



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO

# Ministério de Minas e Energia

André Luiz Rodrigues Osório – DIE/SPE

Nuclear Generation in Brazil's Energy Plan – VI ENIN ORAL TECHNICAL SESSIONS

21 a 25/10 – Santos - Brasil

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# Agenda

---

- O Planejamento Energético
  - O Planejamento Energético de Longo prazo
- Questões para o Planejamento de Longo Prazo
- Questões já apresentadas no INAC
  - Mensagens do PDE 2029 (preliminares)
  - Preparando o caminho para a expansão da geração termelétrica Nuclear
  - Participação e Iniciativas do MME para o setor nuclear
  - Considerações Finais



# Planejamento Energético

---

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# Arranjo Institucional e Governança

## Pilares da Política Energética



**Governança**



**Estabilidade Regulatória e Jurídica**



**Previsibilidade**



**Respeito aos Contratos**



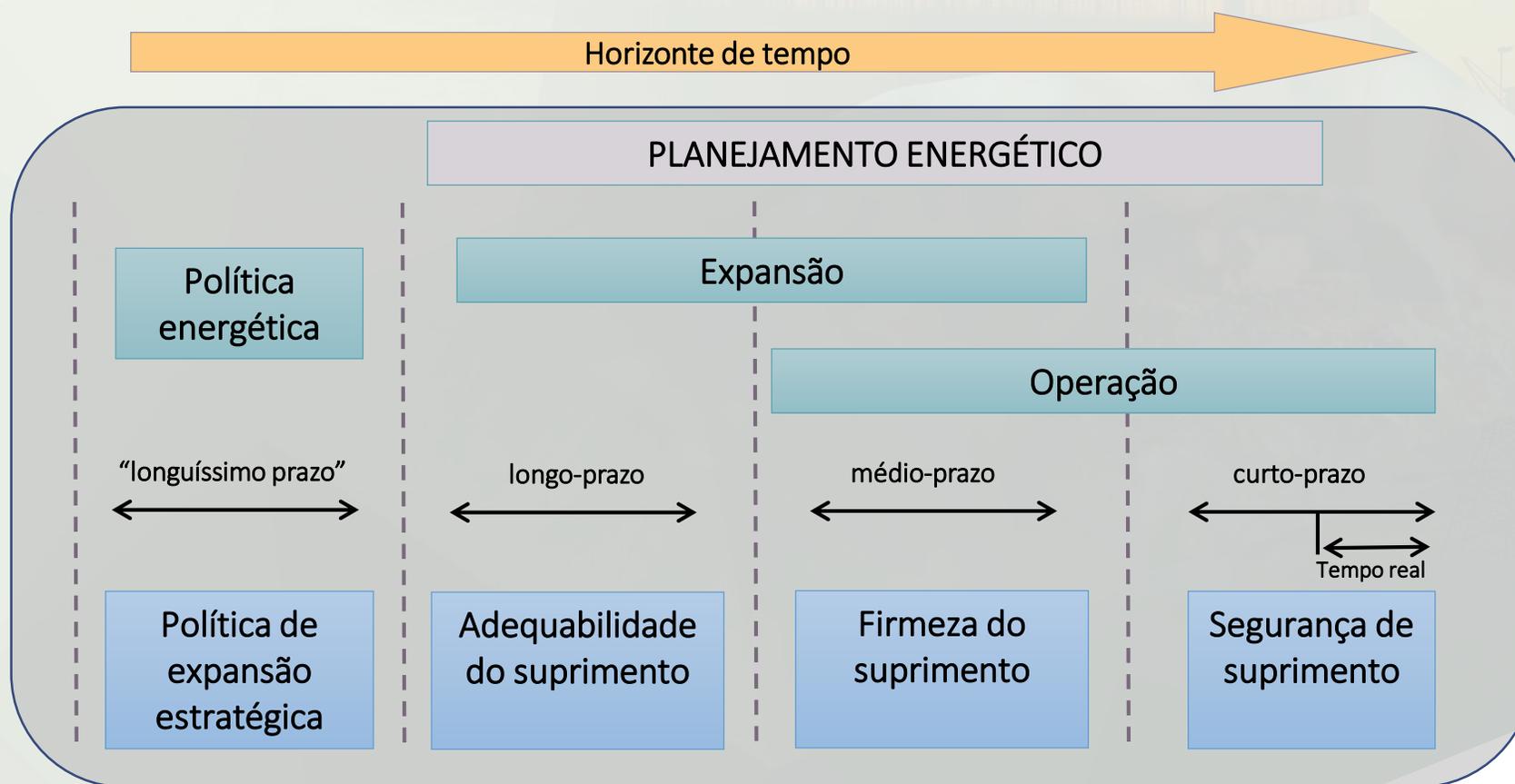
**Garantia dos Recebíveis**



**Sustentabilidade**

# Conceitos Fundamentais

“o planejamento é uma cadeia de ações integradas”



# Diretrizes para a Expansão da Matriz Elétrica

## O desafio do Planejador



O desafio para a Matriz Elétrica Brasileira é **atender à demanda de energia de forma segura**, com o **menor custo possível** e considerando políticas e compromissos de **proteção ambiental e social**

Buscar o menor custo possível da expansão



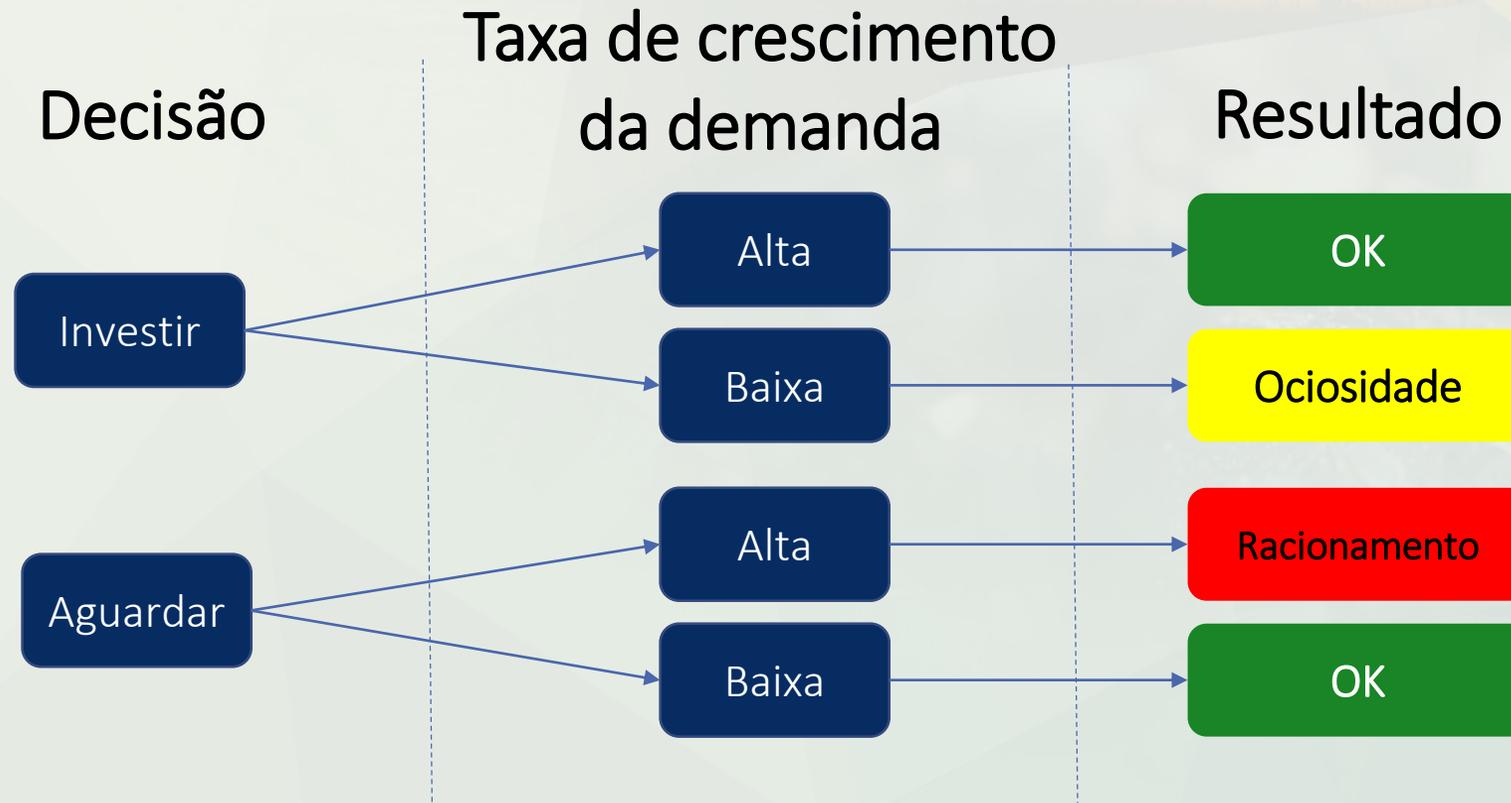
Manter a confiabilidade do sistema

Aproveitar os recursos nacionais

Manter emissões de GEE no menor patamar possível  
Minimizar interferências em áreas protegidas

