

# Workshop da Equipe de Trabalhos Técnicos da CPAMP

Ciclo 2023/2024

Coordenação de Trabalhos Técnicos: 

06/12/2023

CPAMP - Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico

Equipe Técnica

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



**Membros:**



**Assessoria Técnica:**



# Agenda

1. **Unit Commitment Hidráulico**
2. **Apresentação dos Agentes**
3. **NEWAVE Híbrido**
  - **Cronograma Ciclo 2023/2024**
  - **Avaliações**
  - **Considerações EPE**
4. **Dúvidas, Contribuições e Comentários**

# Agenda

- 1. *Unit Commitment* Hidráulico**
- 2. Apresentação dos Agentes**
- 3. NEWAVE Híbrido**
  - Cronograma Ciclo 2023/2024
  - Avaliações
  - Considerações EPE
- 4. Dúvidas, Contribuições e Comentários**

## Fases do *Unit Commitment* Hidráulico

- ✓ Primeira fase: Compatibilização com a metodologia de UCH já presente no modelo DECOMP (CT PMO/PLD) -> **TS (ANEEL 017/2023) concluída para contribuições em 13/11**
- Segunda fase: Inclusão das restrições de alocação/operação por unidade (variáveis binárias) e estudos para reduzir o tempo computacional
- ☐ Terceira fase: Restrições de reserva de potência considerando os status das unidades geradoras
- ☐ Quarta fase: Modelagem da FPHA por quantidade de usinas geradoras ligadas

# Cronograma Ciclo 2023/2024 – Unit Commitment Hidráulico (UCH)

Atividade	2022						2023						2024																		
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Ma	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agc	Set	Out	Nov	Dez	
<b>Ciclo 2023/2024 - UCH Fase 2 e eficientizações</b>																															
Desenvolvimento CEPEL (implementação e relatório) - Fase 2			x	x	x	x	x																								
Implementações adicionais de eficiência computacional														x	x	x															
Pré-validação GT-Metodologia - Fase 2													x	x	x	x															
Validação com os agentes																															
Avaliação individual das melhorias																															
Relatório																															
Consulta pública, consolidação e deliberação																															
Sombra																															
<b>Planejamento de Workshops</b>														x	x	x															

UCH: Caso o DESSEM não esteja viável computacionalmente até o final de outubro de 2023, o aprimoramento será postergado para o ciclo seguinte.

## Status das atividades

- **Implementações adicionais de eficiência computacional:** inicialmente, foram conduzidos estudos de casos reduzidos. Quando dos **estudos de casos reais**, deparou-se com **dificuldades operacionais (elaboração do deck e viabilidade de execução)**, o que prejudicou o diagnóstico de possíveis linhas de investigação e especificação de implementações que resultassem em eficiência computacional
- **Pré-validação Fase 2:** As funcionalidades de UCH relativos à Fase 2 estão sendo avaliadas pelas equipes técnicas da CCEE e ONS

## Tempo computacional com UCH (restrições de Gmin por unidade geradora)

<b>Deck-base do dia 03/09/2022</b>	<b>ONS</b>	<b>CCEE</b>
Caso com 0 UCHs (original)	00:21:41	00:12:45
Caso com 3 UCHs	00:21:42	00:10:06
Caso com 10 UCHs	00:22:27	00:12:22
Caso com 20 UCHs	00:19:44	00:13:21
Caso com 30 UCHs	00:34:59	00:16:29
Caso com 40 UCHs	00:36:24	00:19:49
Caso com 50 UCHs	inviável	inviável

- Necessidade de implementação **da consistência de dados de UCH** para identificação de inviabilidades.
  - Cepel está trabalhando na implementação e sinalizou a entrega para o **1º semestre de 2024**
- Deliberação na reunião plenária de outubro: **não continuidade do *Unit Commitment* Hidráulico para o ciclo de atividades 2023/2024.**

# Replanejamento do UCH

Novo cronograma visando o uso oficial a partir do PMO de janeiro de 2026:

Atividade	2023					2024							2025												
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	
<b>Ciclo 2024/2025 - Unit Commitment Hidráulico</b>																									
Prazo preliminar de desenvolvimento (CEPEL)*																									
Pré-validação da Equipe Técnica e avanço de tempo computacional																									
Validação com os agentes																									
Avaliação individual das melhorias																									
Avaliação de impactos conjuntos com outras melhorias e relatório final																									
Consulta pública, consolidação e deliberação da Governança Específica																									

\* A data final de desenvolvimento será estabelecida até fev/2024 após fechamento do escopo técnico

O cronograma fica sujeito à aprovação pela nova governança específica prevista na CP MME 157/2023 que revisa a Resolução CNPE nº22/2021 (entrada em vigor prevista para Agosto/2024)

# Agenda

1. *Unit Commitment* Hidráulico
2. **Apresentação dos Agentes**
3. NEWAVE Híbrido
  - Cronograma Ciclo 2023/2024
  - Avaliações
  - Considerações EPE
4. **Dúvidas, Contribuições e Comentários**



# Apresentação dos Agentes

- Apresentação Casa dos Ventos



# Agenda

1. *Unit Commitment* Hidráulico
2. Apresentação dos Agentes
3. **NEWAVE Híbrido**
  - **Cronograma Ciclo 2023/2024**
  - Avaliações
  - Considerações EPE
4. Dúvidas, Contribuições e Comentários

# Cronograma Ciclo 2023/2024 – NEWAVE Híbrido

Atividade	2022						2023						2024																	
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Ma	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Ciclo 2023/2024 - NEWAVE Híbrido</b>																														
Continuidade das avaliações													x	x	x	x	x	x												
Volume considerado na FPHA													x	x	x															
Avaliação do horizonte de individualização e de execução do modelo													x	x	x	x	x	x												
Penalidades														x	x	x	x	x												
Implementação adicional nova FPHA													x	x	x															
Implementação adicional nova leitura de cortes pelo DECOMP															x															
Pré-validação das implementações adicionais															x	x	x	x												
Validação com os agentes das implementações adicionais															x		x	x												
Execuções de acompanhamento																														
Backtest, avaliação de impactos e relatório final																		x												
Consulta pública, consolidação e deliberação																														
Sombra																														
<b>Planejamento de Workshops</b>													x	x	x			x												

Prorrogação do prazo para o final da 1ª quinzena de dezembro:

- Avaliação do horizonte de individualização
- **Avaliação de penalidades**
- Pré-validação das **implementações adicionais** (nova FPHA e cortes por período)
- Início das atividades de **backtest/prospectivo**, 2ª quinzena de dezembro

# Agenda

1. *Unit Commitment* Hidráulico
2. Apresentação dos Agentes
3. **NEWAVE Híbrido**
  - Cronograma Ciclo 2023/2024
  - **Avaliações**
  - Considerações EPE
4. Dúvidas, Contribuições e Comentários

## Avaliação de penalidades

Motivação: Avaliação de diferentes valores de penalidades nas restrições hidráulicas e seus impactos na operação NEWAVE e DECOMP

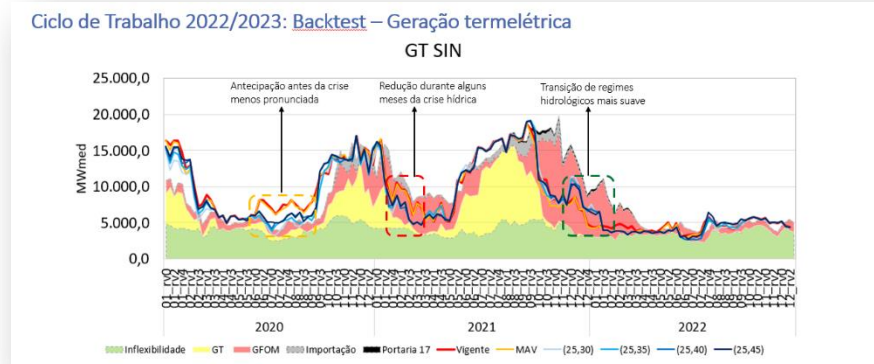
# Avaliação Penalidades

## Premissas para os casos de PLD

- Valores de penalidades, e exceto desvio e restrição VminOp (em R\$/MWh):
  - ✓ Custo de Déficit: 8.104
  - ✓ Valor VMinOp: 4.079
  - ✓ Térmica mais cara (UTE Xavantes): 3.677
- Casos avaliados:
  - ✓ Baseado no prospectivo de março de 2024; ENA 60%, armazenamento 2020 (Híbrido CVaR(25,60) e REE CVaR(25,35) (apresentado no 30º WS)
  - ✓ Baseado no prospectivo de dezembro de 2023; ENA 80%, armazenamento 2020 (Híbrido CVaR(25,60))

## Premissas para os casos de PMO

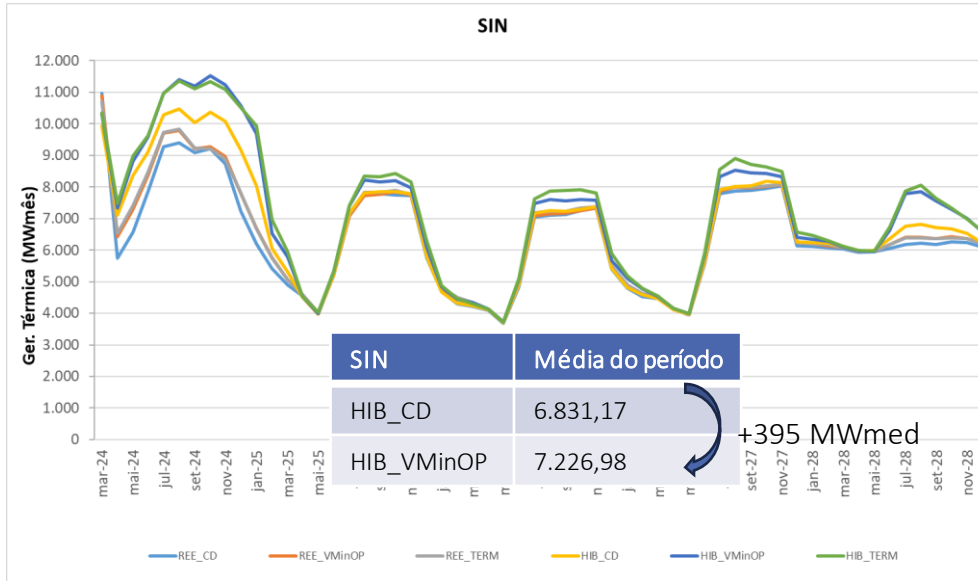
- Valores de penalidades para os casos de PMO (inicialmente sem QDEFMAX)
  - ✓ “Infinito” (99999)
  - ✓ Custo de déficit
  - ✓ Max CVU
  - ✓ Menor que Max CVU (usar Termomacae e Termorio)
  - ✓ Menor CVU
- Casos avaliados:
  - ✓ Baseado no PMO MAI/21 (MAV + HIB12) 25x35 (apresentado no 30º WS)
  - ✓ Baseado no PMO OUT/20 (MAV + HIB12) 25x35 (apresentado no 31º WS)



