



# Sistema Interligado Nacional

Empresa de Pesquisa Energética - EPE

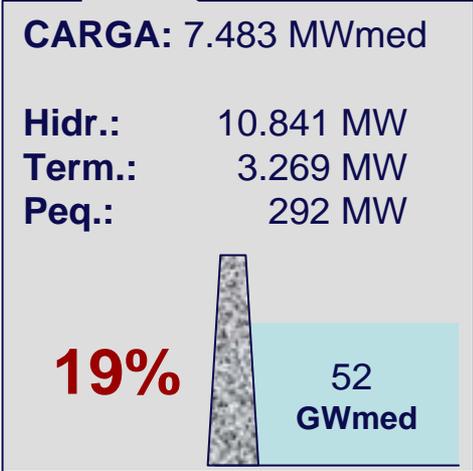
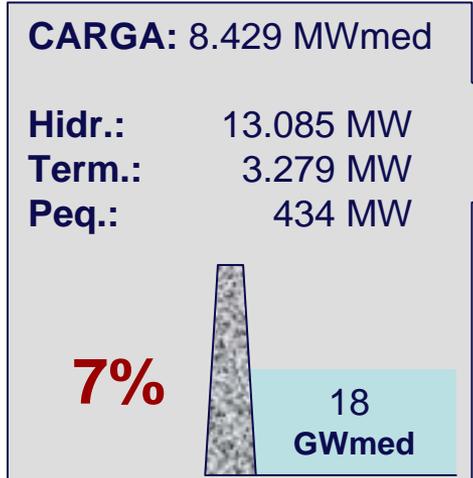
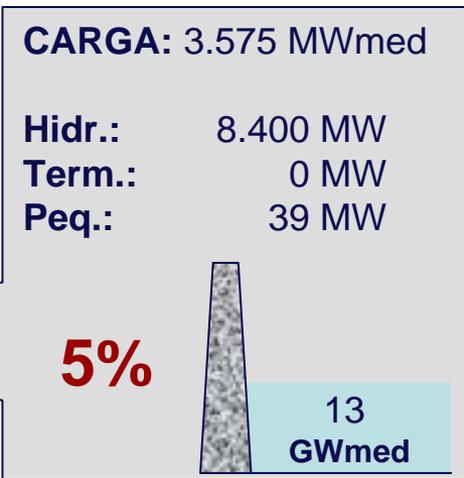
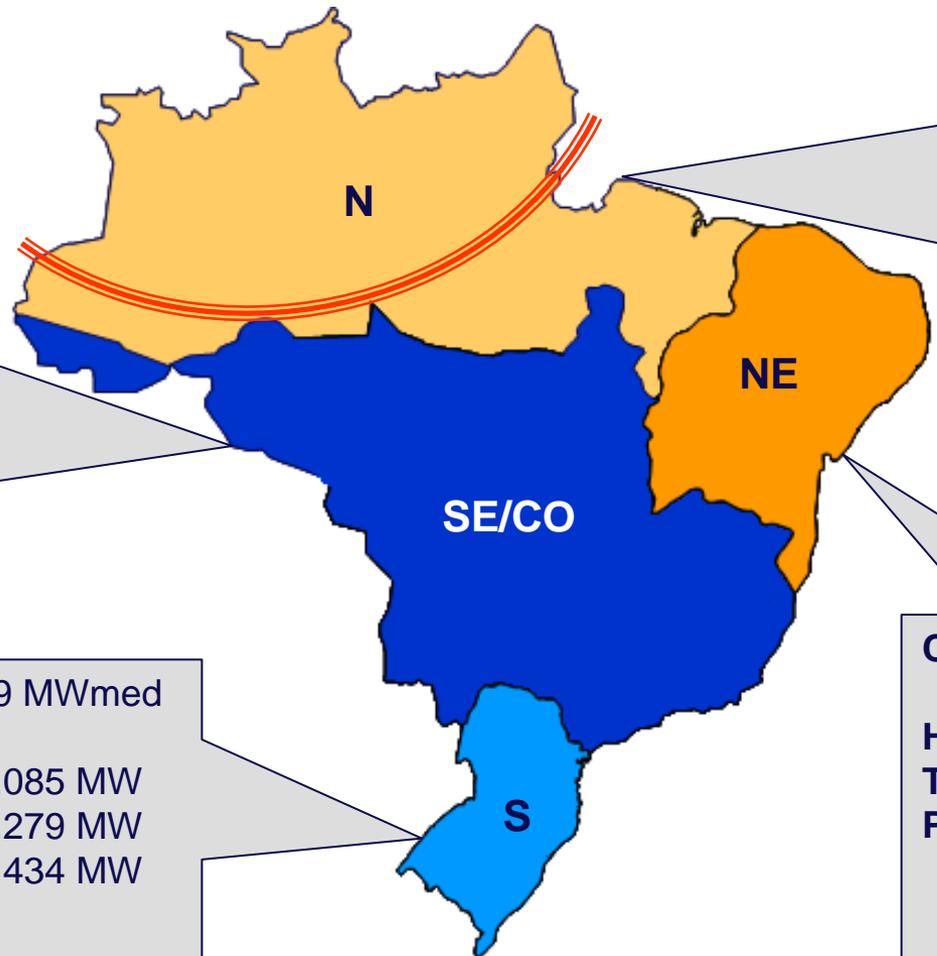
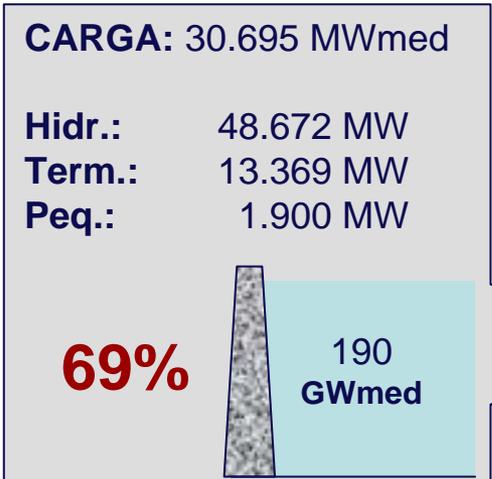
Mauricio T. Tolmasquim  
Brasília  
10 de dezembro, 2009



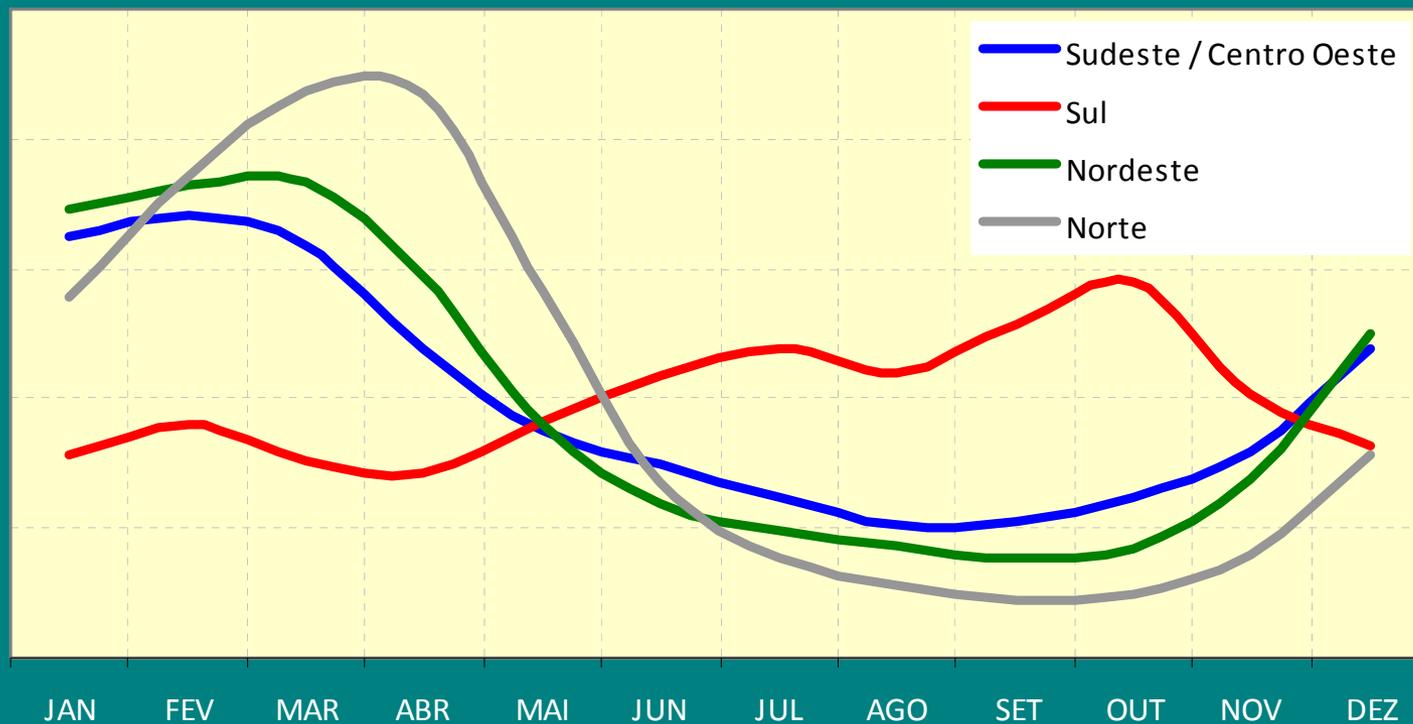
# Visão Geral do Sistema Elétrico Brasileiro