# O dilema do Planejamento da Expansão

“investir ou esperar?”



# A estrutura presente e futura do setor elétrico



Presente



Futuro



Icon made by Freepik from www.flaticon.com

- ✓ Digitalização
- ✓ **Descentralização**
- ✓ Eficiência Energética
- ✓ Comportamento do Consumidor
- ✓ Mudanças Climáticas
- ✓ Descarbonização
- ✓ Economia do Compartilhamento
- ✓ Geopolítica Mundial
- ✓ Eletrificação da Matriz Energética
- ✓ Precificação de Carbono
- ✓ P&D&I

Maior número de agentes; Decisão nem sempre com base em aspectos econômicos -> mais incerteza para o planejamento

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

# O Processo do Planejamento da Expansão

- ✓ Estudos econômicos
- ✓ Modelo para projeção de demanda
- ✓ Inventário dos recursos primários
- ✓ Análise tecnológica e ambiental
- ✓ Escolha dos projetos candidatos para a modelagem
- ✓ Estabelecimento de premissas para construção de cenários
- ✓ Planejamento energético integrado e produção de um plano, que atenda a algum critério econômico/físico
- ✓ Ao repetir o processo anterior para distintas hipóteses, podemos comparar planos candidatos oriundo do planejamento
- ✓ Implementação de mecanismos de política e regulação para implementação

# Visão Integrada dos Estudos de Planejamento

## Estudos Econômicos

Modelos  
Macroeconômicos

Modelos  
Econômicos Setoriais

## Estudos da Demanda

Premissas setoriais

Eficiência energética

Demografia

Meio ambiente

Modelos Setoriais de  
Demanda de Energia

Outros  
Modelos

Modelo do  
Setor  
Residencial

Modelo de  
Eletricidade

Modelo de  
Transportes

## Estudos da Oferta

Recursos energéticos

Sazonalidade

Tecnologia

Meio ambiente

Regulação

Custos

Modelos de Oferta  
de Energia

Outros  
Modelos

Modelo de  
Expansão do Refino

Modelo de Expansão  
de eletricidade

GD

Centraliz.

## Resultados Finais

Consumo Final  
de Energia

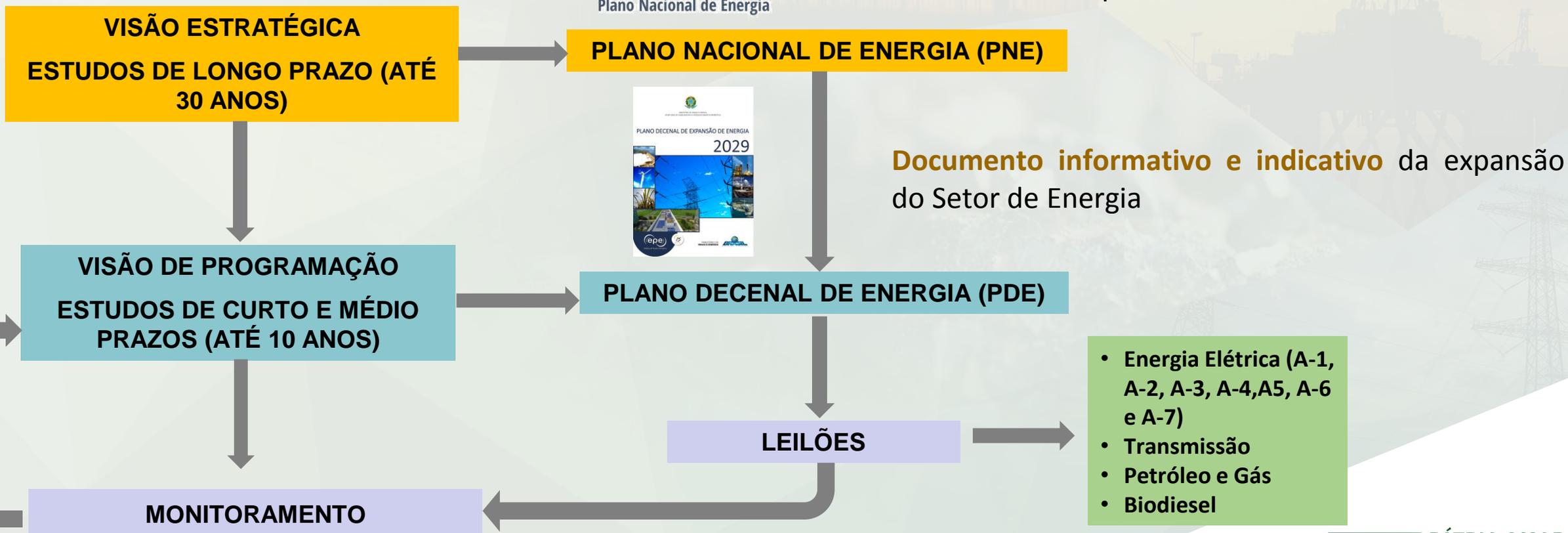
Matriz  
Energética

Oferta Interna  
de Energia

# Planejamento Energético – 3 Dimensões



Fornece **insumos para a formulação de Políticas Energéticas, orientando tendências** e balizando as alternativas de expansão



# Instrumentos de Planejamento Energético

**Plano Decenal  
(10 anos)**



**Plano Nacional  
(30 anos)**



# PLANEJAMENTO DE MÉDIO E LONGO PRAZO

## OBJETIVOS

- O PNE é um plano com abordagem estratégica com horizonte de longo prazo
- O PDE é um plano indicativo para um horizonte de 10 anos
- Os planejamentos de longo e médio prazo são importantes para:
  - ✓ **Criar um diálogo permanente com a sociedade**
  - ✓ **Apresentar uma visão integrada dos diversos recursos energéticos**
  - ✓ **Mapear os desafios de gestão ótima de recursos energéticos**
  - ✓ **Gerar insumos às políticas energéticas**
  - ✓ **Reduzir os custos sistêmicos e as ineficiências**
  - ✓ **Orientar tendências tecnológicas**

# PNE 2050



**Estudos econômicos**

- formulação de cenários referenciais para a expansão da oferta e da infraestrutura de energia

**Estudos da demanda**

- de energia elétrica, de combustíveis fósseis e de biocombustíveis

**Estudos de recursos energéticos**

- aspectos setoriais, econômicos, tecnológico e ambientais

**Estudos de expansão da oferta de energia**

- geração e transmissão de energia elétrica e de expansão da capacidade de oferta de outros energéticos

Identificar diretrizes para o plano de ação, que contribuam para formulação da estratégia de expansão do setor energético brasileiro até 2050

- Fornece orientação da direção
- Facilita a coordenação dos agentes
- Possibilita melhor organização dos esforços
- Auxilia na tomada de decisão
- Aumenta a eficiência

# PDE 2029



- Prover mercado e sociedade brasileira com melhor informação
- Identificação de oportunidades
- Dimensões associadas ao planejamento energético: econômica, estratégica e social
- Visão integrada para os diversos energéticos no horizonte de 10 anos
- Expansão com caráter indicativo