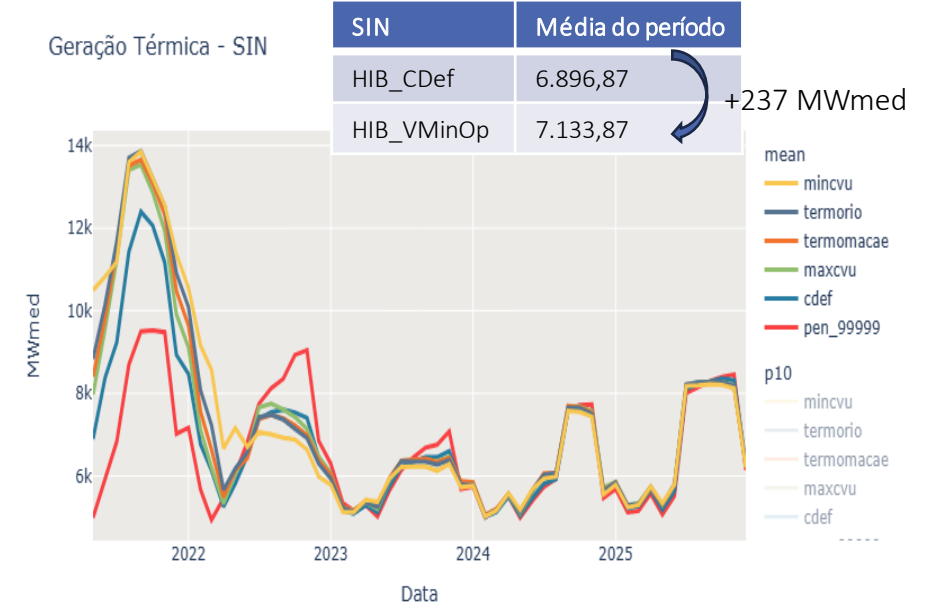
# Estudos de Penalidades – Resultados NEWAVE

Backtest – Mai/21

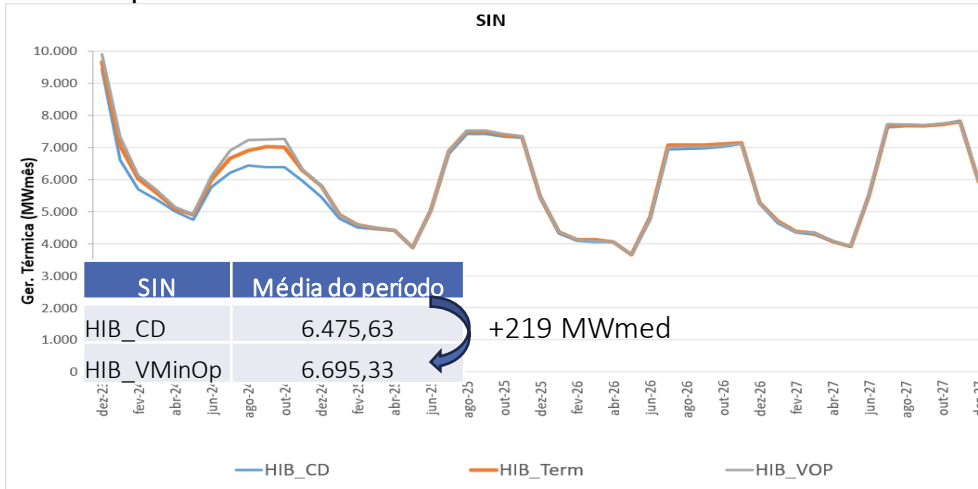
## Prospectivo - ENA60 EARM20



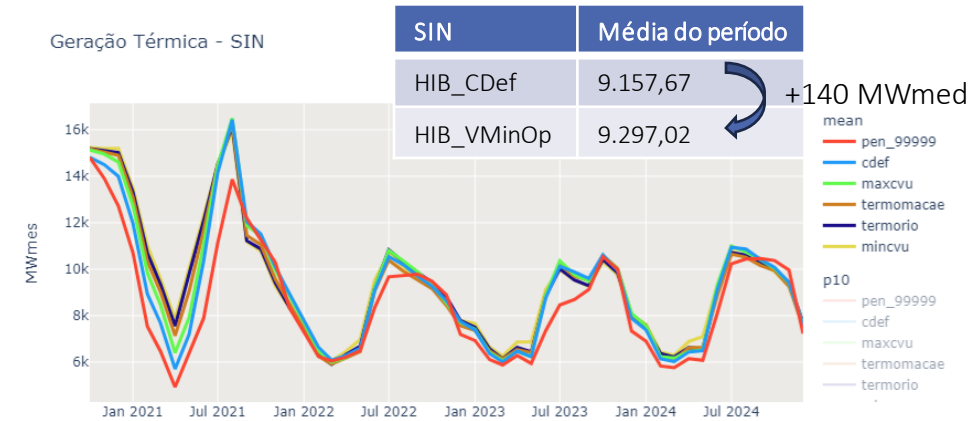
## Geração Térmica - SIN



## Prospectivo - ENA80 EARM20



## Geração Térmica - SIN



Backtest – Out/20

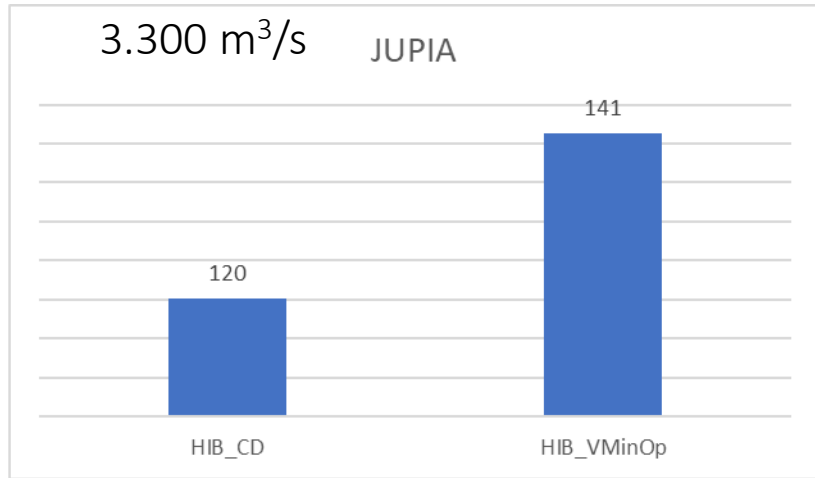
Quanto menor o valor da penalidade:

- maior a geração térmica média

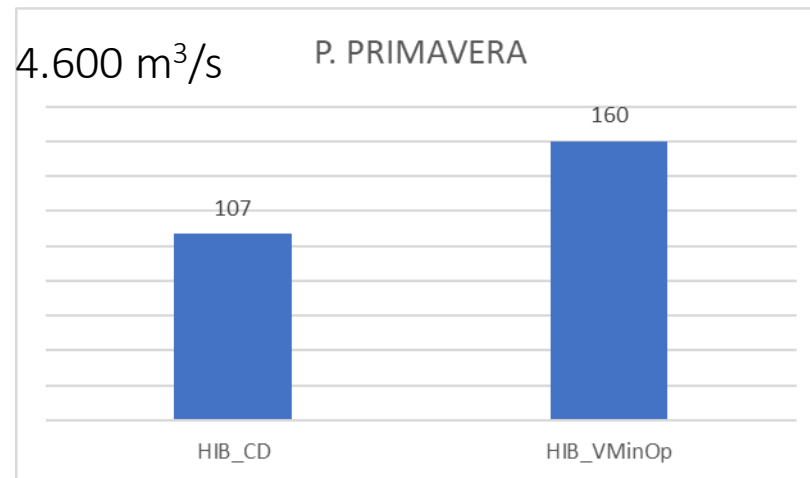
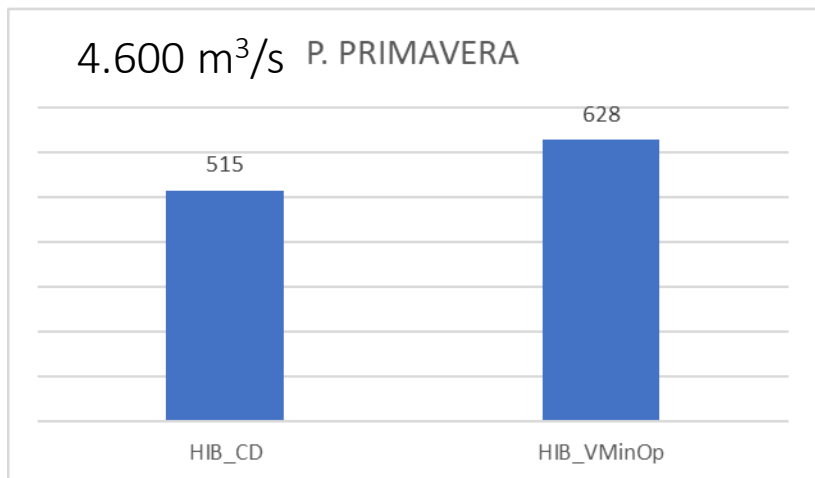
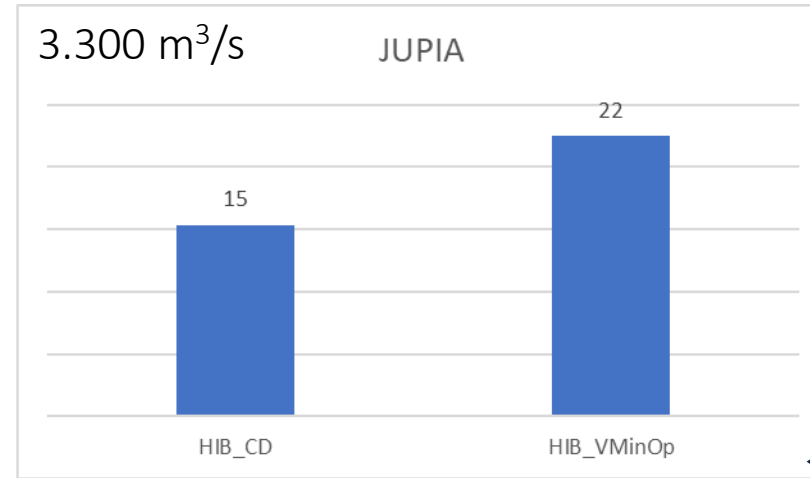
# Estudos de Penalidades – Resultados NEWAVE – Violação de Defluência Mínima

Folga de deplecionamento mínimo de usinas hidrelétricas (hm<sup>3</sup>) – Média anual (usinas com maiores valores)

