

Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da  
Câmara dos Deputados

# **Características da Expansão Hidroelétrica e a Necessidade de Implementação de Geração Complementar**

Prof. Nivalde J. de Castro  
Pesquisador Guilherme Dantas

Brasília, 11 de Maio de 2011.

# Sumário

---

- A Matriz Elétrica Brasileira;
- A Importância dos Reservatórios;
- A Redução da Capacidade de Regularização da Oferta;
- A Necessidade de Complementação da Geração Hídrica;
- A Complementaridade das Fontes Renováveis.

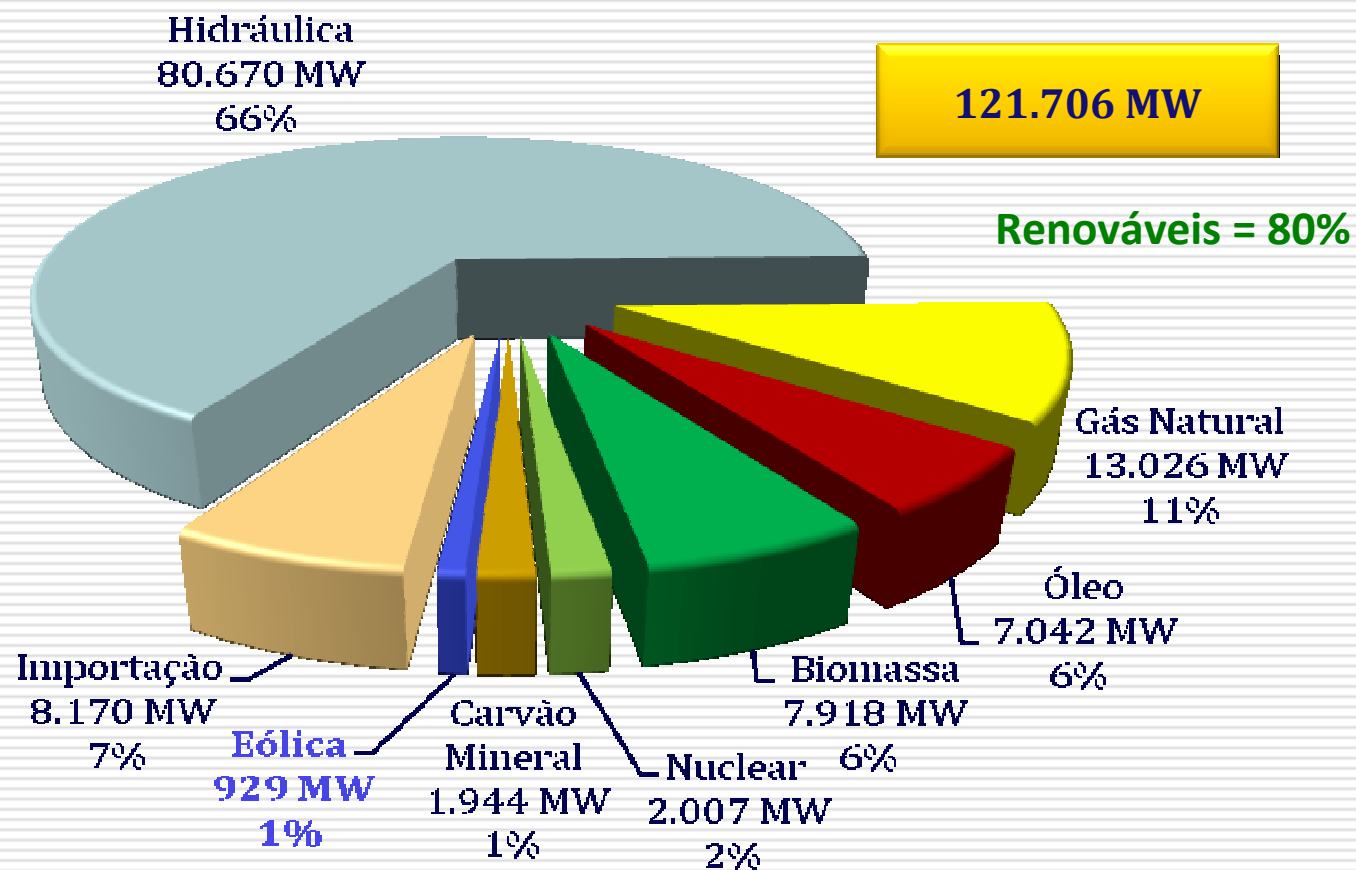
# A Matriz Elétrica Brasileira

Países	% UHE
Noruega	98,5
Brasil	79,8
Venezuela	72,8
Canadá	58,7
Suécia	46,1

É uma das melhores do Mundo.