# Planejamento Energético de Longo Prazo – PNE 2050

---

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# Estratégia de Longo Prazo para a Expansão do Setor de Energia no Brasil



- Fornece orientação da direção
- Facilita a coordenação dos agentes
- Possibilita melhor organização dos esforços
- Auxilia na tomada de decisão
- Aumenta a eficiência

Visão estratégica a partir da qual Planos, Políticas, Programas, Iniciativas e Estudos são elaborados

# Fontes e Tecnologias Consideradas no PNE

## Fontes renováveis

- ✓ **Hidrelétrica** (UHE e PCH)
- ✓ **Biomassa** (cana, cavaco, resíduos lenhosos, agrícolas, pecuários, urbanos; Tecnologias de condensação, gaseificação e biodigestão)
- ✓ **Eólica** (on shore e off shore)
- ✓ **Solar** (Fotovoltaica, Heliotérmica e off shore)
- ✓ **Oceânica** (ondas, correntes e pressão osmótica)
- ✓ **Bio-CCS / Co-queima**

## Fontes não renováveis

- ✓ **Gás natural** (CS e CC)
  - ✓ **Carvão** (nacional, importado, Tecnologias de gaseificação e supercrítico)
  - ✓ **Nuclear**
  - ✓ **Diesel**
  - ✓ **Óleo combustível**
- ✓ **Armazenamento** (UHR e Baterias)



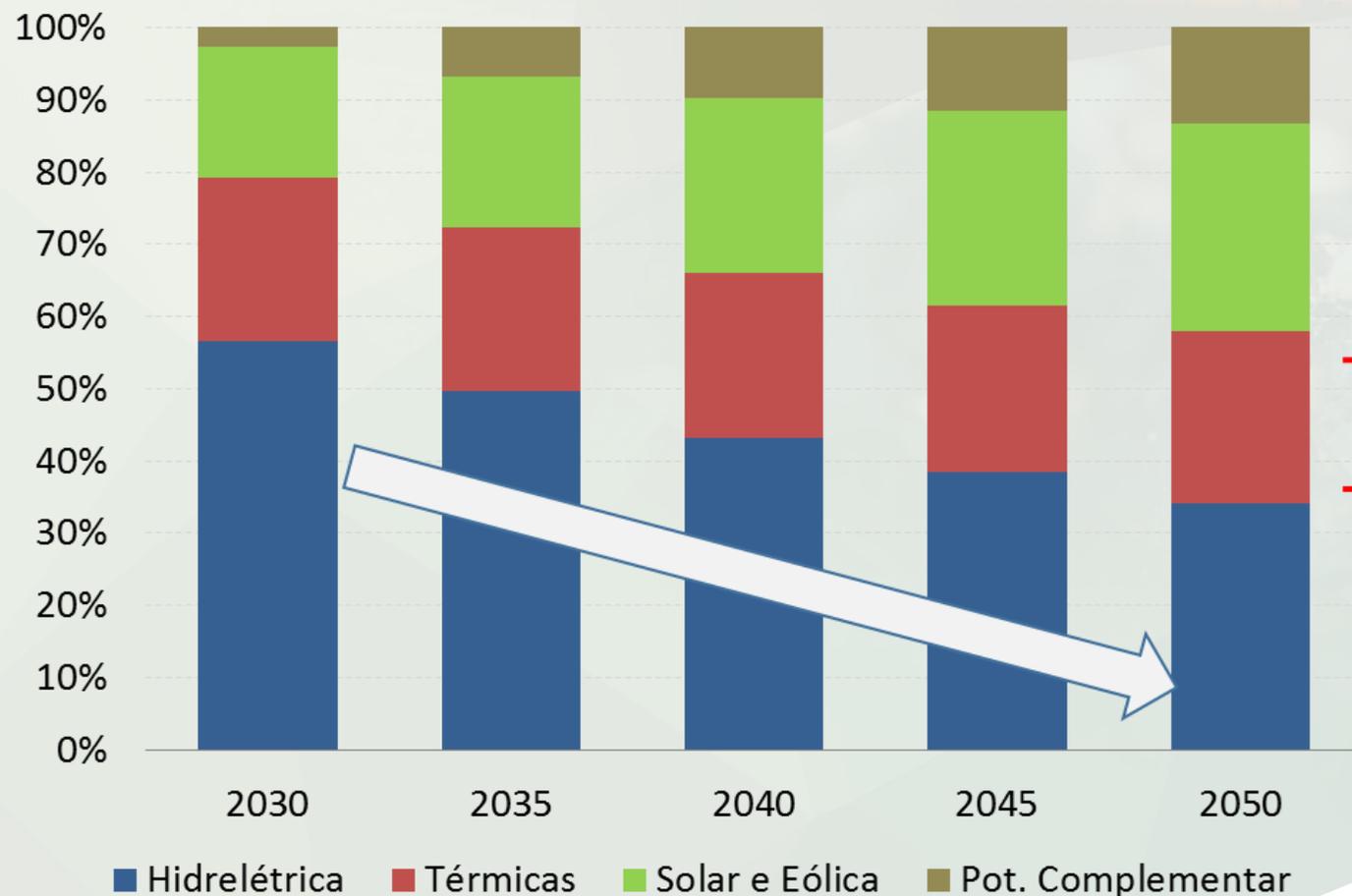
# Temas Transversais: Transição Energética

- Digitalização
- Descentralização
- Eficiência Energética
- Comportamento do Consumidor
- Mudanças Climáticas
- Economia “Verde” / Descarbonização
- Economia do Compartilhamento
- Geopolítica Mundial
- Eletrificação da Matriz Energética
- Precificação de Carbono
- P&D&I

# Análise Preliminar – PNE 2050

✓ ANÁLISES PRELIMINARES INDICAM CRESCENTE NECESSIDADE DE GERAÇÃO DE BASE E COMPLEMENTAR

CRESCIMENTO DE FONTES COM VARIABILIDADE NA MATRIZ ELÉTRICA



POTÊNCIA COMPLEMENTAR E ARMAZENAMENTO

NUCLEAR

GÁS NATURAL

CARVÃO

# Nuclear Centralizado - Custos

*O acidente de Fukushima (2011) foi determinante para uma rigorosa revisão dos protocolos de segurança, que ficaram mais conservadores. Como consequência, as projeções de custos para o longo prazo que, antes do acidente de Fukushima, eram decrescentes, alteraram-se sensivelmente.*

## Custo de Investimento e O&M

Os projetos de reatores nucleares de Geração III e III+, que estão planejados ou já se encontram em construção em países membros e não membros da OCDE, pelas diferenças específicas de cada país com relação a recursos financeiros, técnicos e regulatórios, apresentam diferenças significativas (2.000 a 8.000 US\$/kW). O CAPEX utilizado na modelagem foi de US\$5.000/kW.

## Descomissionamento

A apropriação dos custos de descomissionamento podem obedecer os seguintes critérios: i) pré-pagamento, ii) amortização ao longo da vida útil ou iii) seguro. Optou-se aqui fazer o valor amortizado e incorporado ao O&M.

## Combustível

O custo do combustível das usinas nucleares é composto pela soma dos custos de cada uma das etapas do ciclo do urânio, que vai da mineração até a fabricação dos elementos combustíveis. O custo do combustível é da ordem de R\$ 25/MWh.