---

# Balanço Carga X Potência Instalada (2009) – Sistema Interligado



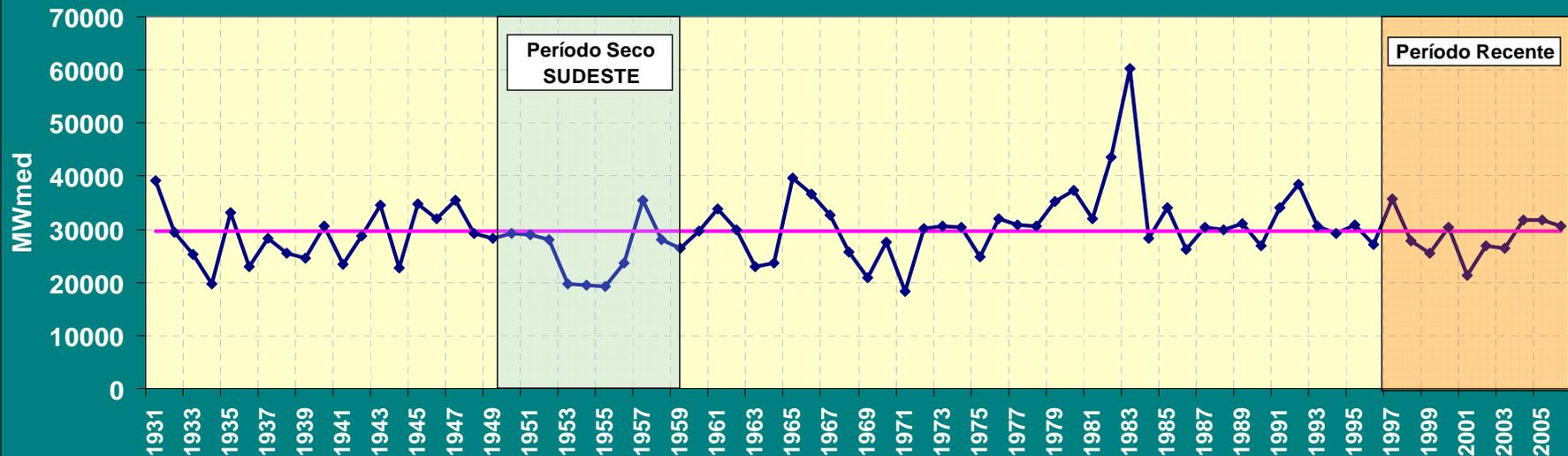
## Sazonalidade da Energia Natural Afluyente (p.u.)



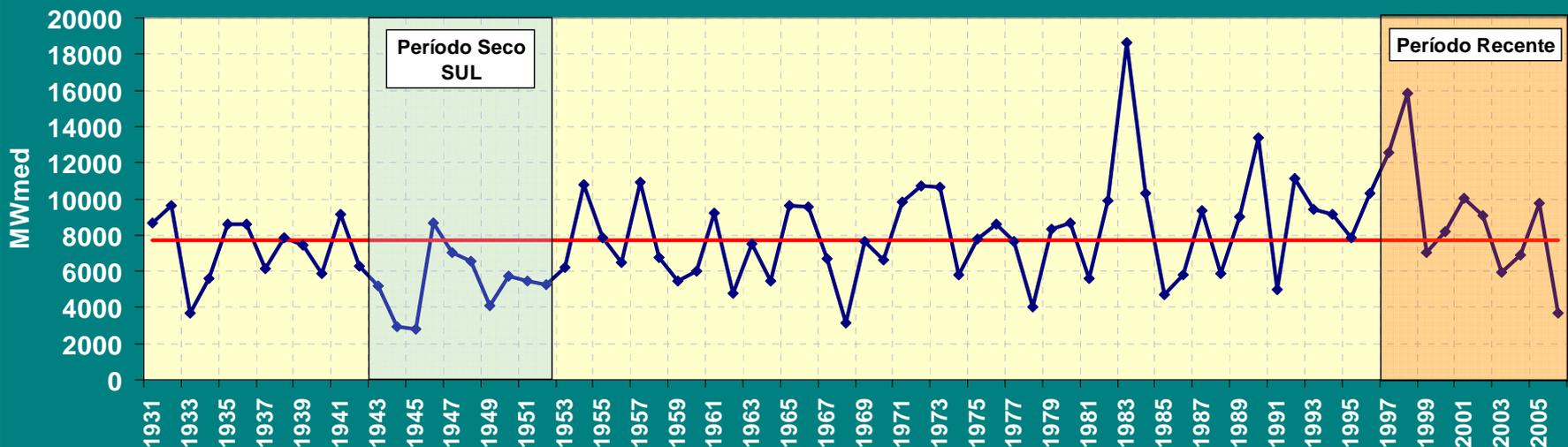
A sazonalidade das afluições permite o intercâmbio dessa energia entre os subsistemas INTERLIGADOS, visando a otimização da operação.