Base é hidroelétrica:  
energia limpa,  
renovável e custos baixos

# Capacidade instalada para produção de energia elétrica: Fev 2011



# Participação da Geração Hidroelétrica na Oferta Total de Energia Elétrica

---

<b>Anos</b>	<b>em % do total</b>
2005	92,5
2006	91,8
2007	92,8
2008	84,1
2009	88,5

Fonte: ONS e MELO (2010).

# Premissa da Política Energética do Brasil

---

Deve **priorizar a exploração do potencial hidroelétrico** estimado em 270.000 MW: limpa, renovável e barata.

As críticas à política brasileira visam:

- manter o grau de poluição dos países desenvolvidos e
- diminuir a competitividade energética da economia brasileira

# Modelo do Setor Elétrico Brasileiro - SEB

---

Dois objetivos estratégicos do Modelo:  
**expansão** da oferta com **modicidade**  
tarifária, via leilões de energia nova

Apresenta uma consistência e fundamentação  
institucional e econômica que garante:

**Equilíbrio dinâmico entre oferta e demanda  
de energia elétrica**

# A Matriz Elétrica Brasileira

---

- A energia hídrica é determinada pelas **afluências** (chuvas) que possuem um comportamento aleatório.
- Dada esta incerteza é necessário ter folga entre a **demanda** (máxima) e a **capacidade instalada** do sistema.
- Como garantia são necessárias usinas térmicas contratadas como **backup** do sistema: são despachadas só quando não chove o suficiente.

