



XXIII SIMPÓSIO
BRASILEIRO DE
RECURSOS HÍDRICOS

24 A 28 DE NOVEMBRO DE 2019
FOZ DO IGUAÇU - PR

O PRESENTE E O FUTURO da hidroeletricidade no brasil

Ney Fukui da Silveira

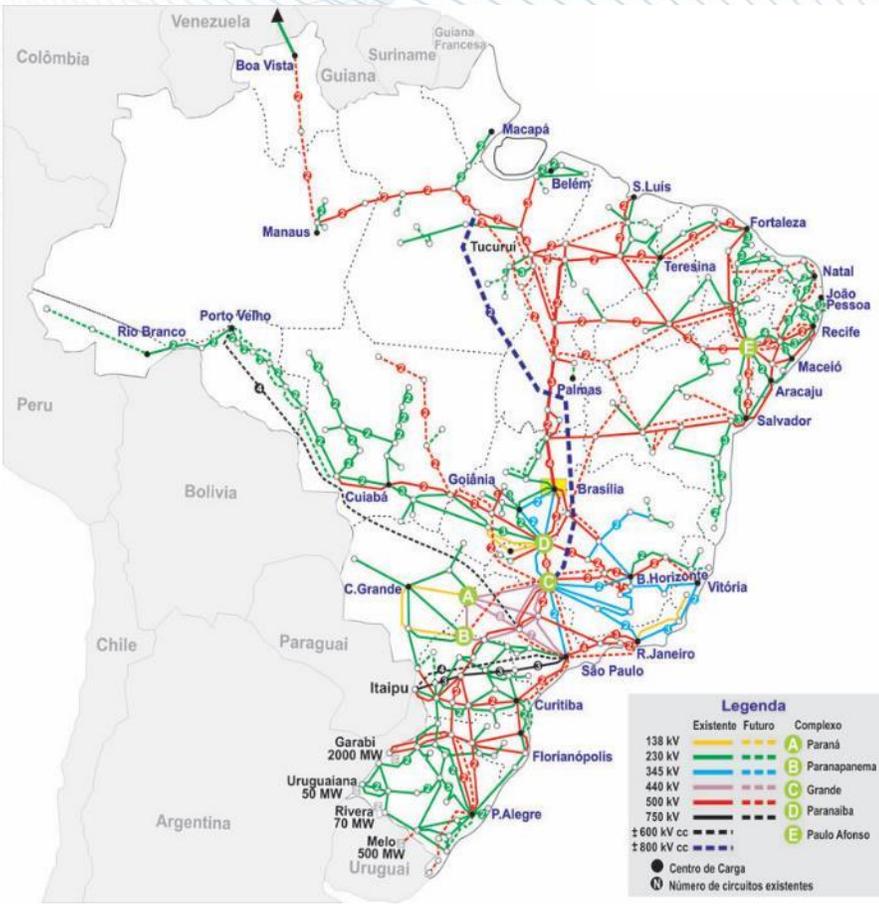


Características do Sistema Interligado Nacional - SIN



Sistema Interligado Nacional (SIN)

Sistema Hidrotérmico com predominância da geração hidrolétrica
 98% do mercado



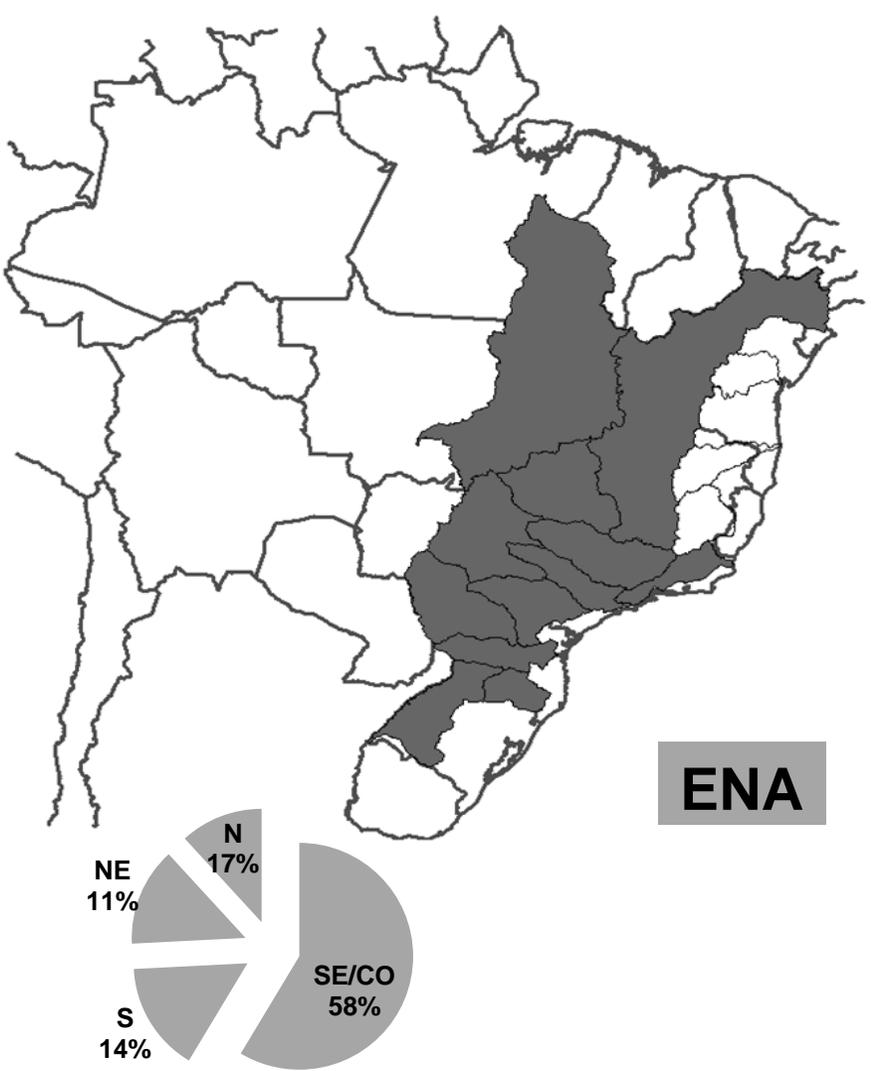
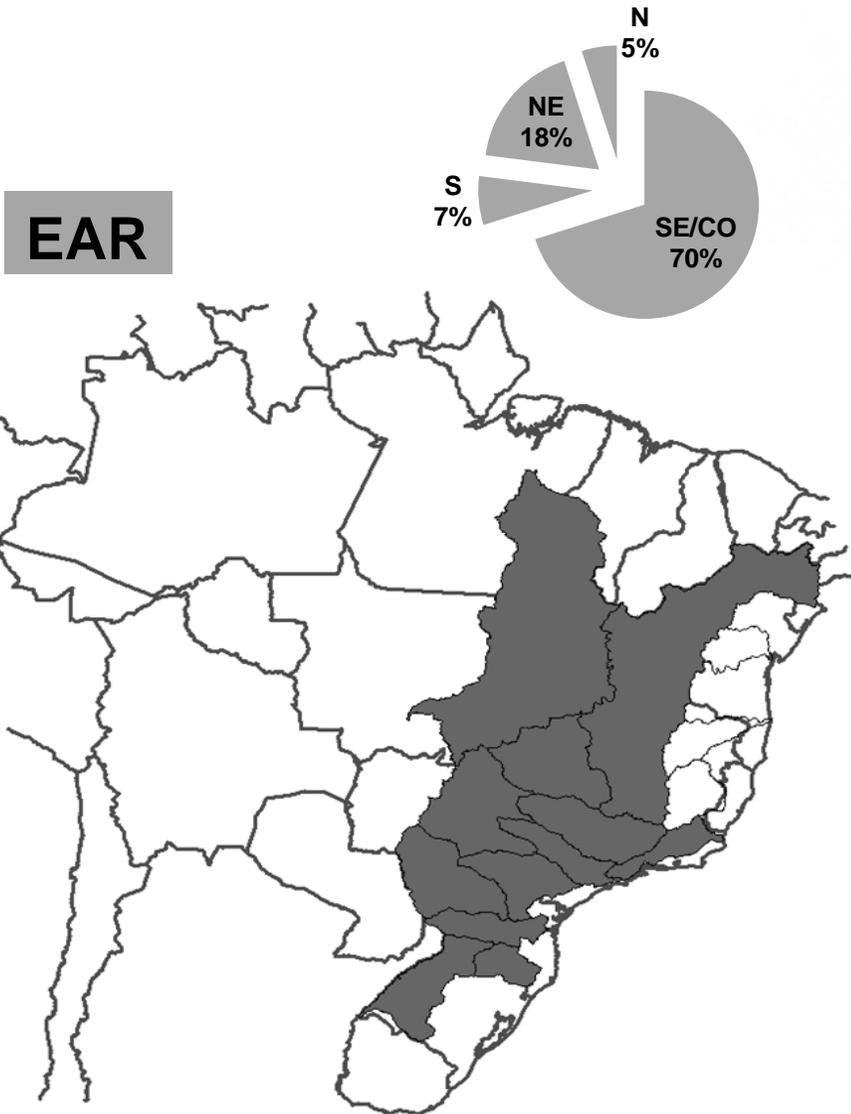
≥ 230 kV (km) = 2016: 134.765 km → 2019: 154.748 km (previsão)

- Transporte de energia das usinas aos centros de carga
- Otimização econômica do uso dos recursos



Principais Características Hidroenergéticas do SIN

Distribuição Espacial da EAR (Energia Armazenada) e da ENA (Energia Natural Afluyente)



O Sistema Elétrico Brasileiro – Atuação do ONS (Planejamento / Programação / Operação)