Parâmetros	Unidade	Valores
CAPEX	US\$/kW	Até 5.000
Potência	MW	1000
FC Médio	%	90
O&M fixo	R\$/kW/ano	320
Vida útil	Anos	30
Combustível	R\$/MWh	25

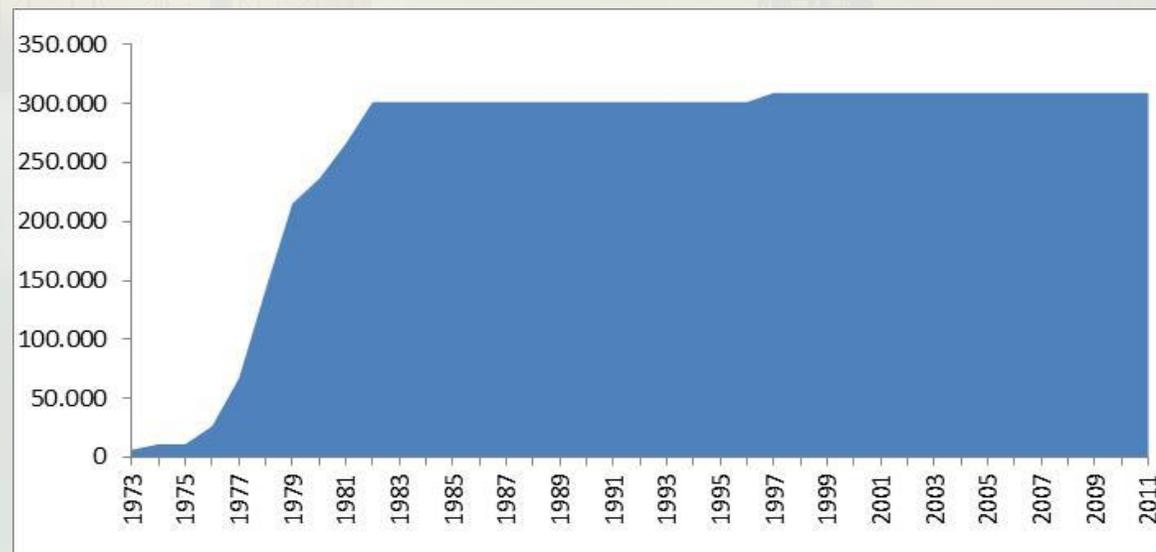
MINAS E ENERGIA

# Nuclear Centralizado - Recursos

*O potencial máximo de geração elétrica a partir da disponibilidade das reservas (parcela recuperável) medidas e indicadas é de até 10 novas unidades de 1000MW com vida útil de 60 anos.*

- ✓ A prospecção e pesquisa para minerais radioativos cobre cerca de 30% do território nacional e alcança pouco mais de 309 mil toneladas de U3O8 in situ, equivalentes a 1,25 x109 tep .

Evolução das Reservas de Urânio (t de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)



Reservas brasileiras de urânio por depósitos (t U3O8)

Depósito - Jazida	Medidas e Indicadas (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> t)			Inferidas (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> t)	Total (t)
	<40 U\$/kgU	<80 U\$/kgU	Sub-total	<80 U\$/kgU	
Caldas (MG)	-	500	500	4.000	4.500
Lagoa Real /Caetité (BA)	24.200	69.800	94.000	6.770	100.770
Santa Quitéria (CE)	42.000	41.000	83.000	59.500	142.500
Outras	-	-	-	61.600	61.600
<b>Total</b>	<b>66.200</b>	<b>111.300</b>	<b>177.500</b>	<b>131.870</b>	<b>309.370</b>

Potencial adicional (Prognosticado): Pitinga (AM) e Carajás (AM) - 300.000 t

Especulativo: aprox. 500.000 t

Fonte: INB (2018).

# Diferentes tipologias de geração descentralizada

MINI E MICROGERAÇÃO



AUTOPRODUÇÃO INDUSTRIAL

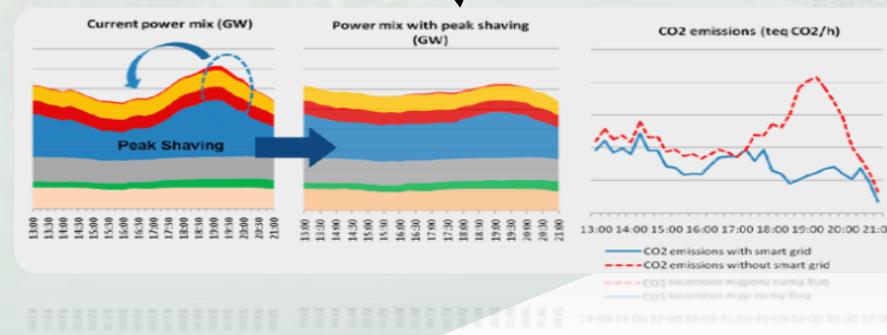


RED – Recursos Energéticos Distribuídos

COGERAÇÃO/MULTI GERAÇÃO



GERAÇÃO NA PONTA



Diferentes Escalas = Diferentes Agentes =  
Diferentes óticas de investimento

Como a fonte nuclear se encaixa neste conceito?

# Questões ao Planejamento

---

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# Principais questões para o Planejamento

1

Qual patamar de crescimento da demanda de energia como um todo (eletricidade e combustíveis) em função das perspectivas de crescimento econômico e populacional de longo prazo?

2

Diante do impacto das mudanças climáticas sobre a economia, como o setor energético brasileiro será afetado em termos de disponibilidade de energia e custos e quais estratégias de mitigação serão adotadas para menor impacto sobre segurança energética e confiabilidade?

# Principais questões para o Planejamento

3

Como um cenário de eletrificação de transporte (cargas, mas principalmente passageiros) afeta outras cadeias como a de etanol e de petróleo?

4

Um sistema elétrico 100% renovável é possível e viável economicamente até 2050? E energético?

5

Qual o espaço da geração distribuída e dos demais recursos energéticos distribuídos (RED) no total de atendimento à carga de energia?

# Principais questões para o Planejamento

6

Em que ritmo os ganhos de eficiência energética poderão contribuir para a redução do crescimento da demanda de energia?

7

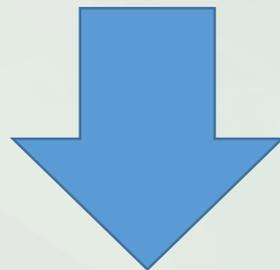
Quais as perspectivas de aproveitamento do potencial remanescente de UHEs no Brasil?

8

Que tecnologias são as mais promissoras para prover a flexibilidade adequada para mitigar a variabilidade das fontes de geração renovável, em termos de custo, disponibilidade, etc.?

# Principais questões para o Planejamento

**10** Geração Nuclear – Centralizada e Descentralizada



# Aspectos da fonte nuclear

## Competitividade da fonte nuclear

- ✓ Angra 2 operou em 2018 com **97,5%** de fator de disponibilidade
- ✓ As usinas nucleares ocupam uma área pequena e podem ser construídas próximas dos grandes centros consumidores
- ✓ A energia nuclear faz uso de um combustível de origem nacional
- ✓ O Brasil posiciona-se como a **7<sup>a</sup>** maior reserva de urânio do mundo

# Por que nuclear?

- ✓ Um mercado elétrico em transformação, com o aumento global do consumo e da necessidade da eletricidade
- ✓ Uma base hídrica chegando ao limite do seu aproveitamento
- ✓ Não emissora de gases do efeito estufa; destacada pegada ecológica; permite instalação perto dos grandes centros de carga; e elevada confiabilidade
- ✓ Promove o desenvolvimento econômico e social

# Obrigado !

**André Luiz Rodrigues Osório**

andre.osorio@mme.gov.br

Contato: (61) 2032-5867

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL  
ГОУЕРНО ФЕДЕРАЛ

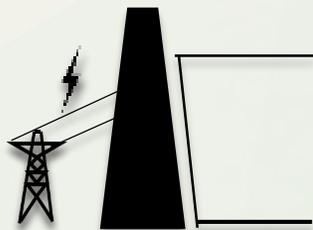
# Mensagens do PDE 2029 (dados preliminares)