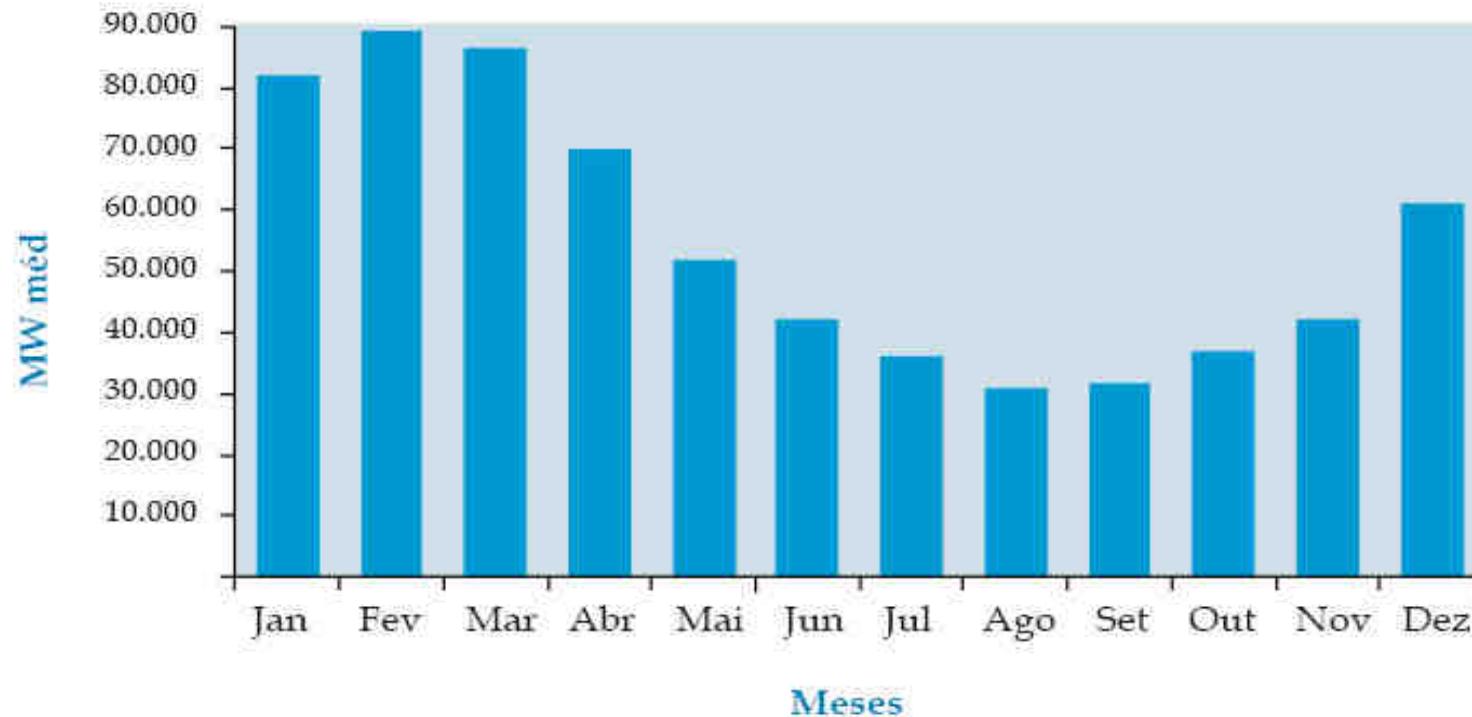


# A Matriz Elétrica Brasileira

---

- A **ENA - energia natural afluyente** - (energia das chuvas) tem um componente anual sazonal. Período úmido (nov-abril) e seco (maio – nov)
- Os grandes reservatórios das UHE permitem a regularização da geração hídrica ao longo de todo o ano: **EAR - energia armazenada**;
- Os reservatórios acumulam água no **período úmido**. A água é convertida em energia elétrica no **período seco**.

# A Sazonalidade da ENA - Energia Natural Afluente



Fonte: Elaboração do GESEL-UFRJ a partir do banco de dados histórico da operação do ONS para 2008.  
(\* Sistema Interligado Nacional que corresponde a algo em torno de 98% do mercado brasileiro de energia elétrica.

# Características da Expansão da Oferta de EE

---

- O Brasil tem grande **potencial hídrico** para atender a demanda crescente de energia elétrica: 6.000 MW por ano.
- O maior potencial está na Região Norte, plana que não permite a construção de grandes reservatórios.
- A Constituição de 1988 definiu legislação ambiental muito restritiva em relação às novas UHE (com reservatórios).

# Características da Expansão da Oferta de EE

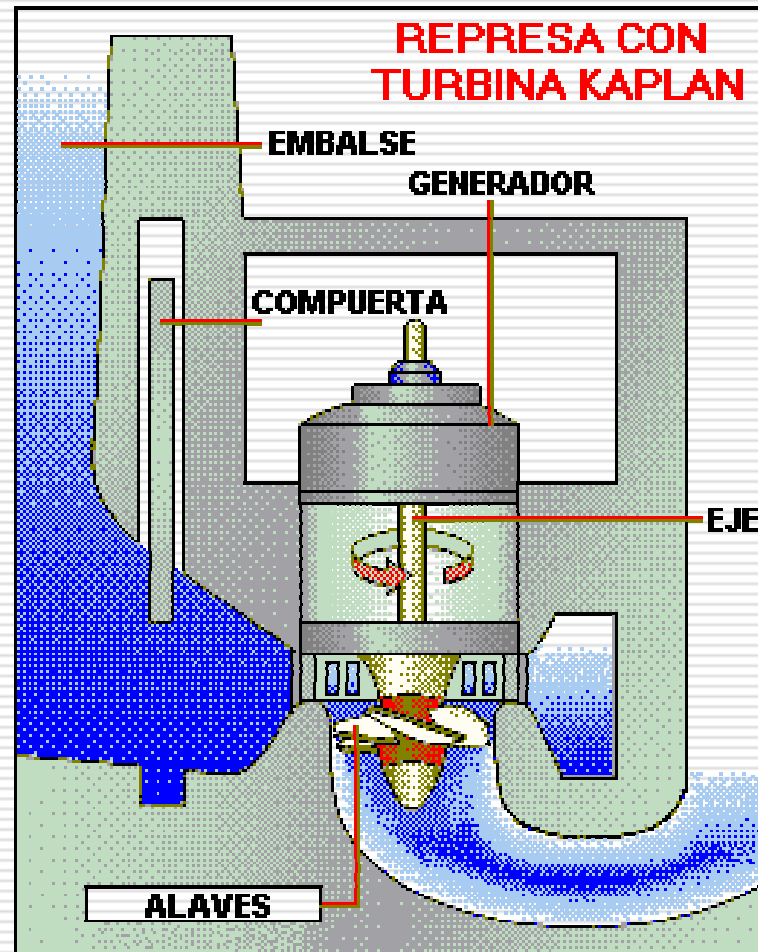
---

Dada as restrições geográficas e ambientais, as novas UHE serão todas do tipo Fio de Água: Jirau, Santo Antônio, Belo Monte, etc:

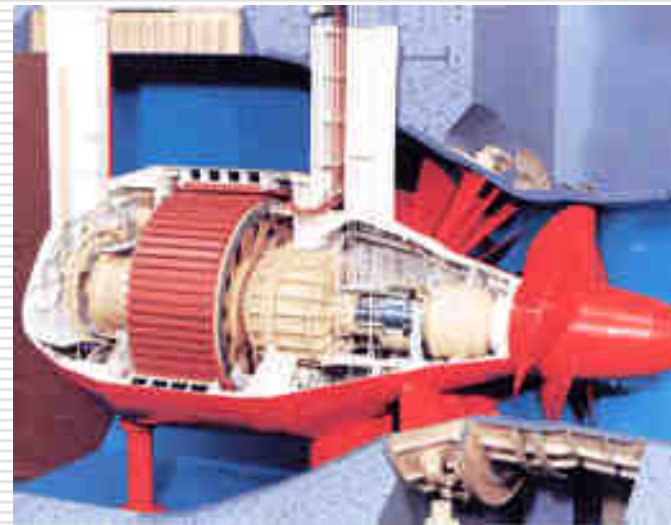
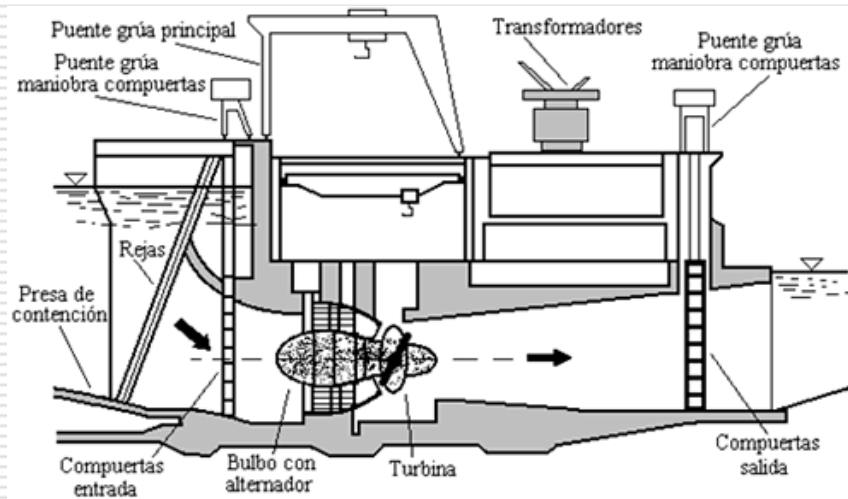
Não tem praticamente reservatório e geram:

- muita energia no período úmido e
- pouca no período seco

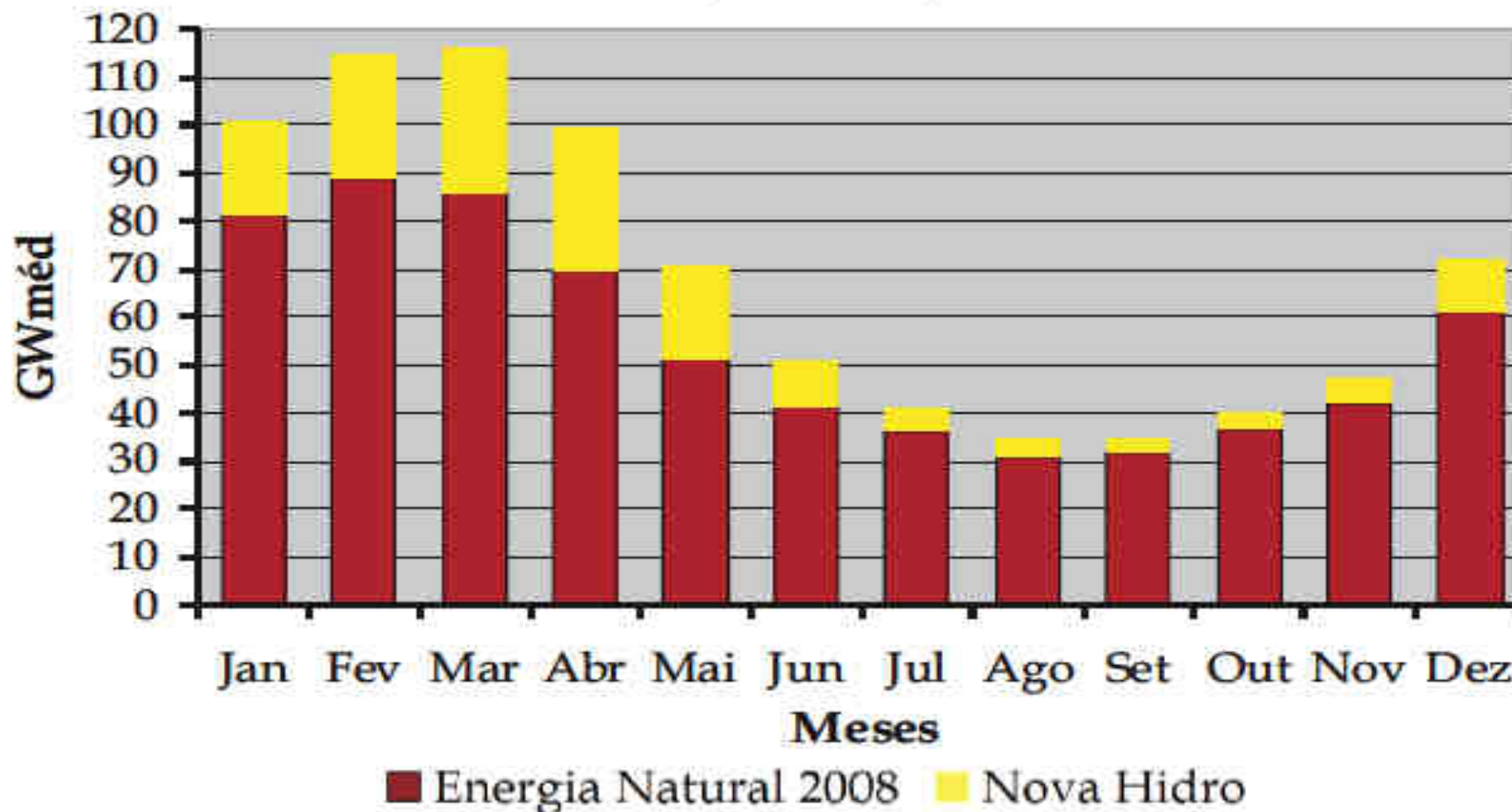
# UHE com Reservatório



# UHE Fio d'água



Brasil: Evolução da Energia Natural Afluente de 2008  
 Incluindo 30 GW nova hidroelétricas  
 com regime hidrico semelhante ao do Tocantins  
 (em Gwméd)



Fonte: Site do ONS ([www.ons.org.br](http://www.ons.org.br)). Dados elaborados a partir do banco de dados histórico da operação do ONS para 2008. A distribuição sazonal da ENA de novas hidroelétricas reproduz o padrão atual da região norte.