ONS

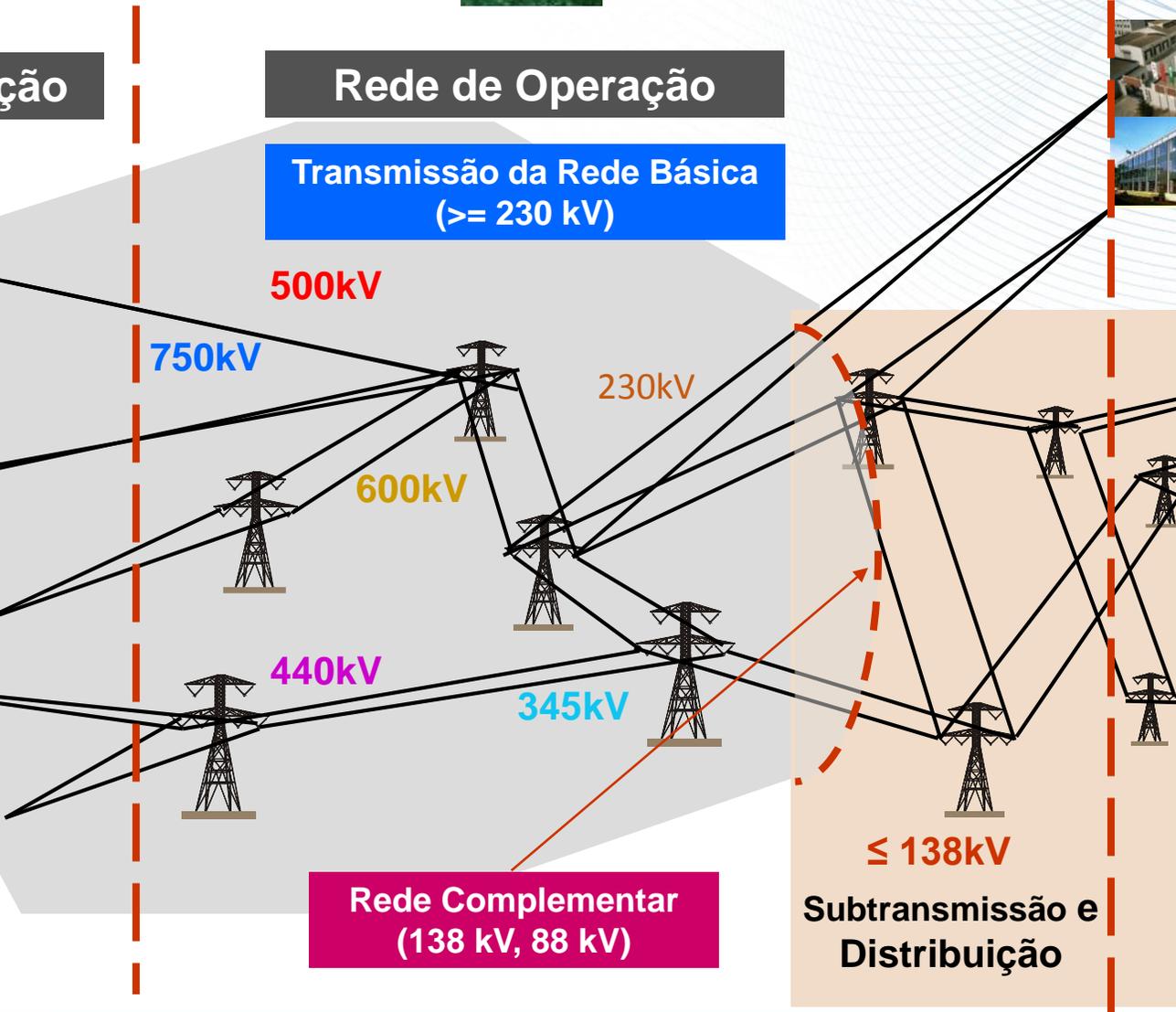
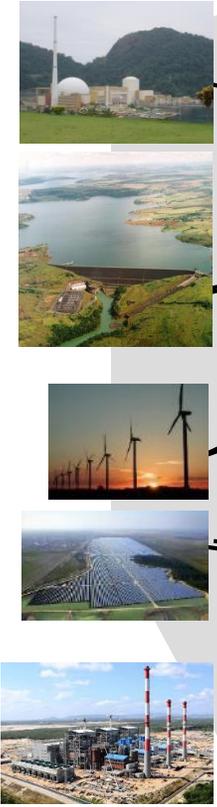
ONS

Recursos de Geração

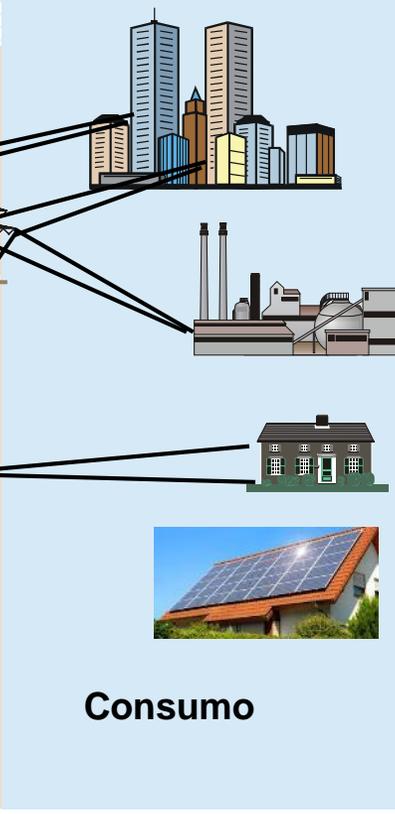
Rede de Operação

Geração
(≥30 MW)

Transmissão da Rede Básica
(≥ 230 kV)



Grandes Consumidores
(≥ 3 MW)



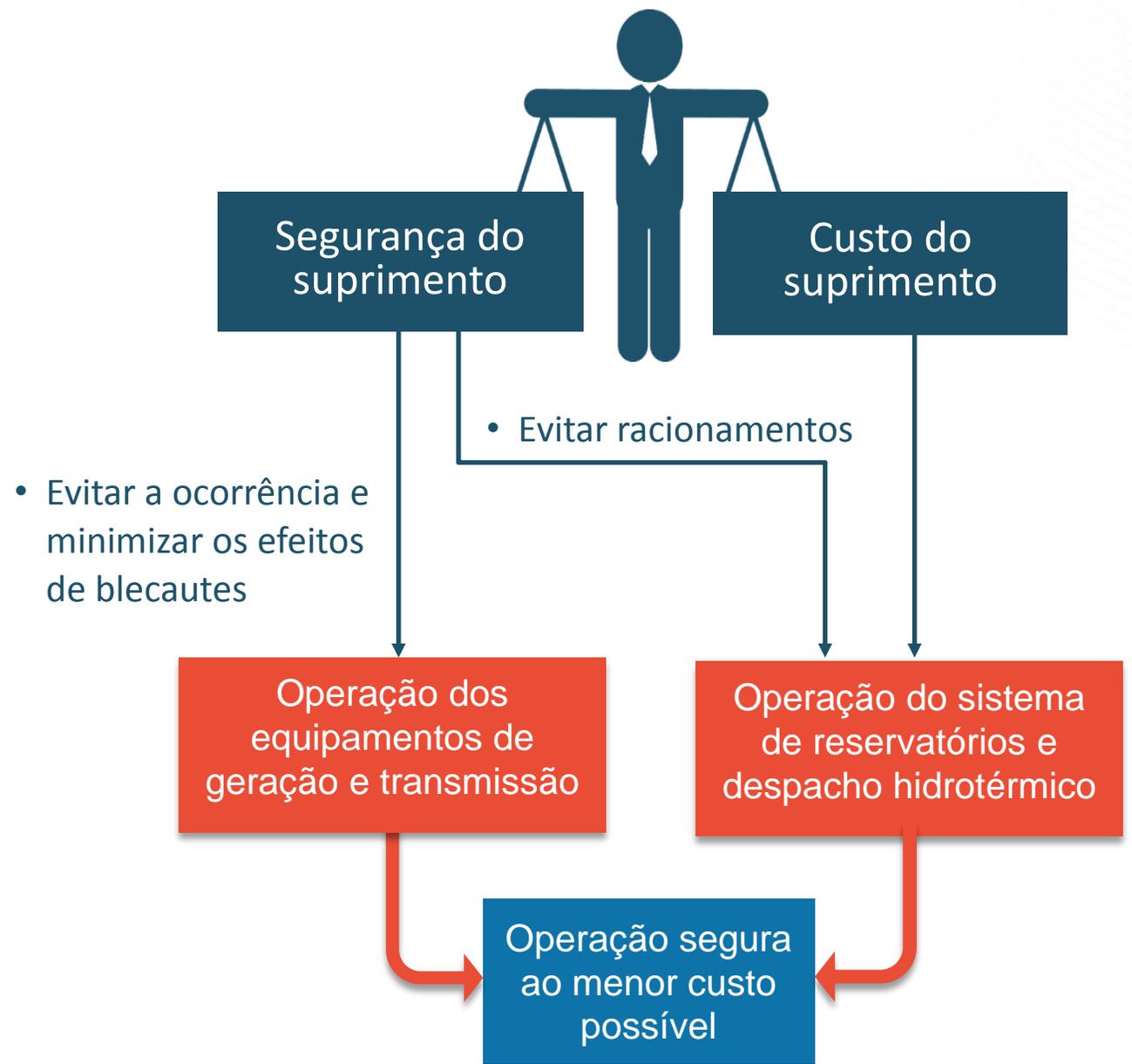
Rede Complementar
(138 kV, 88 kV)

Subtransmissão e Distribuição
≤ 138kV

Consumo



Equação Básica da Operação do SIN



Otimização Hidrotérmica:

- **Cadeia de Modelos Energéticos**
- **Em escassez hidrológica, geração térmica** evita deplecionamento excessivo dos reservatórios e mitiga riscos de racionamento
- **Em situação hidrológica normal,** substituição de geração térmica por **geração hidro** reduz custo operativo

