - contratada em 06/05/2013 concluído em Dezembro de 2014.

REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

RMB
Brasil
(em projeto)



RA-10
Argentina
(em projeto)



OPAL
Austrália
(em operação)



REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

	RMB	RA-10	OPAL
Potência	30 MW	30 MW	20 MW
Material Refletor	D ₂ O & Be	D ₂ O	D ₂ O
Vazão de Água	3100 m ³ /h	3200 m ³ /h	1900 m ³ /h
Arranjo do Núcleo	5 x 5 (23 EC)	5 x 5 (19 EC)	4 x 4 (16 EC)
Primeiro Sistema de Desligamento	6 placas de Hf	6 placas de Hf	4 Placas de Hf +
Segundo Sistema de Desligamento	Esvaziamento do D ₂ O	Esvaziamento do D ₂ O	Esvaziamento do D ₂ O
Posições de Irradiação In-core	2 Posições	6 Posições	Nenhuma
Facilidades Out-of- Core	OPAL + Loop	OPAL + Loop	Referência
Diâmetro do Tanque do Reator	5100 mm	4500 mm	4500 mm

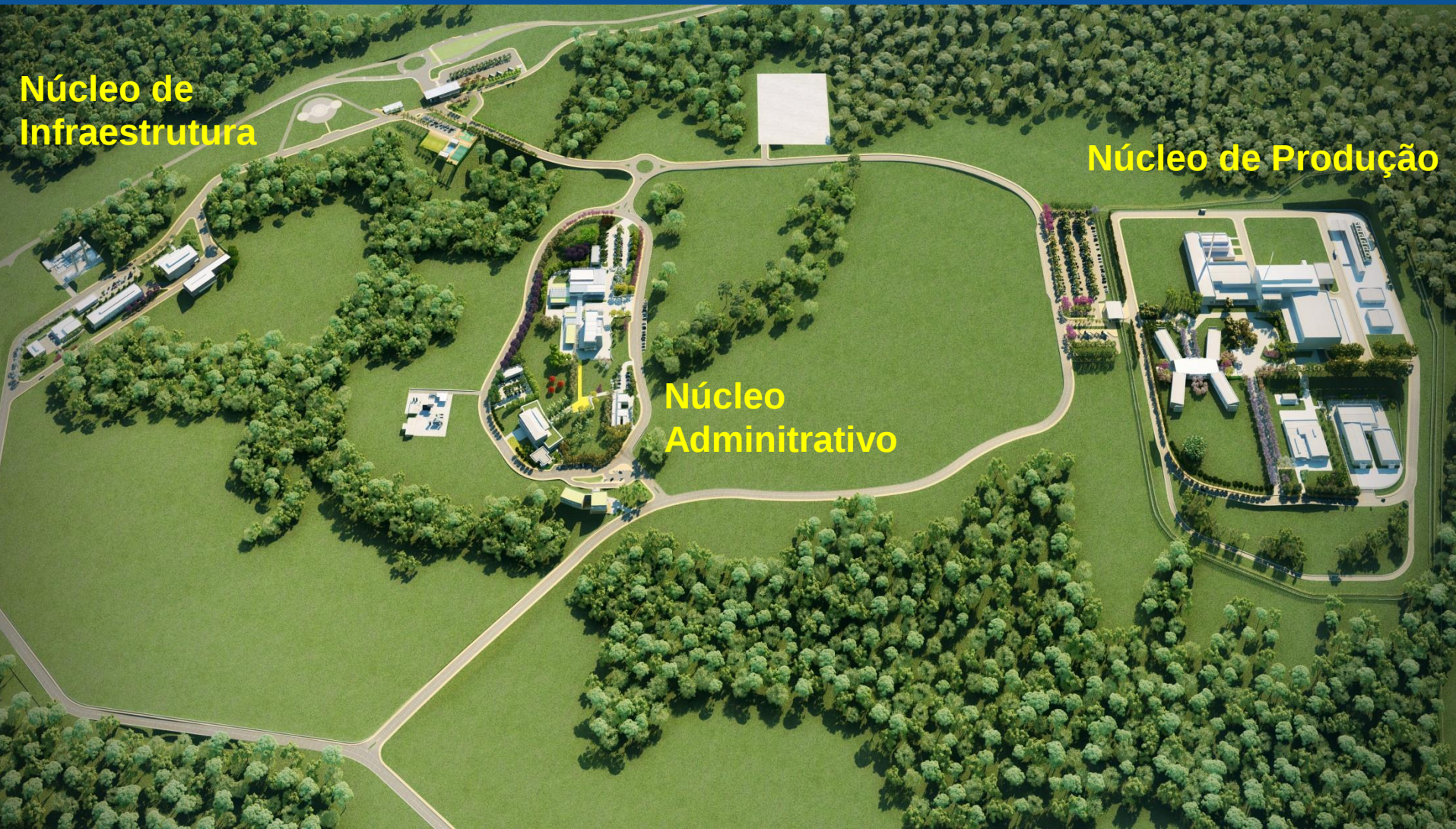
INSTALAÇÕES DO RMB

Plano Diretor