# Complementaridade entre Subsistemas

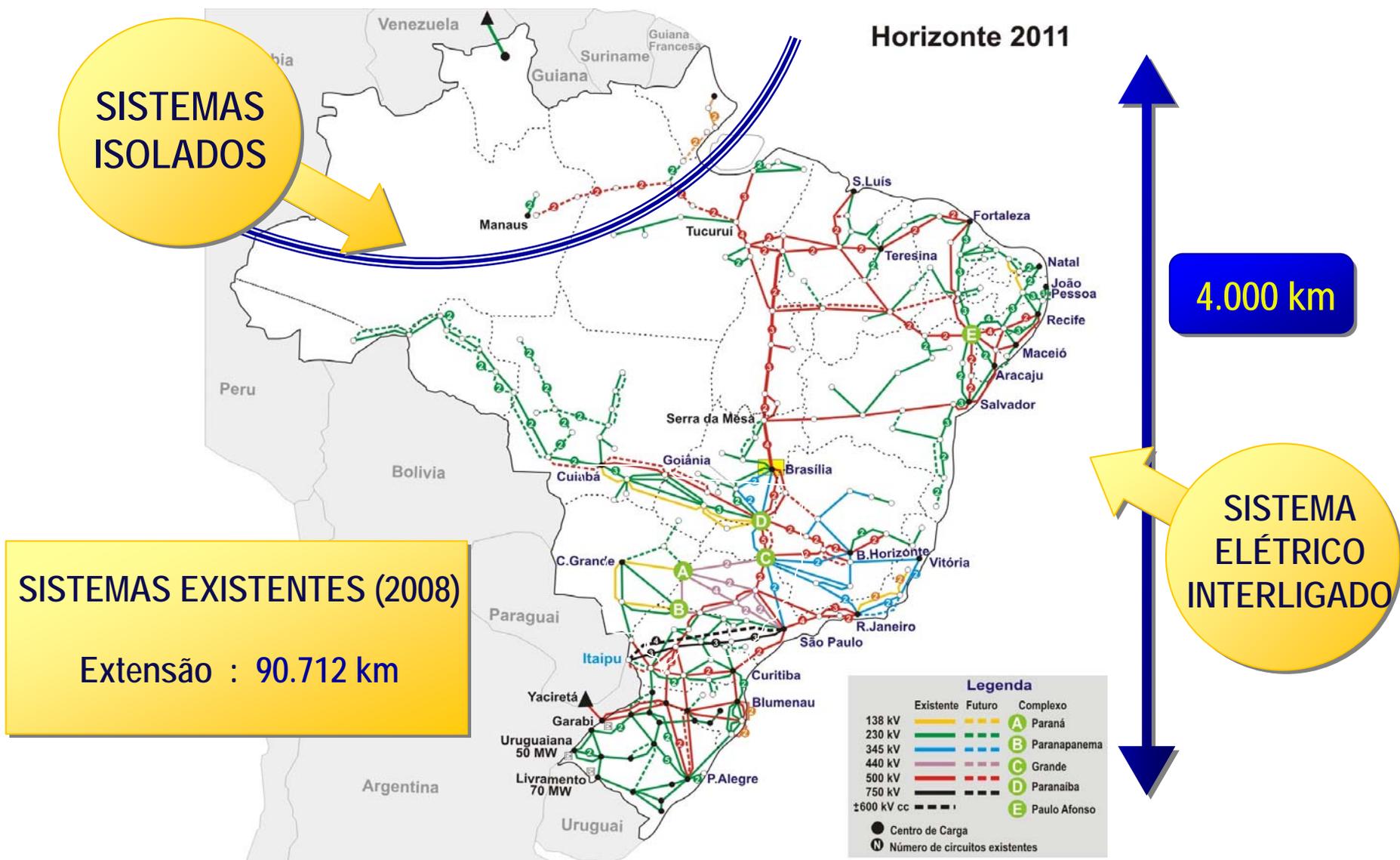
## SEQUÊNCIA HISTÓRICA DE AFLUÊNCIA DO SUDESTE - MÉDIA ANUAL



## SEQUÊNCIA HISTÓRICA DE AFLUÊNCIA DO SUL - MÉDIA ANUAL



# O Sistema Elétrico Brasileiro – Integração dos Subsistemas



- **Maior complexidade devido ao maior porte do sistema**
  
- **Maior investimento em transmissão**
  
- **Maior aproveitamento dos recursos hídricos considerando a diversidade hidrológica das regiões interligadas - Sinergia**
  - Menor necessidade de capacidade instalada (ganho de 12% a 20%)
  - Redução de custos (geração hidrelétrica mais barata que a geração termelétrica)
  
- **Maior flexibilidade no atendimento da demanda**

Potência Instalada

**102.609 MW**

## Hidrelétricas



- . Distantes do centro de carga;
- . Maior incerteza ( depende da afluência natural).
- . Quando possuem reservatório, conseguem regularizar períodos desfavoráveis de afluência.
- . Menor custo de produção;

## Termelétricas

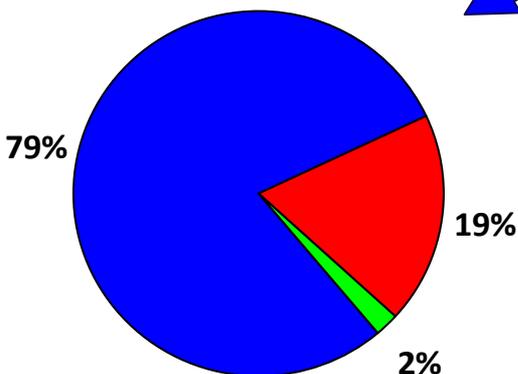


- . Próximas ao centro de carga;
- . Geração depende da oferta de combustível;
- . Maior custo de produção (varia com a fonte)

## Fontes Alternativas (Eólica, Biomassa, PCH)



- . Fontes de baixo custo de operação;
- . Grande dependência de fatores climáticos e suas sazonalidades, gerando incerteza na produção.