---

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

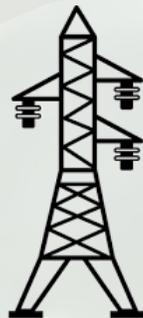


# Características Gerais do Setor em 2019



**165 GW**

Capacidade  
Instalada de  
Geração



**145,5 mil Km**

Linhas de  
Transmissão



**83,9 Mi**

Número de Unidades

Consumidoras

# Importância do Setor Energético Brasileiro

## Investimentos Setoriais – Atualizado até 2029



**R\$ 1,9 trilhão**  
em petróleo, gás e biocombustíveis

Até  
2029

 **R\$ 456 bilhões**

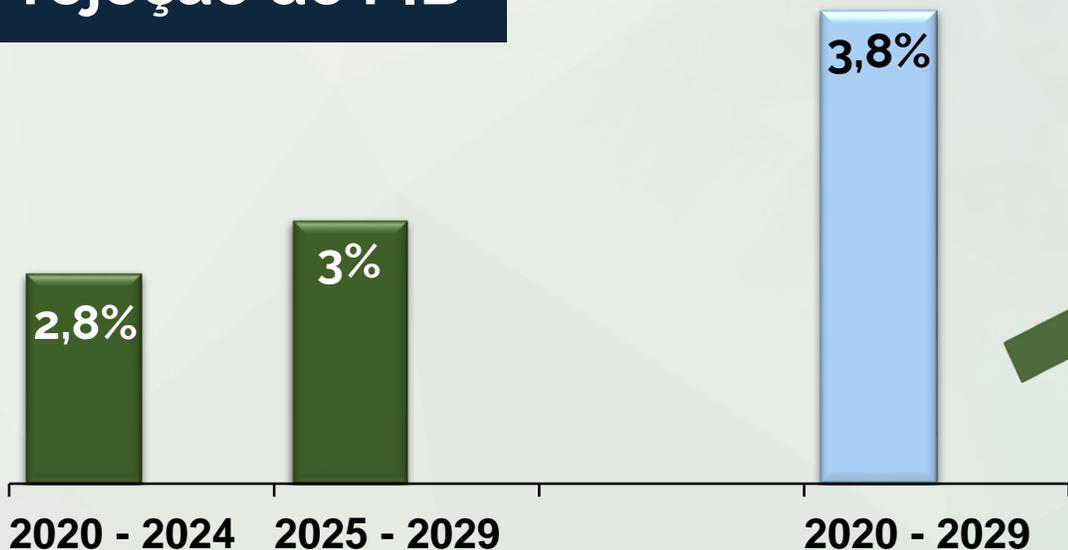
em geração e transmissão de energia elétrica (não inclui distribuição)

 **R\$ 80 bilhões**  
em mineração até 2022

(Fonte: EPE, PDE 2019 / Ministério da Economia 2018)

# Economia e Demanda (2020 – 2029)

## Projeção do PIB



Consequência imediata do **CRESCIMENTO ECONÔMICO** é o aumento do **CONSUMO DE ENERGIA**



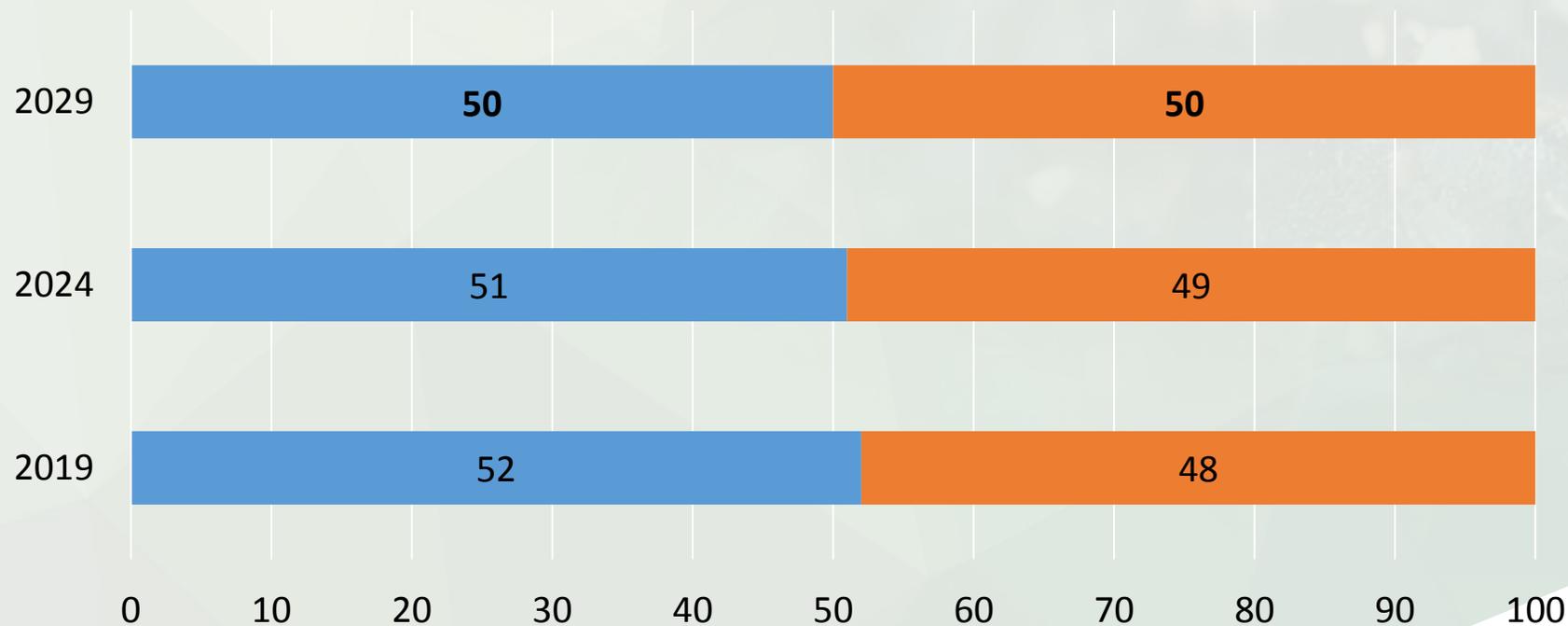
Fonte: EPE, 2019

✓ O melhor ambiente de negócios, juntamente com o encaminhamento na solução de gargalos de infraestrutura permitirão um crescimento gradual da produtividade da economia ao longo do horizonte.

# Características da Matriz Energética Brasileira - 2029

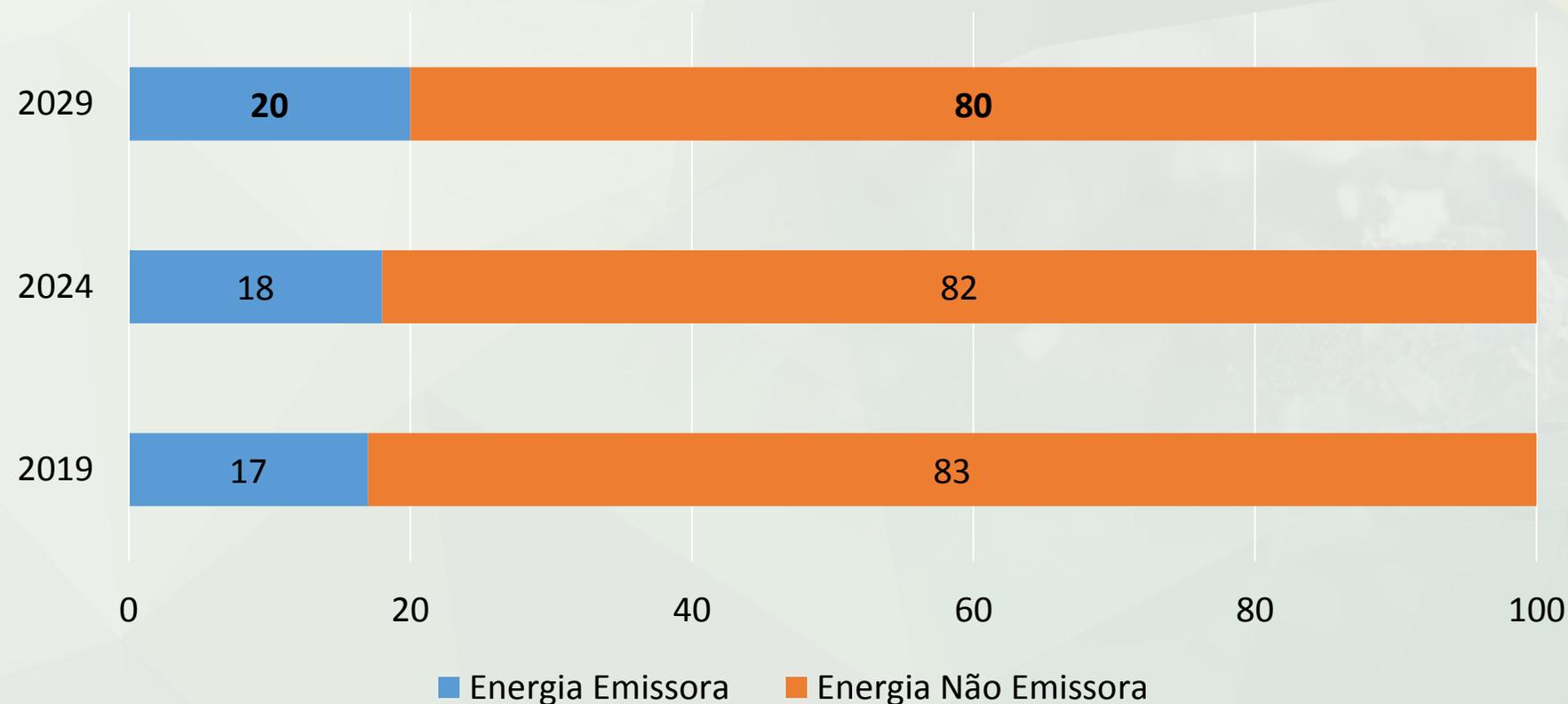
✓ O Brasil possui uma das matrizes energéticas **mais limpas do mundo**