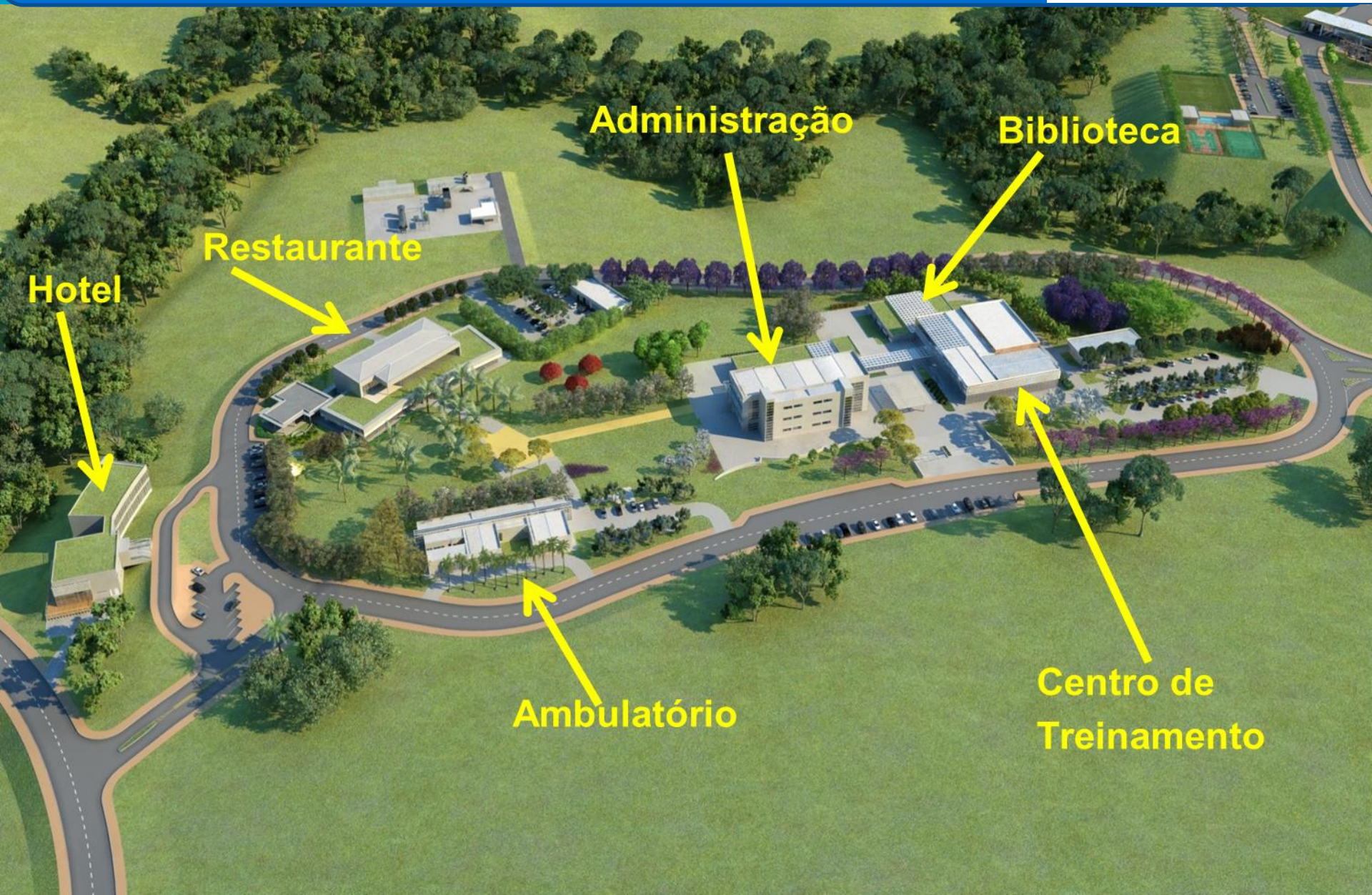


INSTALAÇÕES DO RMB

Plano Diretor



REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

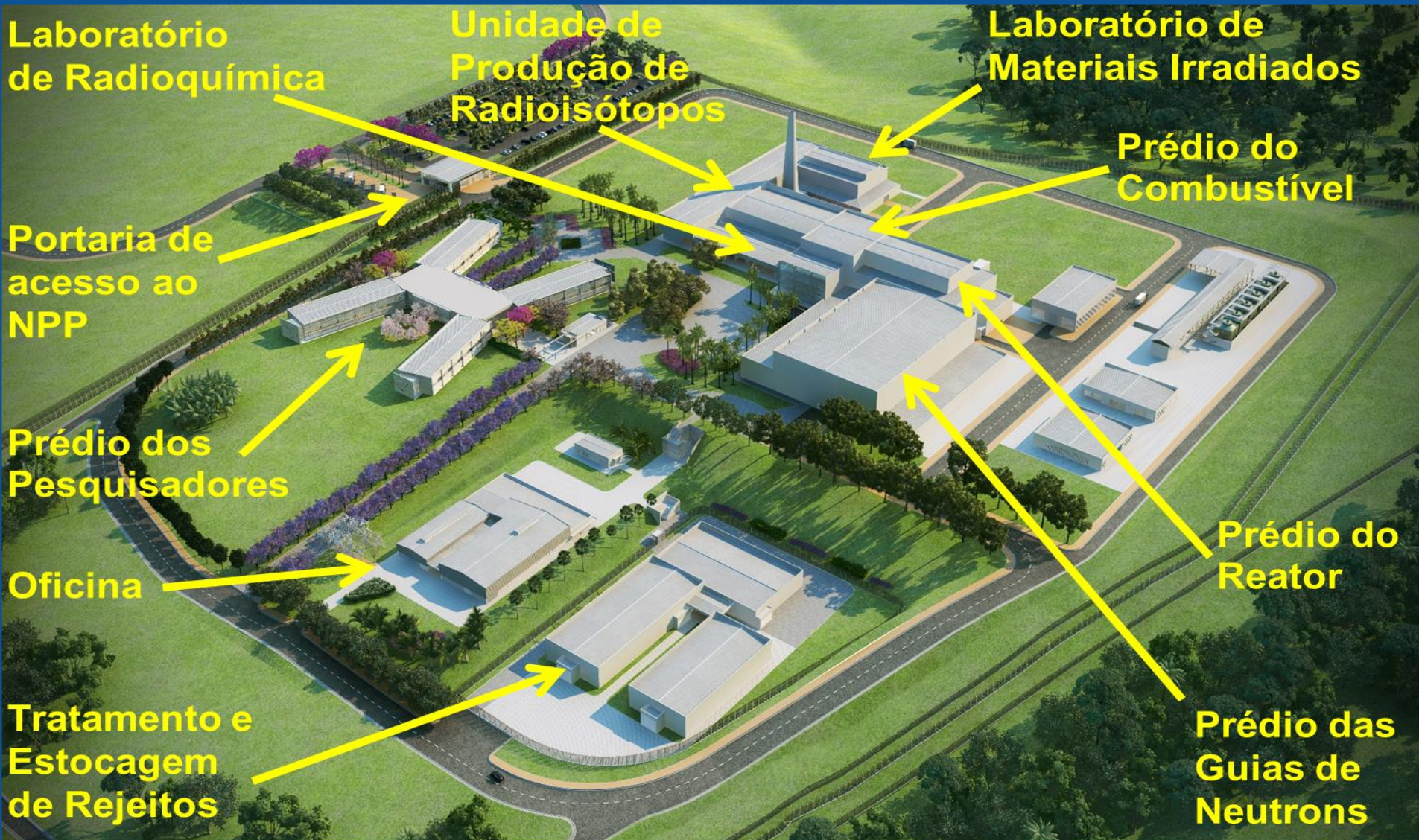


REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO



INSTALAÇÕES DO RMB

Núcleo de Produção e Pesquisa



REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

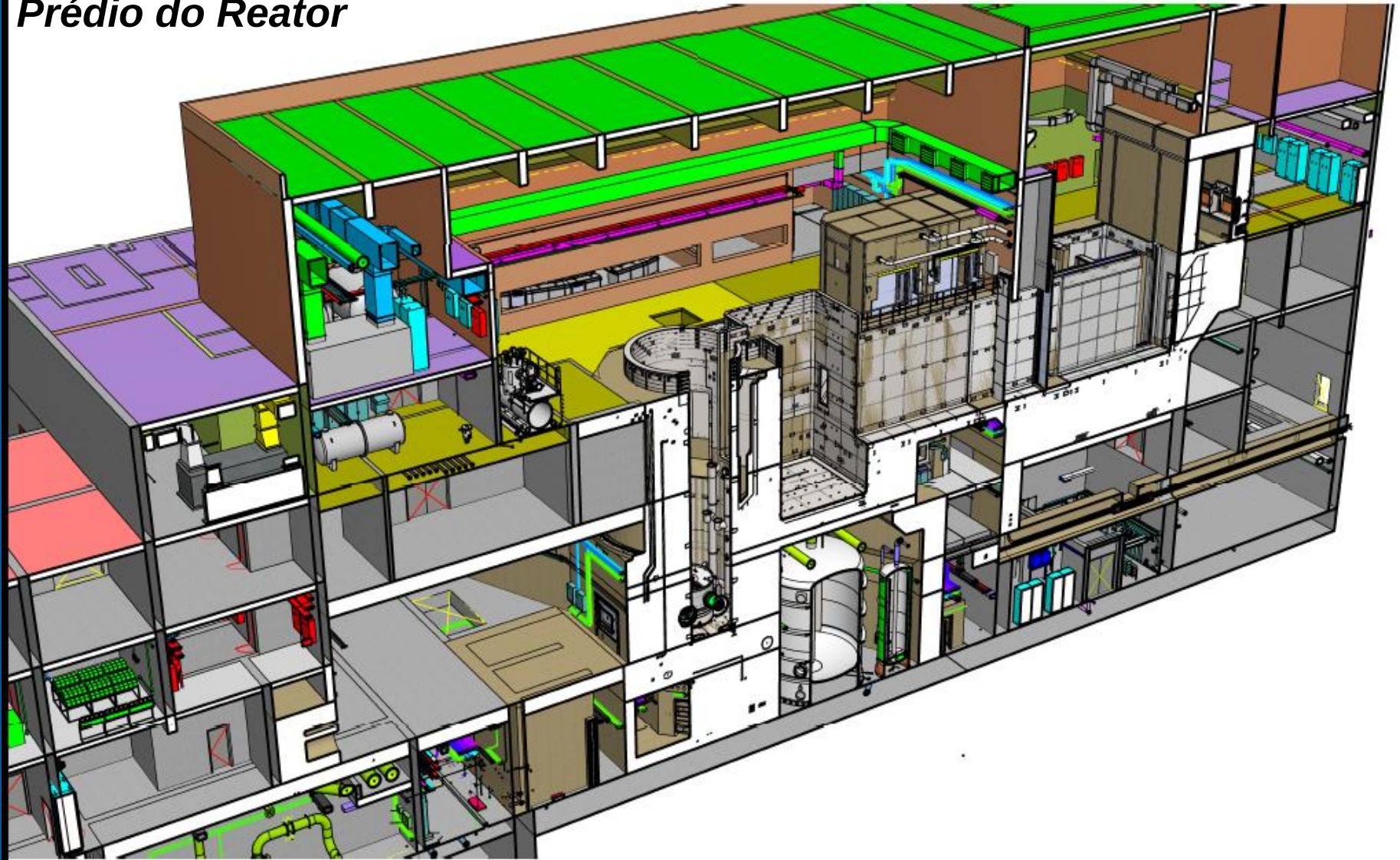


INSTALAÇÕES DO RMB

Prédio do Reator e Laboratórios

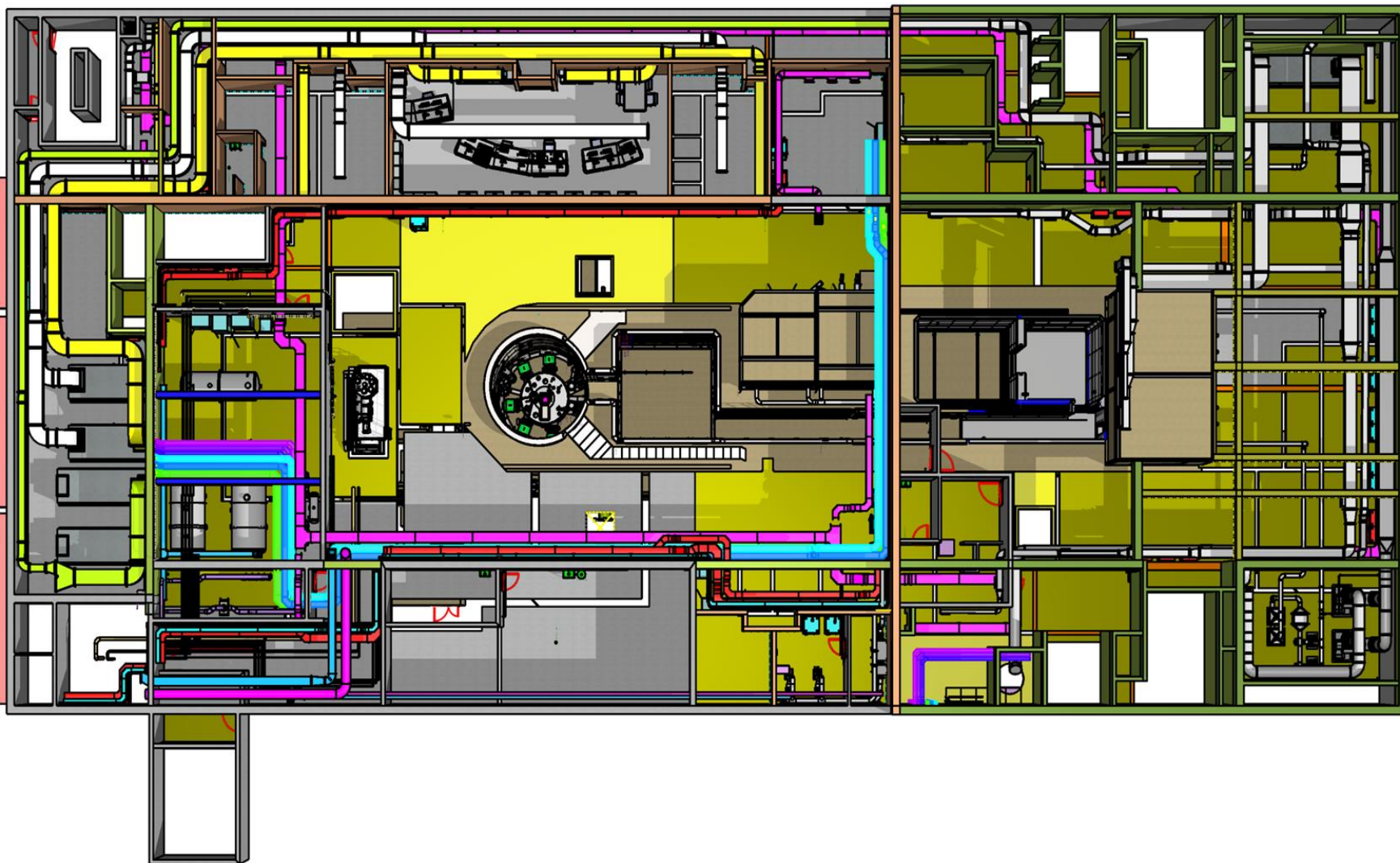


Prédio do Reator

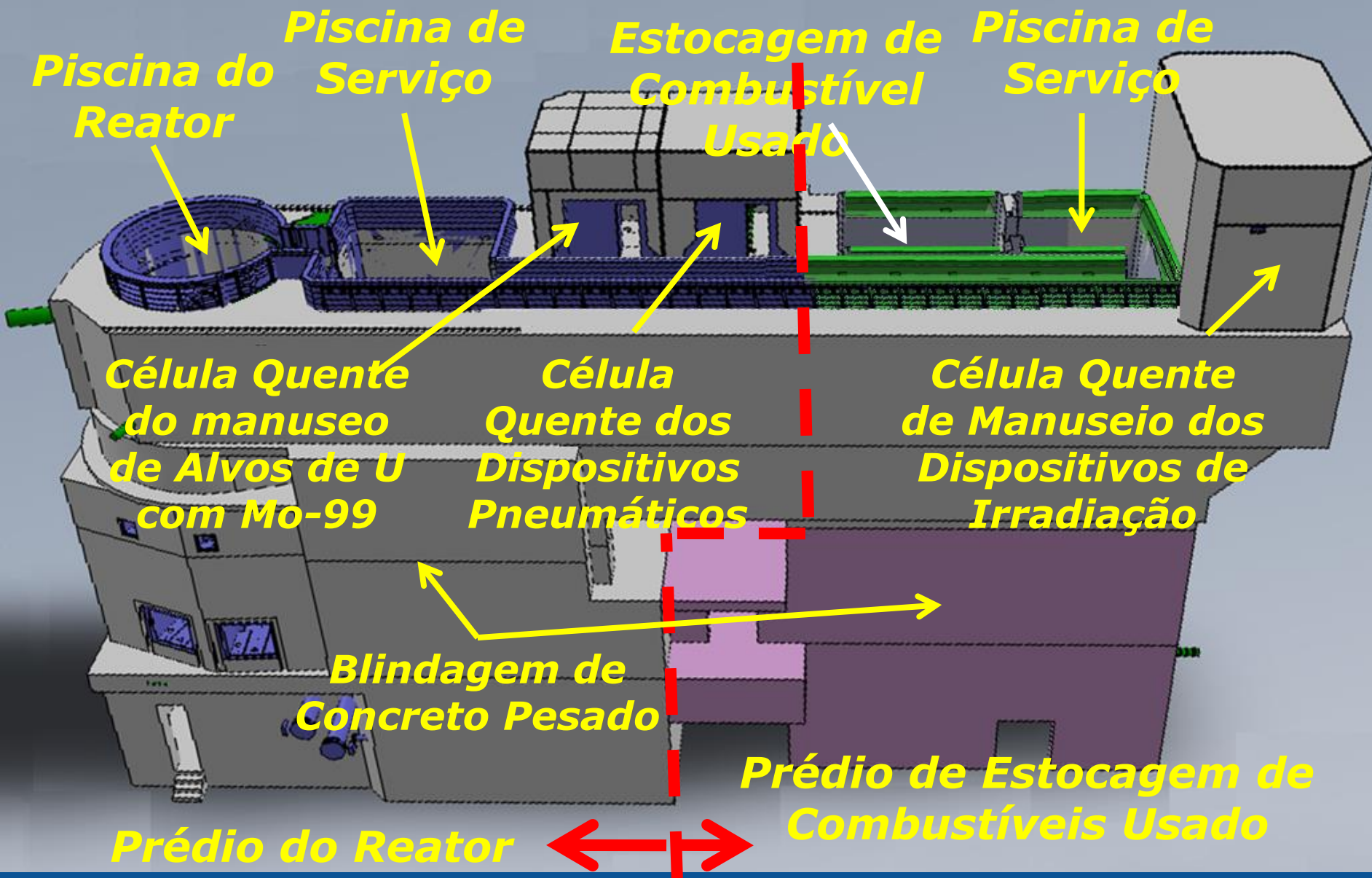


REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

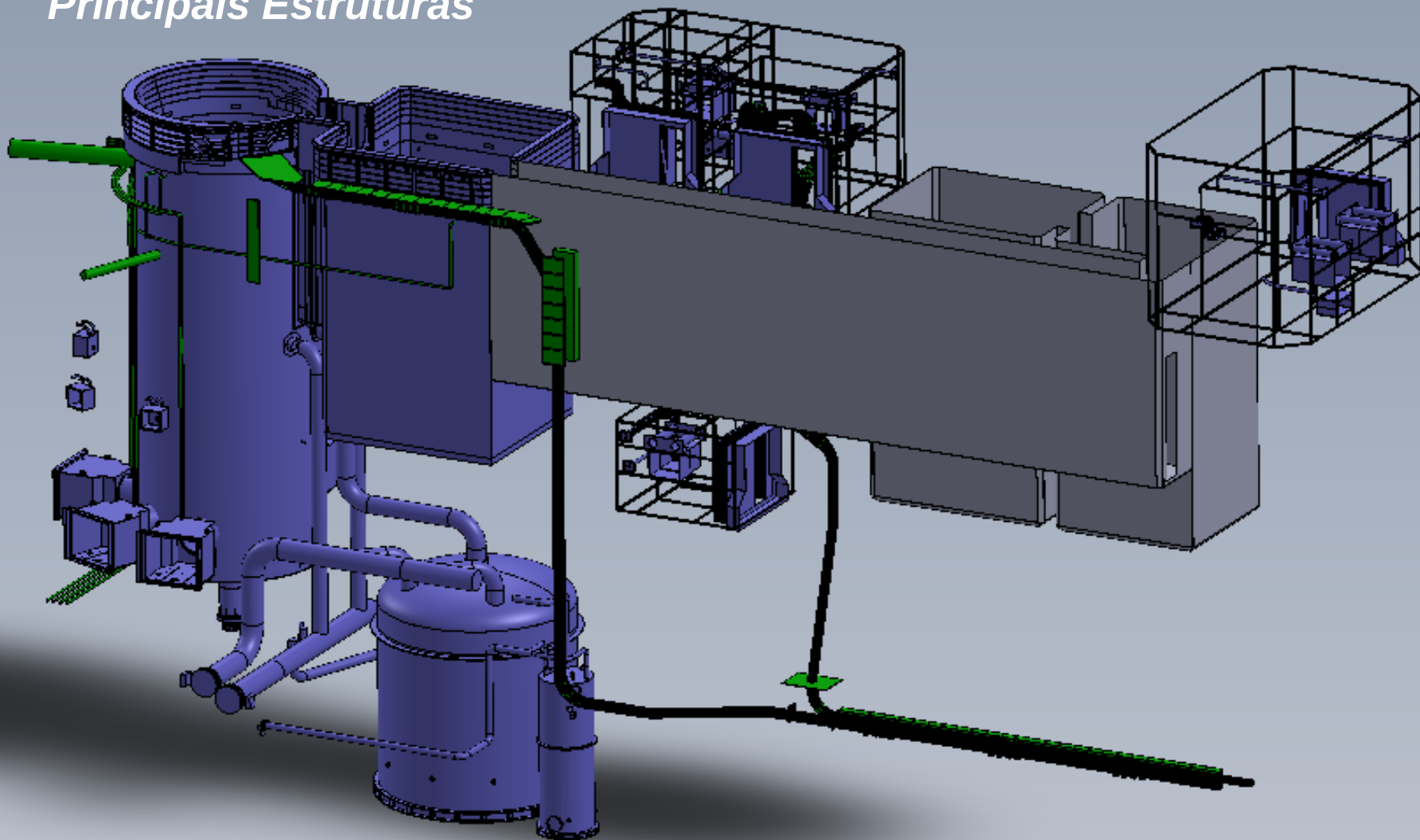
Prédio do Reator



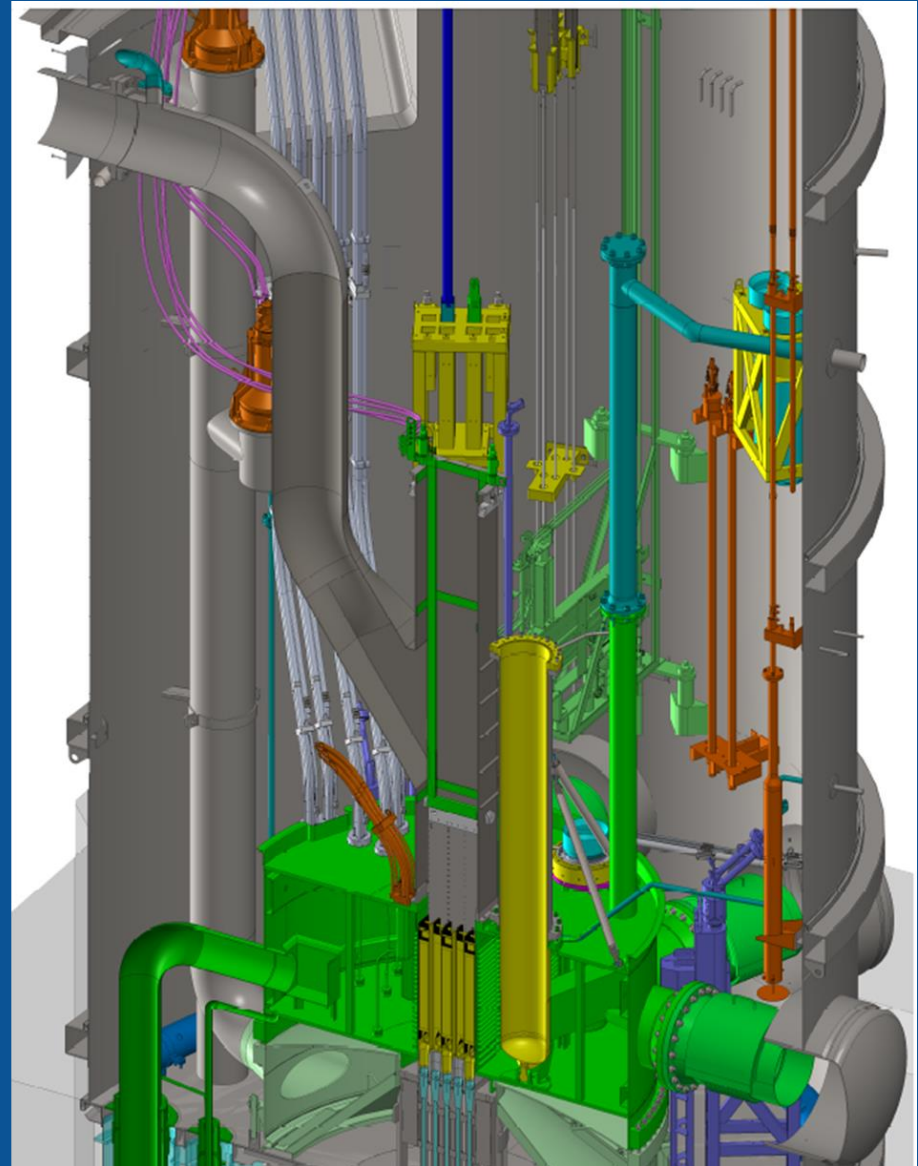
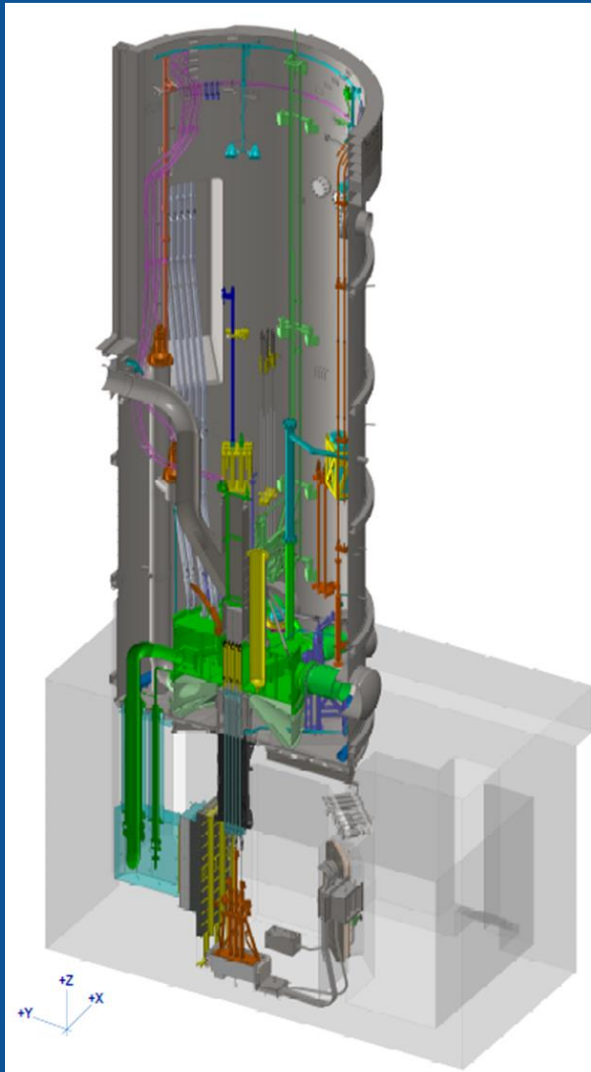
REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO



Principais Estruturas



Vista do Tanque do Reator



REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