NEWAVE E60A20



NEWAVE E80A20



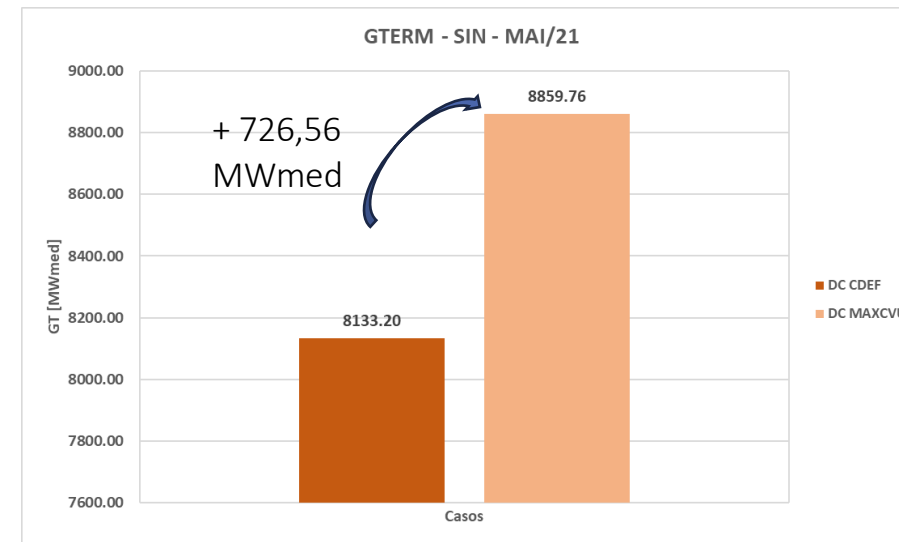
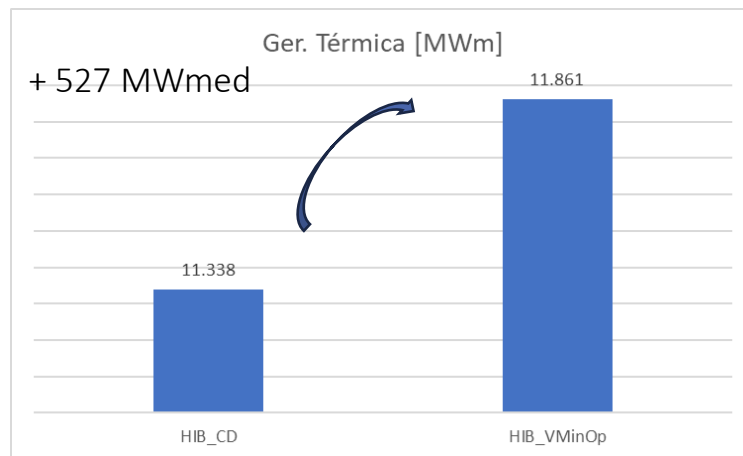
Quanto menor o custo da penalidade, a violação do deplecionamento mínimo foi incrementalmente maior



# Estudos de Penalidades – Resultados DECOMP

Backtest – Mai/21

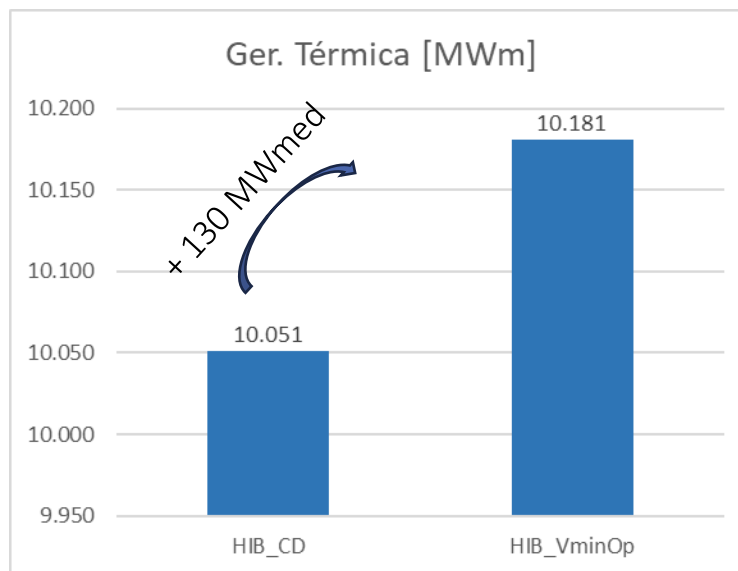
ENA60 EARM20



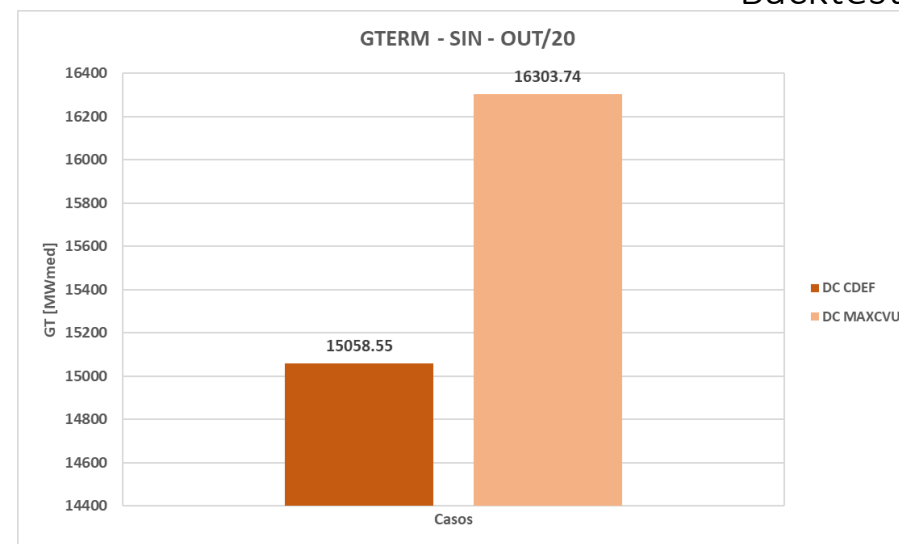
Tendência quanto menor o valor da penalidade:

- maior a geração térmica

ENA80 EARM20



Backtest – Out/20



## Proposta de alteração do valor de Penalidades

As penalidades vinculadas às restrições físicas são dados de entrada contidos no arquivo penalid.dat:

Restrição	Valor atual da penalidade	Valor proposto da penalidade
Desvio d'água	Custo Déficit + $\Delta_1$	Custo Déficit + $\Delta_1$
VminOp	Térmica mais cara + $\Delta_2$	Térmica mais cara + $\Delta_2$
Vazão mínima	Custo Déficit	Térmica mais cara + $\Delta_2$
Geração Hídrica mínima	Custo Déficit	Térmica mais cara + $\Delta_2$
Turbinamento mínimo	Custo Déficit	Térmica mais cara + $\Delta_2$
Turbinamento máximo	Custo Déficit	Térmica mais cara + $\Delta_2$

A proposta é de redução do valor das penalidades de restrições físicas das hidrelétricas para continuidade dos estudos (prospectivos e backtest). Após as avaliações da EPE o tema poderá ser reavaliado.

## Avaliação do horizonte de individualização (híbrido)

Motivação: Avaliar a influência (causalidade) do horizonte de individualização das UHEs do modelo NEWAVE nas políticas operativas lidas pelo modelo DECOMP

# Avaliação do horizonte de individualização (híbrido)

## PREMISSAS

1. versão NEWAVE: **28.15.1\_CPAMP**; versão DECOMP **31.18**;
2. mês de referência: **março de 2024**; ENA 60%, armazenamento 2020 (proveniente do encadeamento);
3. Casos executados **sem cortes externos e com simulação final individualizada**.

#	Identificação	horizonte de ind.
1	REE_50it	REE
2	HIB-1a_50it	12 meses
3	HIB-2a_50it	24 meses
4	HIB-10a_50it	120 meses
5	HIB-10a_100it	120 meses

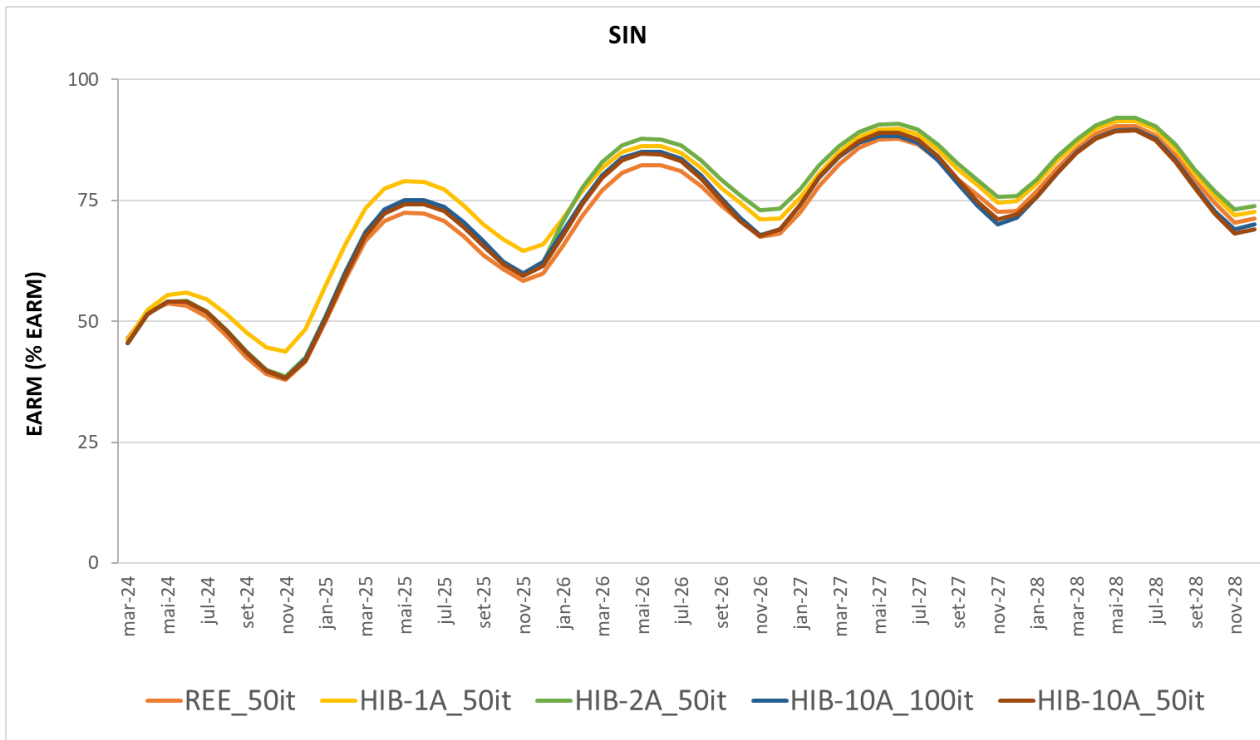
→ CVaR: 25,35

CVaR: 25, 60

# Avaliação do horizonte de individualização – Resultados NEWAVE

Energia Armazenada (%)