Matriz energética brasileira: energia emissora e não emissora



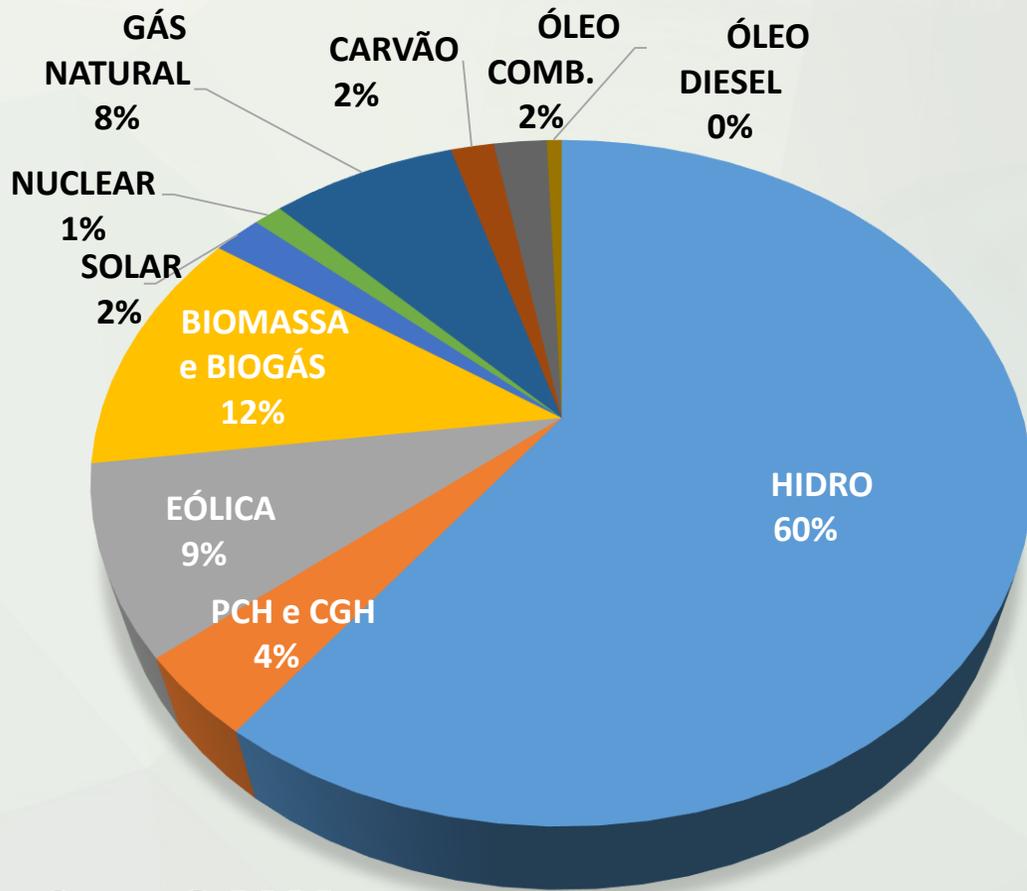
# Características da Matriz Elétrica Brasileira - 2029