20 Posições para
irradiação tipo “bulk”

9 Posições para
irradiação tipo
“pneumática”

Feixe para
neutronografia

5 Posições de
Irradiação de Si

Feixes de
nêutrons
frios

Fonte de
nêutrons
frios

5 posições para
análise por ativação

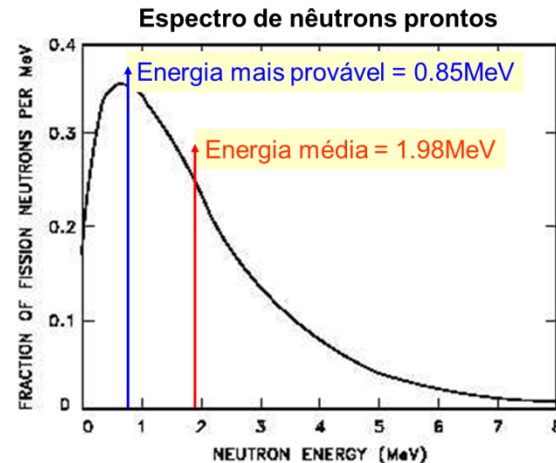
Cavidade para teste
de combustíveis

Feixes de
nêutrons
térmicos

Dispositivo de Irradiação
de Combustível

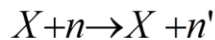


➤ Nêutrons de Fissão

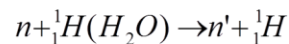


➤ Espalhamento Elástico

Reação (n, n'), onde a energia interna do núcleo alvo [X] não é alterada.

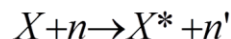


Exemplo:

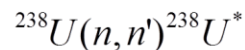


➤ Espalhamento Inelástico

Pode ser considerado como uma reação (n, n') onde o nêutron é absorvido pelo núcleo alvo formando um núcleo composto que decai emitindo "outro nêutron" com menor energia.