Ano:2008

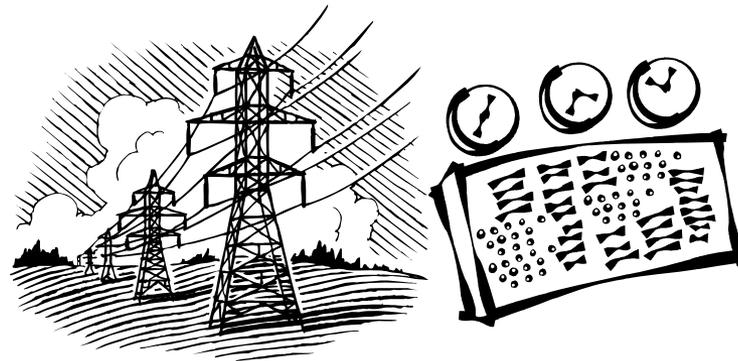


# Racionamento x Blecaute

---

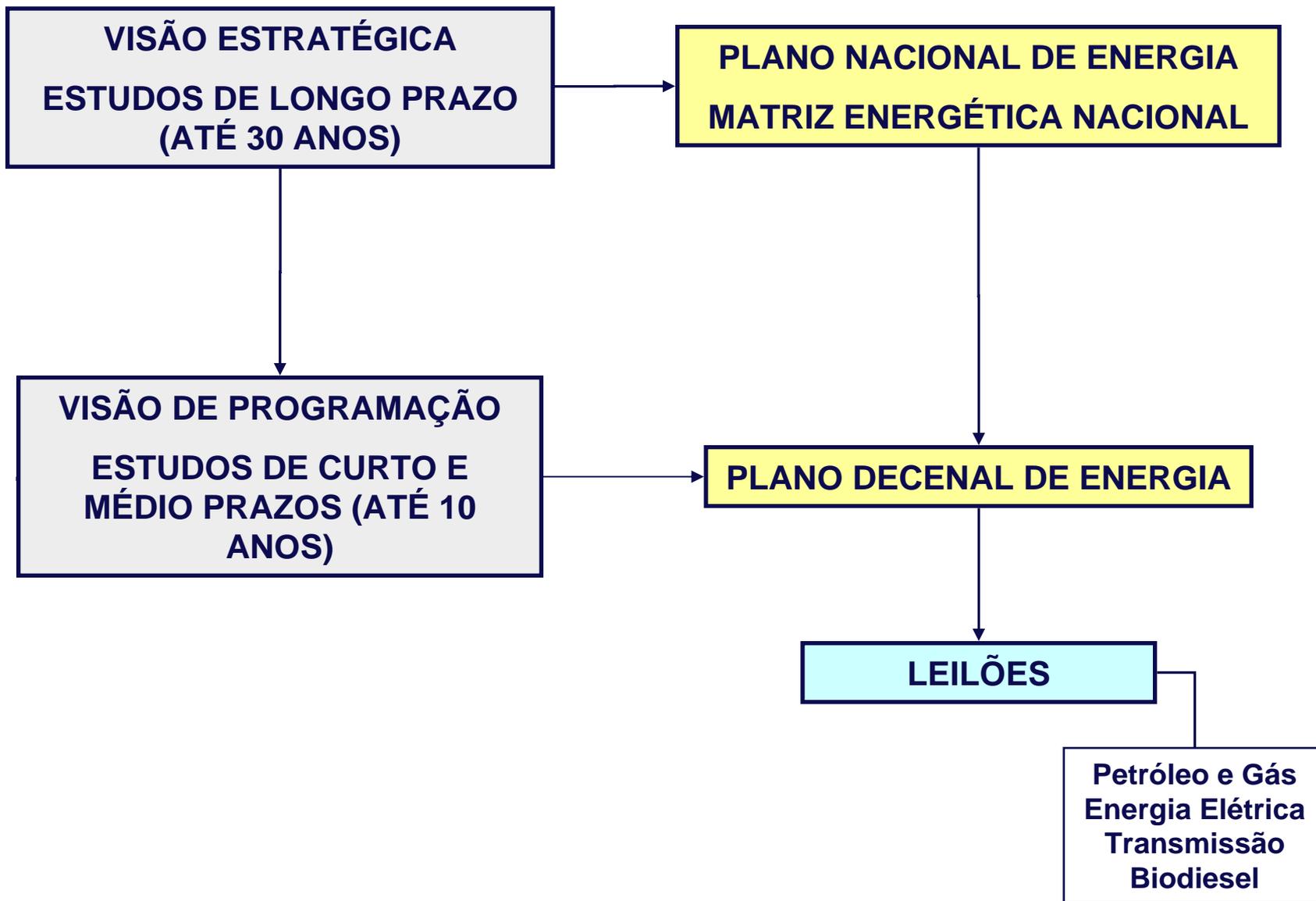
# Racionamento x Blecaute

	Racionamento 2001/2002	Blecaute 2009
<b>CAUSAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de planejamento e investimentos;</li> <li>- Oferta de geração/transmissão insuficiente;</li> <li>- Hidrologia desfavorável.</li> </ul>	Em análise: acidentes no sistema de transmissão.
<b>DURAÇÃO</b>	9 meses (jun/01 a fev/02)	3h40min
<b>IMPACTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Redução de cerca de 75.000 GWh durante o racionamento;</li> <li>- Custo direto ao país de R\$45,2 bilhões. (estimativa TCU)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Redução de cerca de 100 GWh;</li> <li>- Retorno pleno do abastecimento após a recomposição do sistema.</li> </ul>

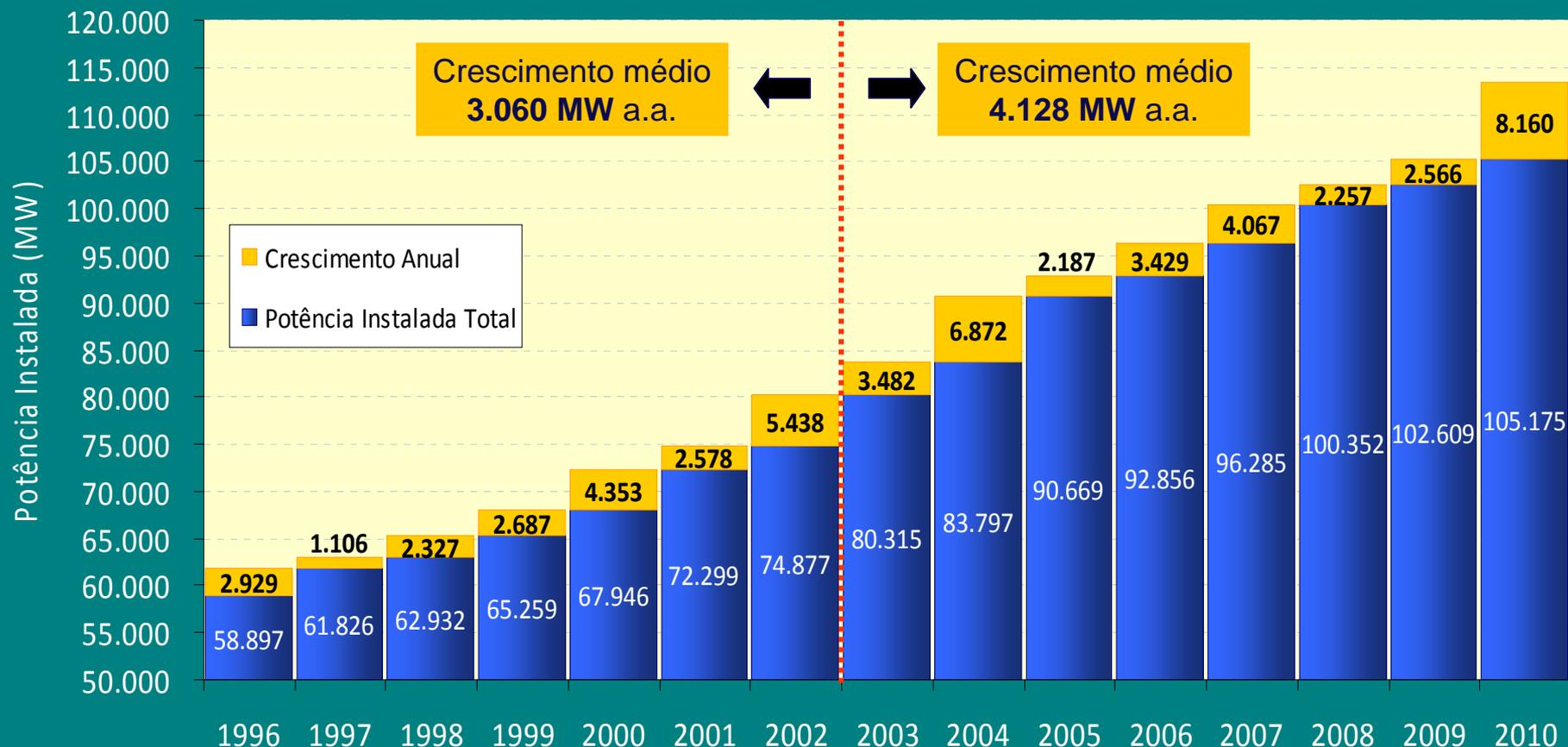




# Planejamento e a Evolução da Oferta



# Evolução da Oferta – Acréscimo Anual de Potência Instalada



Fonte: CMSE – Sistema Interligado Nacional

Não está incluso: Auto-produção e Sistemas Isolados





# Planejamento e a Evolução da Transmissão

## ▪ Qualidade do Suprimento

### ▪ Faixas operativas de tensão

**-De 95% a 105% do valor nominal.**

### ▪ Faixa operativa de frequência

**-De 59,9 a 60,1 hertz.**

### ▪ Níveis de carregamento de linhas de transmissão e transformadores mantidos abaixo dos valores máximos.

## ▪ Confiabilidade do Suprimento

### ▪ Critério de Planejamento para Expansão da Transmissão (N-1)

- O sistema deve operar normalmente, sem corte de carga, na condição de carga máxima, mesmo com a perda de um elemento qualquer (linha de transmissão **ou** transformador **ou** gerador), ainda que seja seu elemento mais importante. **Este critério é mundialmente adotado.**

### ▪ Reserva Girante

- Faixa de 5 a 10% da capacidade dos geradores em operação.

### ▪ Maior máquina do sistema considerada não despachada nos estudos de planejamento

- UNE Angra 2, com potência de 1300 MW.