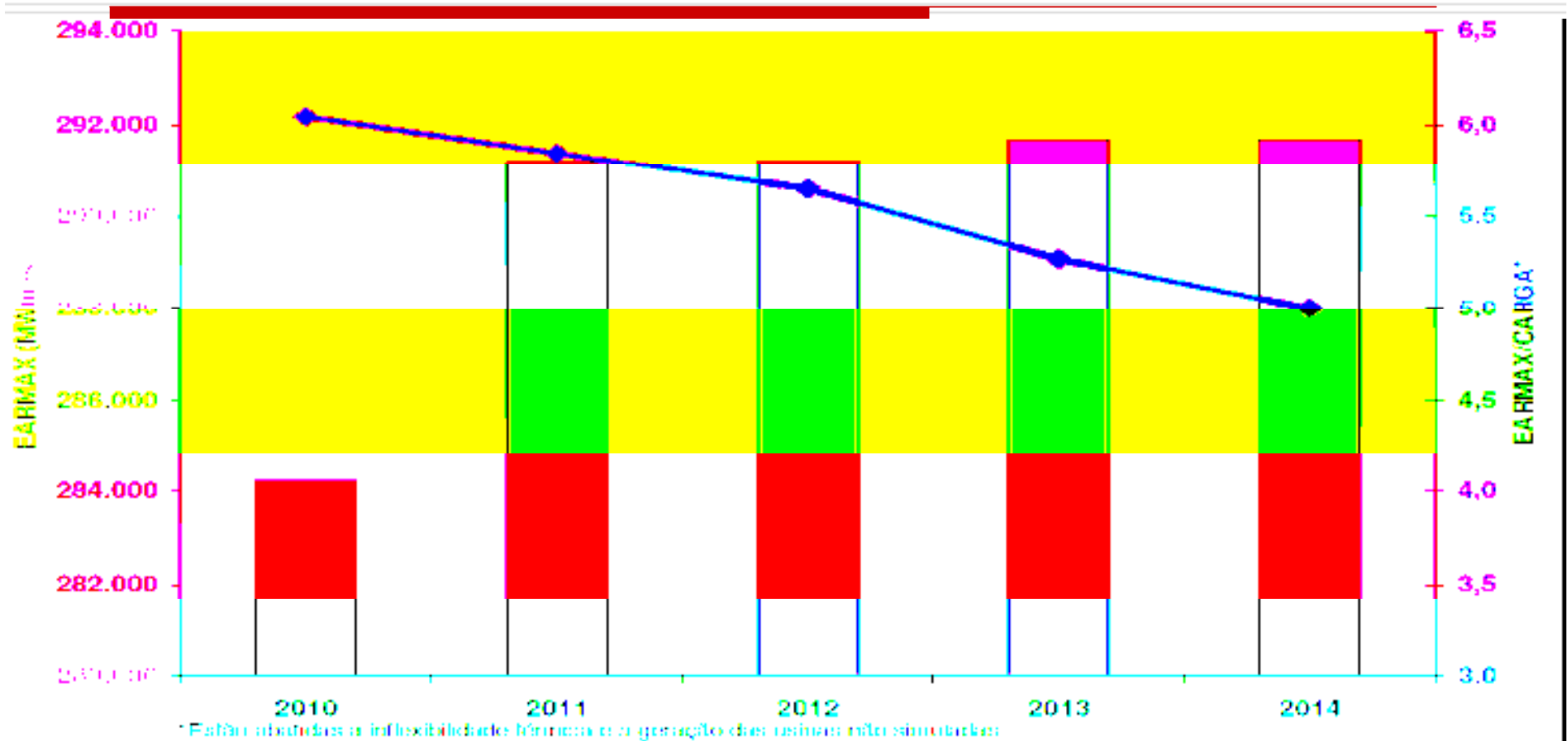
# A Redução da Capacidade da Regularização da Oferta

---

- Segundo EPE de 2010 a 2019, a capacidade instalada de geração hídrica expandirá 61%
- E a capacidade de armazenamento aumentará 11%.
- Resultante: redução da capacidade de regularização da oferta de energia hidroelétrica



# Evolução da Energia Armazenada Máxima e Grau de Regularização do SEB



Fonte: ONS (2010).

# A Necessidade de Complementação da Matriz Hidroelétrica

---

## Novo Padrão de Geração Hidroelétrica para século XXI:

Muita energia elétrica no período úmido, com possibilidade de usinas **verterem** água, que não poderá ser armazenada. E pouca energia (ENA) no período seco

- **CONCLUSÃO:** haverá crescente necessidade de complementar a hidroelétricidade no período seco.