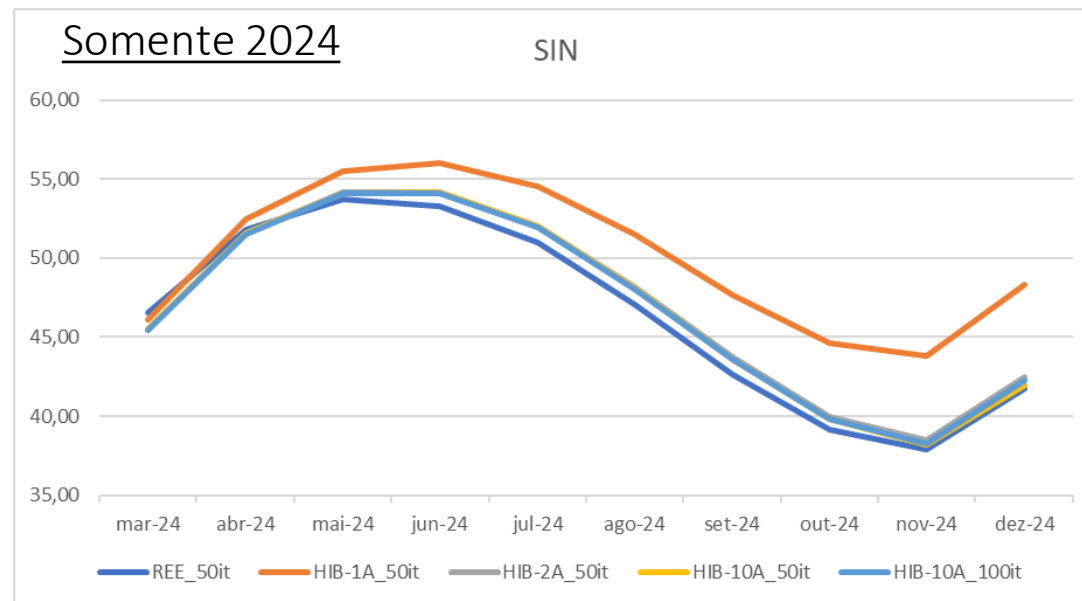
Período Completo



SIN	mar	abr
REE_50it	46,56	51,82
HIB-1A_50it	46,12	52,43
HIB-2A_50it	45,52	51,55
HIB-10A_50it	45,54	51,56
HIB-10A_100it	45,41	51,49

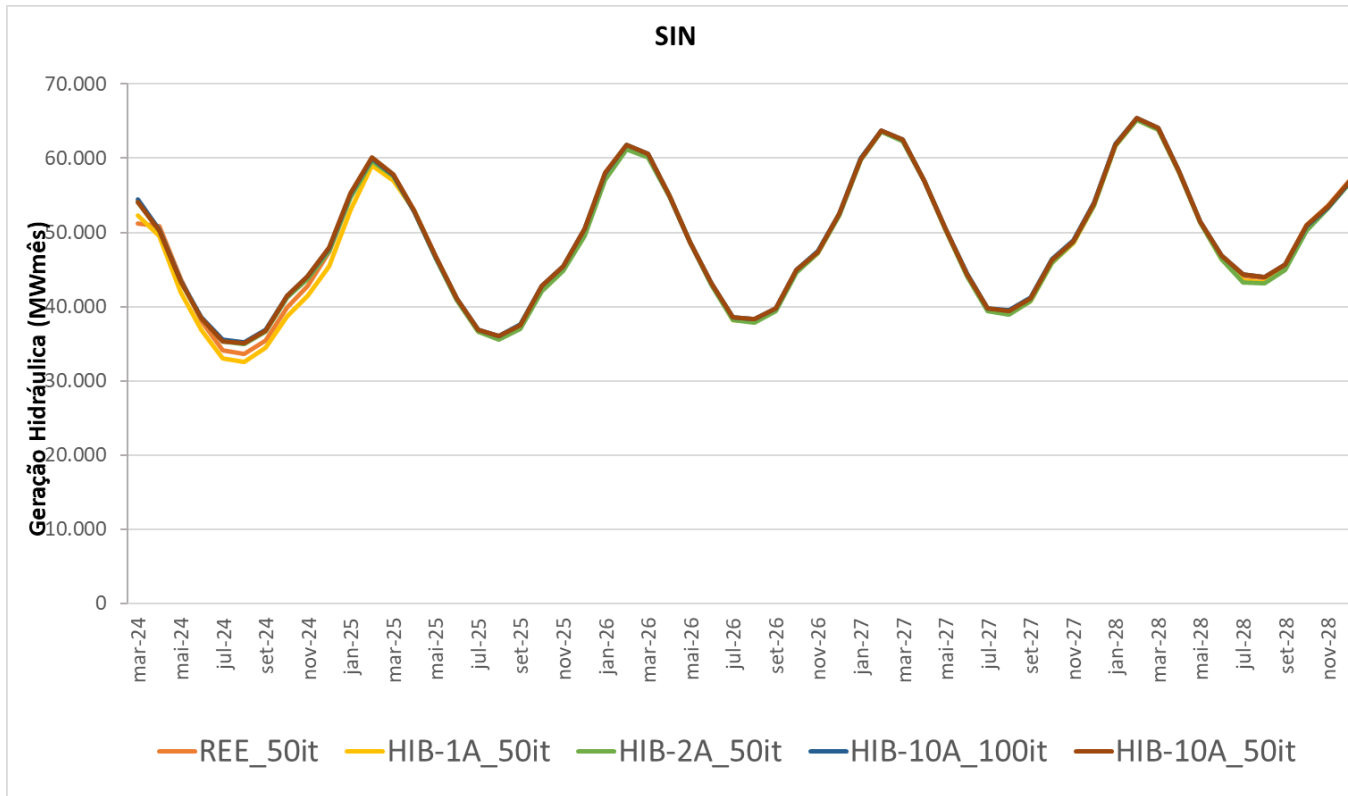
nov
37,93
43,83
38,52
38,19
54,10

SIN	2024	2025	2026	2027	2028	Período
REE_50it	46,49	64,33	74,90	80,41	81,83	69,59
HIB-1A_50it	50,06	70,89	79,04	82,64	83,12	73,15
HIB-2A_50it	47,03	66,38	80,36	83,83	84,01	72,32
HIB-10A_50it	46,90	65,72	76,58	81,04	80,41	70,13
HIB-10A_100it	46,90	66,50	77,05	80,45	80,77	70,33



# Avaliação do horizonte de individualização – Resultados NEWAVE

## Geração Hidráulica (MWh)

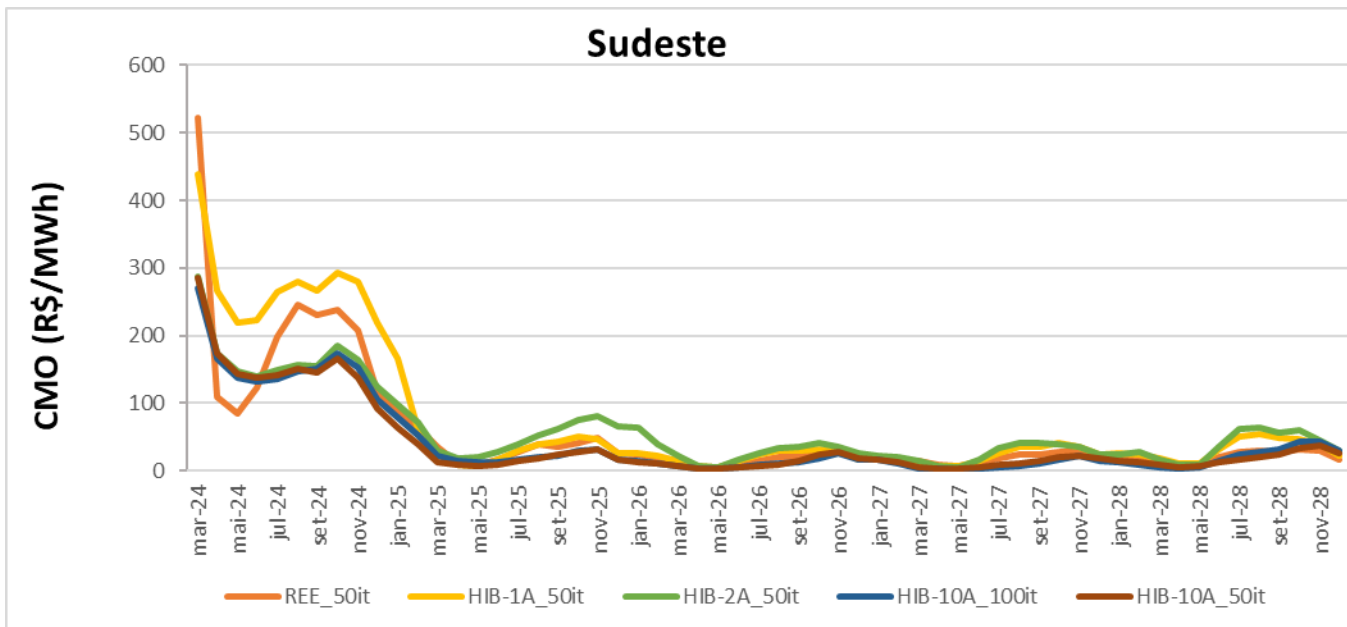


SIN	2024	2025	2026	2027	2028	Período
REE_50it	41.716,37	46.709,40	48.932,94	50.500,03	53.540,72	48.279,89
HIB-1A_50it	40.629,72	46.436,01	48.884,50	50.412,25	53.261,48	47.924,79
HIB-2A_50it	42.551,51	46.496,88	48.705,35	50.377,65	53.173,79	48.261,03
HIB-10A_50it	42.700,83	46.957,49	49.061,89	50.607,50	53.593,97	48.584,34
HIB-10A_100it	42.807,42	46.905,28	49.064,45	50.652,74	53.583,43	48.602,66

SIN	mar	abr
REE_50it	51.221,95	50.845,57
HIB-1A_50it	52.247,70	49.497,82
HIB-2A_50it	54.087,50	50.266,96
HIB-10A_50it	54.101,05	50.263,84
HIB-10A_100it	54.416,64	50.389,41

# Avaliação do horizonte de individualização – Resultados NEWAVE

CMO SE/CO (R\$/MWh)



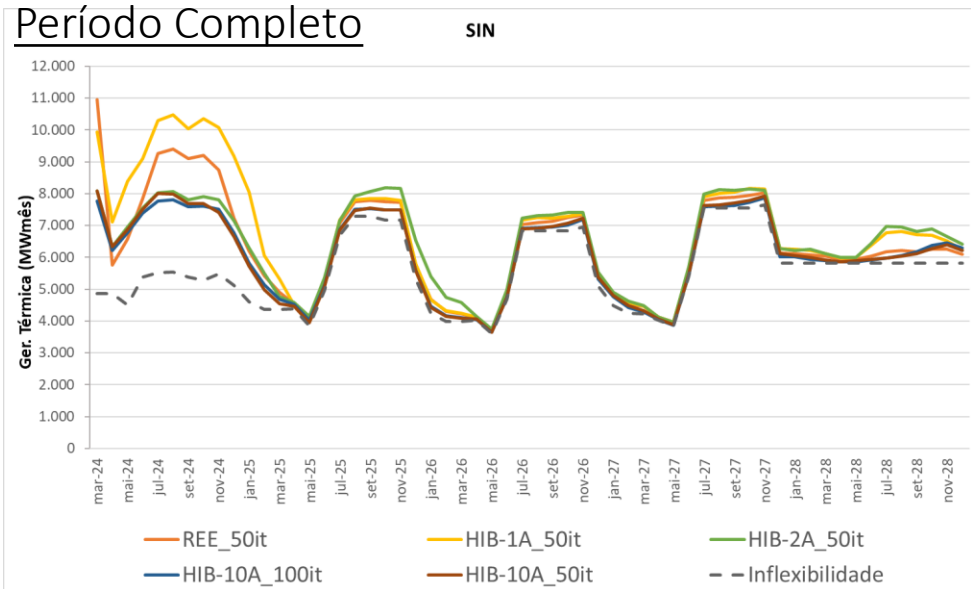
SBM - 1	2024	2025	2026	2027	2028	Período
REE_50it	207,62	36,49	17,55	17,99	20,99	60,13
HIB-1A_50it	274,95	43,53	20,85	22,90	32,00	78,84
HIB-2A_50it	168,22	53,43	29,15	25,03	36,71	62,51
HIB-10A_50it	157,37	22,61	11,74	11,75	18,40	44,37
HIB-10A_100it	157,29	27,50	11,17	9,28	20,72	45,19