Matriz elétrica brasileira: energia emissora e não emissora

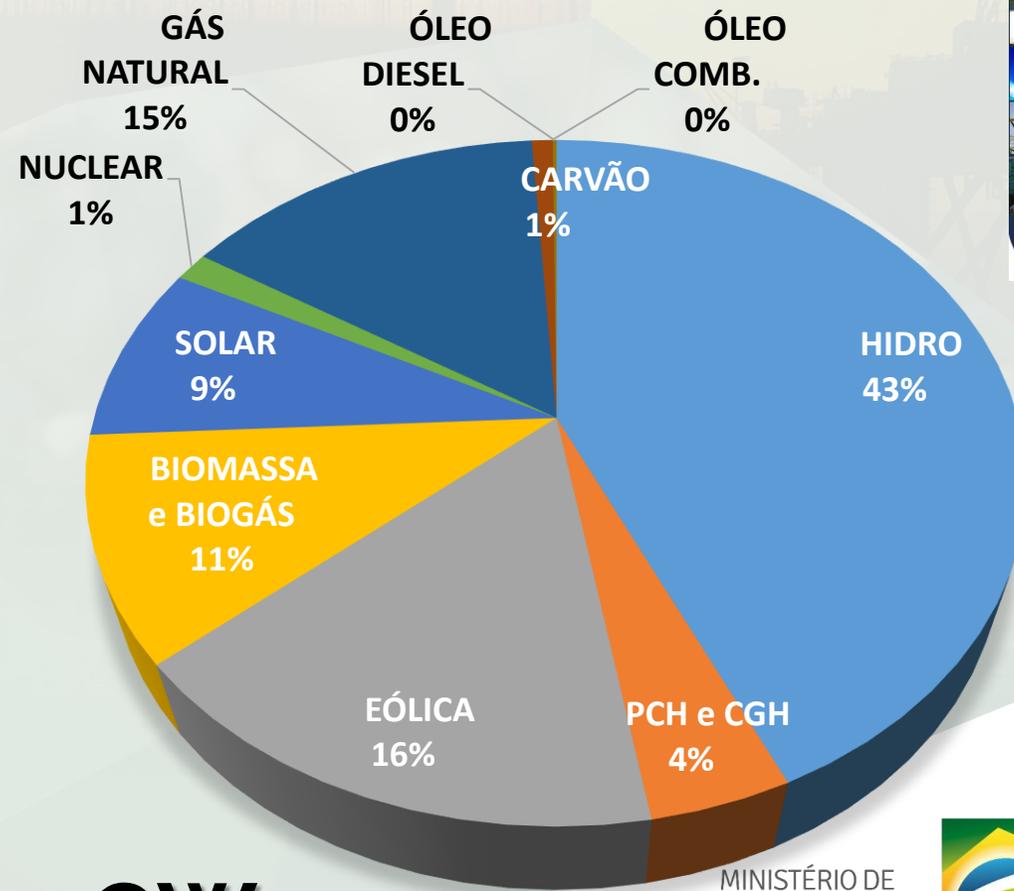


# Características da Matriz Energética Brasileira

2019



2029

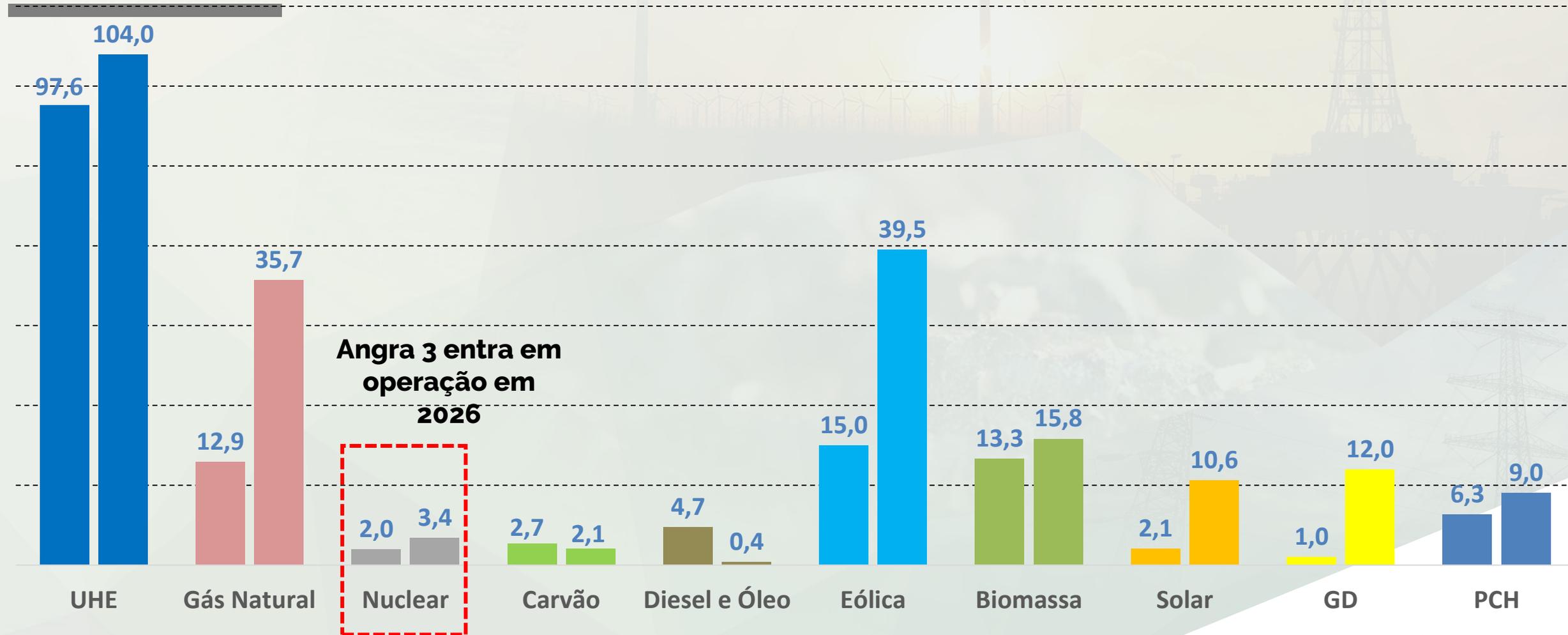


165 GW

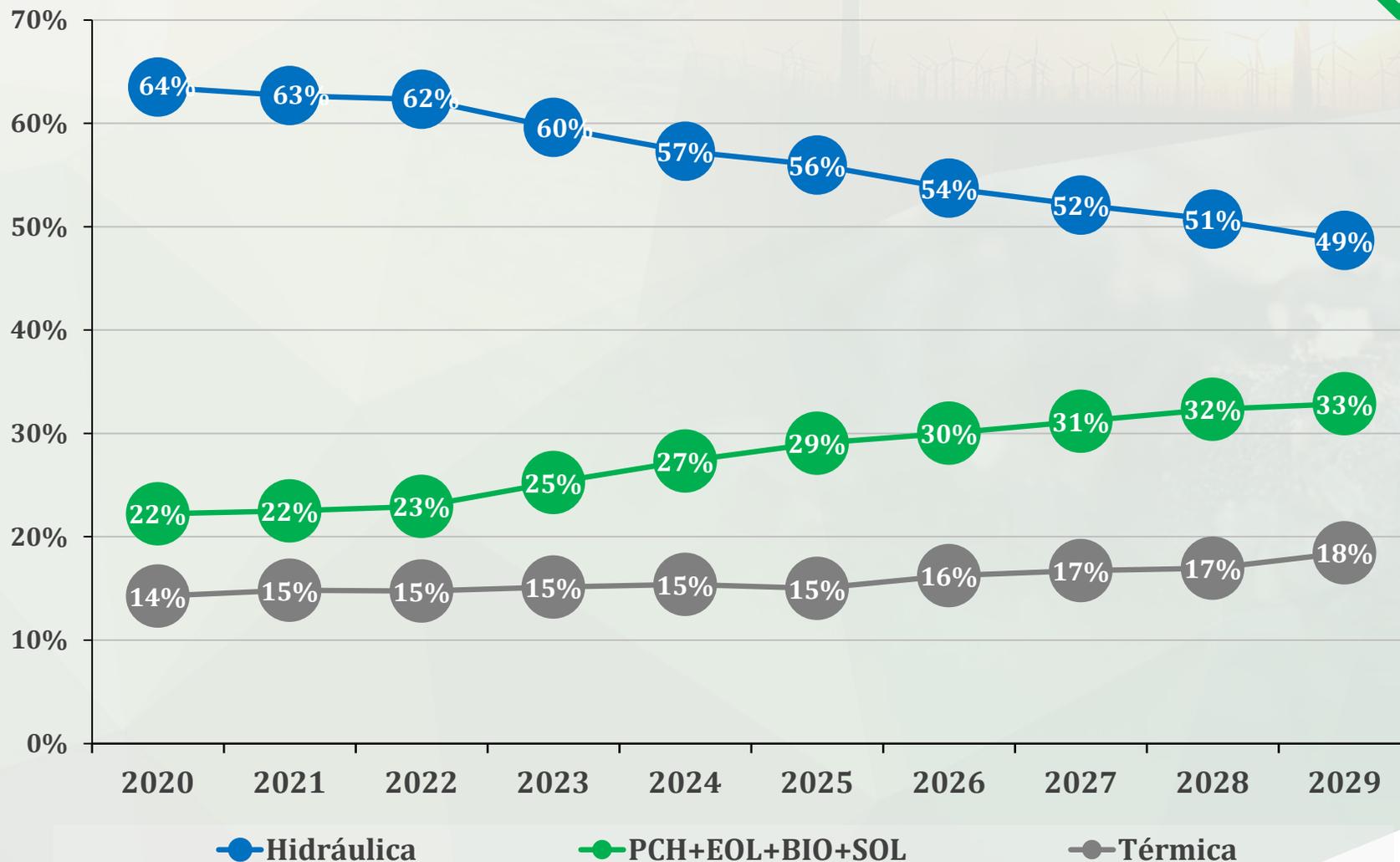
251 GW

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

# Capacidade Instalada em 2019 e 2029 (GW)



# Participação das fontes (% da potência instalada)



Destaca-se que, apesar da redução da participação de usinas hidrelétricas, o sistema mantém a predominância de fontes renováveis e não emissoras de GEE. No caso de referência, a participação dessas fontes varia de 86% a 82% da capacidade instalada total do SIN.

# Preparando o caminho para a expansão da geração termelétrica Nuclear

---

Mensagens do PDE 2029

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# Preparando o caminho para a expansão da geração termelétrica Nuclear

- ✓ O caso de referência do PDE 2029 apresentou uma expansão termelétrica total de **21.000 MW**
- ✓ A expansão de geração termelétrica agrega segurança eletroenergética e provê energia e potência ao sistema.
- ✓ Recurso tecnicamente viável, não emissor de GEE e pode desempenhar um papel estratégico para o país do ponto de vista do desenvolvimento tecnológico e de soberania nacional.
- ✓ Para podermos contar com projetos de geração nuclear para expansão termelétrica, é fundamental desenvolver projetos adequados do ponto de vista econômico-financeiro, de engenharia e socioambiental.