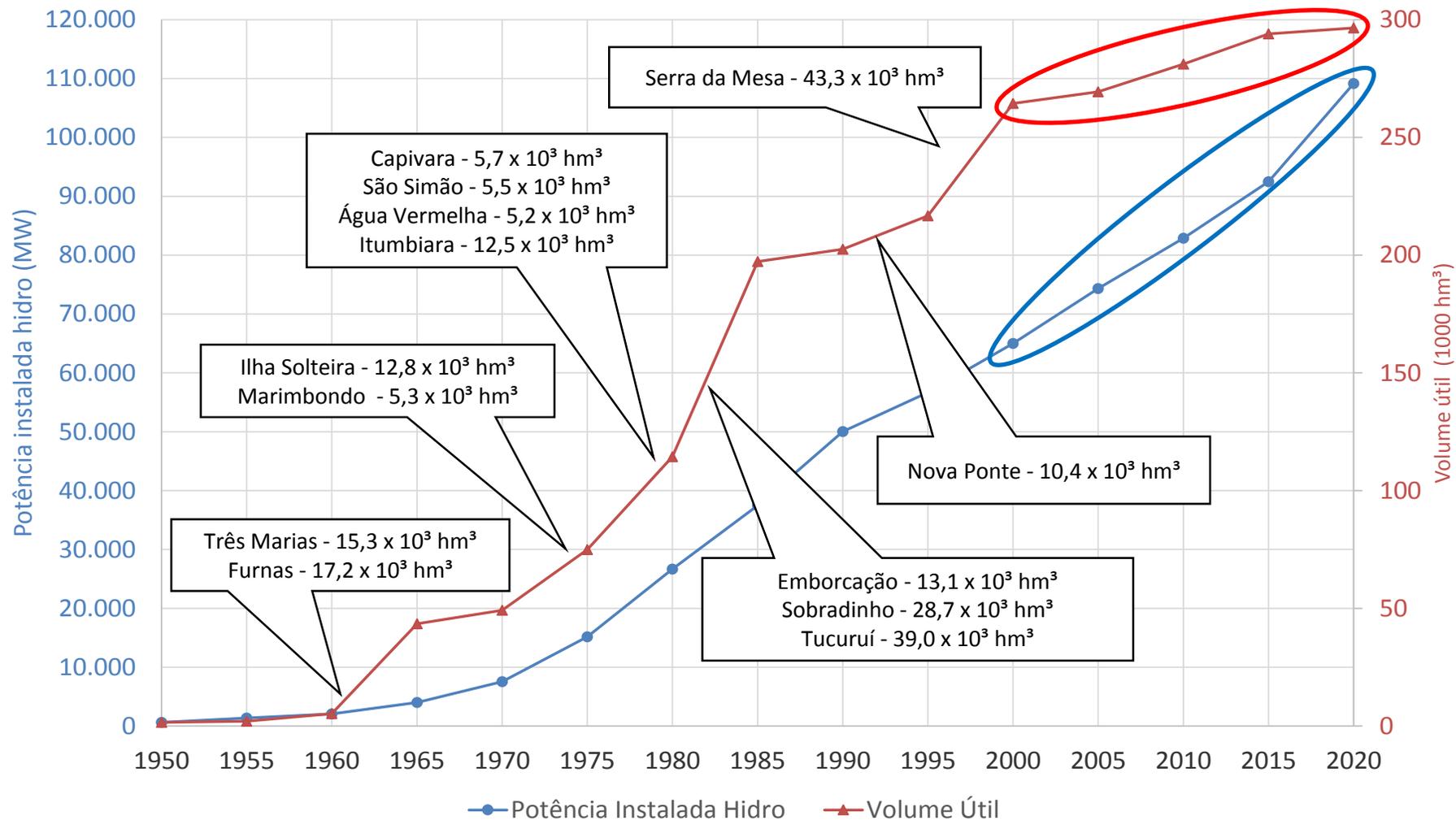


Participação da Geração Hidroelétrica na Matriz de Geração Elétrica do SIN



Evolução da Geração Hidroelétrica

Transição da Expansão: Grandes Reservatórios → Usinas a Fio D'Água



Destacados apenas reservatórios com volumes úteis maiores que 5.000 hm^3 que correspondem a cerca de 76 % do volume útil total atual.



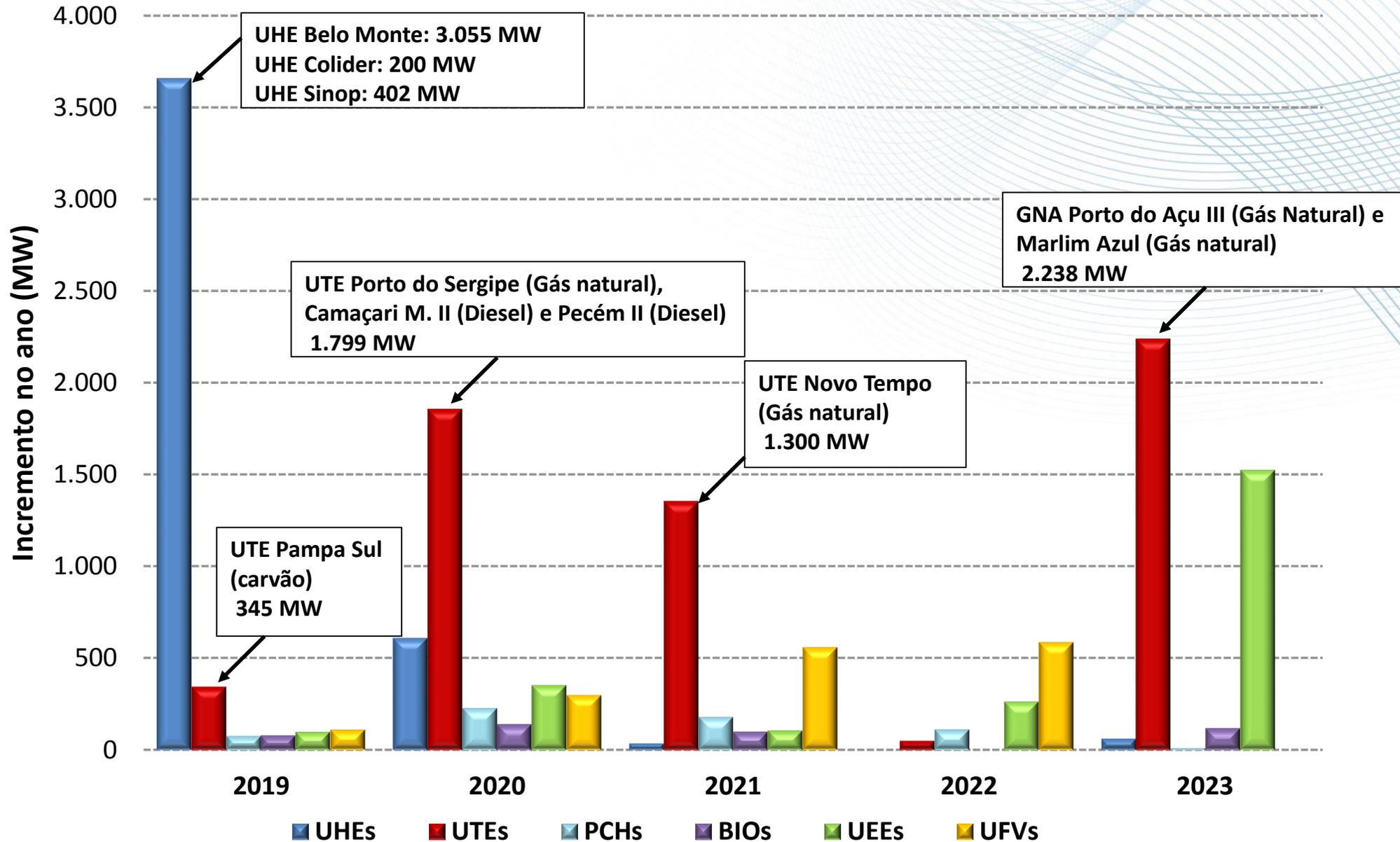
A Matriz Energia Elétrica 2019 – 2023

- No que diz respeito às mudanças na matriz elétrica, são grandes os desafios em decorrência do aumento da complexidade do SIN: novas usinas hidrelétricas sem reservatórios; aumento da participação das fontes intermitentes; grandes troncos de transmissão; etc...

Tipo	abr/2019		dez/2023		Crescimento abr/19-dez/23	
	MW	%	MW	%	MW	%
Hidráulica	109.648	67,3	114.585	64,4 ↓	4.937	4,5
Nuclear	1.990	1,2	1.990	1,1	0	0,0
Gás / GNL	12.803	7,9	17.861	10,0 ↑	5.058	39,5
Carvão	2.672	1,6	3.017	1,7	345	12,9
Óleo / Diesel	4.614	2,8	4.900	2,8	286	6,2
Biomassa	13.368	8,2	13.781	7,7	413	3,1
Outras ⁽¹⁾	804	0,5	1.000	0,6	196	24,4
Eólica	14.986	9,2	17.281	9,7 ↑	2.295	15,3
Solar	2.053	1,3	3.626	2,0 ↑	1.573	76,6
Total	162.937	100,0	178.041	100,0	15.104	9,3



