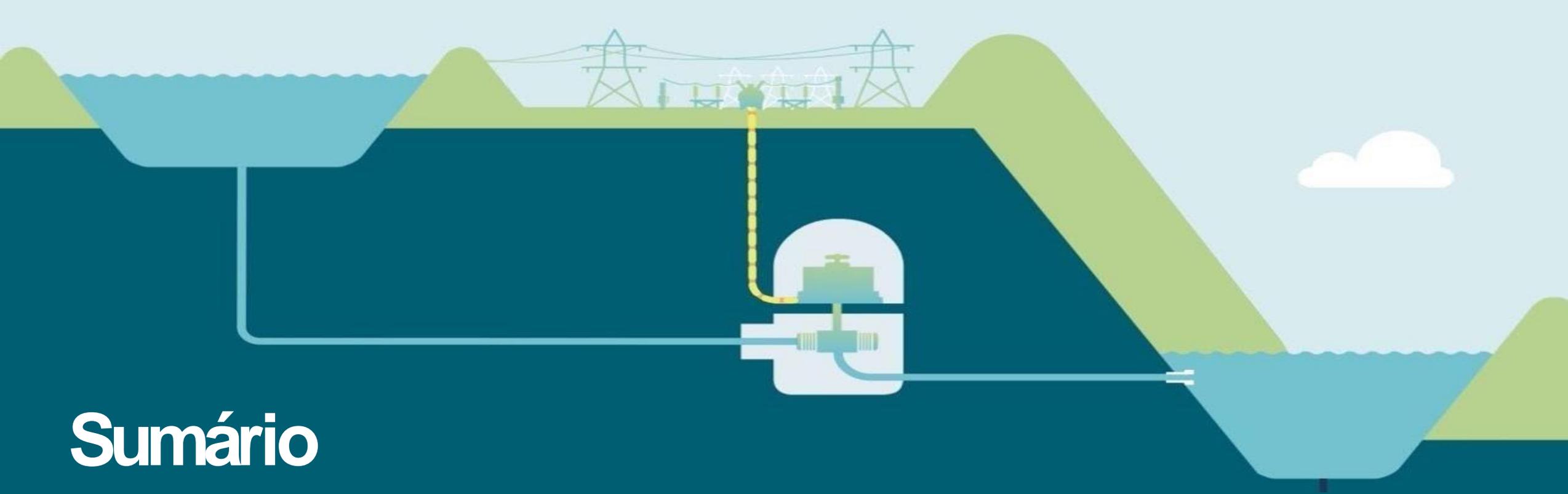


# Projeto de P&D: Viabilidade da Introdução de Usinas Hidrelétricas Reversíveis no Sistema Interligado Nacional

Roberto Brandão

Rio de Janeiro, 12/08/2019





# Sumário

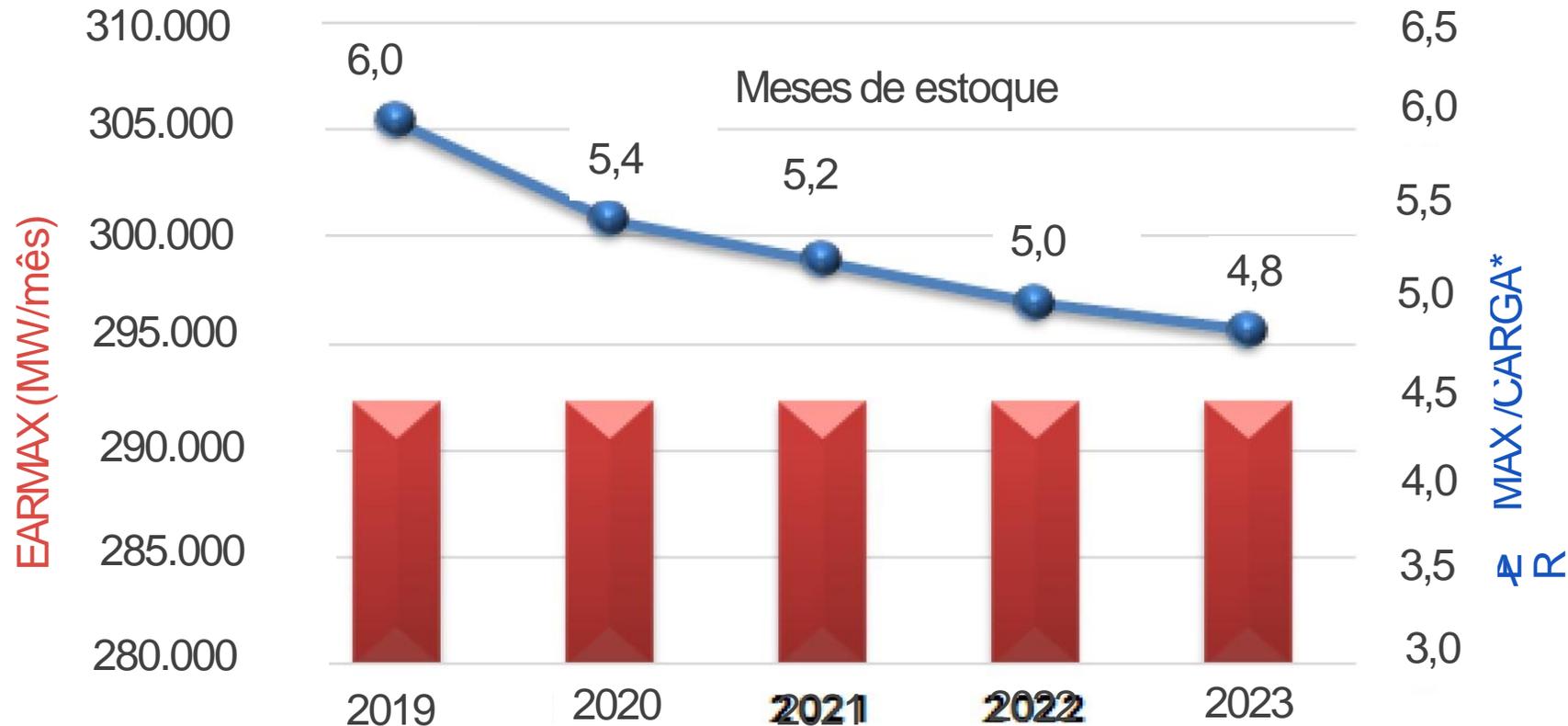
1. Contexto do projeto
2. Objetivos
3. Atividades
4. Equipe

# Contexto do projeto

Está em curso uma substancial mudança na matriz de geração brasileira

- Perda de participação das **hidroelétricas** na matriz de geração;
- Estagnação da capacidade de **armazenamento**;
- Aumento da participação de **geração intermitente** (eólica e solar);
- Aumento da geração hidroelétrica na Amazônia com perfil fortemente **sazonal** (Madeira, Teles Pires, Xingu).