## ▪ Segurança Operativa

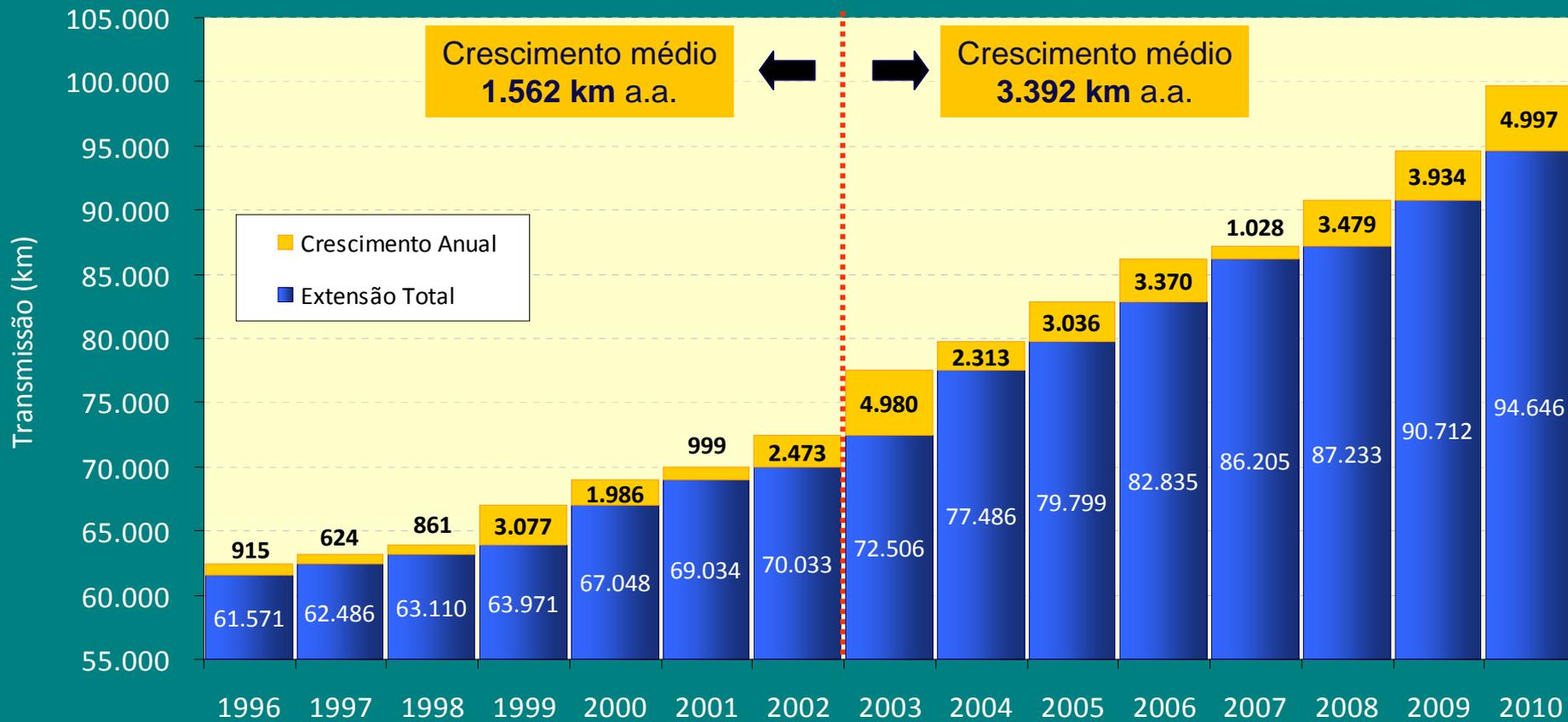
### ▪ Critério Operativo de Segurança Elétrica

**Limite (N-1)** (como visto slide anterior)

**Limite (N-2)**

- Não é o critério usual de planejamento
  - \ grandes investimentos
  - \ aumento da tarifa de energia.
- É utilizado na **Operação** do sistema em condições especiais
  - \ determinados pontos do sistema
  - \ contingências múltiplas podem colocar em risco a integridade do sistema.
- Nesses casos, a **Operação “subutiliza”** a capacidade dos equipamentos, visando maior **segurança** quando da ocorrência de defeitos múltiplos.
- É importante observar que nessas situações conta-se, ainda, com a atuação de **ECEs – Esquemas de Controle de Emergência**, que minimizam o impacto de perdas múltiplas.

# Expansão da Transmissão em km (Rede Básica)



Fonte: CMSE

# Expansão do Sistema de Transmissão - Destaques

**Atendimento capital (Vitória) e escoamento de geração (Térmicas Rio de Janeiro, Paranapanema, Paraná, Itaipu e Iguçu)**  
 LT 345 kV Adrianópolis-Macaé-Campos C1  
 LT 440 kV Taquaruçu-Assis-Sumaré C1  
 LT 765 kV Itaberá-Tijuco Preto C3  
 LT 500 kV Salto Caxias-Cascavel Oeste C1  
**Atendimento capital e região industrial (Grande Porto Alegre)**  
 LT 500 kV Campos Novos-Caxias-Gravatá C1

**Segurança operativa e escoamento de geração (Tucuruí, Paranaíba, Itaipu, Iguçu, e Jauru)**  
 LT 500 kV Tucuruí-Marabá C3  
 LT 500 kV Açailândia-Imperatriz C1  
 LT 500 kV Presidente Dutra-Teresina C2 (Interligação N/NE)  
 LT 500 kV Samambaia-Serra da Mesa C3  
 LT 500 kV Gurupi-Miracema C2 (Expansão Interligação N/SECO)  
 LT 500 kV Serra da Mesa-Rio das Equas-Bom Jesus da Lapa-Ibicora C1 (Interligação SECO/NE)  
 LT 500 kV Ibina-Bateias C1 e C2  
 LT 500 kV Ibina-Campinas C1  
 LT 230 kV Jauru-Coxipó C1 e C2  
**Atendimento Capital (Teresina, Fortaleza)**  
 LT 500 kV Milagres-Quixadá-Fortaleza C1  
 LT 500 kV Mesquita-Vespasiano-Neves C1

**Segurança operativa e escoamento de geração (Paraná, Paranapanema, Iguçu e usinas do Tocantins)**  
 LT 500 kV Londrina-Assis-Araraquara C1  
 LT 500 kV Ivaiporã-Cascavel Oeste C1  
 LT 500 kV Ivaiporã-Salto Saniago C2 e C3  
 LT 230 kV Londrina-Assis C1  
 LT 230 kV Londrina-Maringá C1  
 LT 500 kV Açailândia-Marabá-Tucuruí C2  
**Atendimento região industrial e capital (Grande Curitiba, Grande Porto Alegre, Fortaleza, Teresina, Cuiabá e Vitória)**  
 LT 230 kV Bateias-Campo Comprido C3  
 LT 230 kV Farroupilha-Caxias do Sul C1  
 LT 230 kV Fortaleza-Fortaleza II C3  
 LT 230 kV Fortaleza II - Pici II C1 e C2  
 LT 500 kV Teresina-Sobral-Fortaleza C2  
 LT 230 kV Coxipó-Cuiabá C1 e C2  
 LT 230 kV Cuiabá-Rondonópolis C1  
 LT 345 kV Ouro Preto-Vitória C1

**Segurança operativa e escoamento de geração (Paraná, Iguçu, Itaipu e Tocantins)**  
 LT 440 kV Embu Guaçu - Oeste C1  
 LT 440 kV Oeste-Bauru C1 e C2  
 LT 500 kV Ivaiporã-Londrina C2  
 LT 500 kV Sobradinho-S. João do Piauí C2  
**Atendimento região industrial e capital (Belém, Fortaleza, Recife, Campo Grande, Dourados, Cuiabá e Grande Porto Alegre)**  
 LT 500 kV Tucuruí-Vila do Conde C3  
 LT 230 kV Banabuiu-Fortaleza C3  
 LT 230 kV Bongí-Joairam-Recife C1, C2 e C3  
 LT 230 kV Porto Primavera-Dourados C1  
 LT 230 kV Porto Primavera-Imbinussu C1  
 LT 230 kV Ribeirãozinho-Barra do Peixe C1 e C2  
 LT 500 kV Cuiabá-Ribeirãozinho-Rio Verde-Itumbiara C1  
 LT 500 kV Gravatá-Nova Sta. Rita C1  
 LT 500 kV Itá-Nova Sta. Rita C1, C2 e C3  
 LT 230 kV Itaúba-Nova Sta. Rita C1