Destaques da Expansão da Oferta de Geração SIN



Principais aspectos da Geração Hidroelétrica do SIN nos últimos anos

- Expansão da geração hidroelétrica predominantemente por usinas a fio d'água

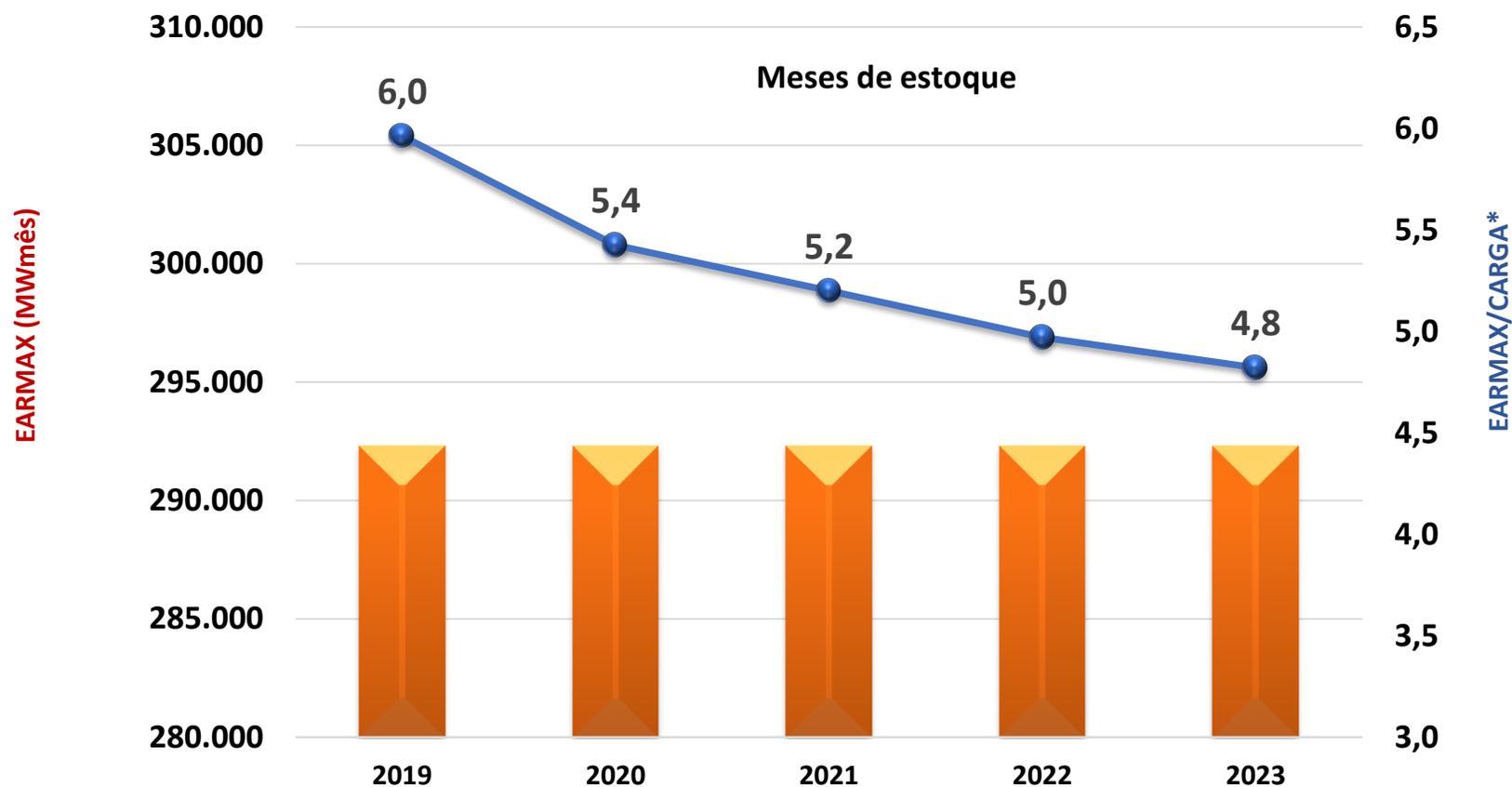
Evolução da Capacidade Instalada - MW			
Subsistema	2006	2019*	Crescimento (%)
Sudeste/Centro-Oeste	46.053	60.583	32
Sul	11.664	15.143	30
Norte	6.959	20.852	300
Nordeste	10.830	10.830	0
SIN	75.570	107.368	42

Evolução da Energia Armazenada Máxima - MWhês			
Subsistema	2006	2019*	Crescimento (%)
Sudeste/Centro-Oeste	178.078	203.285	14
Sul	15.674	20.581	31
Norte	11.311	15.045	33
Nordeste	50.757	51.831	2
SIN	258.620	290.743	12

* outubro



Grau de Regularização



*Estão abatidas a inflexibilidade térmica e a geração das usinas não simuláveis individualmente

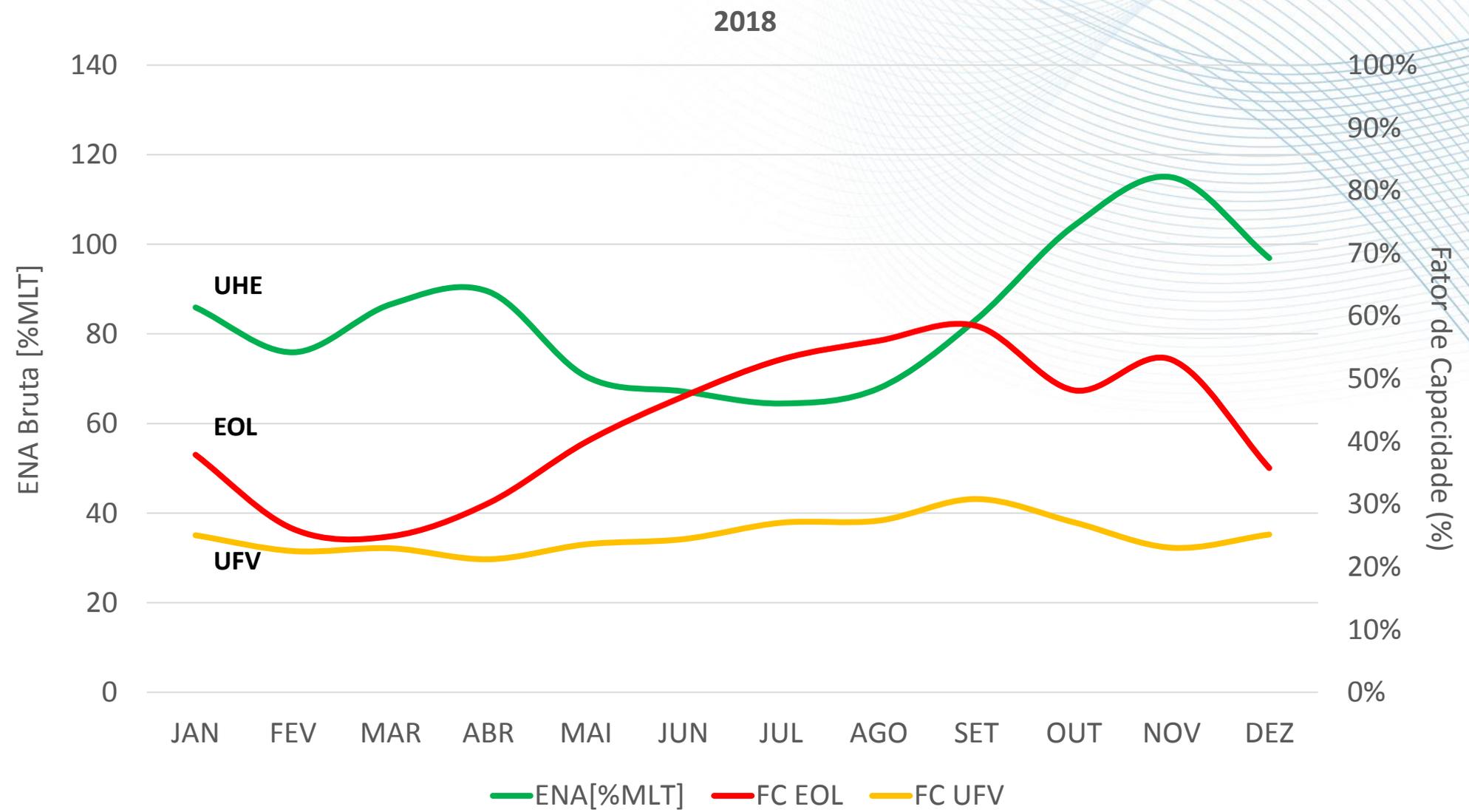
Ao consideramos a inflexibilidade média anual da geração da Amazônia, bem como de todas as usinas a fio d'água do SIN, o grau de regularização ao final de 2023 poderá se elevar para algo em torno de **8 meses**, sendo este **um crescimento virtual da capacidade de armazenamento** pelo efeito da não despachabilidade dessa geração.