Exemplo:



➤ Moderação de nêutrons

Decremento
Logarítmico Médio de
Energia por Colisão

$$\xi = \ln \frac{E_0}{E_1}$$

$$\text{Poder de moderação} = \xi \cdot \Sigma_s$$

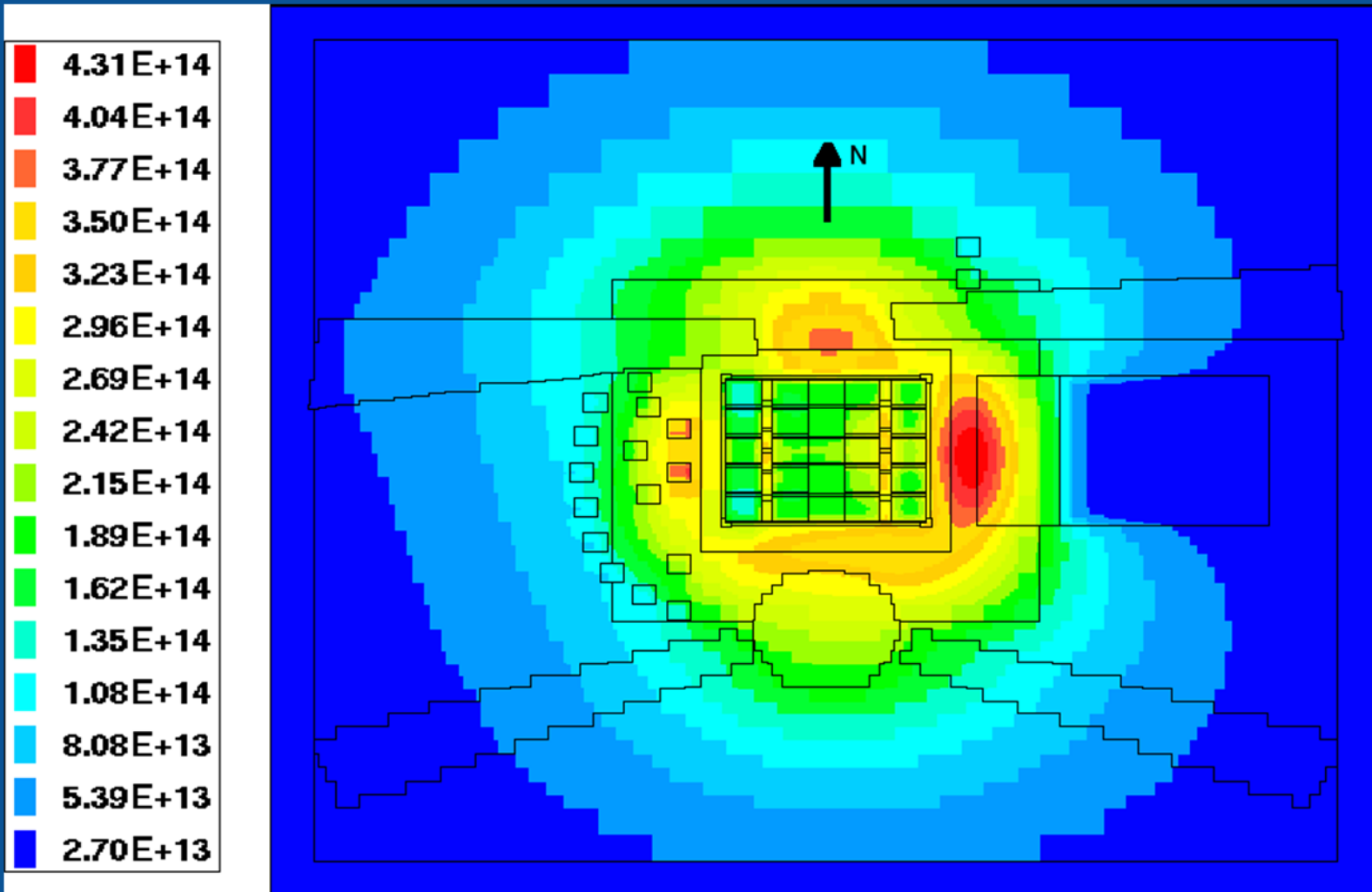
Número médio de
colisões

$$C = \ln \frac{E_0}{0.025 \text{ eV}} / \xi$$

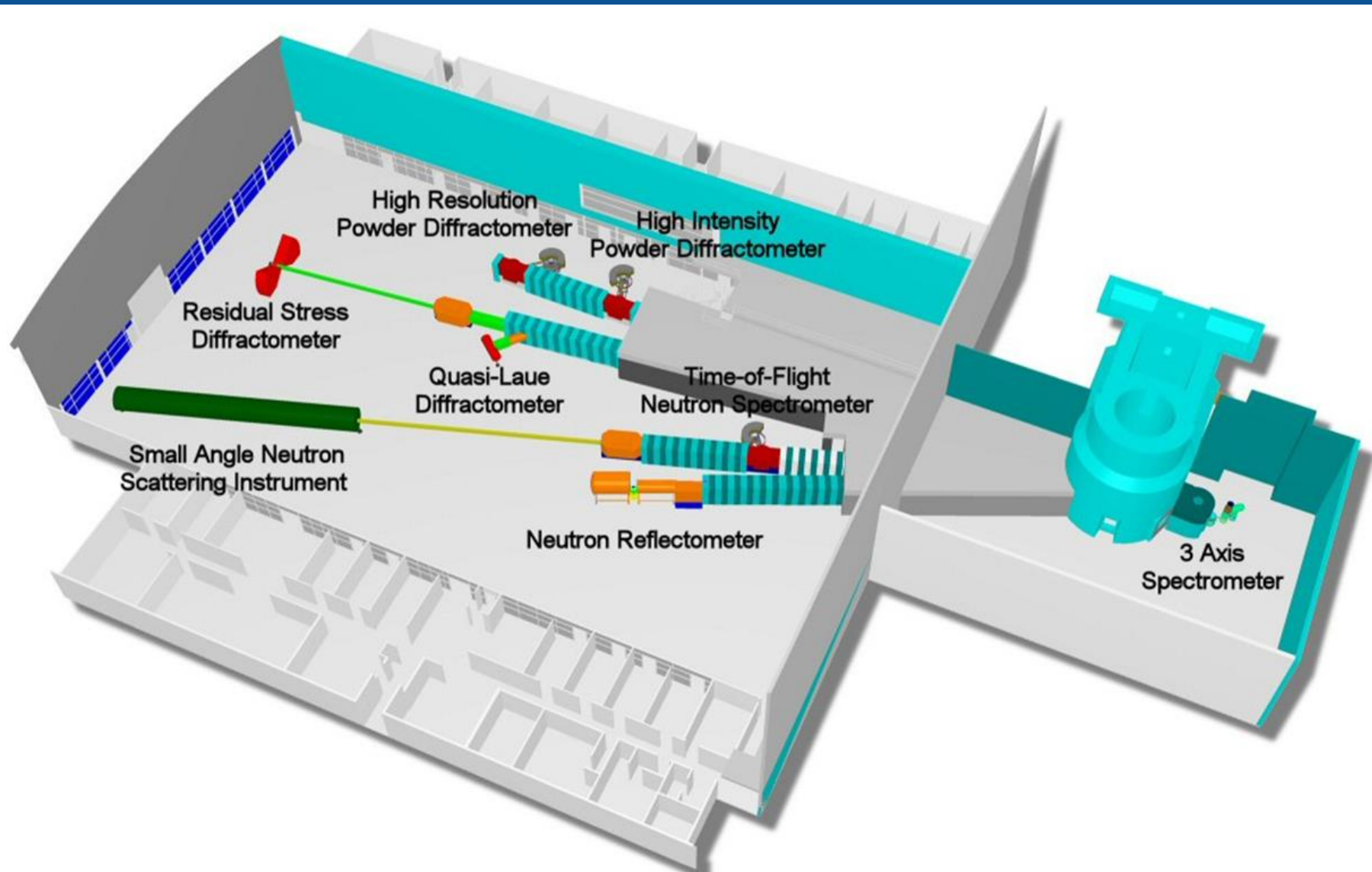
$$\text{Razão de moderação} = \frac{\xi \cdot \Sigma_s}{\Sigma_a}$$

Material	ξ	C	P.M.	R.M.
H ₂ O	0,920	20	3,17	143
D ₂ O	0,509	36	0,23	6922
${}^{12}_6\text{C}$	0,158	115	0,61	223
${}^{238}_{92}\text{U}$	0,0838	2100	-----	-----

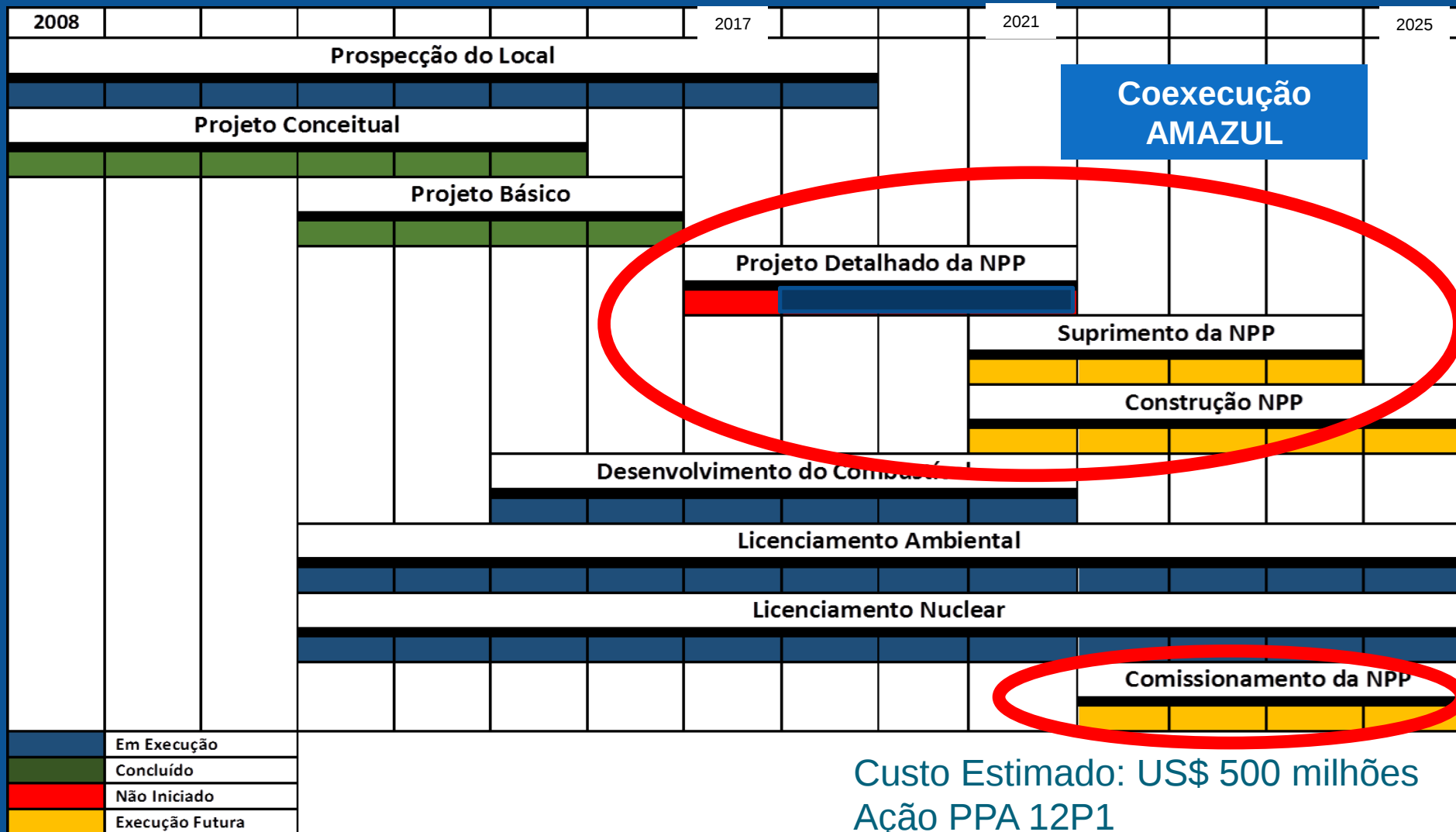
Thermal flux [n/cm²s] En < 0.625 eV - Midline of active length



REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO



ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO



Custo Estimado: US\$ 500 milhões
Ação PPA 12P1

Cooperação CNEN-AMAZUL

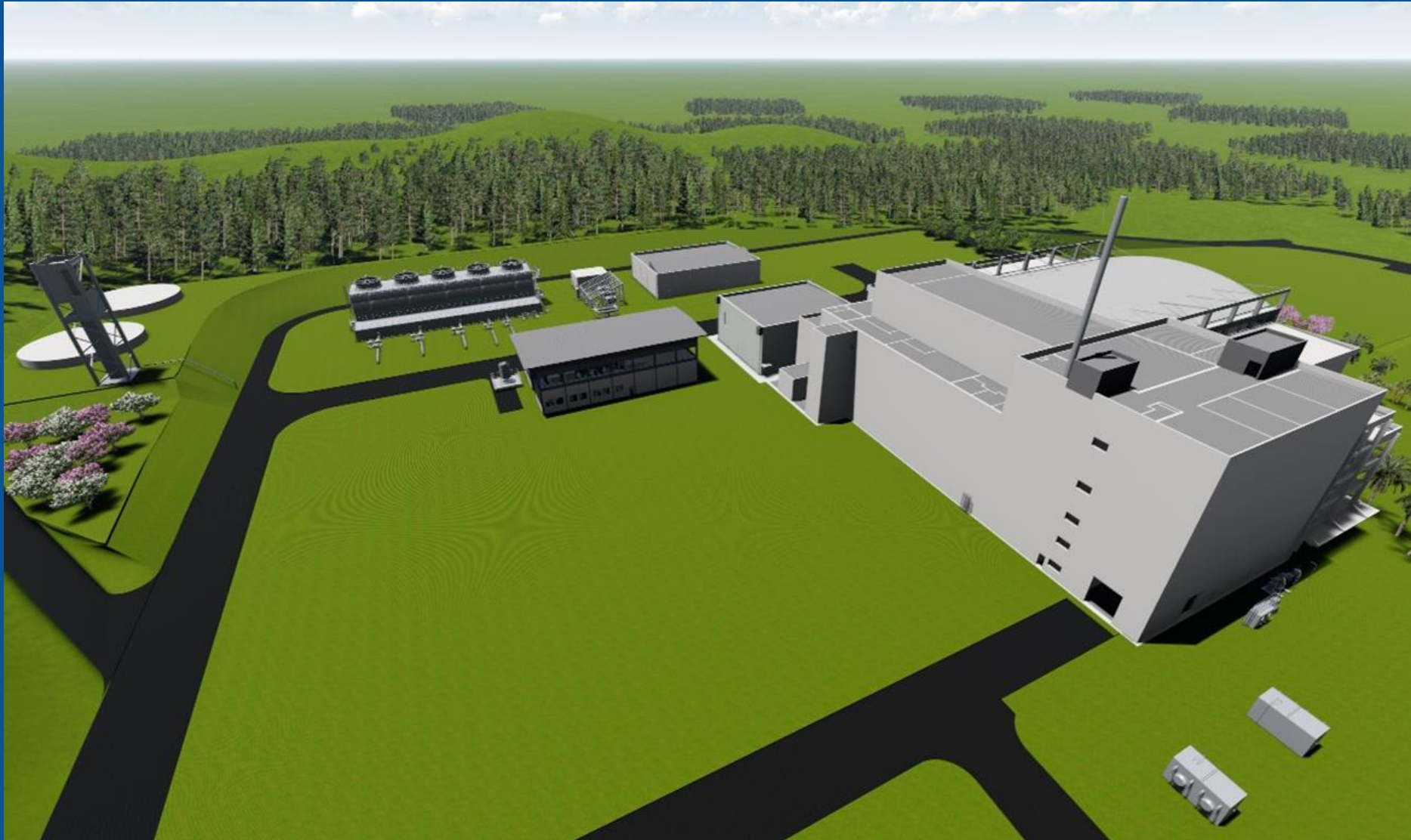
- Convênio de Parceria **CNEN-AMAZUL** para Implantação do RMB
- Convênio FINEP de R\$150M para execução do projeto detalhado do reator (Prédios N01, N02, N03, N07, N16, + ESCs associados) – (**Fundação PATRIA**).

- ✓ **AMAZUL** como a empresa brasileira de engenharia para executar o projeto detalhado.
- ✓ Base de trabalho de engenharia de 500 mil homens-hora. Mais de 70 pacotes de trabalho. Duração de 24 meses.
- ✓ Contrato em execução com a empresa **INVAP** da Argentina, para pacotes de trabalho nucleares, com base no convênio **CNEN-CNEA** para os reatores **RMB** e **RA-10**.

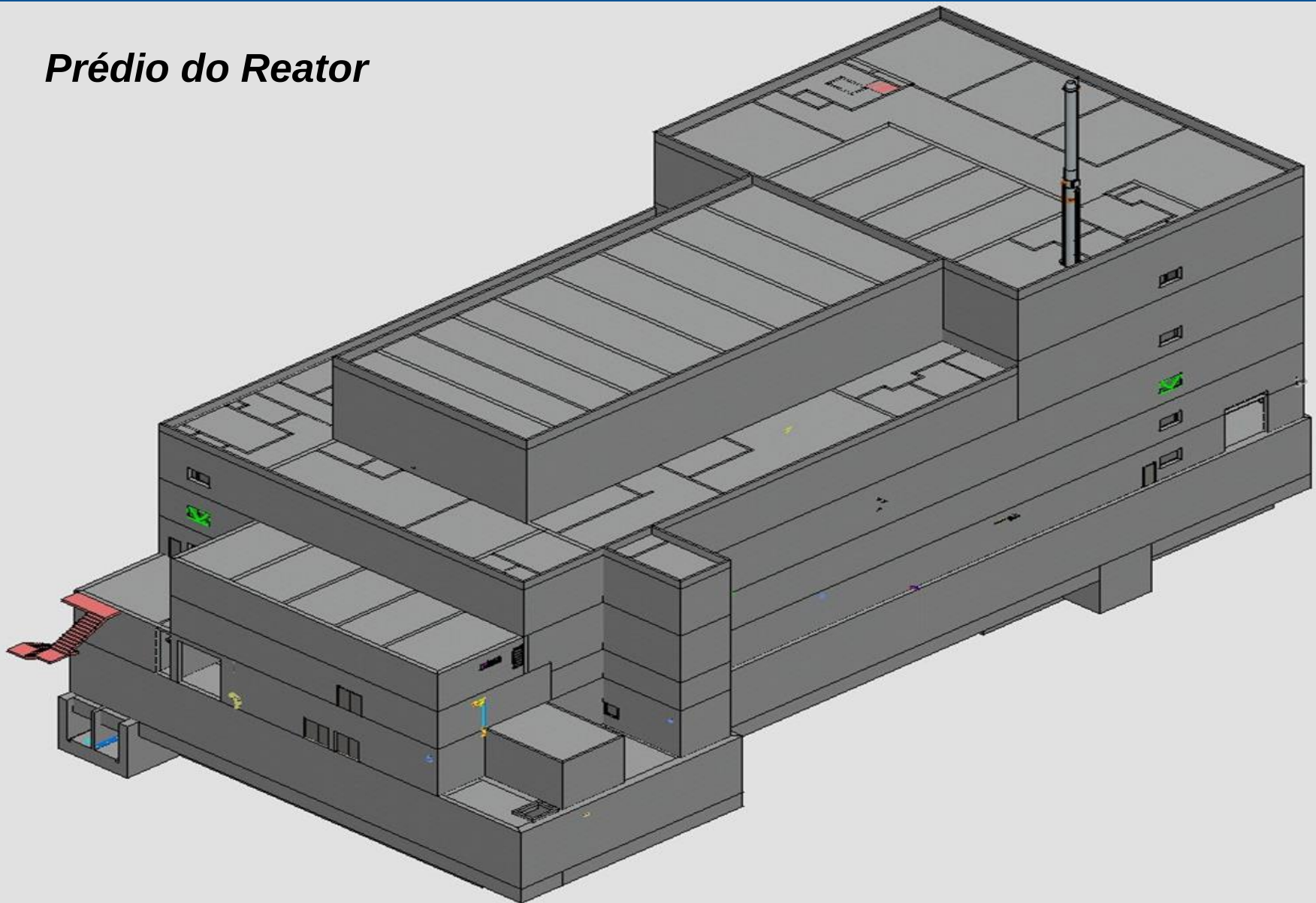
REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO



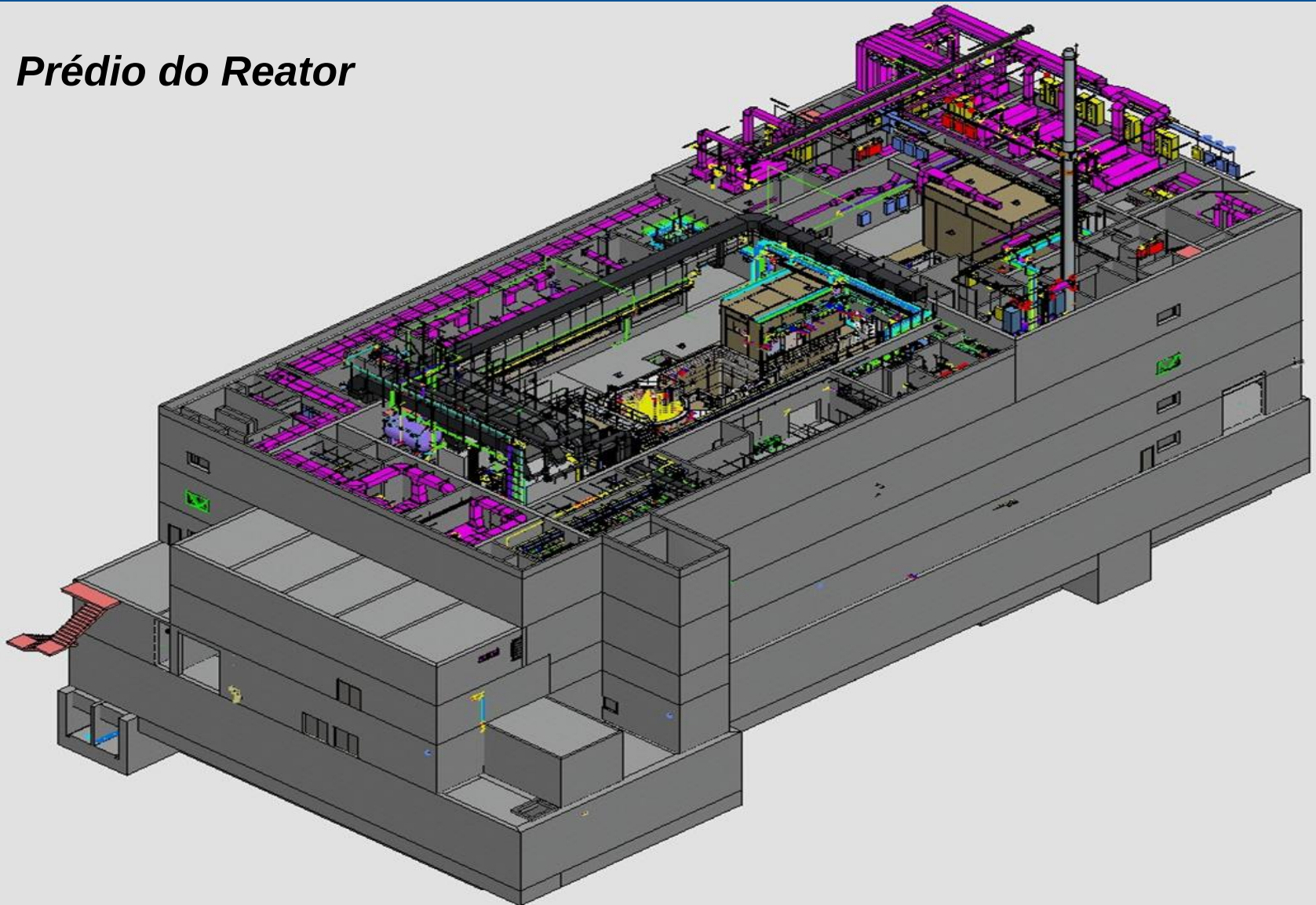
REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO



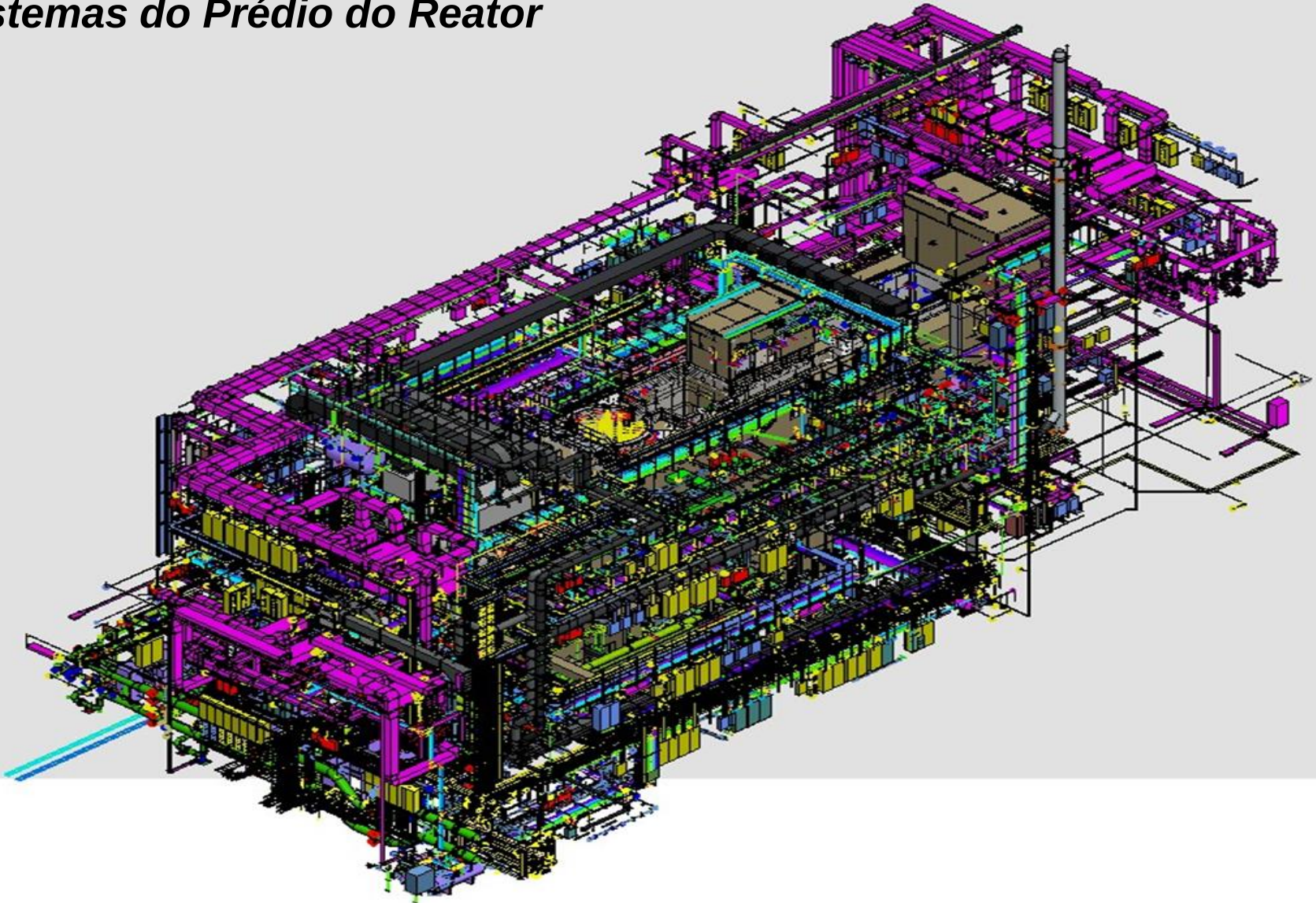
Prédio do Reator



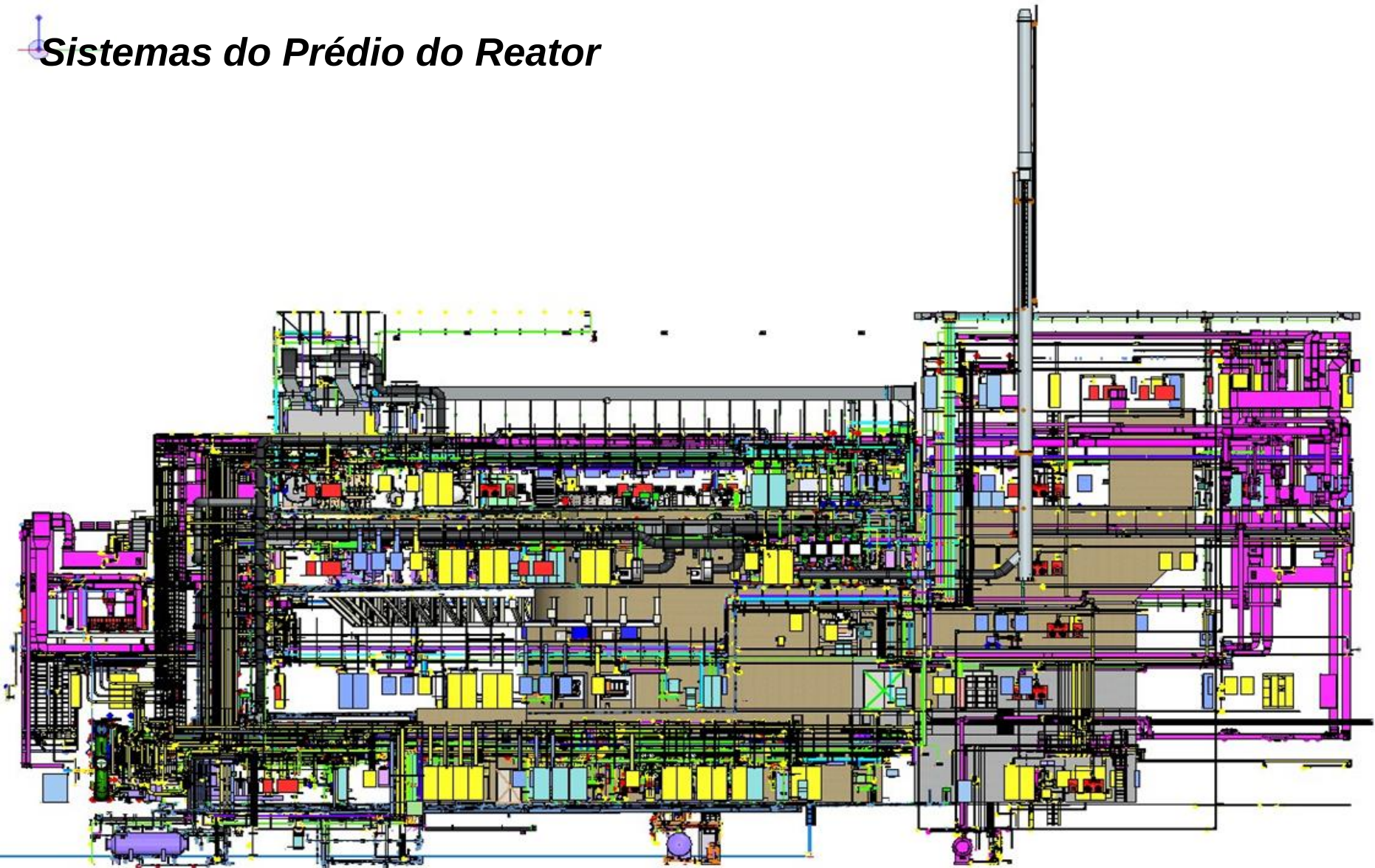
Prédio do Reator



Sistemas do Prédio do Reator

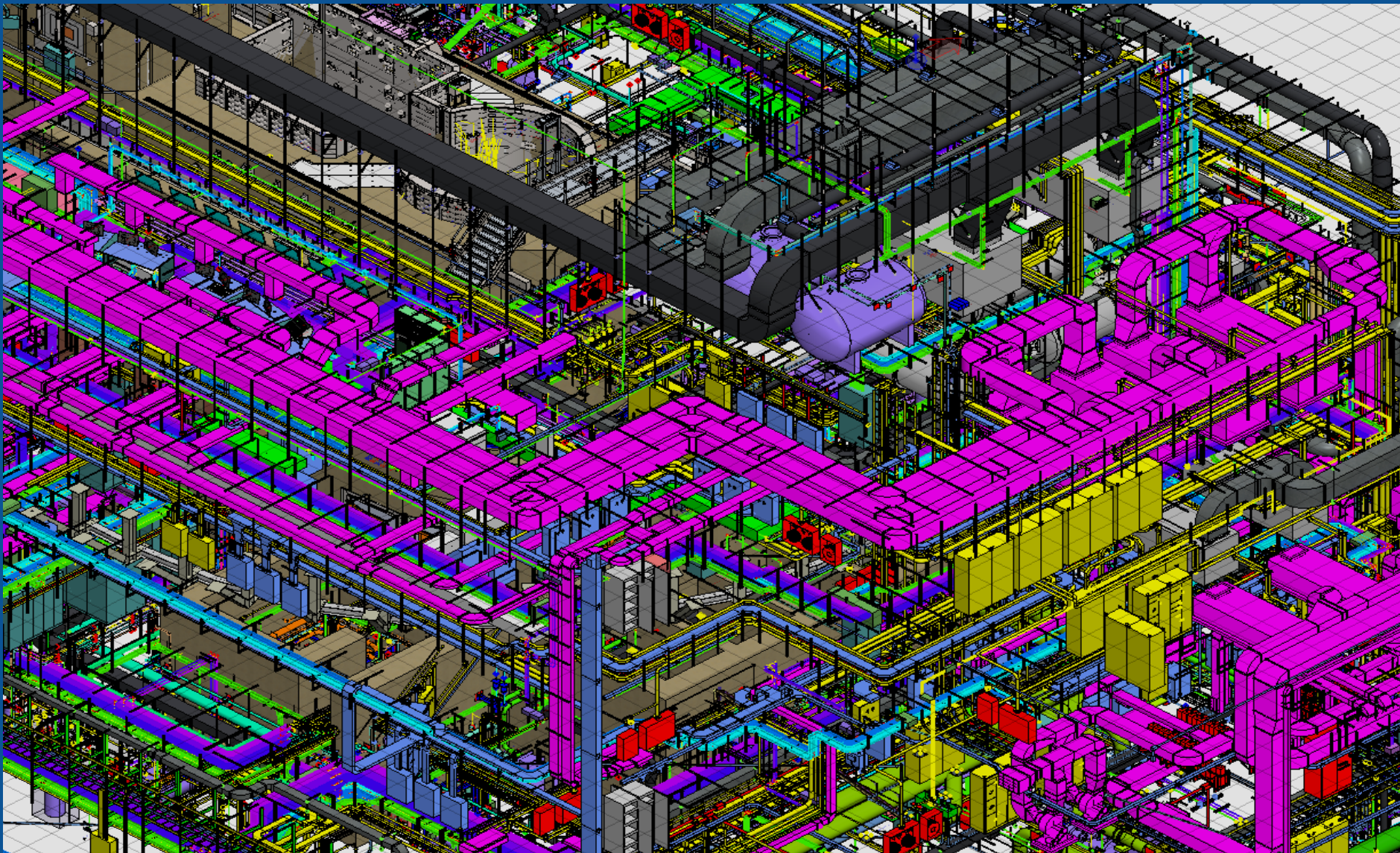


Sistemas do Prédio do Reator

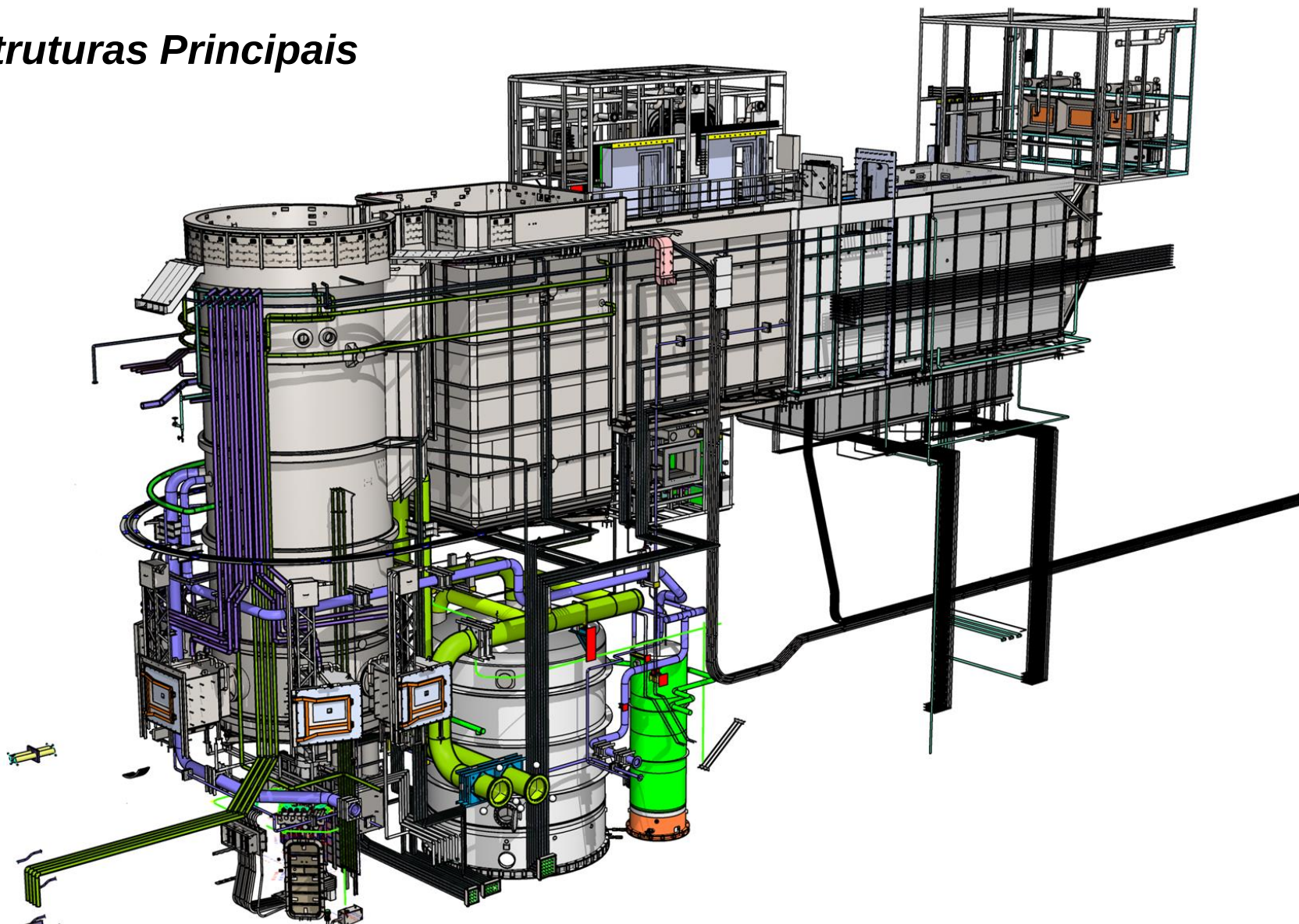


REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

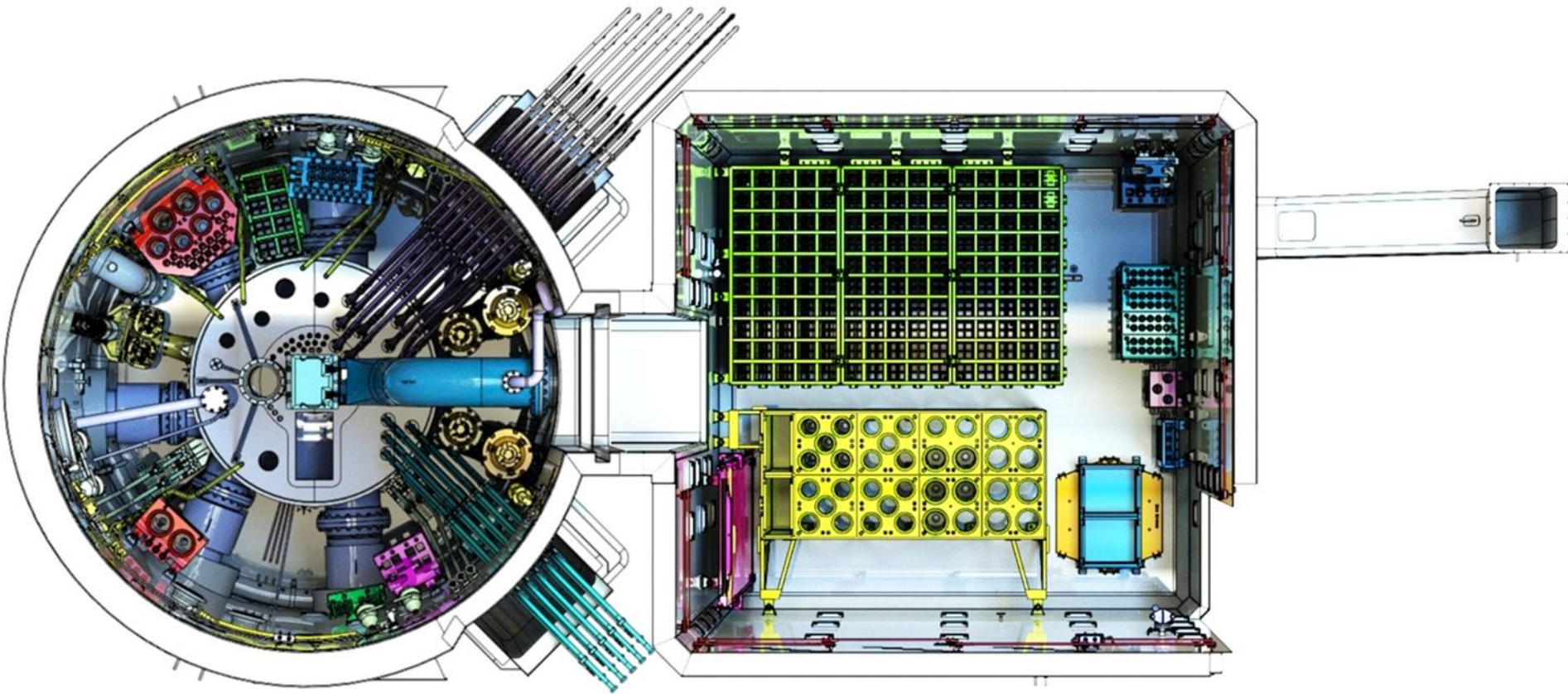
Sistemas do Prédio do Reator



Estruturas Principais

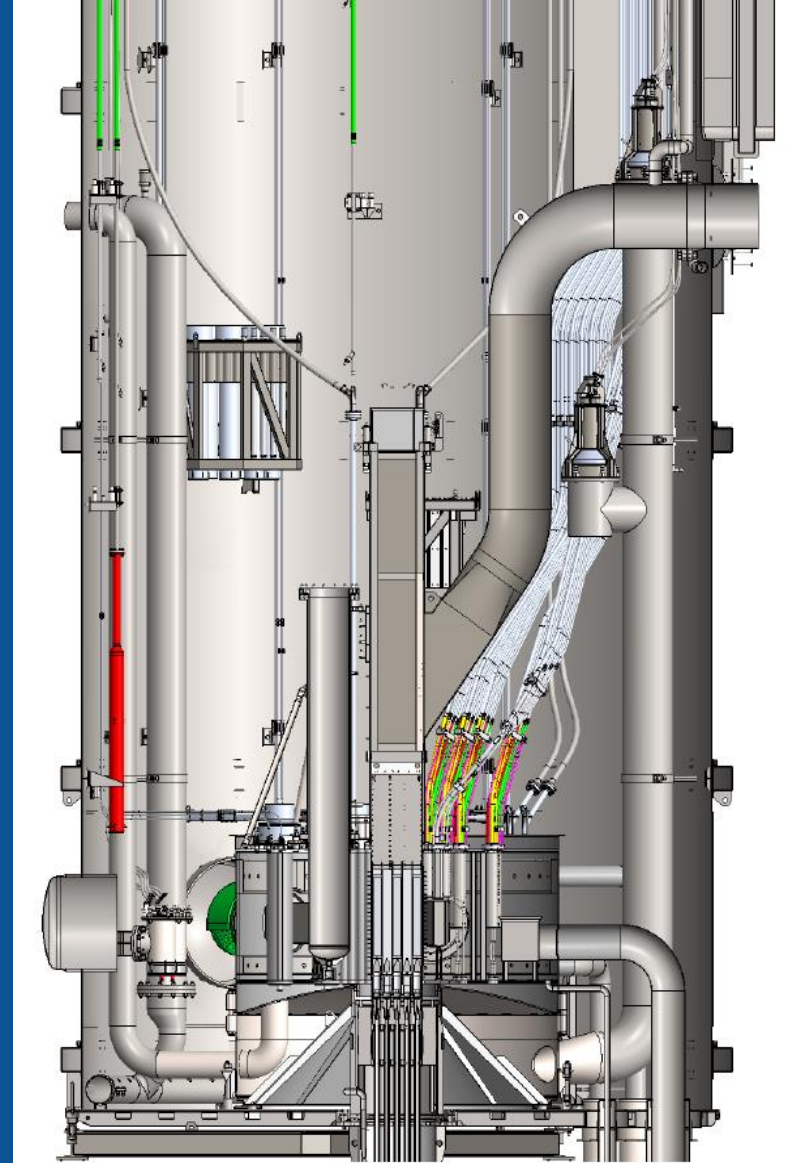


Detalhe da Piscina do Reator e Piscina de Serviço

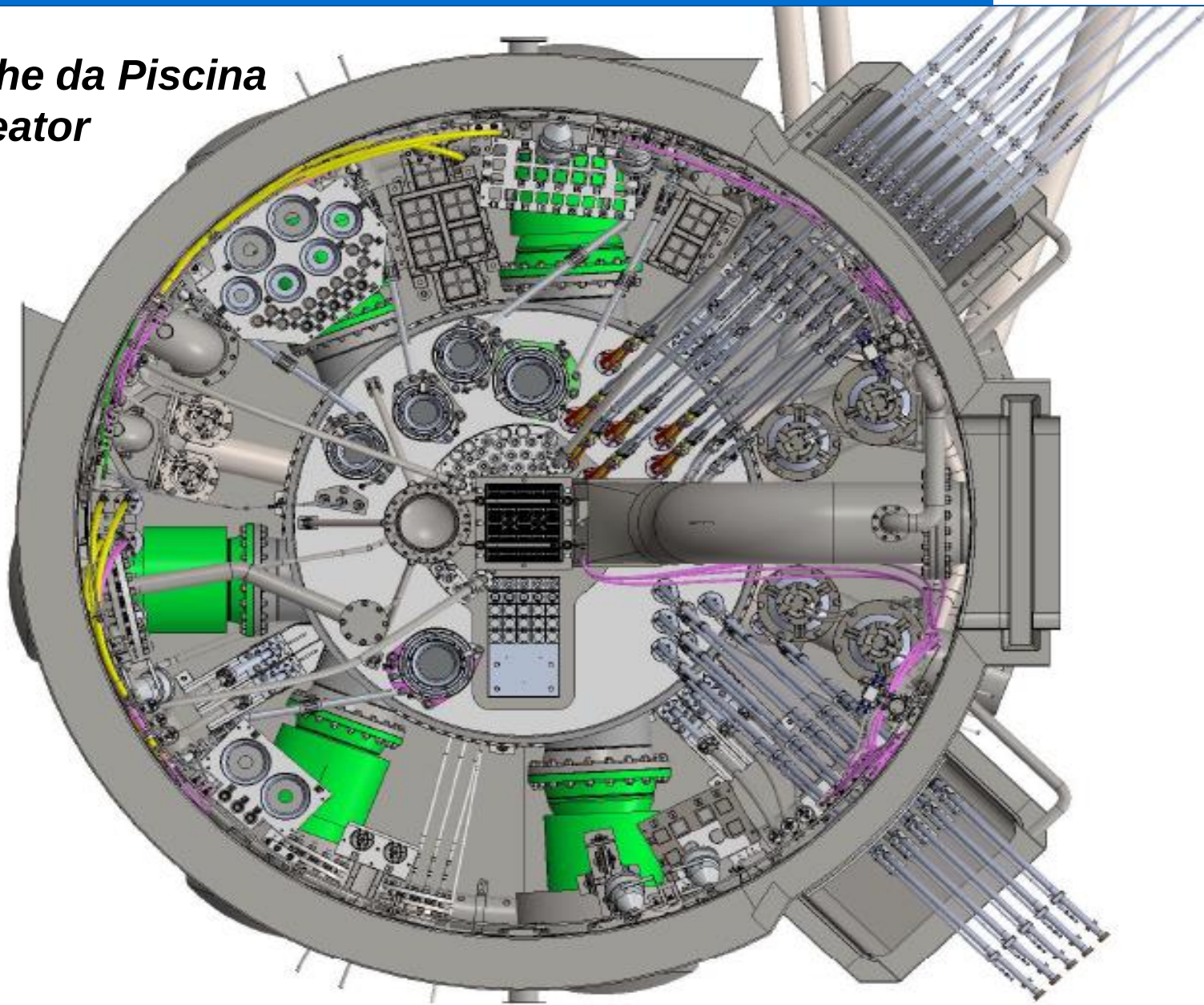


REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

Vista da Piscina do Reator

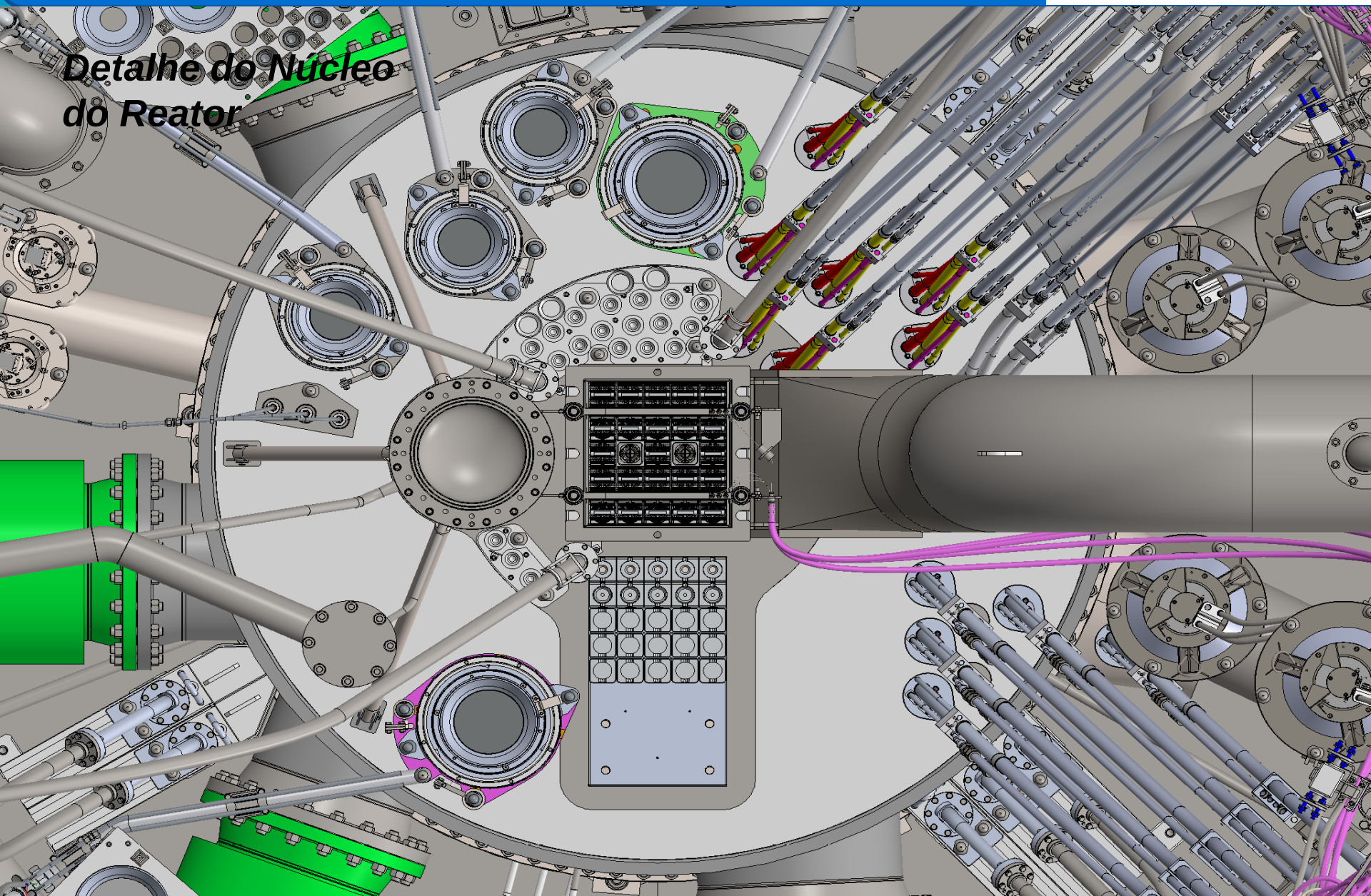


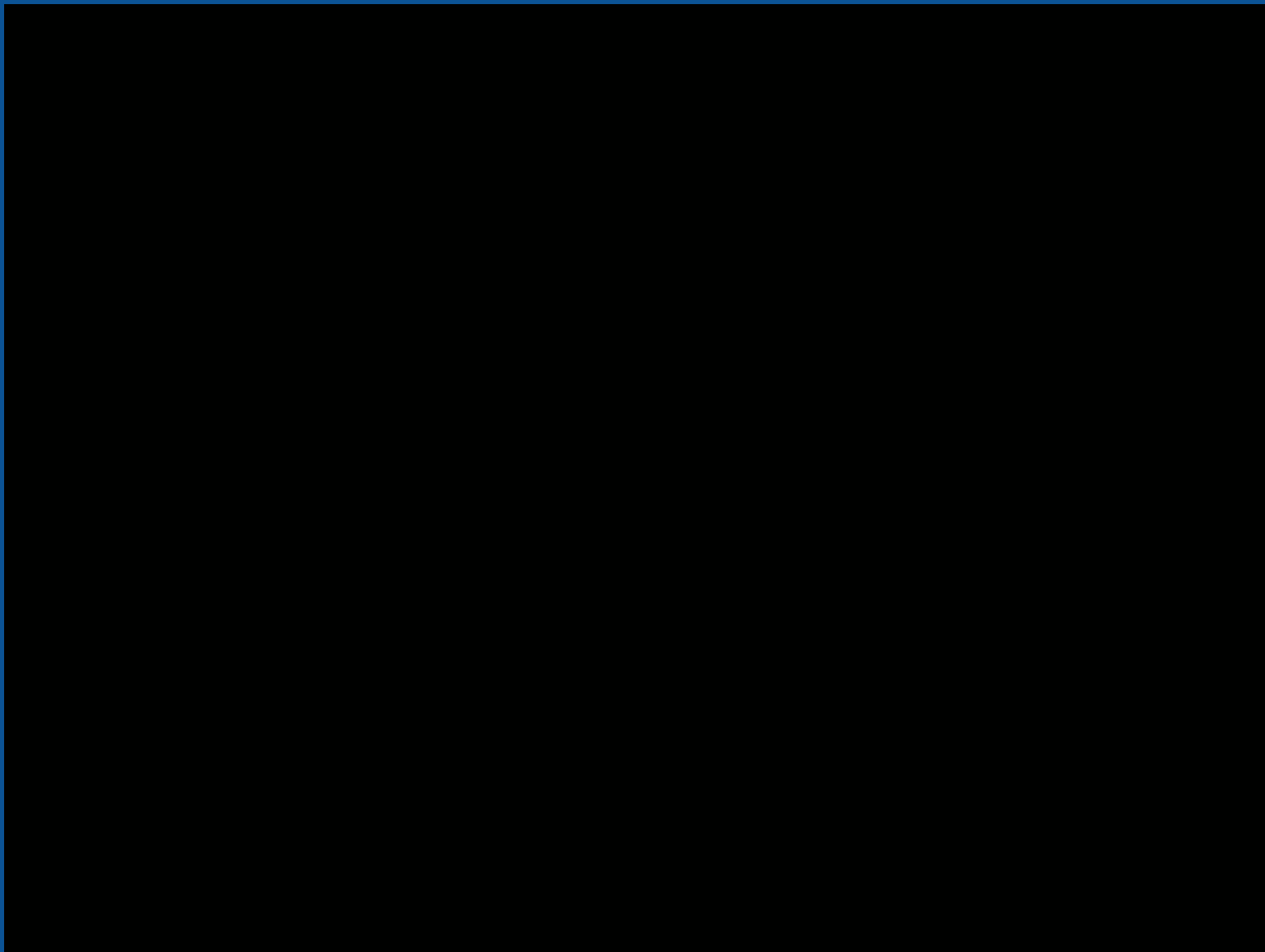
Detalhe da Piscina do Reator



REATOR MULTIPROPÓSITO BRASILEIRO

**Detalhe do Núcleo
do Reator**





- Em execução o projeto de R\$ 25M (FINEP) para adequação da fabricação de combustíveis e alvos; e modificação do Reator IPEN/MB-01 para núcleo tipo placa como o RMB.

- ✓ CTMSP – adequação de uma linha exclusiva de enriquecimento a 20% para atender o RMB