**Escoamento de Geração (Tocantins, Paranaíba e Grande)**  
 LT 500 kV Serra da Mesa-Peixe-Gurupi C1  
 LT 500 kV Colinas-Miracema C3  
 LT 500 kV Itacaiunas-Colinas C1  
 LT 500 kV Marabá-Itacaiunas C1 e C2  
 LT 500 kV Luziânia-Paracatu C1  
 LT 500 kV Luziânia-Samambaia C1  
 LT 500 kV Luziânia-Serra da Mesa C1  
 LT 500 kV Nova Ponte-Estretito C1  
 LT 500 kV Nova Ponte-Itumbiara C1  
 LT 500 kV Nova Ponte-S. Gotardo C1  
 LT 500 kV Paracatu-Emborcação C1  
**Integração Sistemas Isolados (RO)**  
 LT 230 kV Ji-Paraná - Pimenta Bueno C1  
 LT 230 kV Pimenta Bueno-Vilhena C1  
**Atendimento região industrial e capital (Cuiabá, Grande Belo Horizonte, Florianópolis, Blumenau, Joinville e Grande Porto Alegre)**  
 LT 230 kV Barra do Peixe-Rondonópolis C1  
 LT 230 kV Rio Verde-Barra do Peixe C1  
 LT 500 kV Neves-Mesquita C1  
 LT 500 kV Biguaçu-Blumenau C1  
 LT 500 kV Biguaçu-Campos Novos C1  
 LT 230 kV Biguaçu-Jorge Lacerda C1  
 LT 230 kV Biguaçu-Palhoça C1  
 LT 230 kV Gravatá-Porto Alegre C1

Expansão N/SECO

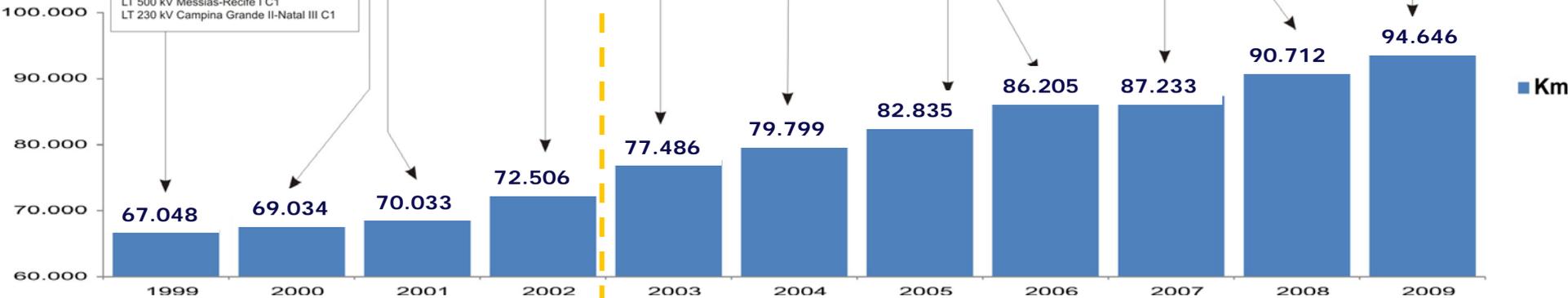
**Escoamento de geração (Itaipu, Iguçu, Grande, Paranaíba, Paraná e Usinas do Tocantins)**  
 LT 765 kV Itaberá-Ivaiporã C3  
 LT 500 kV Emborcação-Itumbiara C1  
 LT 440 kV Porto Primavera-Taquaruçu C2  
 LT 500 kV Presidente Dutra-Teresina-Sobral C1 (Interligação N/NE)  
**Atendimento a capital (Maceió, Recife, Salvador, Curitiba, Grande Porto Alegre)**  
 LT 500 kV Kingó-Jardim C1  
 LT 230 kV Messias-Rio Largo C1  
 LT 500 kV Jardim-Camaçari C1  
 LT 500 kV Areia-Bateias-Curitiba C1  
 LT 230 kV Farroupilha-Scharlau C1  
 LT 230 kV Scharlau-Charqueadas C1

**Escoamento geração (Rio Grande, Paranaíba, Tucuruí, Uruguai e térmicas no RJ) e segurança operativa**  
 LT 500 kV Poços de Caldas-Itajubá-Cachoeira Paulista C1  
 LT 500 kV Samambaia-Emborcação C1  
 LT 500 kV Samambaia-Itumbiara C1  
 LT 500 kV Campos Novos-Machadinho C1  
 LT 500 kV Itá-Machadinho C1  
 LT 345 kV Adrianópolis-Macaé-Campos C2  
**Atendimento capital e região industrial (Grande Porto Alegre, Belém, Fortaleza, Natal, Maceió)**  
 LT 500 kV Itá-Caxias C1  
 LT 500 kV Tucuruí-Vila do Conde C2  
 LT 500 kV Luiz Gonzaga-Milagres C1  
 LT 230 kV Campina Grande-Natal C4  
 LT 230 kV Messias-Maceió C1 e C2

**Atendimento Capital/ Região Industrial (Campina Grande, Natal, Grande Recife, Maceio, Grande São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo)**  
 LT 230 kV Angelim-Campina Grande C1  
 LT 500 kV Kingó-Angelim C1  
 LT 230 kV Paraíso-Natal C1  
 LT 230 kV Recife-Pau Ferro C1 e C2  
 LT 345 kV Baixada Santista-Tijuco Preto C3  
 LT 500 kV Adrianópolis-Cachoeira Paulista C3  
**Atendimento Capital/Região Industrial (MG) Segurança operativa e escoamento de geração (Itaipu, Rio Grande, Paranaíba e Tocantins)**  
 LT 500 kV Bom Despacho-Jaguara C1 e C2  
 LT 500 kV Bom Despacho-S. Gonçalves do Pará C1  
 LT 500 kV Bom Despacho-S. Gotardo C1  
 LT 500 kV Cachoeira Paulista-Tijuco Preto C2  
 LT 500 kV Imperatriz-Colinas-Miracema C2  
 LT 500 kV Itumbiara-Marimondo C1