Complementaridades entre a Geração Hidroelétrica e as Gerações Eólica e Solar

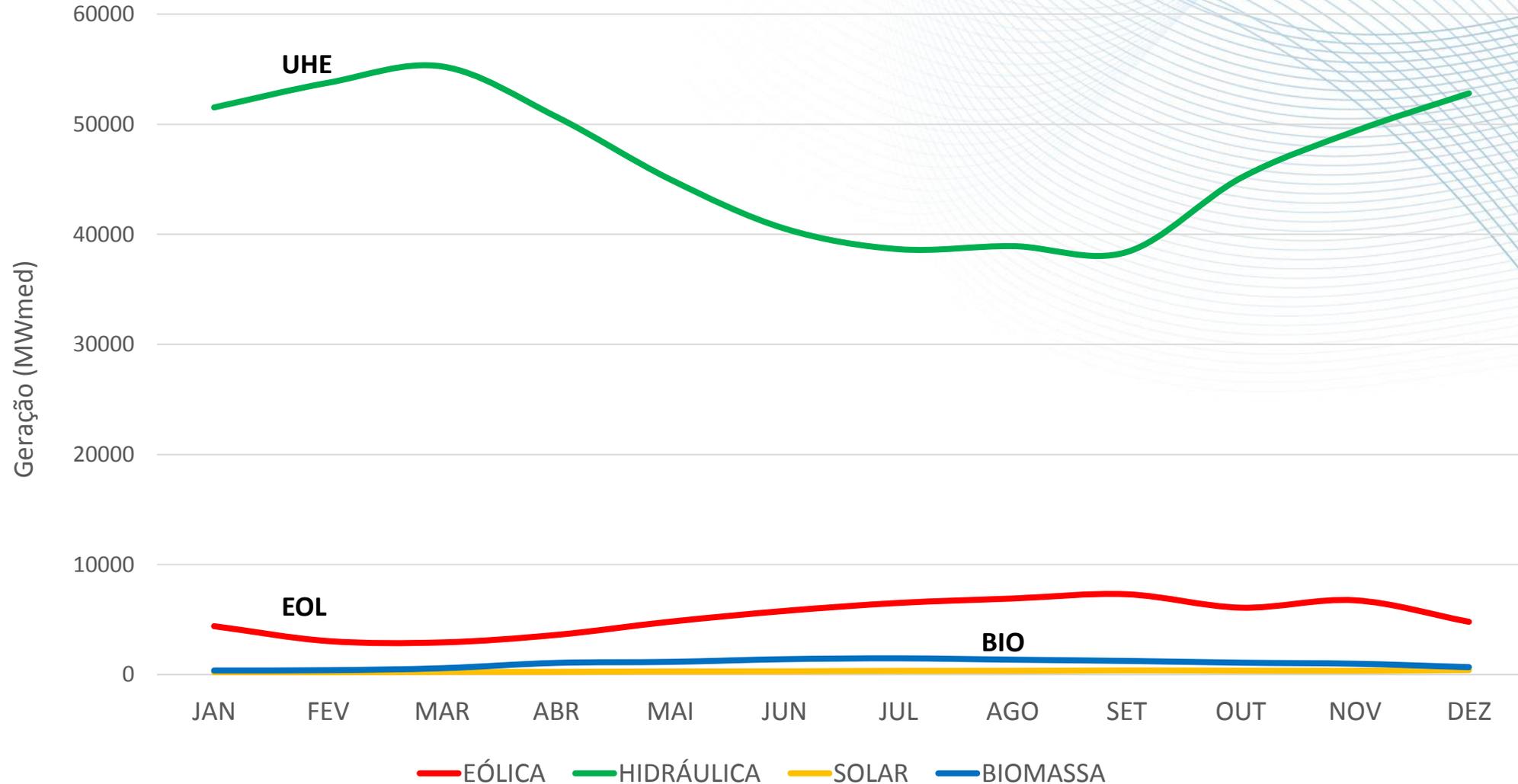


Complementariedade Anual das Ofertas do SIN - Sazonalidade Anual / Mensal



Complementariedade Anual das Ofertas do SIN - Sazonalidade Anual / Mensal

Geração verificada por fonte em 2018

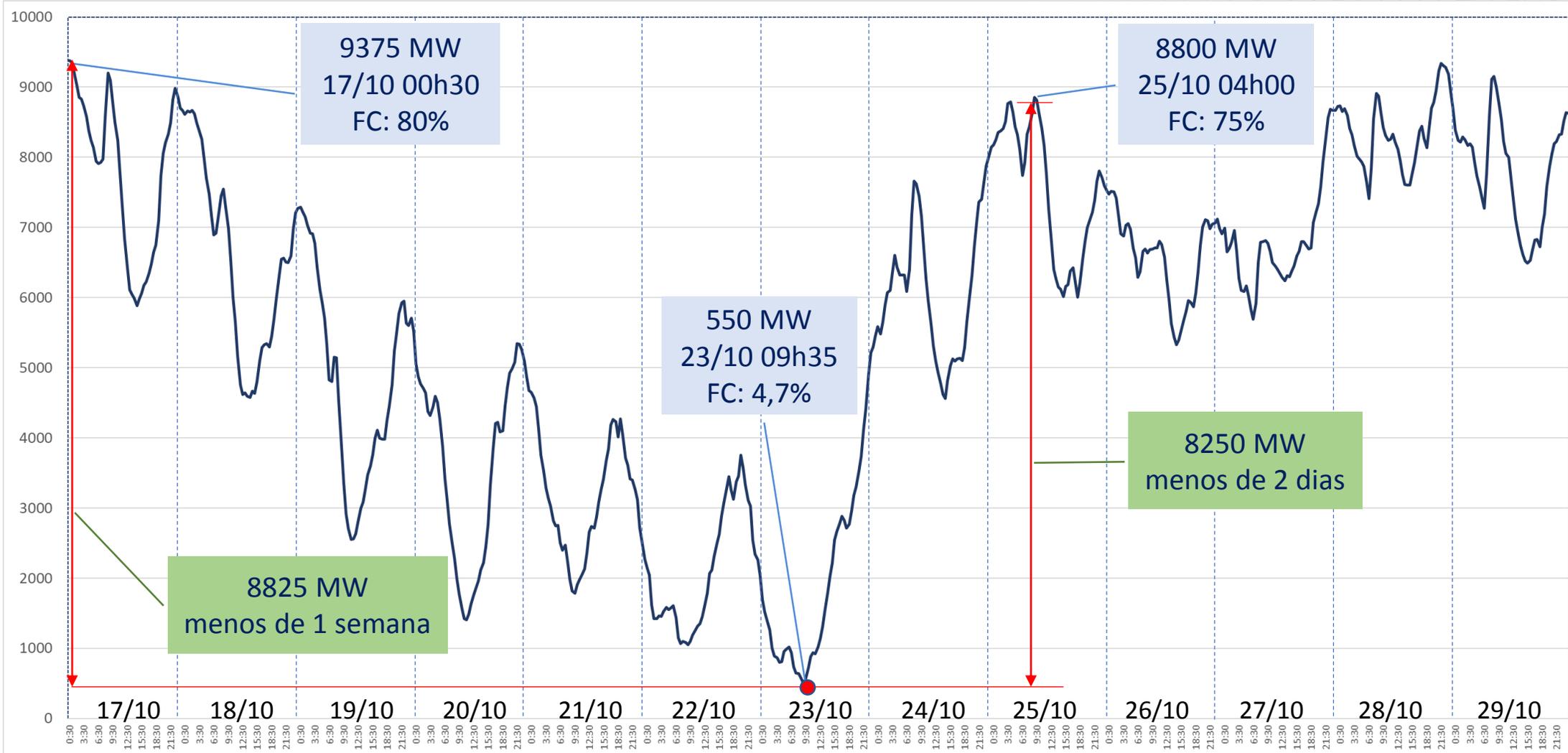


Geração Eólica NE (Fonte Intermitente e Não Controlável)

Variabilidade Semanal / Diária



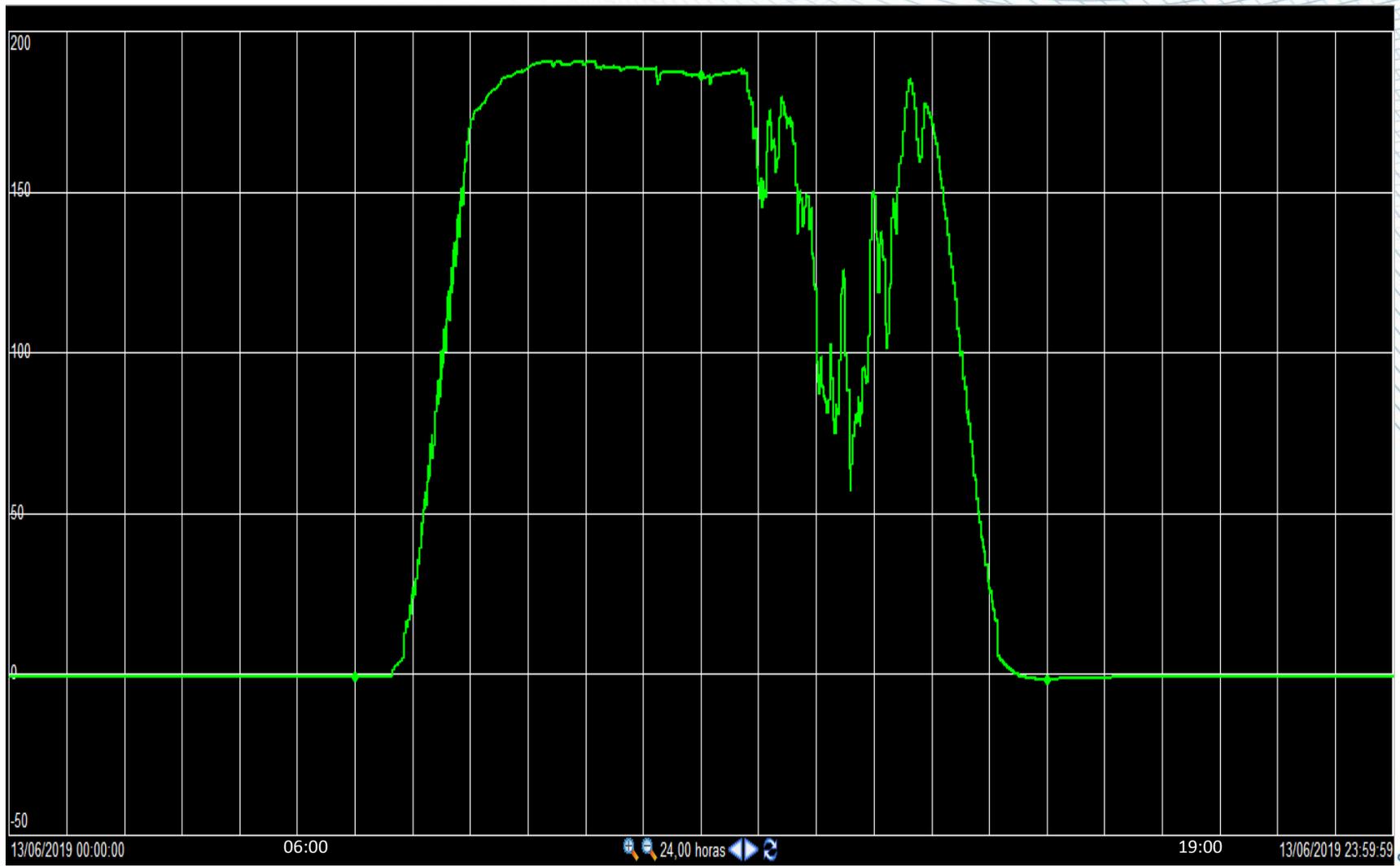
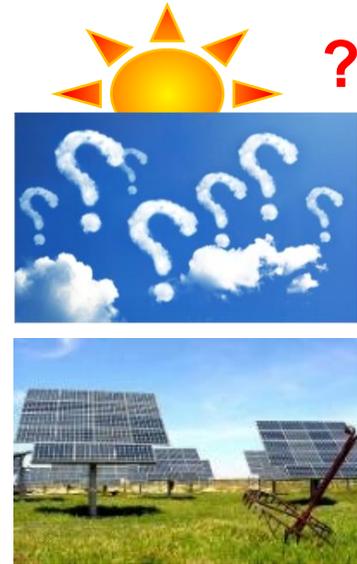
Outubro de 2019



Geração Fotovoltaica (Fonte Intermitente e Não Controlável)