- ✓ IPEN – adequação do Centro do Combustível Nuclear (CCN) para atender o RMB
- ✓ IPEN – projeto, fabricação, licenciamento e operação de um núcleo tipo placa combustível (tipo RMB) no reator IPEN/MB-01

[illegible]

Custo Previsto: US\$ 500 milhões
Ação PPA 12P1 - PAC/FNDCT

ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

- Em execução o projeto de R\$ 25M (FINEP) para adequação da fabricação de combustíveis e alvos; e modificação do Reator IPEN/MB-01 para núcleo tipo placa como o RMB.

- ✓ CTMSP – adequação de uma linha exclusiva de enriquecimento a 20% para atender o RMB
- ✓ IPEN – adequação do Centro do Combustível Nuclear (CCN) para atender o RMB
- ✓ IPEN – projeto, fabricação, licenciamento e operação de um núcleo tipo placa combustível (tipo RMB) no reator IPEN/MB-01

Enriquecimento Isotópico – Cascata
Inaugurada em 08/12/2016

Desenvolvimento do Combustível

Licenciamento

Entrega do Primeiro Elemento
Combustível em 31/08/2017

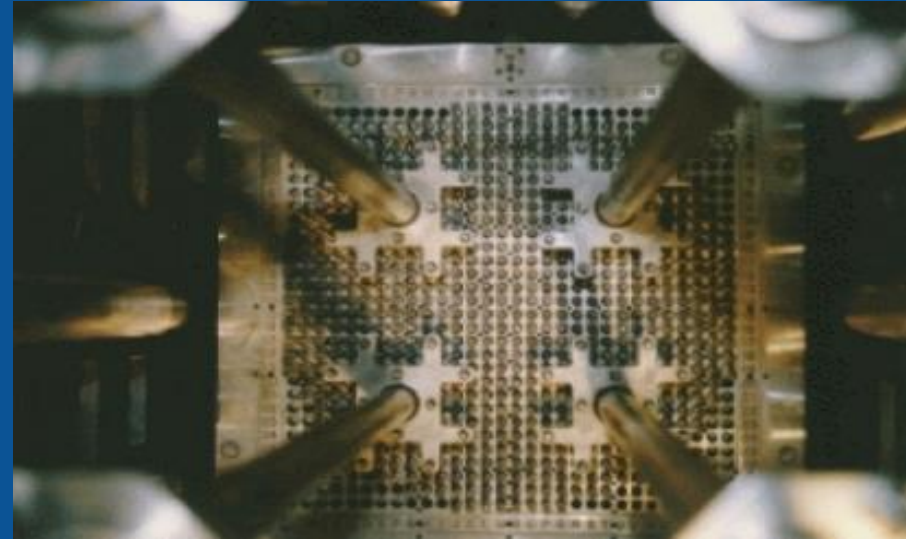


REATOR IPEN/MB-01