SIN	mar	abr
REE_50it	521,96	108,98
HIB-1A_50it	438,67	265,69
HIB-2A_50it	287,33	173,32
HIB-10A_50it	285,15	173,29
HIB-10A_100it	269,55	166,00

# Avaliação do horizonte de individualização – Resultados NEWAVE

## Geração Térmica (MWh)

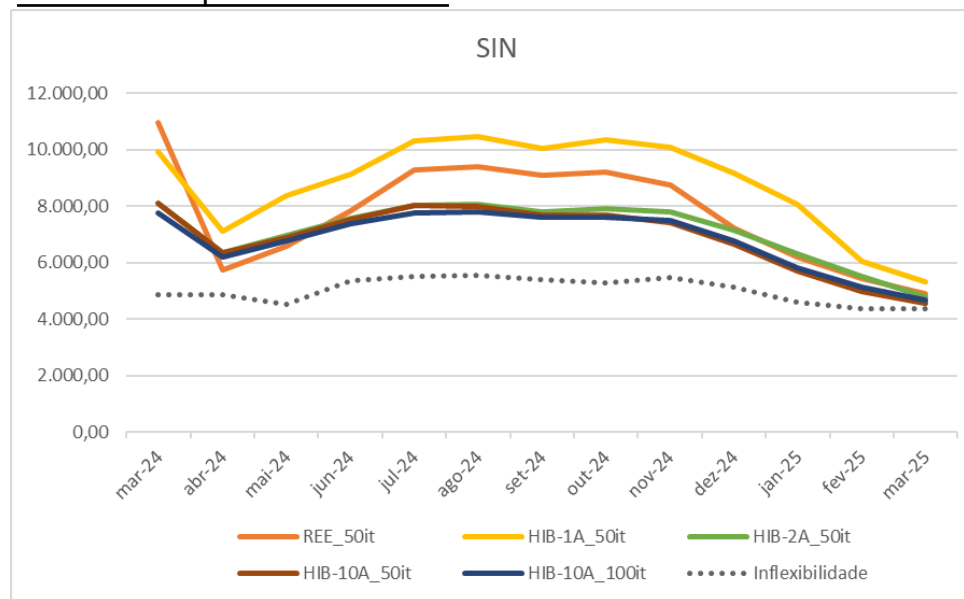
### Período Completo



SIN	2024	2025	2026	2027	2028	Período
Inflexibilidade	5.193,03	5.619,58	5.329,42	5.825,61	5.813,65	5.556,26
REE_50it	8.408,56	6.176,69	5.592,41	6.092,41	6.110,22	6.476,06
HIB-1A_50it	9.495,24	6.450,10	5.640,85	6.180,19	6.389,48	6.831,17
HIB-2A_50it	7.573,44	6.389,20	5.819,97	6.214,79	6.477,18	6.494,92
HIB-10A_50it	7.424,13	5.928,61	5.463,46	5.984,95	6.056,96	6.171,62
HIB-10A_100it	7.317,54	5.980,79	5.460,91	5.939,70	6.067,52	6.153,29

SIN	mar	abr
Inflexibilidade	4.865,42	4.863,35
REE_50it	10.960,52	5.754,62
HIB-1A_50it	9.934,77	7.102,47
HIB-2A_50it	8.094,90	6.333,14
HIB-10A_50it	8.081,35	6.336,35
HIB-10A_100it	7.765,77	6.210,79

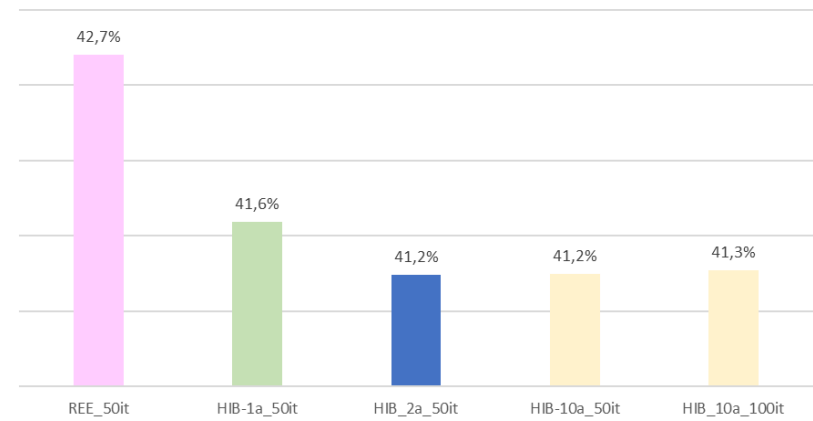
### Somente primeiro ano



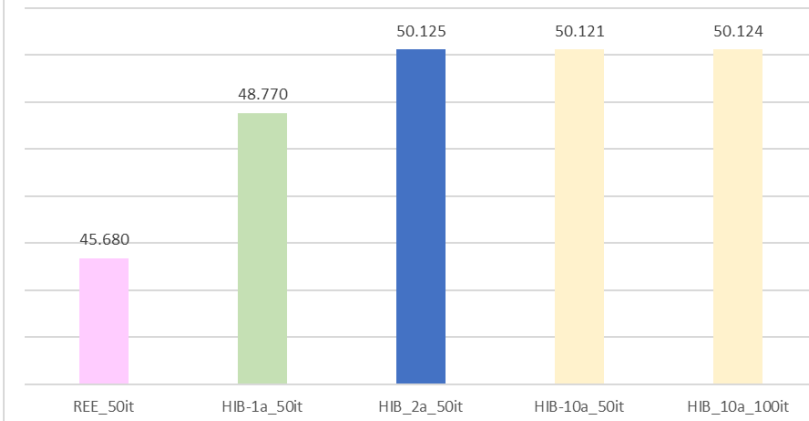


# Avaliação do horizonte de individualização – Resultados DECOMP (1º mês – março/2024)

E. Armazenada - SIN (%)



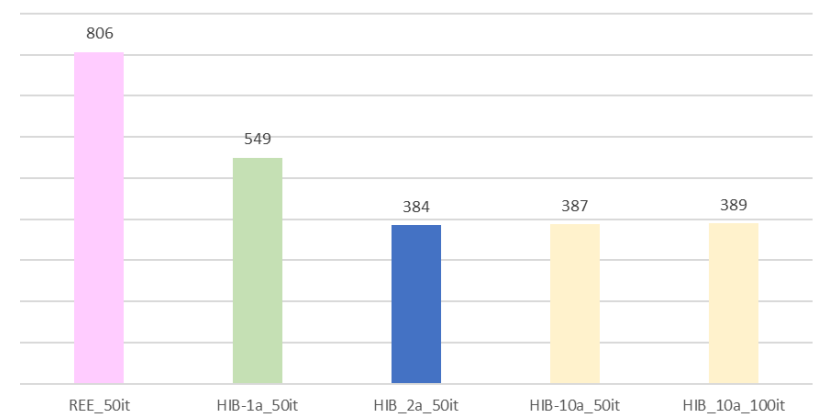
Ger. Hidráulica - SIN (MWm)



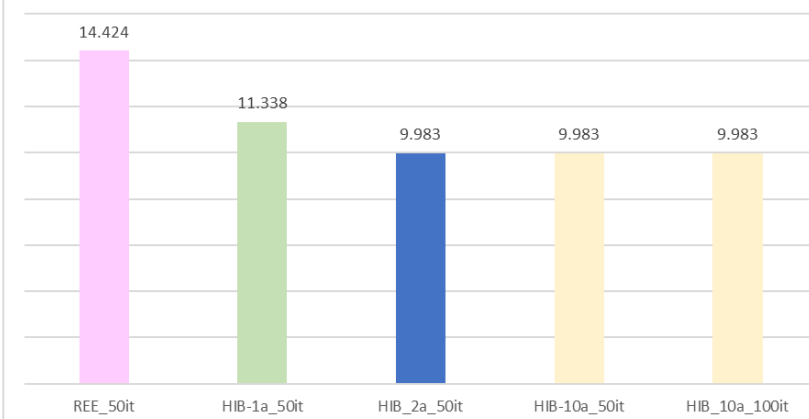
Geração Hídrica (mar/24)

50 it	DECOMP	NW	Dif
REE	45,68	51,2	<b>11%</b>
1A	48,77	52,2	<b>7%</b>
2A	50,12	54,1	<b>7%</b>
10A	50,12	54,1	<b>7%</b>

CMO R\$/MWh



Ger. Térmica - SIN (MWm)



Geração Térmica (mar/24)

50 it	DECOMP	NW	Dif
REE	14,4	10,9	<b>24%</b>
1A	11,3	9,9	<b>12%</b>
2A	9,98	8,1	<b>19%</b>
10A	9,98	8,1	<b>19%</b>

Do ponto de vista operativo os resultados com 2 anos de individualização (2A) se aproximam ao benchmark ideal totalmente individualizado (10A). Os resultados com 1 ano de individualização oferecem um bom trade-off entre os resultados por REE e os de maior complexidade computacional (2A e 10A)

# Estudo Horizonte – 1 ano vs 2 anos de período de Individualização (Híbrido)

## PREMISSAS

- ✓ versão do Newave: 28.15.03; versão do Decomp: 31.18;
- ✓ Prospectivo do ciclo 2022/2023: ENA 60% da MLT; armazenamento do encadeado a partir dos valores de dez/20;
- ✓ Critério de parada com 50 iterações
- ✓ Cortes Externos: execução completa do mesmo mês e período de individualização;
- ✓ Execução exclusiva no cluster (sem nenhum caso concorrendo).