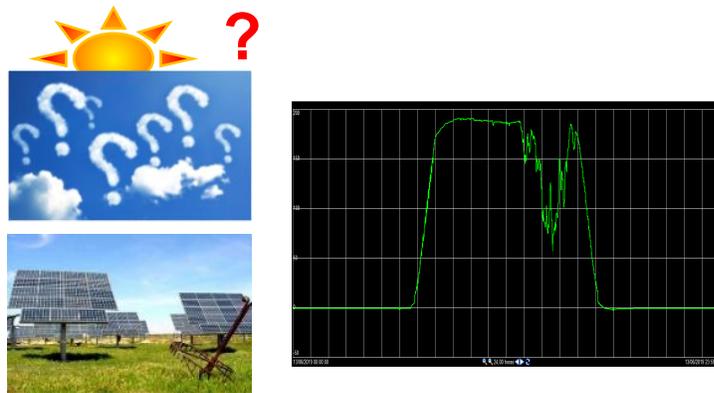
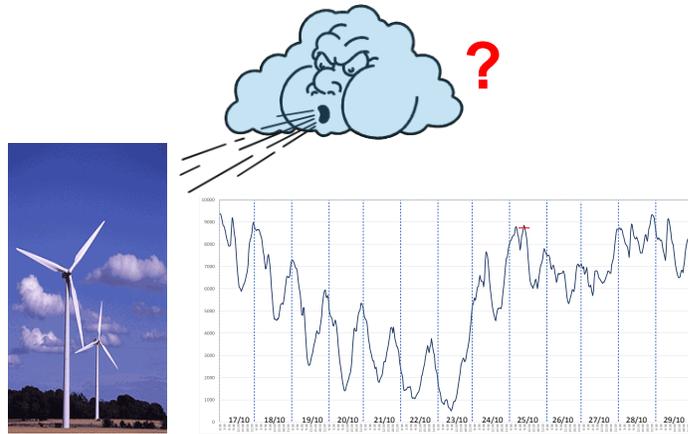
Variabilidade Semanal / Diária

UFV PIRAPORA (330MW) no dia 29/03/19



Desafios para a Operação do SIN

Aumento da Participação das Fontes Intermitentes e Não Controláveis



Fontes Controláveis

- Reservatórios
- Flexibilidade Operativa



- Custo Elevado
- Restrições Operativas



• Baterias



• Resposta da Demanda

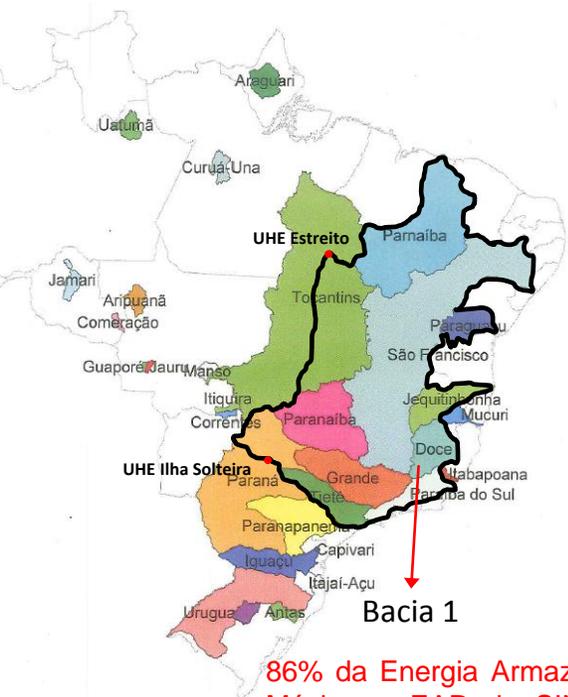


Geração Hidroelétrica nos Últimos Anos



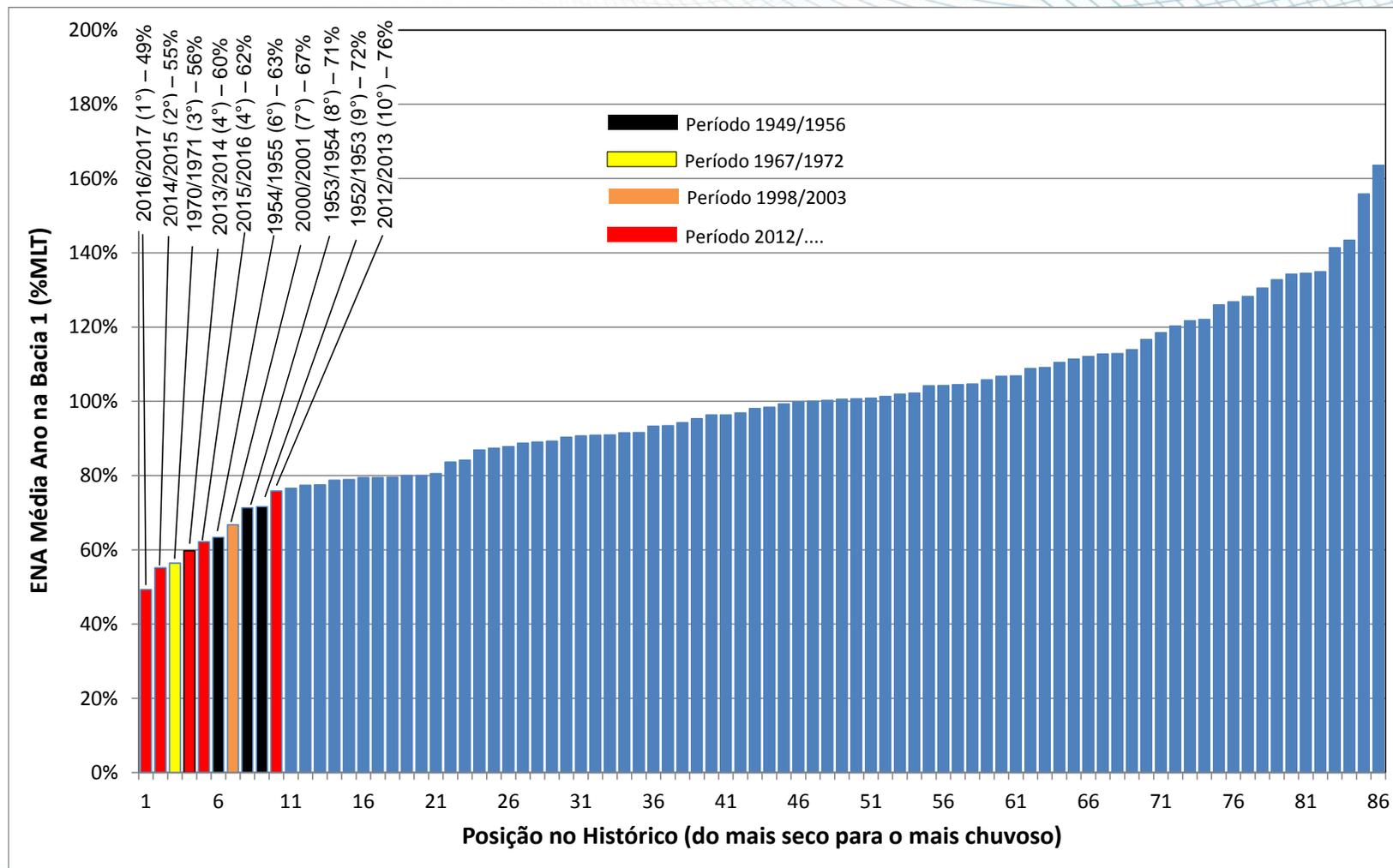
Principais aspectos da Geração Hidroelétrica do SIN nos últimos anos

- Situações de escassez hídrica em importantes bacias hidrográficas



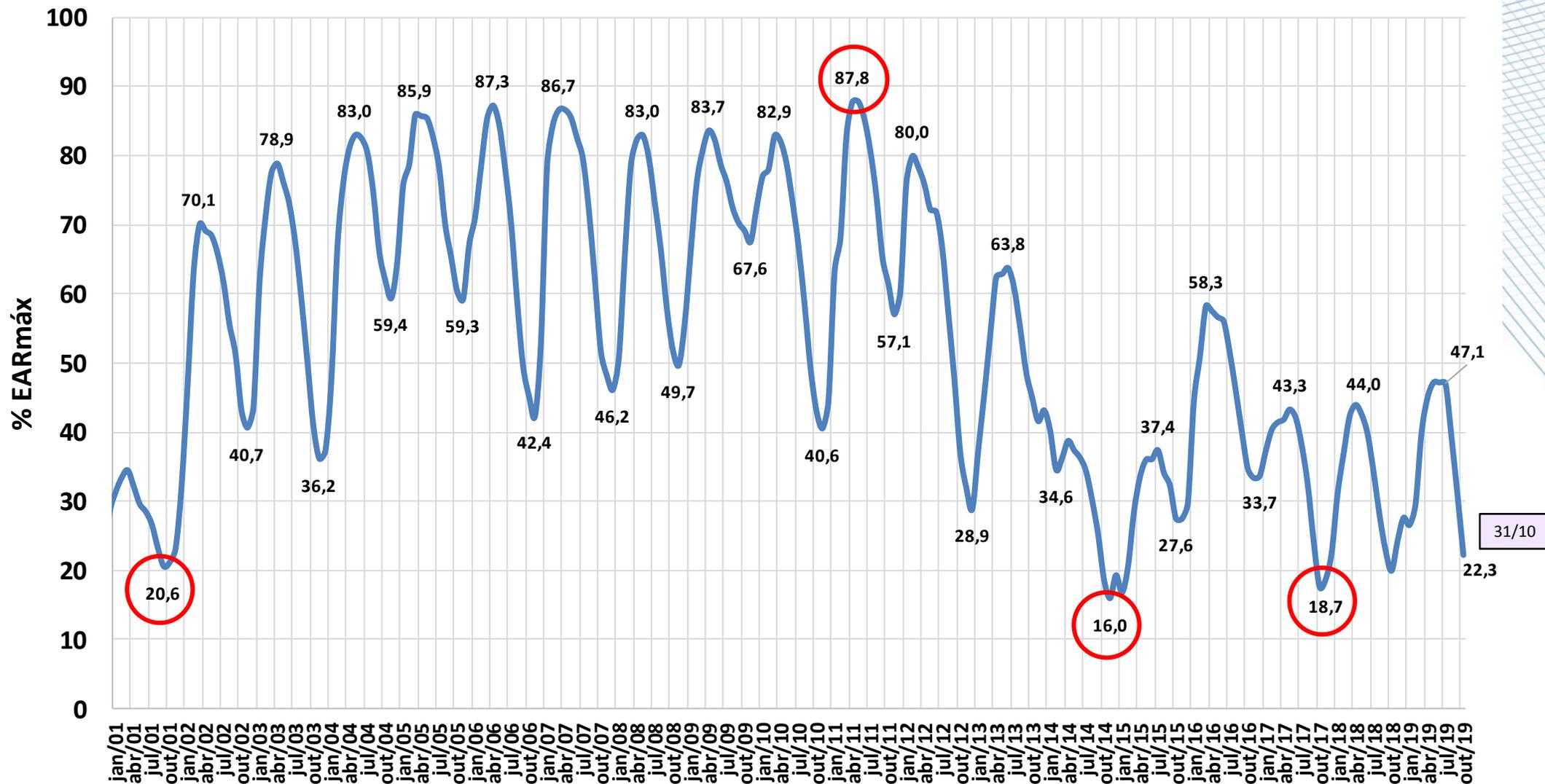
86% da Energia Armazenada Máxima - EAR do SIN está nos reservatórios desta região