Reator IPEN/MB-01



Núcleo Antigo – Combustível Tipo Vareta



Núcleo Novo -
Combustível
Tipo Placa



VISTA GERAL DA ÁREA DO NOVO POLO DE TECNOLOGIA NUCLEAR

Marinha

- ✓ Tecnologia e Plantas Piloto do Ciclo do Combustível Nuclear
 - ✓ Conversão
 - ✓ Enriquecimento
 - ✓ Reconversão
 - ✓ Produção de Combustível
- ✓ Reator de Potência de Pequeno Porte (LABGENE)
- ✓ Formação de Recursos Humanos para Área Nuclear e Propulsão Nuclear
- ✓ Treinamento de Operadores para Área Nuclear e Propulsão Nuclear

CTMSP / ARAMAR



RMB

CNEN

- ✓ Reator RMB
- ✓ Laboratório Nacional de Nêutrons
- ✓ Laboratório de Produção de Radioisótopos
- ✓ Laboratório Pós-Irradiação
- ✓ Laboratório Nacional de AAN
- ❖ Laboratório de Fusão Nuclear
- ❖ Laboratório de Aceleradores de Partículas
- ❖ Laboratório de Laser de Alta Potência
- ❖ Centro de Radiofarmácia
- ❖ Centro Integrado para Desenvolvimento de Diagnóstico e Terapia Utilizando Radiação
- ❖ Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear
- ❖ Formação de Técnicos para o Setor Nuclear em Saúde

**Muito
Obrigado!!**