## TEMPO COMPUTACIONAL

Tipo	v281503_HIB_E060A20_1a	v281503_HIB_E060A20_2a
Leitura de Dados	000:00:01	000:00:00
Calculos Iniciais	000:16:59	000:21:20
Calculo da Politica	001:36:36	003:36:32
Simulacao Final	000:23:42	000:36:59
Tempo Total	002:17:19	004:34:52

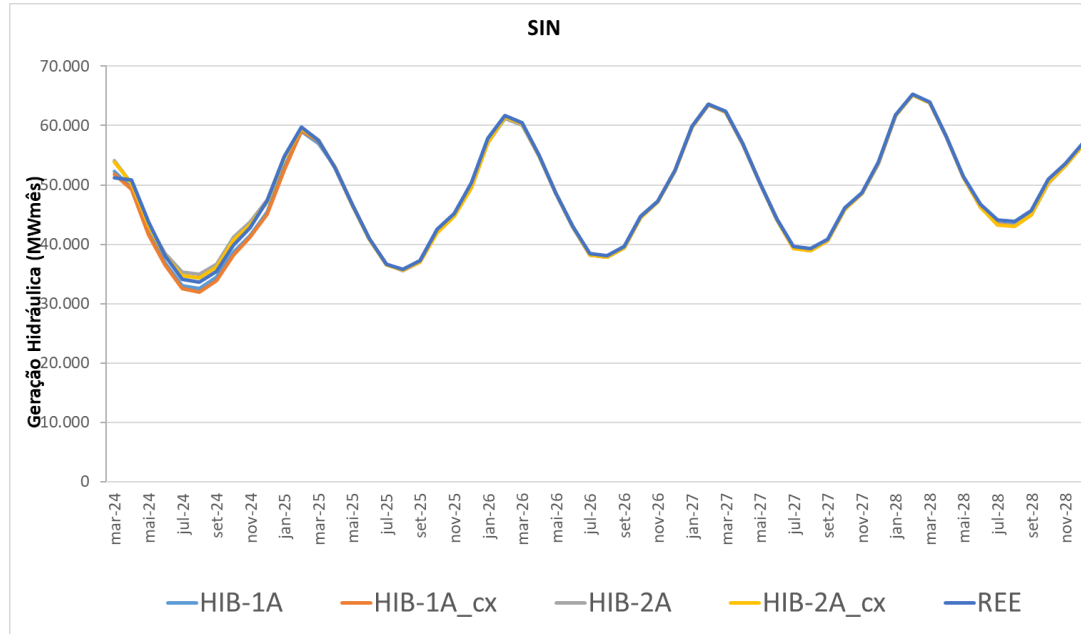


A execução de modelos com 2 anos de individualização trazem desafios operacionais na perspectiva de tempo de processamento

# Estudo Horizonte – 1 ano vs 2 anos de período de Individualização (Híbrido)

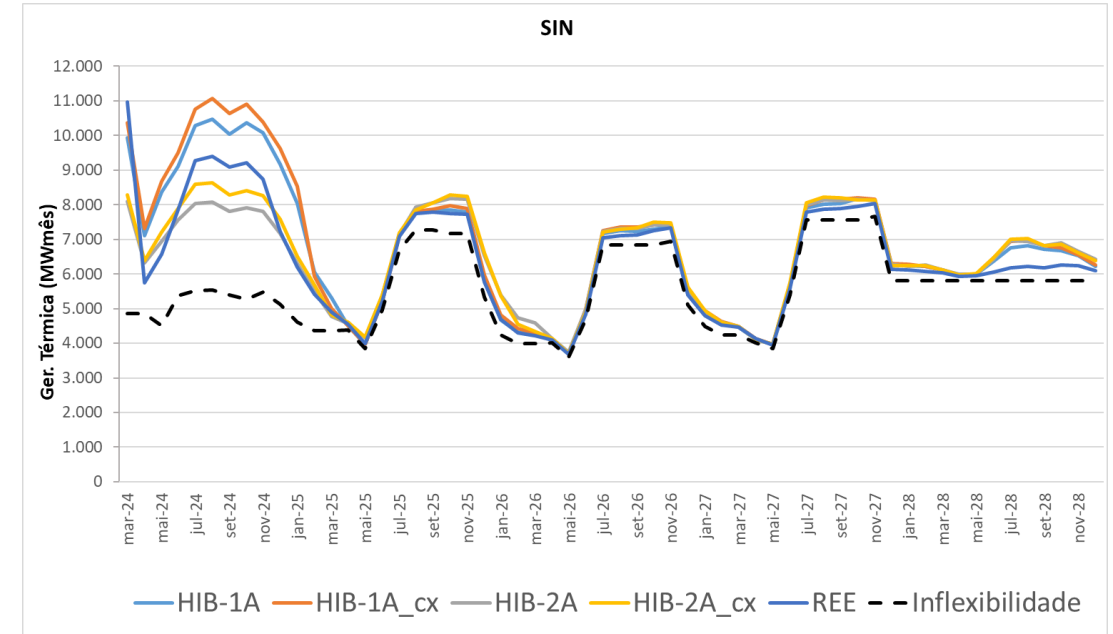
## RESULTADOS NEWAVE

### Geração Hidroelétrica (MWm)



SIN	2024	2025	2026	2027	2028	Período
HIB-1A	40.629,72	46.436,01	48.884,50	50.412,25	53.261,48	47.924,79
HIB-1A_cx	40.201,07	46.402,74	48.801,72	50.362,70	53.206,59	47.794,96
HIB-2A	42.551,51	46.496,88	48.705,35	50.377,65	53.173,79	48.261,03
HIB-2A_cx	42.173,64	46.434,85	48.738,35	50.351,54	53.169,89	48.173,65
REE	41.716,37	46.709,40	48.932,94	50.500,03	53.540,72	48.279,89

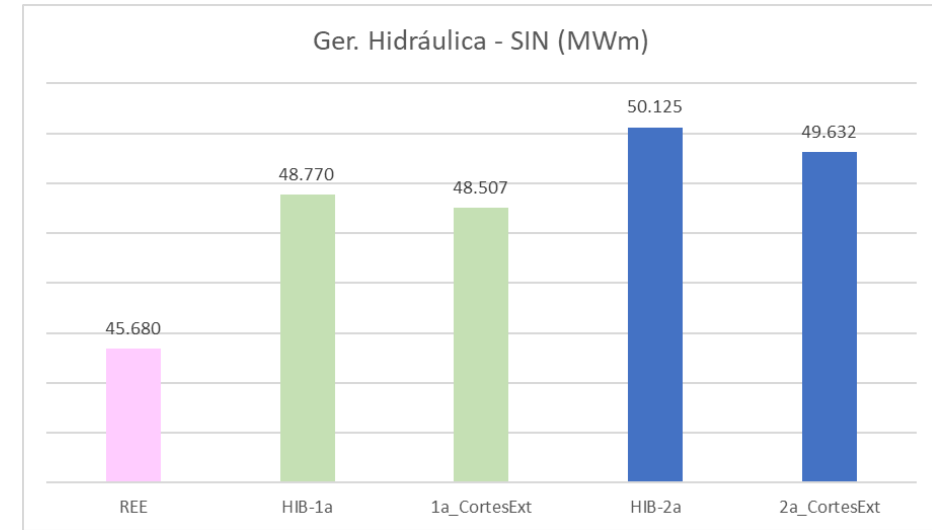
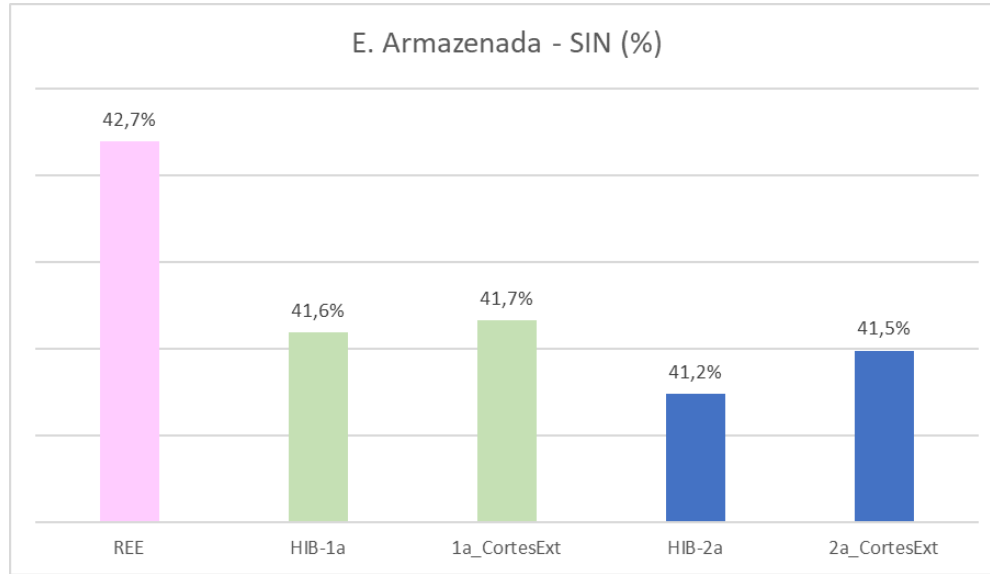
### Geração Termoelétrica (MWm)



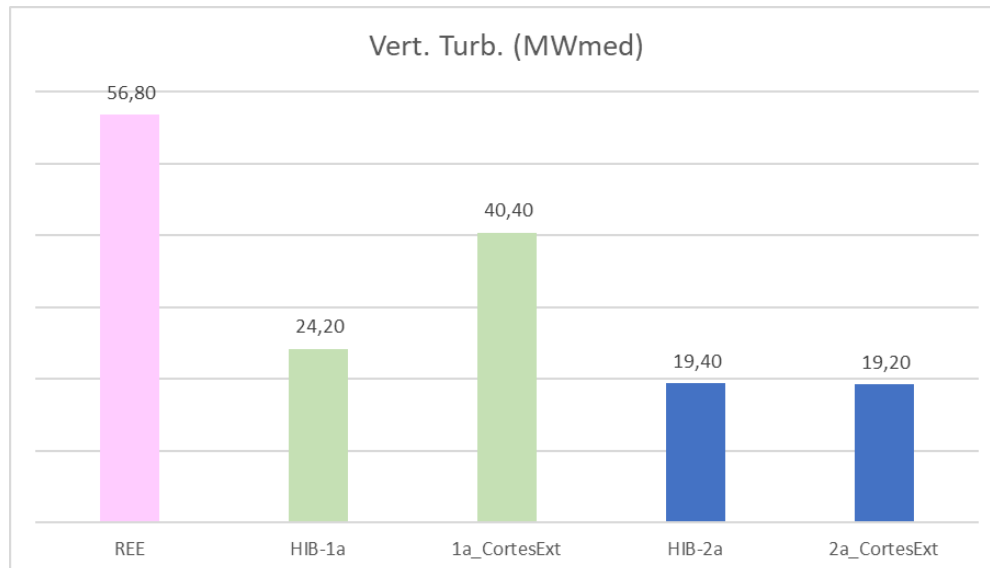
SIN	2024	2025	2026	2027	2028	Período
Inflexibilidade	5.193,03	5.619,58	5.329,42	5.825,61	5.813,65	5.556,26
HIB-1A	9.495,24	6.450,10	5.640,85	6.180,19	6.389,48	6.831,17
HIB-1A_cx	9.923,89	6.483,37	5.723,61	6.229,74	6.444,37	6.961,00
HIB-2A	7.573,44	6.389,20	5.819,97	6.214,79	6.477,18	6.494,92
HIB-2A_cx	7.951,31	6.451,23	5.787,00	6.240,91	6.481,07	6.582,30
REE	8.408,56	6.176,69	5.592,41	6.092,41	6.110,22	6.476,06