ENA observada na Bacia 1 (%MLT)



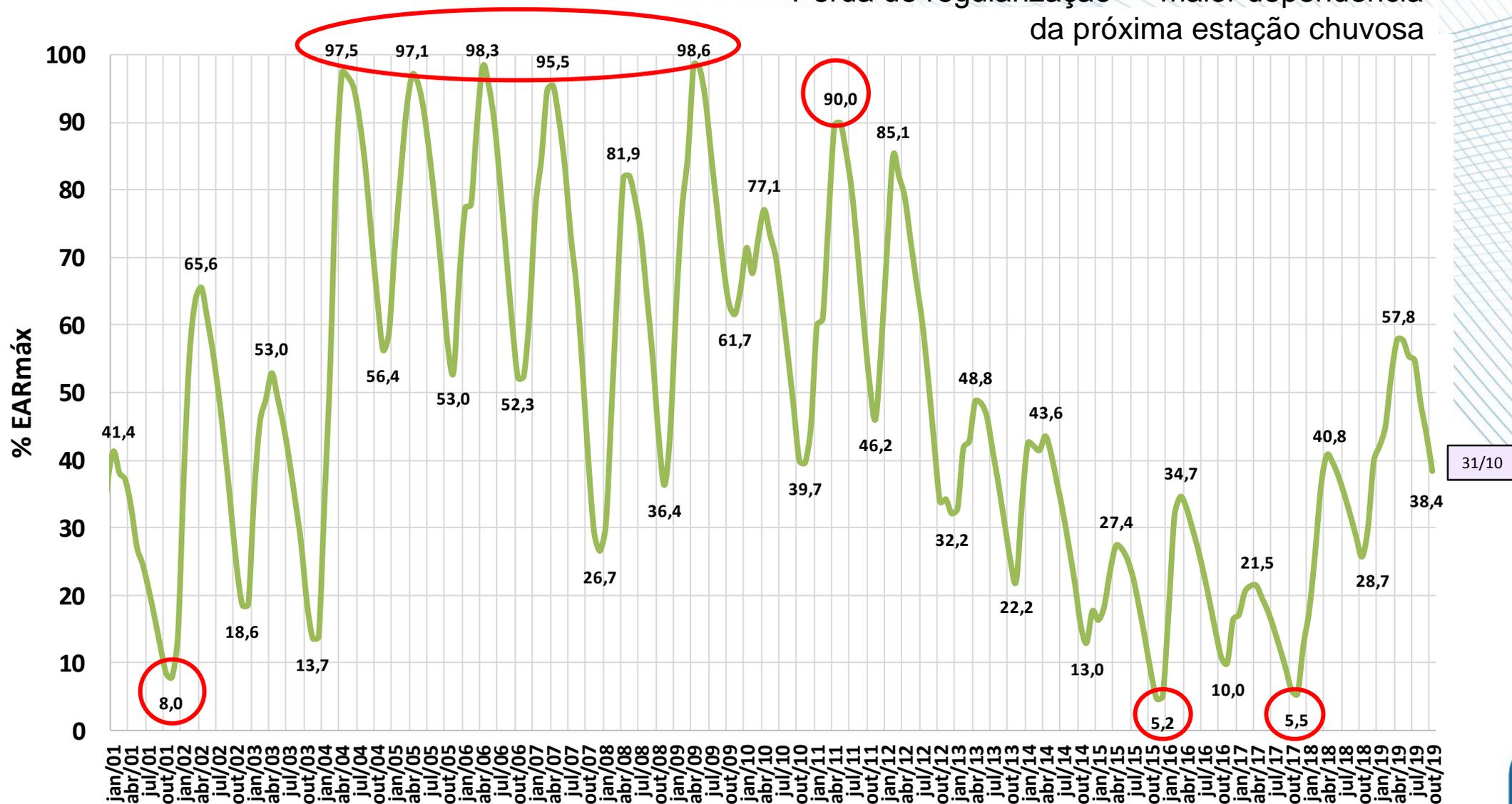
Energia Armazenada SE/CO – Histórico 2001-2019

Perda de regularização → maior dependência da próxima estação chuvosa



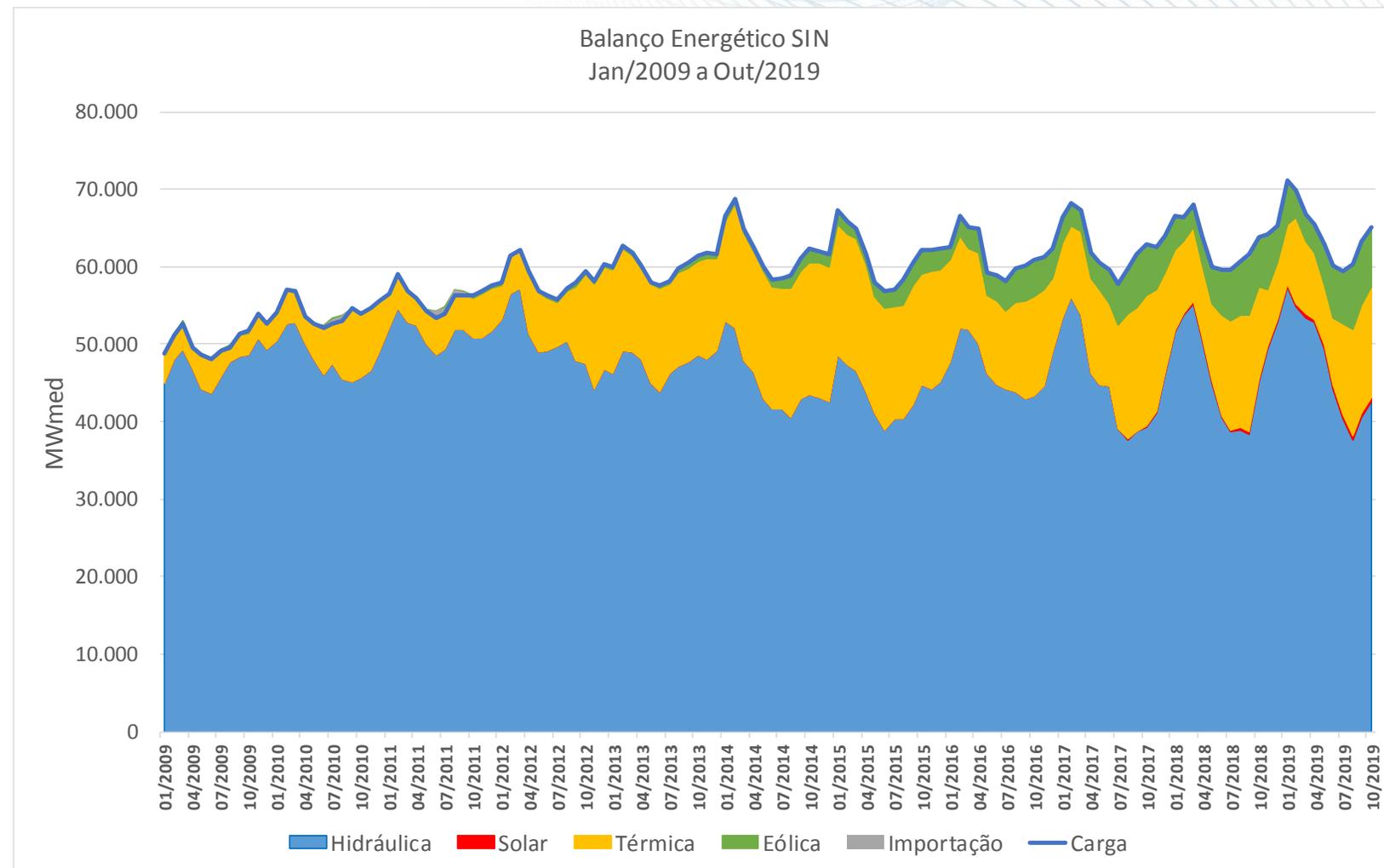
Energia Armazenada Nordeste – Histórico 2001-2019