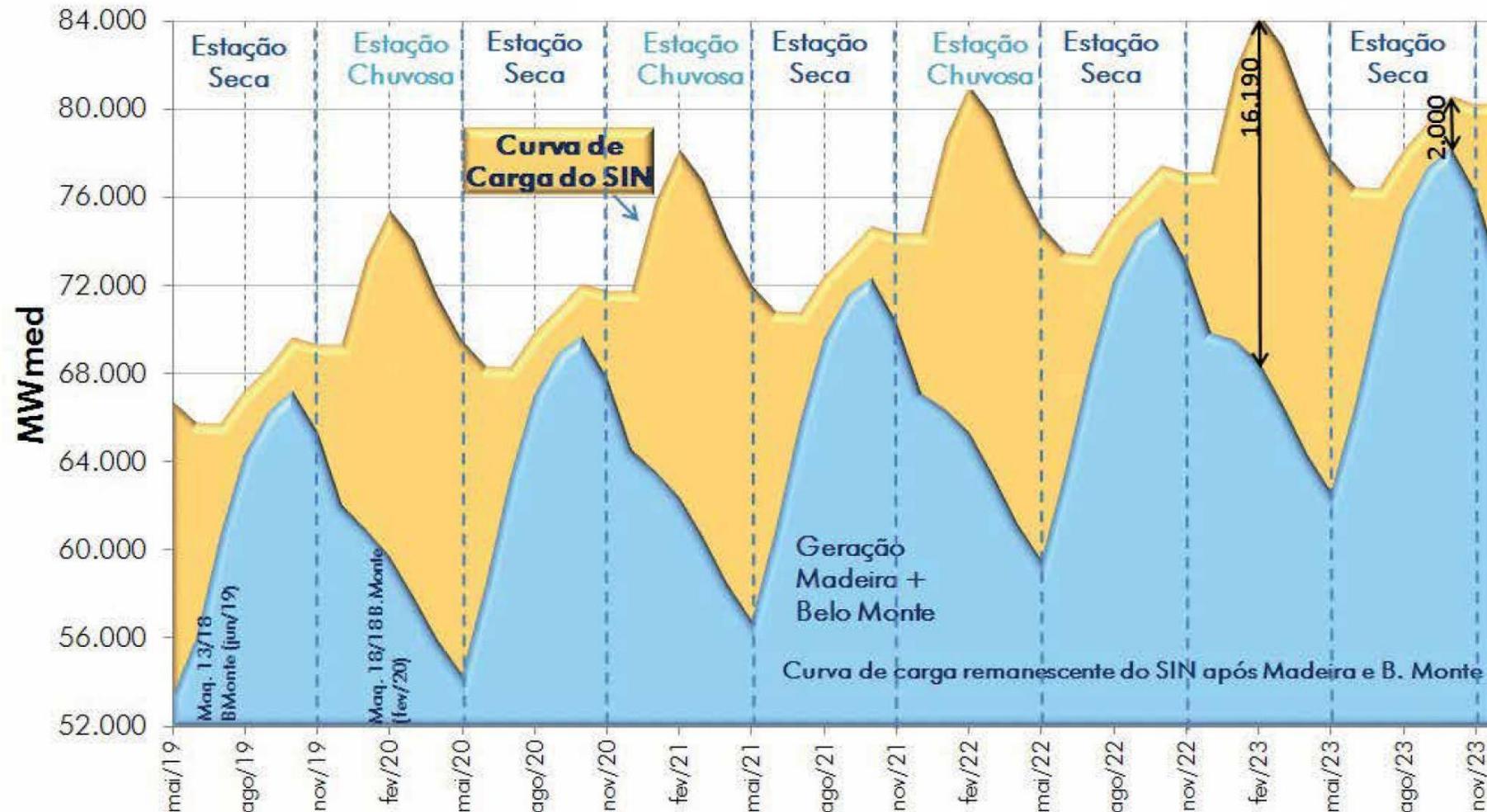
# Energia Armazenada Máxima x Grau de Regularização



\* Estão abatidos a inflexibilidade térmica e a geração das usinas não simuláveis individualmente.

Fonte: ONS, PEN2019, Sumário Executivo, [www.ons.org.br](http://www.ons.org.br)