# Estudo Horizonte – 1 ano e 2 anos de período de Individualização (Híbrido)

## RESULTADOS DE DECOMP



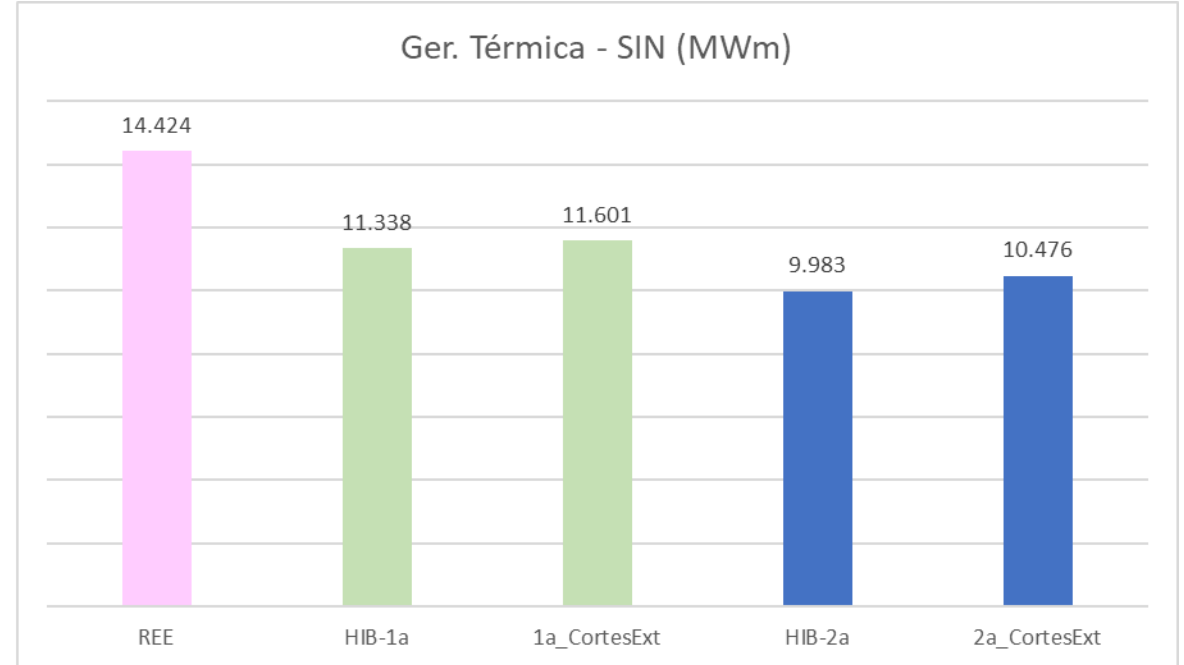
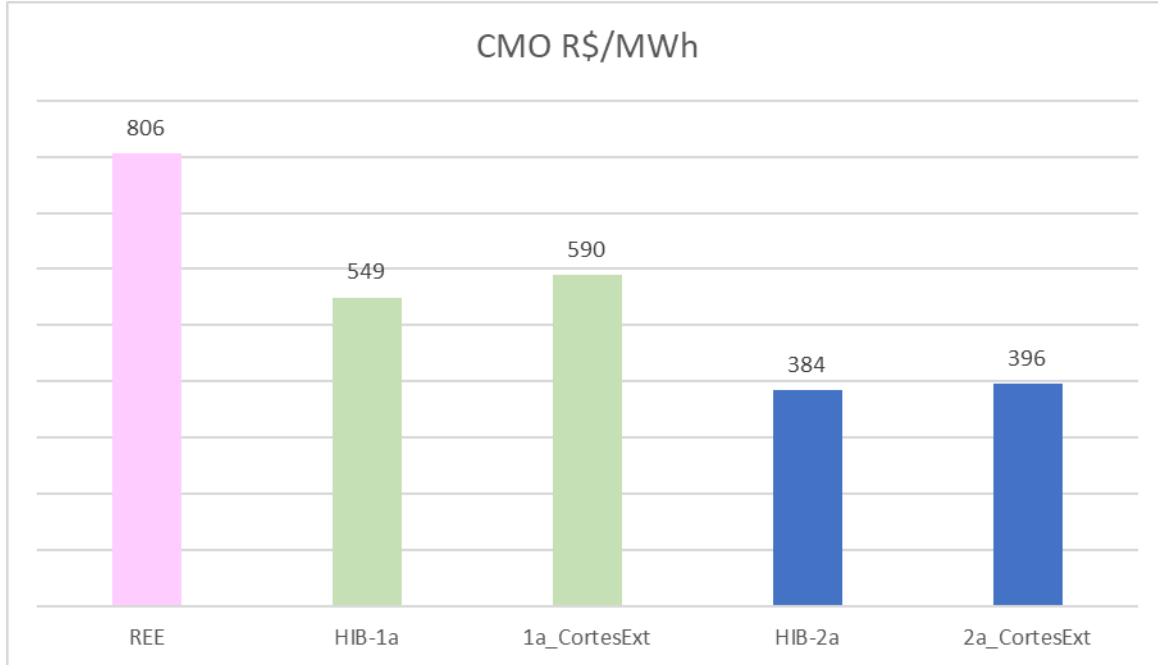
-263 MWm      -492 MWm



	mar/24	NEWAVE	DECOMP	Diferença
HIB-1A		52.247,70	48.769,83	6,7%
HIB-1A_cx		51.816,64	48.506,66	6,4%
HIB-2A		54.087,50	50.124,55	7,3%
HIB-2A_cx		53.906,28	49.631,96	7,9%
REE		51.221,95	45.680,24	10,8%

# Estudo Horizonte – 1 ano e 2 anos de período de Individualização (Híbrido)

## RESULTADOS DE DECOMP



+263 MWm      + 492 MWm

A proposta de 1 ano de individualização com limite de 50 iterações é a mais adequada para o momento:

Apresenta tempos computacionais aceitáveis (≈ 2h-3h), do ponto de vista operativo traz resultados próximos aos modelos com maiores períodos de individualização, traz um bom acoplamento entre NW e DC e possui potencial de atingir gerações termelétricas próximas ao caso REE (aversão ao risco atual)

mar/24	NEWAVE	DECOMP	Diferença
HIB-1A	9.934,77	11.337,80	14,1%
HIB-1A_cx	10.365,83	11.600,92	11,9%
HIB-2A	8.094,90	9.983,13	23,3%
HIB-2A_cx	8.276,10	10.475,60	26,6%
REE	10.960,52	14.423,80	31,6%

## Avaliação de micropenalidades

Motivação: Avaliação de diferentes valores de penalidades nas RH e seus impactos na operação NEWAVE e DECOMP, pois em casos com excesso de oferta, os modelos indicavam vertimentos e deplecionamentos muito elevados

## Motivação: Avaliação do deplecionamento de reservatórios em cenários de abundância hidráulica

- Estudo ENERCORE enviado na CP 151-2023
- Avaliou PLD sombra JAN/23 a JUL/23
- Volume armazenado no SE: forte deplecionamento



- Híbrido apresenta deplecionamento mais acentuado, principalmente para SE e S, mesmo durante período úmido
- Também foi observado vertimento elevado, fato corroborado por estudos apresentados no 30º Workshop pela CEMIG e ITAIPU

# Penalidade de vertimento - PVERT

- A micropenalidade de vertimento do NEWAVE é maior do que a penalidade considerada pelo DECOMP

DESSEM - antes	DESSEM - depois	DECOMP	NEWAVE	NEWAVE
\$/hm <sup>3</sup>	\$/hm <sup>3</sup>	\$/hm <sup>3</sup>	\$/hm <sup>3</sup> mês/h	\$/hm <sup>3</sup>
0.002	0.2	0.1	0.001235553	0.901953572

- Em situações de abundância de recursos, como a que estamos analisando, observamos que o NEWAVE, por meio da função de custo futuro, parece estar desempenhando um papel mais significativo do que o DCP na indicação de que a água deve ser deplecionada (vertida) do que armazenada

## Objetivos:

- Aplicar no NEWAVE um valor de micropenalidade para vertimento menor do que o valor utilizado no DECOMP de forma a melhorar a sinalização em momentos de abundância de recursos.
- Avaliar se a mudança nos valores de micropenalidades tem impacto nos resultados operativos sistêmicos.

## Casos avaliados:

- ABR/23 (Enercore);
- MAI/21.
- OUT/20;
- Prospectivo ENA100 EARM22 do Ciclo 2022/2023

Tabela 5.3 - Valores de micro-penalidades aplicadas as variáveis de operação.

MICROPENALIDADES	NEWAVE EQUIVALENTE	NEWAVE INDIVIDUALIZADO
$p^{INT}$ - Intercâmbio	0.0050	0.0050
$p^{PFI0}$ - Vertimento a fio d'água	0.0055	$(0.0055 * PROD\_MEDIA\_SIN) / C\_M3S2HM3$
$p^{EVERT}$ - Vertimento controlável	0.0060	$(0.0055 * PROD\_MEDIA\_SIN) / C\_M3S2HM3$
$p^{TURB}$ - Turbinamento	-	$(0.0061 * PROD\_MEDIA\_SIN) / C\_M3S2HM3$
$p^{CORTEOL}$ - Corte de geração eólica	0.0063	0.0063
$p^{EXC}$ - Excesso de energia	0.0065	0.0065



# Penalidade de vertimento - PVERT

Micropenalidade DECOMP: **0.1 \$/hm3**

Premissas do estudo:

- Considerar um valor de micropenalidade de vertimento equivalente à metade\* do valor do DECOMP
- Compatibilizar as demais micropenalidades

PMO MAI/21		
	PRODT	
		0.593340741
FUNIL-GRANDE	0.3549	0.0055 \$/MWh
BATALHA	0.3323	0.0012408 (\$/hm3) * (mês/h)
SERRA FACA0	0.6157	0.91 \$/hm3
CAPIM BRANC1	0.5104	
CAPIM BRANC2	0.4169	0.05 \$/hm3
CORUMBA IV	0.5762	0.000304 \$/MWh
PIRAJU	0.2306	
ITAIPU	1.0244	
NILO PECANHA	2.6871	usamos nos estudos
FONTES	2.7014	0.0003 \$/MWh
BAGUARI	0.1698	0.049407461 \$/hm3

cpamp (002).dat			
1	MICRO-PENALIDADES (\$/MWh)	XX.XXXX	**** PVERT equivale a 0.5 \$/hm3
2	INTERCAMBIO	.000273	
3	VERTIMENTO FIO DAGUA	.000300	
4	VERTIMENTO CONTROLAVEL	.000327	
5	VERTIMENTO EM PERIODOS INDIV.	.000300	
6	TURBINMENTO EM PERIODOS INDIV.	.000333	
7	CORTE DE GERACAO EOLICA	.000344	
8	EXCESSO DE ENERGIA	.000355	
9			
10	SINALIZADORES DE FUNCIONALIDADES	XXXX	
11	COMP. COR. CRUZ.	2	(=0 CORR. SOMENTE AFL.; =1 CORR.AFL. E VENTOS; =2 NAO CORRIGE)