Perda de regularização → maior dependência da próxima estação chuvosa

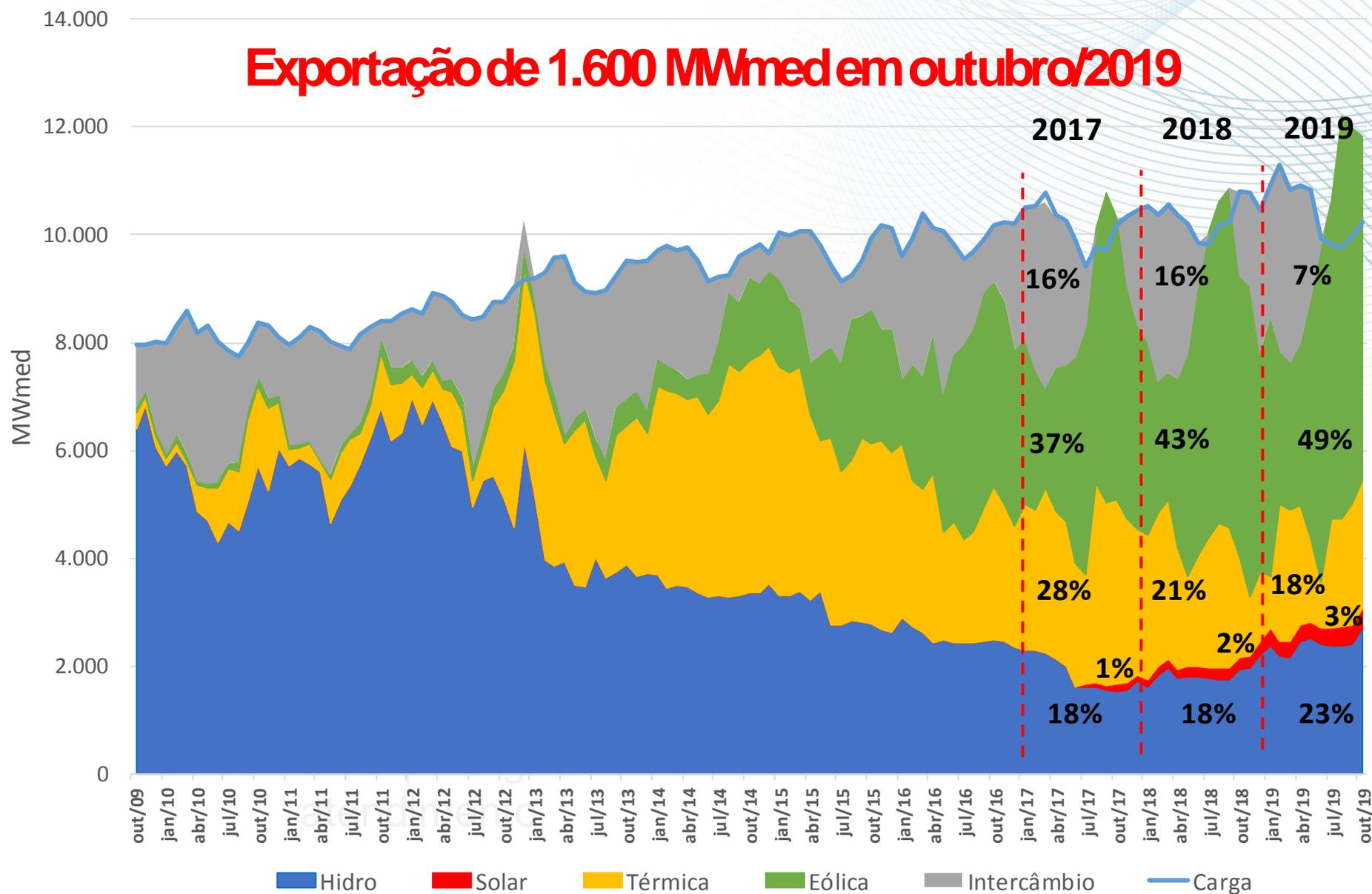


A hidroeletricidade ainda é a principal fonte de geração de energia

Ano	Hidráulica	Térmica	Eólica	Solar
Out 2019	73,50%	16,60%	9,10%	0,70%
2018	73,70%	17,30%	8,30%	0,50%
2017	71,90%	20,60%	7,20%	0,10%
2016	75,80%	18,50%	5,70%	0,00%
2015	71,10%	25,30%	3,70%	0,00%
2014	72,30%	25,90%	1,80%	0,00%
2013	78,60%	20,70%	0,80%	0,00%
2012	85,80%	13,60%	0,60%	0,00%
2011	91,70%	8,50%	0,40%	0,00%
2010	89,00%	10,90%	0,30%	0,00%
2009	93,50%	6,60%	0,20%	0,00%



Balço Energético do Nordeste – 2009 a 2019



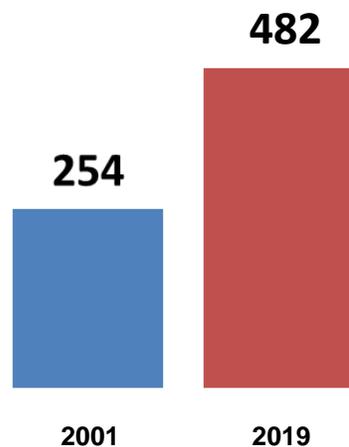
Evolução das Restrições de Usos Múltiplos no Âmbito do SIN



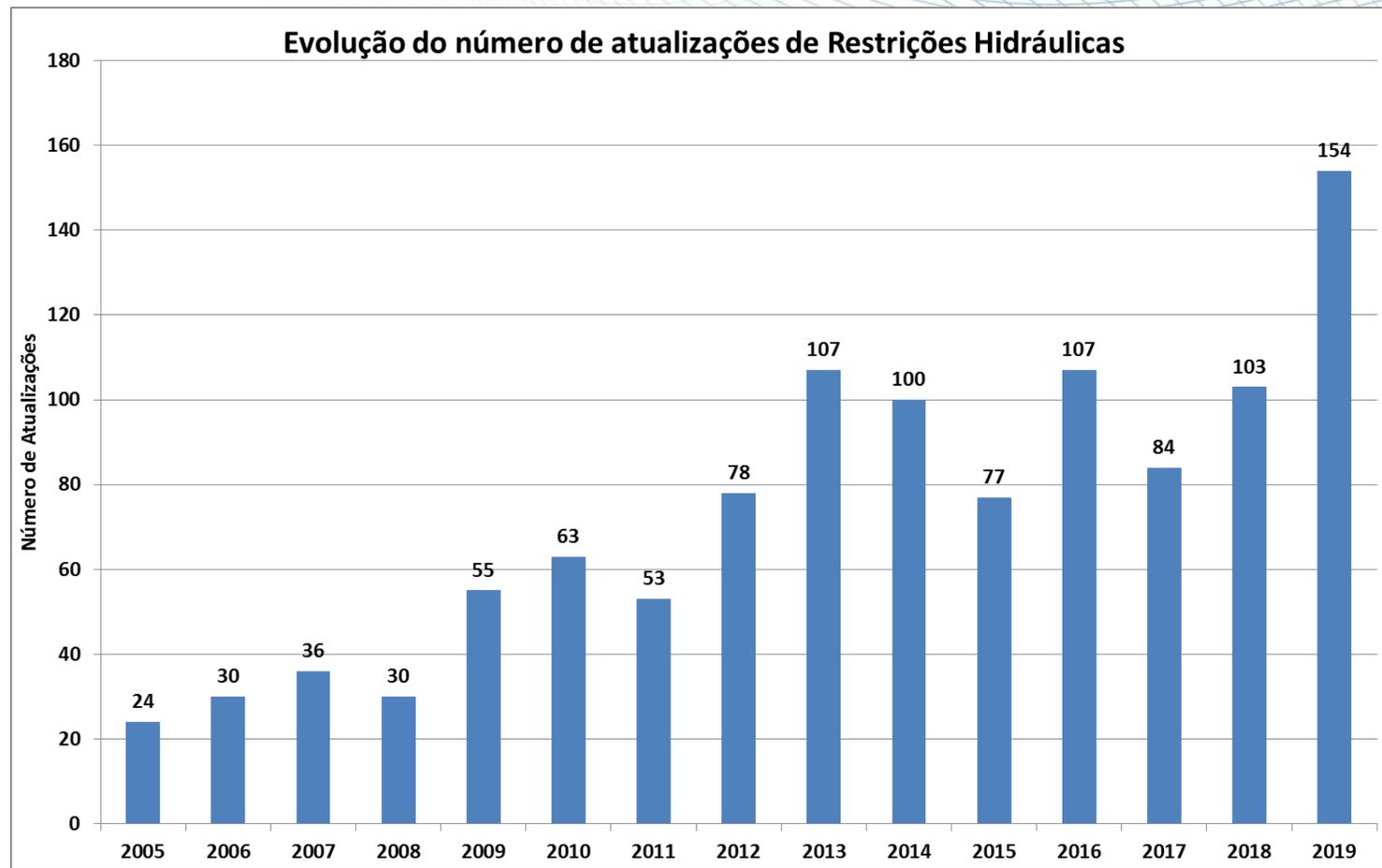
Principais aspectos da Geração Hidroelétrica do SIN nos últimos anos

- Aumento de restrições de usos múltiplo da água e de condicionantes ambientais

Evolução do nº de restrições* consideradas no âmbito da operação do SIN



* inclui as informações operativas relevantes



Principais aspectos da Geração Hidroelétrica do SIN nos últimos anos

- Ampliação da atuação da gestão de recursos hídricos no condicionamento da geração hidroelétrica
 - **Bacia do rio Paraíba do Sul**
 - ✓ priorização das condições de abastecimento, com o estabelecimento de nova regra de operação para o sistema de reservatórios (Resolução Conjunta ANA-INEA-DAEE-IGAM nº 1382/2015).
 - **Bacia do rio São Francisco**
 - ✓ inserção de limites de vazões mínimas e máximas para a geração hidroelétrica, com o estabelecimento de regra de operação para o sistema de reservatórios (Resolução ANA nº 2081/2017 e Nota Técnica ONS nº 104/2017).
 - **Bacia do rio Paraná**
 - ✓ redução de volume útil do reservatório de Ilha Solteira e definição de armazenamentos mínimos no rio Tietê para viabilizar a operação da hidrovia Tietê-Paraná
 - **Bacia do rio Tocantins**
 - ✓ limitação de variação de defluências no período de temporada de praias (Resoluções ANA nº 529/2004 e 370/2009).



Contexto atual, Desafios e Oportunidades para a Geração Hidroelétrica



Contexto

- **Geração hidroelétrica** permanece como **fonte predominante no atendimento eletroenergético do SIN**, mas com capacidade de renovação reduzida nos últimos anos por diversos fatores:
 - ✓ **perda da capacidade de regularização** devido à expansão, majoritariamente, por usinas a fio d'água
 - ✓ **escassez hídrica nas principais bacias hidrográficas** com reservatórios com capacidade de regularização
 - ✓ **aumento das restrições ao uso da água para a geração hidroelétrica**, relacionadas a usos múltiplos da água e a condicionantes ambientais



Desafios e Oportunidades

- Em razão dos **eventuais efeitos de mudanças ou variabilidade no clima**, requer-se um **estudo sobre a disponibilidade dos recursos hídricos** para a geração hidroelétrica e para os outros usos da água.
- **Novas tecnologias de previsão hidrológica e meteorológica/climática** podem **aprimorar a representação das afluições e sua incerteza no planejamento da operação do SIN.**
- **A incorporação de diretrizes de uso múltiplo da água no processo de planejamento da operação do SIN** podem não representar, necessariamente, conflito com a geração hidroelétrica.



Desafios e Oportunidades

- **A flexibilidade operativa da geração hidroelétrica propicia condições para a entrada de geração de fonte intermitente**, como a eólica e a solar.
- **A capacidade de regularização do sistema**, apesar de sofrer um redução ao longo das últimas décadas, **constitui um recurso essencial para o atendimento eletroenergético do SIN.**



Obrigado