# Alocação da Geração do Complexo Madeira e Belo Monte na Curva de Carga

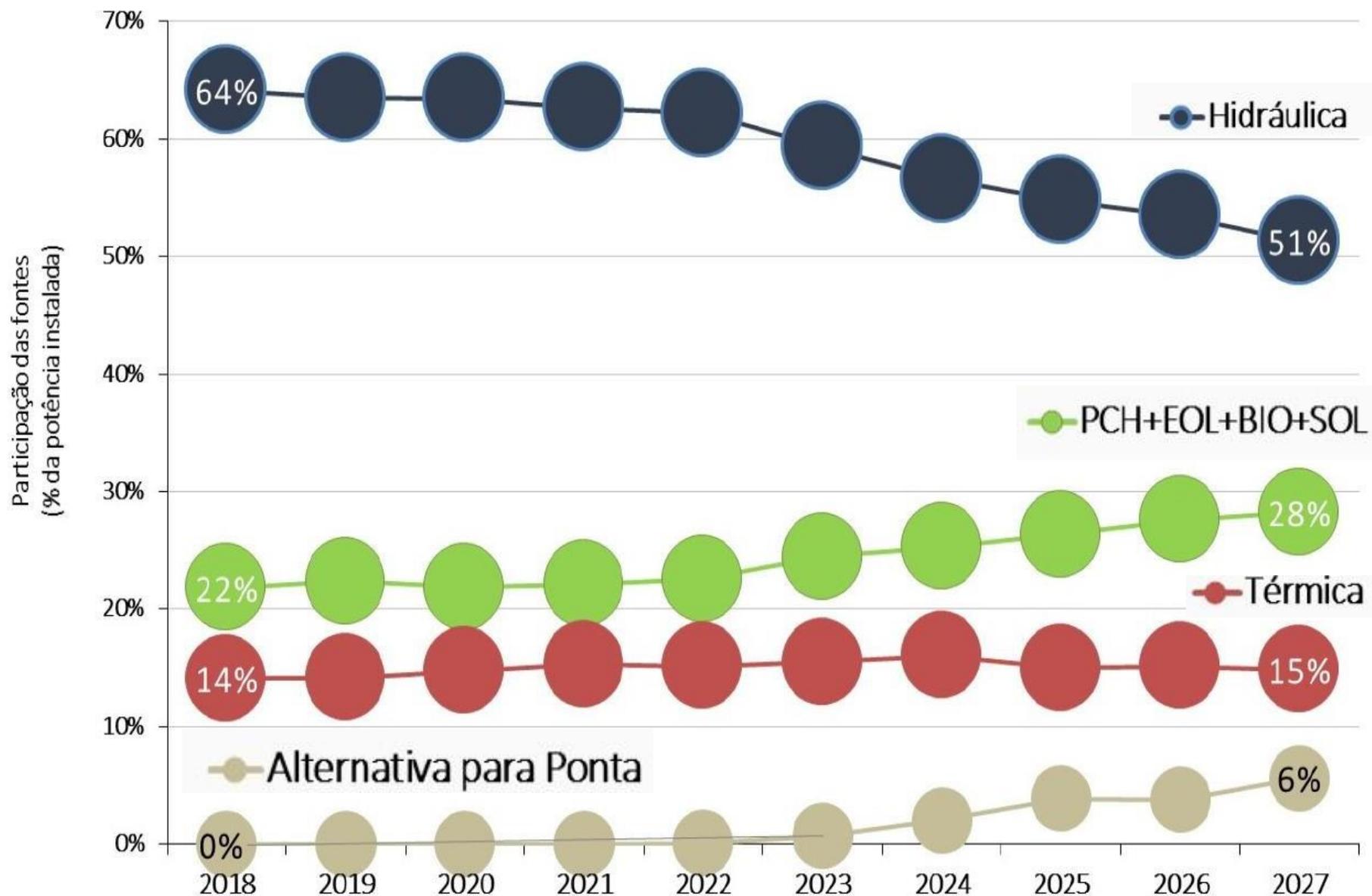


# Contexto do projeto

Atendimento à demanda horária tende a se tornar um problema:

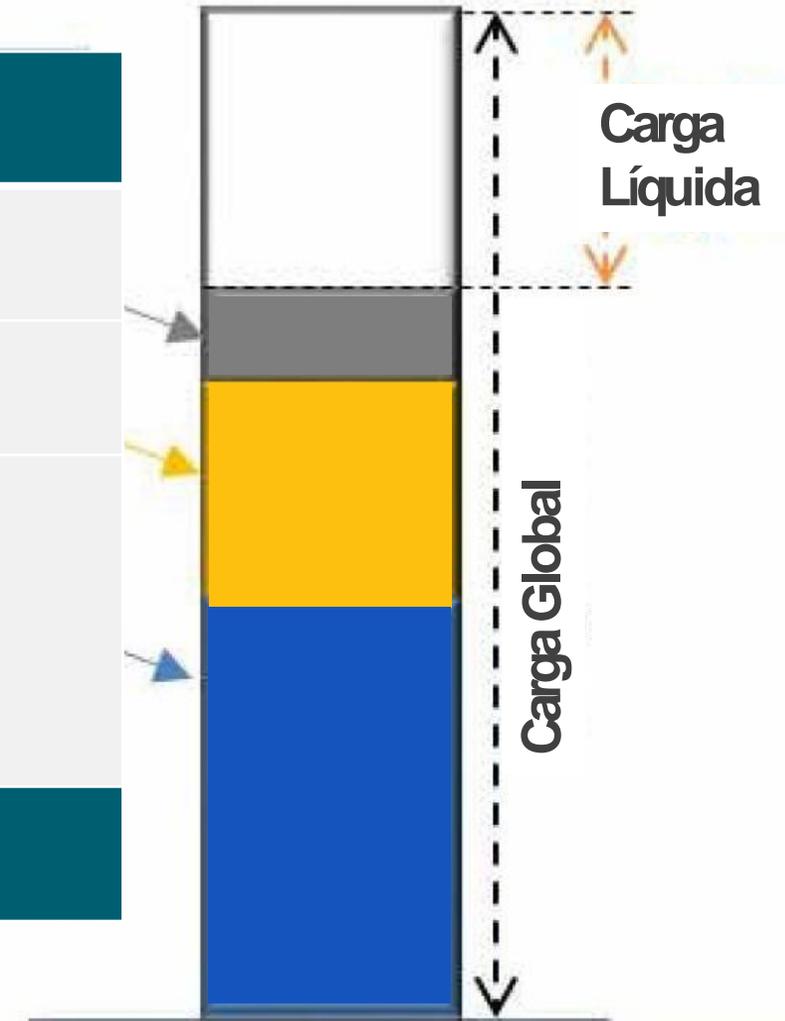
- Atendimento à **ponta no período seco** depende cada vez mais de UTEs de CVU alto ou partida lenta;
- PDE2027 (EPE) diagnostica alto **risco de déficit de potência** instantânea e de atendimento de ponta;
- PDE2027 aponta necessidade de entrada em operação de **13GW** de geração com perfil para operação em ponta até 2026.

# Evolução da participação das fontes no PDE 2027



# Carga Global/Carga Líquida do SIN em 2019 e 2023

	2019	2023
Inflexibilidade Térmica	8%	8%
Eólica, Solar, PCH e Bio	20%	19%
Inflexibilidade Hidro (fio d'água, defluência mínima, mínima, etc)	48%	43%
<b>TOTAL</b>	<b>75%</b>	<b>70%</b>



# Contexto do projeto

Custo da transmissão associada à nova geração tem crescido muito:

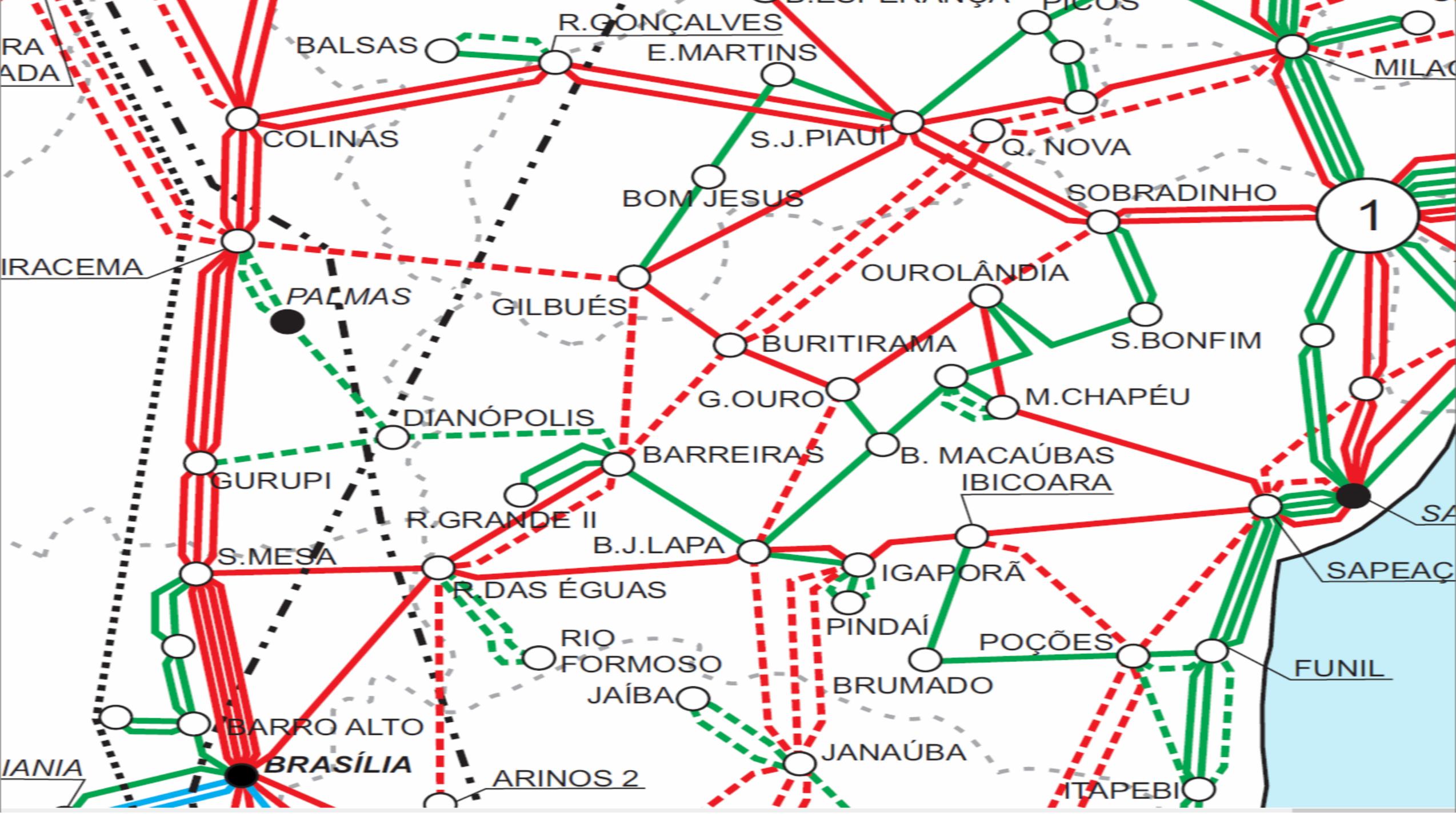
- Principais potenciais hídricos e eólicos são  *muito distantes*  de centros de consumo.
- Transmissão em longa distância de energia intermitente e/ou sazonal tende a fazer com que novas linhas de transmissão tenham  *baixo fator de utilização*  – e portanto alto custo.

# Evolução da Transmissão

2027



Fonte: Eletrobras,  
Evolução da Transmissão 2027,  
[www.eletrobras.com](http://www.eletrobras.com)



# Contexto do projeto

Usinas Hidroelétricas Reversíveis (UHRs)  
ajudam a resolver os problemas apontados:

- São solução para atendimento de **ponta**;
- Podem ser carga ou geração, aumentando a **flexibilidade operativa**;
- Permitem **otimizar** o uso da **transmissão**, pelo adiamento de investimentos;
- São a alternativa mais barata de **armazenamento**, podendo viabilizar aumento na energia armazenável (EAR) do SIN.

# Contexto do projeto

As UHRs também têm outras vantagens:

- Capacidade de **armazenamento** muito superior com uma fração do custo;
- Podem contribuir para a estabilização da **frequência** da rede elétrica;
- Aliviam necessidades de manutenção de **reserva** girante nos sistemas interligados, permitindo aumento do fator de capacidade das hidrelétricas tradicionais.