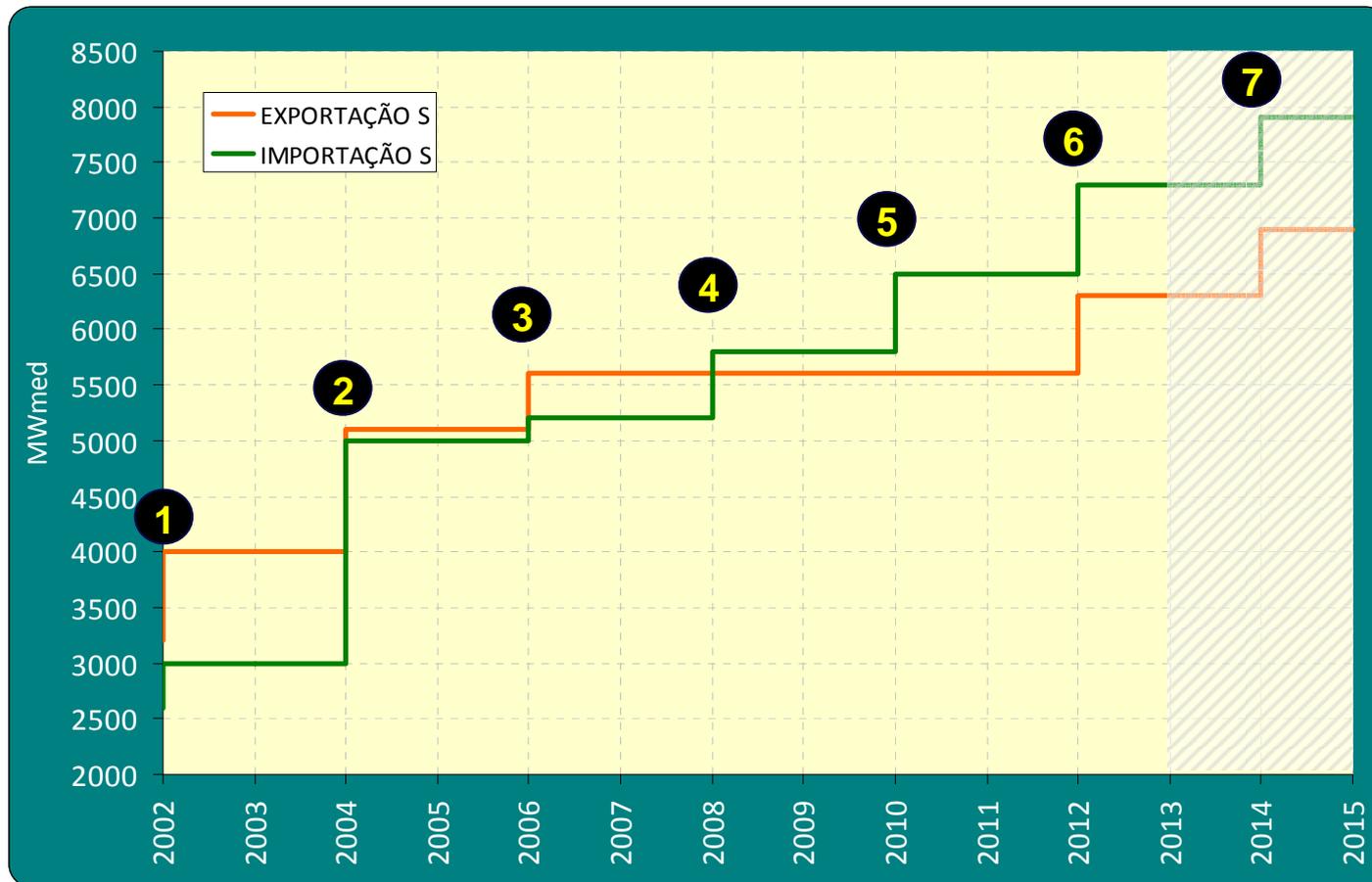
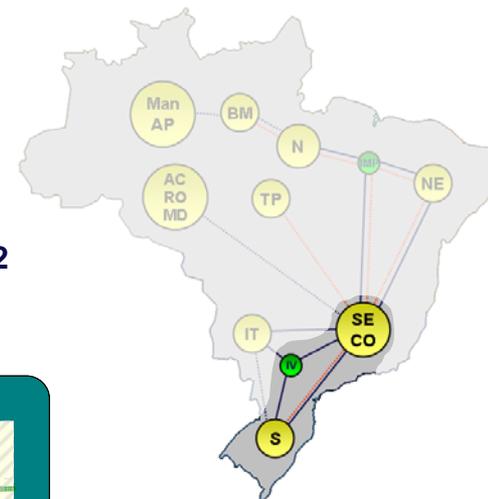
**Escoamento de geração (Iguçu, Uruguai)/segurança operativa**  
 LT 500 kV Campos Novos-Machadinho C2  
**Atendimento a capital (Distrito Federal, Grande Porto Alegre, Mantiqueira, Juiz de Fora, São Paulo)**  
 LT 230 kV Brasília Geral-Brasília Sul C2  
 LT 230 kV Brasília Geral-Pirineus C1  
 LT 230 kV Gravatá 2-Gravatá 3 C1  
 LT 230 kV Itabira-Sabará C1  
 LT 345 kV Itutinga-Juiz de Fora C2  
 LT 345 kV Anhanguera-Guarulhos C1 e C2  
 LT 345 kV Anhanguera-Milton Fomasaro C1 e C2

**Atendimento região industrial e capital (Grande Porto Alegre, Curitiba e Salvador)**  
 LT 500 kV Campos Novos-Nova Sta. Rita C1  
 LT 230 kV Bateias-Pilarzinho C1  
 LT 230 kV Camaçari-Polo C2  
**Escoamento de geração/ segurança operativa (Tocantins, Paranaíba, Grande e Juba)**  
 LT 500 kV Emborcação-Nova Ponte C2  
 LT 500 kV Estreito-Jaguara C1  
 LT 500 kV Estreito-Ribeirão Preto C1  
 LT 500 kV Marimondo-Ribeirão Preto C1  
 LT 500 kV Marimondo-S. Simão C1  
 LT 500 kV Poços de Calda-Ribeirão Preto C1  
 LT 500 kV Paracatu-Pirapora C1  
 LT 345 kV Estreito-Furnas C1  
 LT 345 kV Estreito-Luiz Carlos Barreto C1  
 LT 230 kV Jauru-Juba C1 e C2  
**Integração Sistemas Isolados (AC/RO)**  
 LT 230 kV Vilhena-Jauru C1 e C2

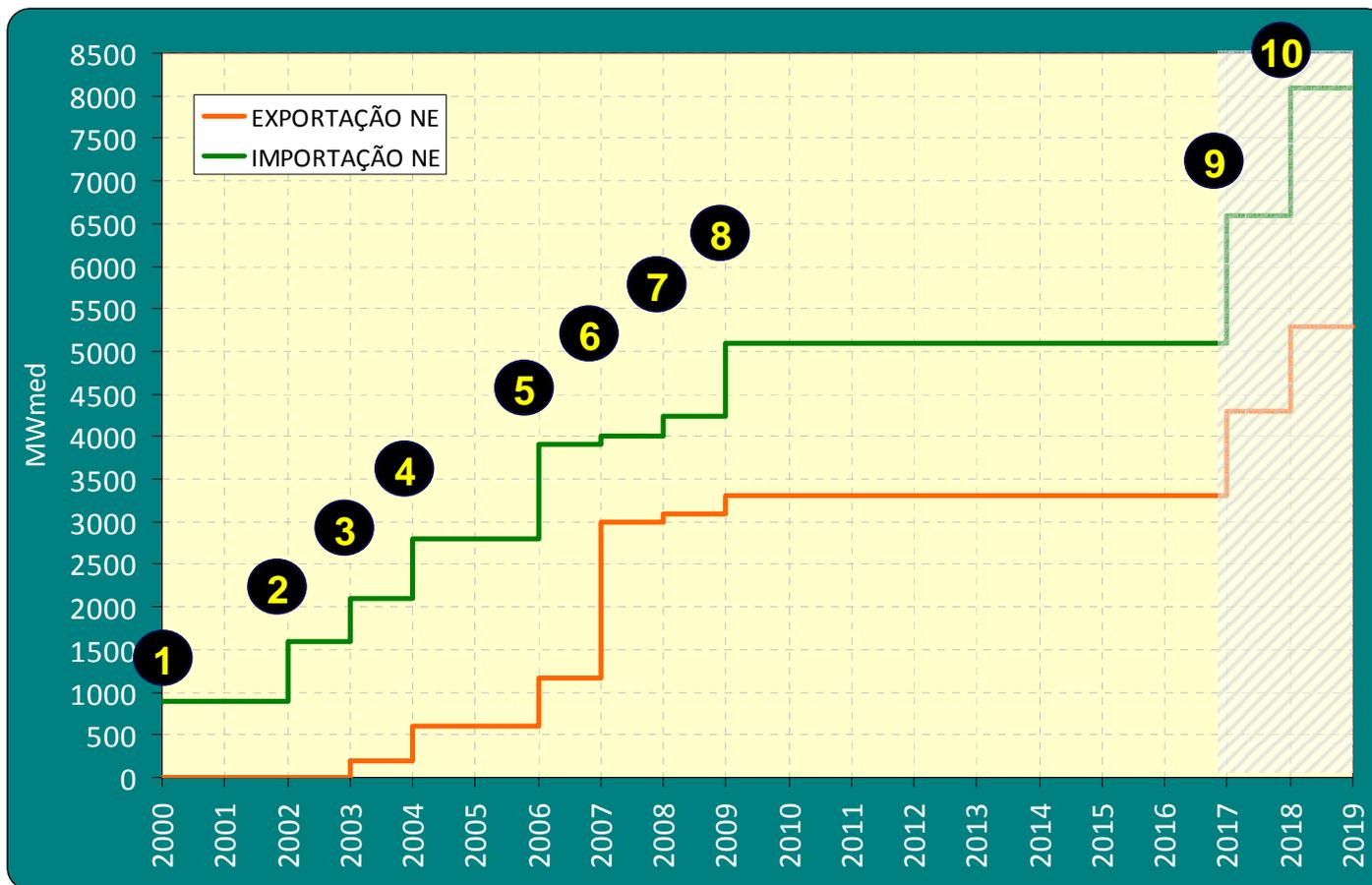
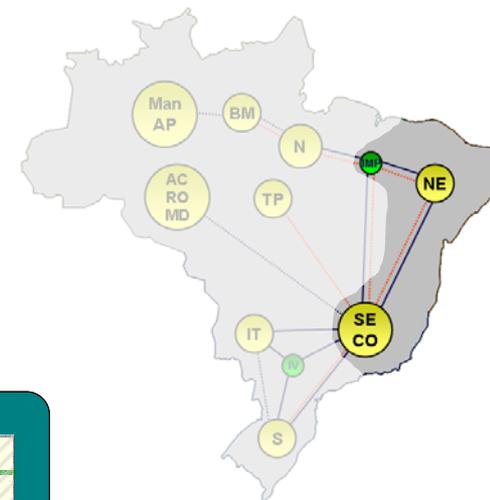