# Preparando o caminho para a expansão da geração termelétrica Nuclear

✓ Algumas medidas devem ser providenciadas de modo a preparar o setor nuclear para o início do desenvolvimento de implantação de uma expansão dessa opção no SIN, dentre as quais podemos destacar:



- (i) Aprofundamento dos critérios visando novas áreas potenciais de localização de futuras centrais nucleares;
- (ii) Definição governamental sobre quais sítios deverão ser desenvolvidos buscando maior detalhamento das informações;
- (iii) Início dos licenciamentos ambientais; entre outros.

# Preparando o caminho para a expansão da geração termelétrica Nuclear

- ✓ Diante dos valores de investimentos envolvidos, os projetos de novas centrais nucleares irão requerer a participação da iniciativa privada, preservando, contudo, as restrições constitucionais de controle da sociedade pelo Estado.



# Participação e Iniciativas do MME para o setor nuclear

---

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# Participação e Iniciativas do MME

---

- ✓ GTs do Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro (CDPNB) - GSI
- ✓ PPA 2020-2023 - Política Nuclear
- ✓ Angra 3 – Comitê Interministerial
- ✓ Grupo de Trabalho Minérios Nucleares - GTMN/MME

# Participação e Iniciativas do MME



## Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro (CDPNB) - GSI

- GT1 - Política Nuclear Brasileira – Encerrado
- GT 2 - Dinamizar a pesquisa e a lavra de minérios, voltadas para o setor nuclear brasileiro
- GT4 - Empreendimento Reator Multipropósito Brasileiro (RMB)
- GT 5 - Apresentar as ações para a separação das funções regulatórias das de promoção e fomento da CNEN
- GT 8 - Estabelecer diretrizes e metas para o Repositório Nacional de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Nível
- GT 10 – Regulação Nuclear

# Participação e Iniciativas do MME

## ✓ PPA 2020-2023 - Política Nuclear

Promover o desenvolvimento da tecnologia nuclear e suas aplicações, garantindo que o país e sua população possam usufruir, de forma segura e sustentável, dos benefícios dos usos pacíficos da energia nuclear e das radiações ionizantes.

- Problema: Insuficiência de infraestrutura, recursos humanos especializados e instrumentos normativos para atender as demandas por tecnologias e aplicações na área nuclear.

# Participação e Iniciativas do MME

- ✓ **Angra 3 – Comitê Interministerial**
- ✓ CNPE solicitou estudo de medidas para viabilização de Angra 3
- ✓ Relatório do GT estabeleceu tarifa de referência de R\$ 480/MWh
- ✓ CNPE aprovou a tarifa de referência e encaminhou para o PPI a definição do modelo de atração de parceiro
- ✓ Realização do Market Sounding
- ✓ Enquadramento como Projeto Prioritário
- ✓ Emissão de Debêntures pela Eletrobras e aporte de R\$ 500 MM na Eletronuclear
- ✓ Angra 3 foi incluído no programa de parceria de investimentos
- ✓ O MME nomeou o Comitê Interministerial

# Participação e Iniciativas do MME



## Grupo de Trabalho Minérios Nucleares - GTMN/MME

- ✓ O GTMN (minérios nucleares) foi uma decorrência dos trabalhos interministeriais realizados no Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro (CDPNB), no GSI.
- ✓ Em resumo:
  - ✓ caberá à CNEN o licenciamento nuclear e as atividades afetas à segurança nuclear ao controle de radiação e proteção radiológica.
  - ✓ À ANM as atividades afetas à mineração.
  - ✓ À INB a mineração mesmo com parcerias privadas, a comercialização inclusive exportação, a prospecção mediante parcerias e contratos em território nacional, além da produção do combustível nuclear.
- ✓ Também foi elaborado um plano de ação dentro da realidade atual para a mineração nuclear

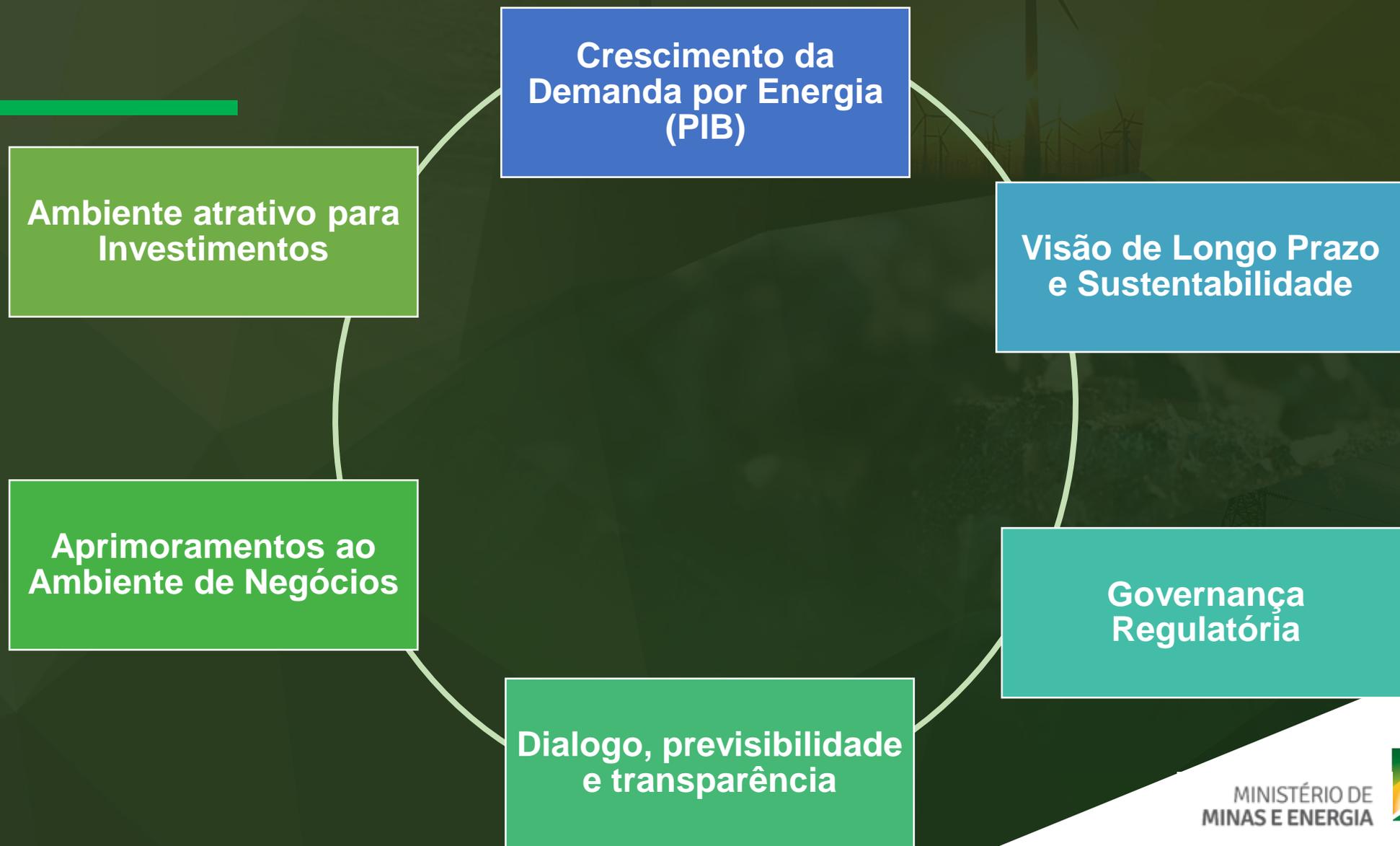
# CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



# CONSIDERAÇÕES FINAIS



# Considerações Finais



“No que se refere à energia nuclear, não podemos ceder diante de posições, algumas vezes preconceituosas e desinformadas, e desperdiçar raras e valiosas vantagens competitivas que possuímos no cenário internacional:

- ✓ domínio da tecnologia e do ciclo do combustível;
- ✓ existência de grandes reservas de urânio;
- ✓ conhecimento e experiência acumulados, desde a década de 80, na concepção, construção e operação de usinas nucleares.”

# Obrigado !

**André Luiz Rodrigues Osório**

andre.osorio@mme.gov.br

Contato: (61) 2032-5867

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL  
ГОУЕРНО ФЕДЕРАЛ