# Contexto do projeto

## Outras vantagens para o SIN:

- **Regularização** da cascata local, através de usinas reversíveis sazonais (UHRSSs);
- Carga controlável (bombeamento) permite reduzir **vertimentos turbináveis** em cascatas remotas;
- Carga controlável também permite acomodar mais geração eólica e térmica em carga leve;
- Redução do preço de curto prazo (PLD) no patamar pesado, com o deslocamento de geração das térmicas de maior custo unitário (CVU).

# Contexto do projeto

Não há hoje no Brasil, uma forma de remunerar adequadamente as UHRs

- Elas são **consumidoras líquidas** de energia;
- Não é evidente que os **preços horários** viabilizem todas as funcionalidades das UHRs;

Para justificar inovações regulatórias que criem um **esquema específico de remuneração** para as UHRs é preciso demonstrar que os **benefícios sistêmicos são superiores aos custos** dos empreendimentos.

## 2. Objetivos do projeto



### Objetivos centrais:

1. Verificar se os **benefícios sistêmicos** de uma UHR de grande porte são superiores aos **custos**:
  1. Investimentos evitados em geração de ponta;
  2. Investimentos evitados em transmissão;
  3. Otimização da operação do SIN.
2. Em caso positivo, propor **inovações regulatórias** que viabilizem a contratação de UHRs;
3. Estado da arte em termos de **tecnologia e operação** de reversíveis.

## 2. Objetivos do projeto



### Objetivos específicos:

1. **Mapear potenciais** para UHRs de grande porte e selecionar projetos a serem modelados;
2. Modelar o funcionamento do SIN no médio prazo e em **base horária ou sub horária**, com e sem cada UHR selecionada, utilizando o PLEXOS (SIN configurado como base último PDE da EPE).
3. Estimar **investimentos evitados** em geração de ponta e transmissão;
4. Escolher o **empreendimento mais promissor** para detalhamento;

## 2. Objetivos do projeto



### Objetivos específicos (cont.):

5. Desenvolver estudos econômicos, sociais e ambientais da UHR selecionada;
6. Desenvolver, e simular inovações regulatórias, para viabilizar a implementação de UHRs;
7. Divulgar os resultados obtidos entre stakeholders envolvidos, através de workshops e seminários;
8. Capacitar os agentes do setor elétrico, investidores e autoridades governamentais no tema de UHRs.

# 3. Principais atividades do projeto

## ETAPA 1

Mapeamento preliminar do potencial de armazenamento energético com UHRs no Brasil e Definição das alternativas aproveitamento de UHRs.

## ETAPA 2

Revisão da experiência internacional e nacional de UHRs: Tecnologias, Modos de Operação e Regulação

## ETAPA 3

Desenvolvimento de modelagem da operação de algumas UHRs para a avaliação de critérios de viabilidade técnica e econômica.

## ETAPA 4

Detalhamento preliminar de um projeto selecionado de UHRs levando em conta aspectos tecnológicos, custo, ambientais, sociais e de viabilidade financeira

## ETAPA 5

Análise do empreendimento estudado segundo aspectos de inovação tecnológica e operacional.

## ETAPA 6

Propostas de inovações regulatórias e alternativas para possibilitar a implementação de armazenamento energético no Brasil, incluindo leilão de UHRs.

## ETAPA 7

Publicação de resultados em relatórios e de livro sobre UHRs no Brasil

## ETAPA 8

Realização e participação de seminários, cursos e workshops para apresentação de resultados

# 4. Equipe do Projeto: principais pesquisadores



- Nivalde Castro (coordenador)
- Roberto Brandão (finanças, regulação, coordenador executivo)
- Julian Hunt (localização de aproveitamentos)
- Ricardo Abranches Felix (ambiental).



Tecnologia:

- Paulo Barbosa
- Sergio Bajay



- Mirian Adelaide



Elétrica:

- Djalma Falcão,
- Glauco Taranto.

# Obrigado pela atenção!

## Contato

@ [robertobrandao@gmail.br](mailto:robertobrandao@gmail.br)

+55 (21) 3577-3953

Rua Hermenegildo de Barros, 23 - Glória  
Rio de Janeiro, RJ- Brasil  
CEP: 20241-040

# Rio de Janeiro

## Grupo de Estudos do Setor Elétrico