# Expansão da Capacidade das Interligações do SUL

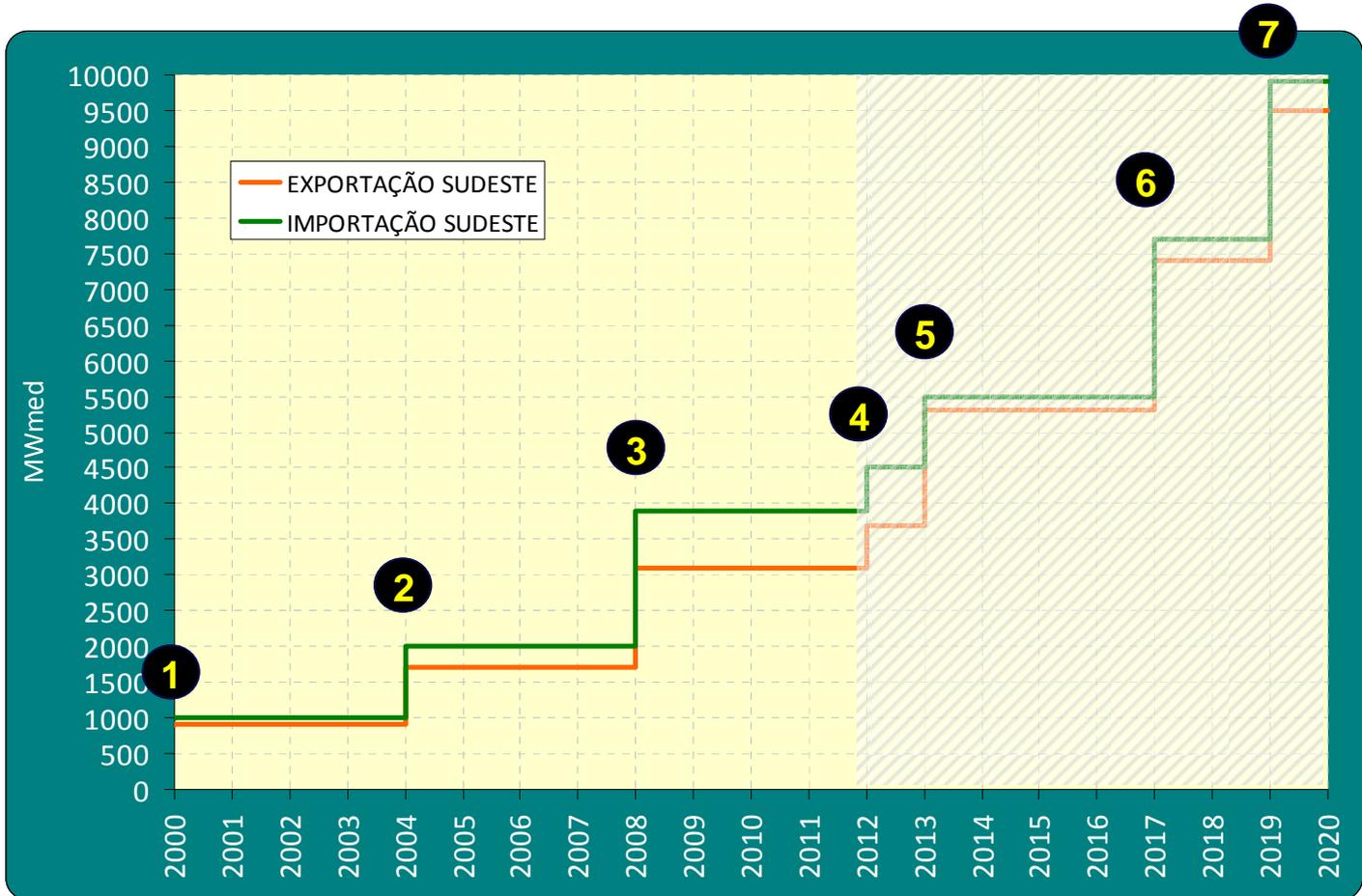
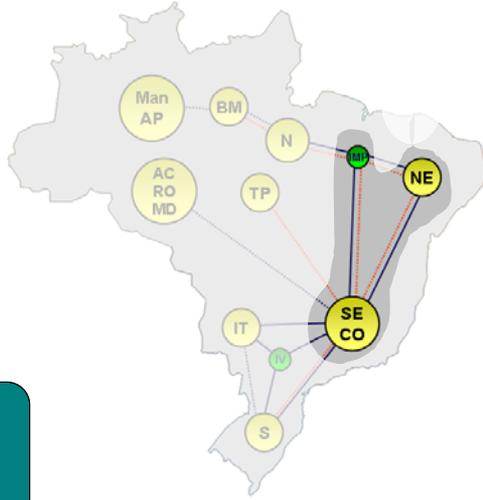
- 1) LT 765 kV Itaberá-Tijuco Preto 3º circuito
- 2) LT 500 kV Bateias – Ibiúna (Circuito Duplo)
- 3) LT 500kV Londrina - Araraquara + Transformador de Tijuco Preto 750/500 kV
- 4) LT 500kV Ivaiporã - Londrina
- 5) LT 230 kV Apucarana-Figueira e Londrina-Maringá C2 e LT 500 kV Bateias - Curitiba C2
- 6) LT 525 kV Foz do Iguaçu - Cascavel Oeste
- 7) Em estudo pela EPE



- 1) Interligação Norte-Sul I
- 2) 3º circuito LT 500 kV Tucuruí – Presidente Dutra e Interligação Sudeste-Nordeste
- 3) 4º circuito LT 500 kV Tucuruí - Imperatriz/Açailândia e Interligação Norte-Sul II
- 4) LT 500 kV Teresina - Fortaleza
- 5) LT 500 kV Colinas – Ribeiro Gonçalves - São João do Piauí - Sobradinho
- 6) Interligação Norte-Sul III
- 7) Reforços na região SE associados a Interligação Norte-Sul III
- 8) 2º circuito LT 500 kV Colinas – Ribeiro Gonçalves –São João do Piauí
- 9 e 10) Em estudo pela EPE



- 1) Interligação Norte/Sul I
- 2) Interligação Norte/Sul II
- 3) Interligação Norte/Sul III
- 4, 5, 6 e 7) Em estudo pela EPE





**FIM**

---