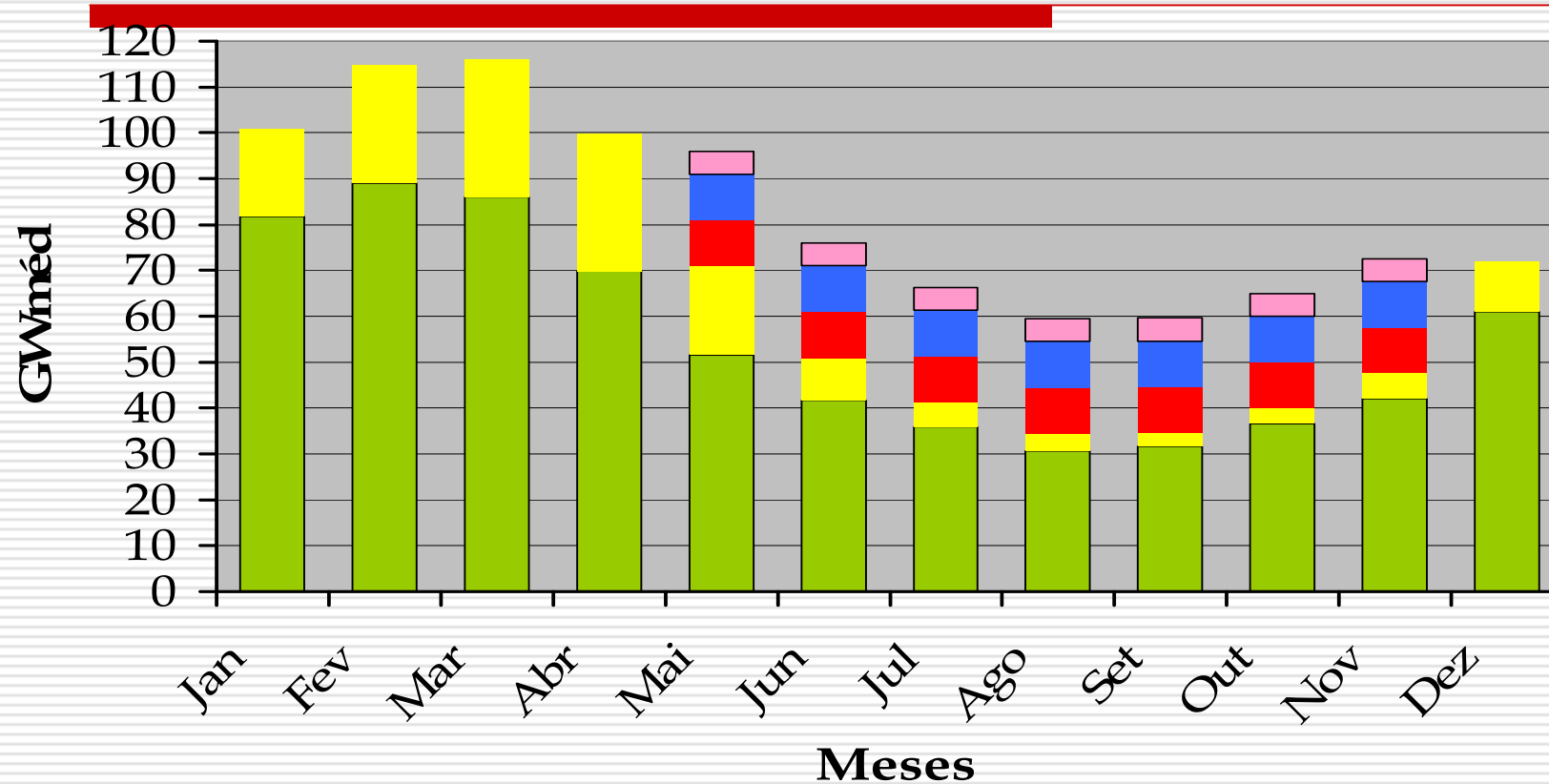
# A Necessidade de Complementação da Matriz

---

A complementaridade deve priorizar usinas com características técnicas e econômicas para a **operação na base** do sistema no período seco:

- ✓ “Usinas” Eólicas
- ✓ Usinas de Biomassa Canavieira
- ✓ Usinas Térmicas com reduzido **Custo Variável**
- ✓ Carvão, solar, nuclear (?)

# Oferta de Eletricidade com Geração Complementar Teórica



■ Energia Natural 2008 ■ Nova Hidro ■ Biomassa ■ Gás ■ Eólica

# A Complementariedade das Fontes Renováveis: **Eólica e Bioeletricidade**

---

Devem ser priorizadas na expansão da matriz elétrica brasileira:

- são intrinsecamente **complementares** ao parque hídrico: geram no período seco
- em linhas com a **Economia de Baixo Carbono**: fator de competitividade do Brasil no cenário internacional.

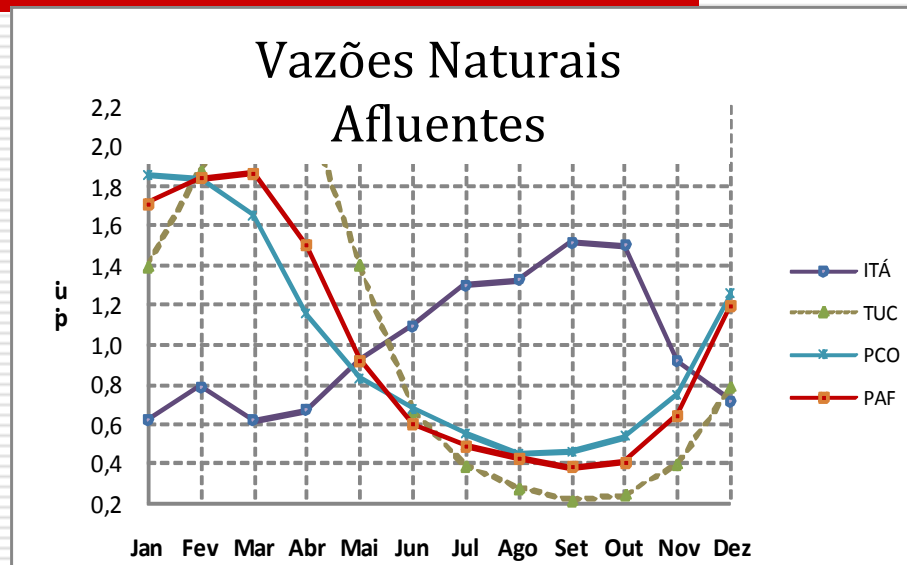
# A Complementaridade das Fontes Renováveis: Energia Eólica

---

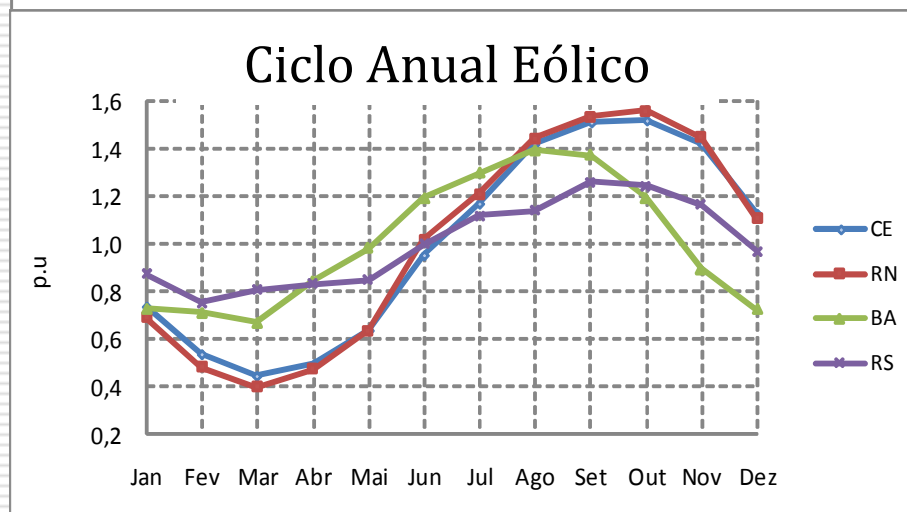
- O potencial eólico do Brasil está estimado em mais de **300 GW**.
- Os ventos, sobretudo na Região Nordeste, são mais intensos e regulares no período seco do ano.
- O problema desta fonte é a sua **intermitência** natural



# A Complementaridade das Fontes Renováveis: Energia Eólica



ITÁ: UHE Itá  
 TUC: UHE Tucurui  
 PCO: UHE Porto Colômbia  
 PAF: UHE Paulo Afonso





# A Complementaridade das Fontes Renováveis

## Bioeletricidade

---

- A safra de cana de açúcar na Região Centro Sul ocorre entre os meses de maio e novembro: período seco
- ONS estima que para cada 1.000 MWmed de bioeletricidade inseridos na rede no período seco do ano equivalem a uma economia de 4% dos reservatórios.

# Complementaridade da Matriz: Gás Natural

---

- O gás natural do Pré-Sal fazem das térmicas uma necessária opção de complementação.
- Mas é necessário mudar as regras de contratação para utilização alternativa do gás no período úmido do ano.

# Considerações Finais

---

- A predominância hídrica na matriz elétrica brasileira fundamenta-se na existência de grandes reservatórios
- A expansão do parque hidroelétrico (**prioridade máxima**) ocorrerá sem expansão na capacidade dos reservatórios
- Ocorrerá redução da capacidade de regularização da oferta hídrica

# Considerações Finais

---

- A complementação da geração hidroelétrica deve priorizar fontes que possibilitem competitividade de custos e sustentabilidade ambiental;
- A bioeletricidade e a energia eólica são fontes naturalmente complementares à geração hídrica.
- **Mas são necessárias fontes não renováveis para garantir mais segurança ao SEB: gás natural**



# GESEL

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

---

**Site no Google: GESEL - UFRJ**

**[nivalde@ufrj.br](mailto:nivalde@ufrj.br)**

**Tel (55) 21 3873-5249**

**Cel (55) 21 9806-4702**