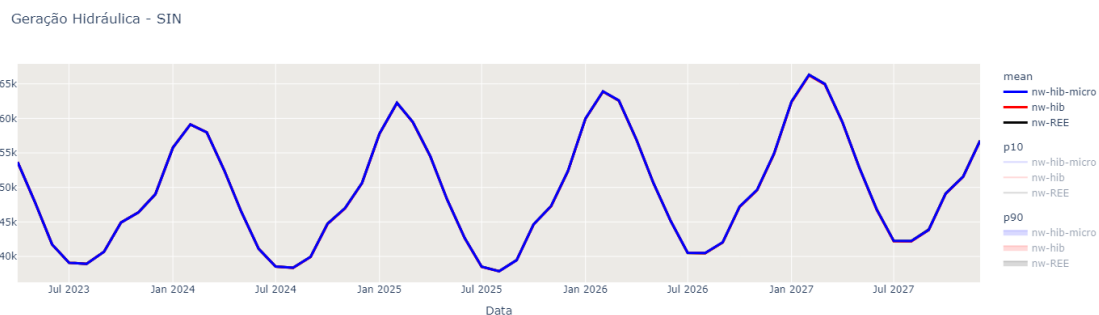
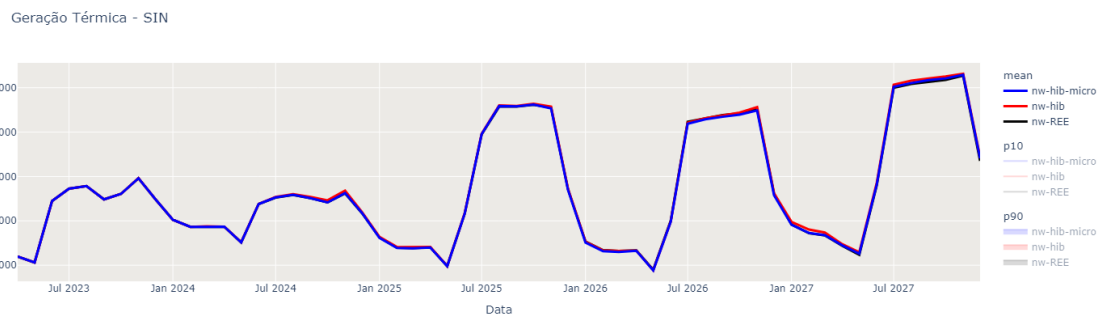
MICRO-PENALIDADES (\$/MWh)	valores default	%Pvert	novos valores
INTERCAMBIO	0.0050	0.9091	0.000273
VERTIMENTO FIO DAGUA	0.0055	1.0000	0.000300
VERTIMENTO CONTROLAVEL	0.0060	1.0909	0.000327
VERTIMENTO EM PERIODOS INDIV.	0.0055	1.0000	0.000300
TURBINMENTO EM PERIODOS INDIV.	0.0061	1.1091	0.000333
CORTE DE GERACAO EOLICA	0.0063	1.1455	0.000344
EXCESSO DE ENERGIA	0.0065	1.1818	0.000355

\* Mesma relação utilizada entre DCP e DSS

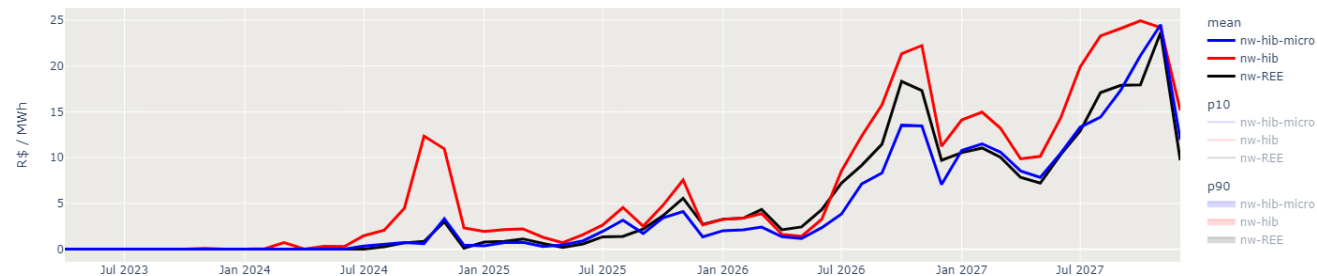
# PMO ABR/23

## V28.16.2\_CPAMP

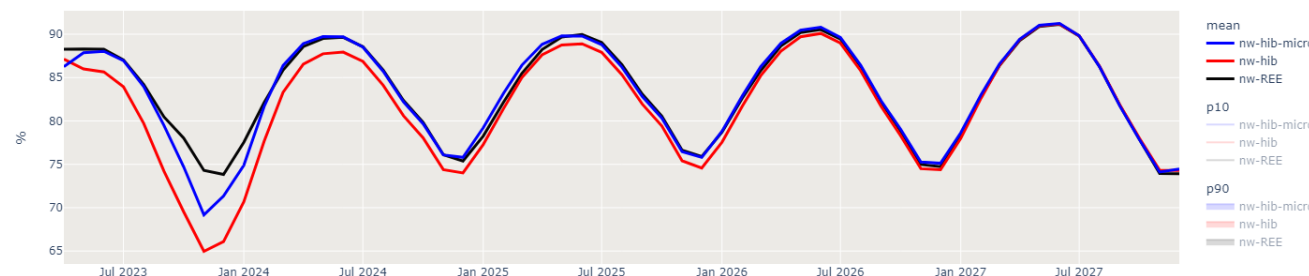
- PMO ABR/23 (NEWAVE)



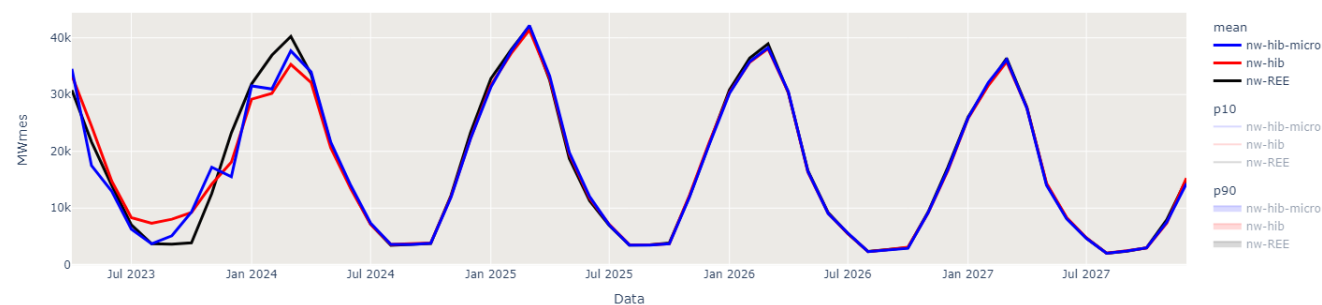
Custo Marginal de Operação - Submercado SUDESTE



Energia Armazenada Final - SIN



Energia Vertida - SIN

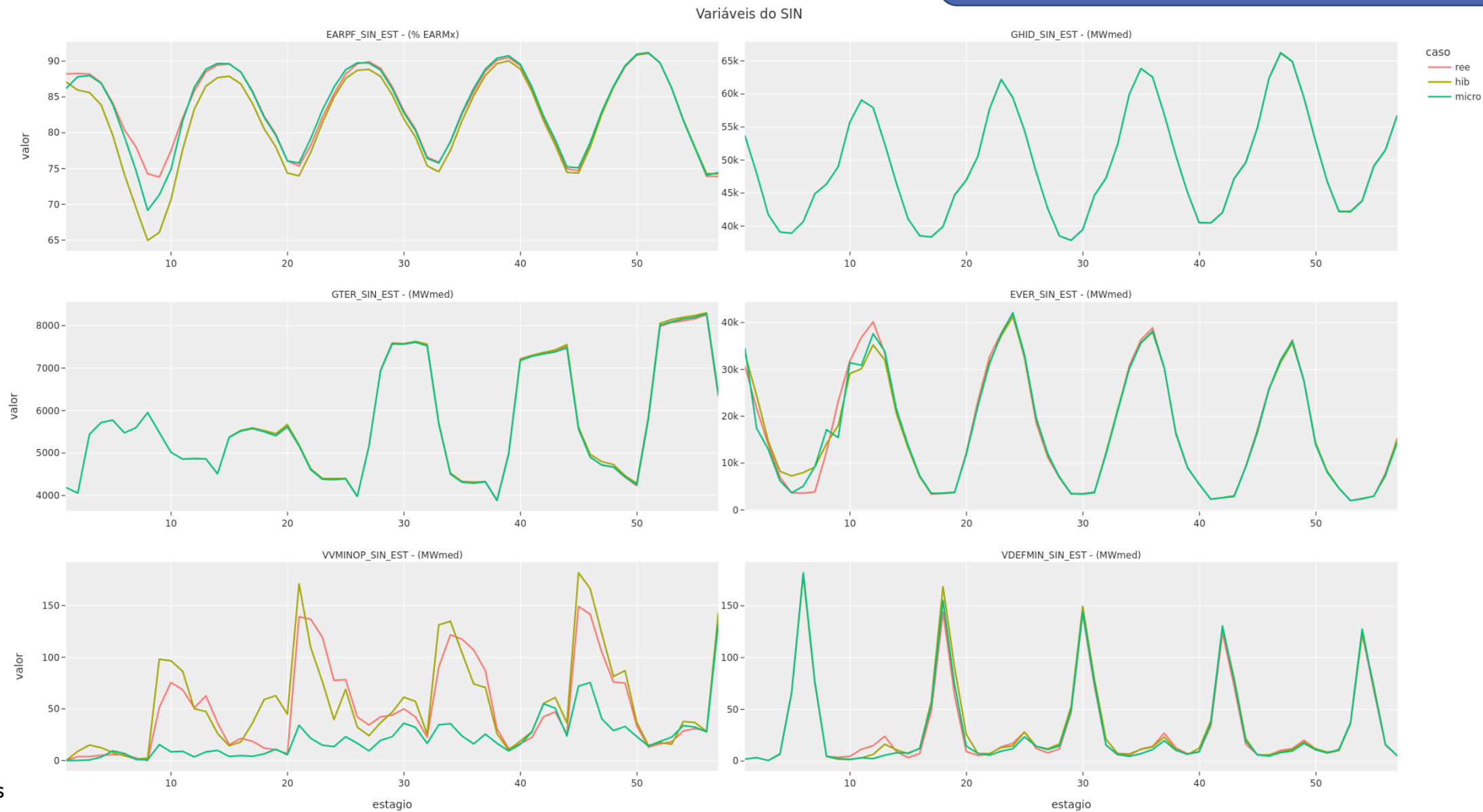


Sem alteração no despacho de GT e GH. Porém observa-se um ganho de armazenamento no caso com micropenalidade reduzida durante o 1º ano, em decorrência de uma redução do vertimento.

# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados NEWAVE

- PMO ABR/23 (NEWAVE)

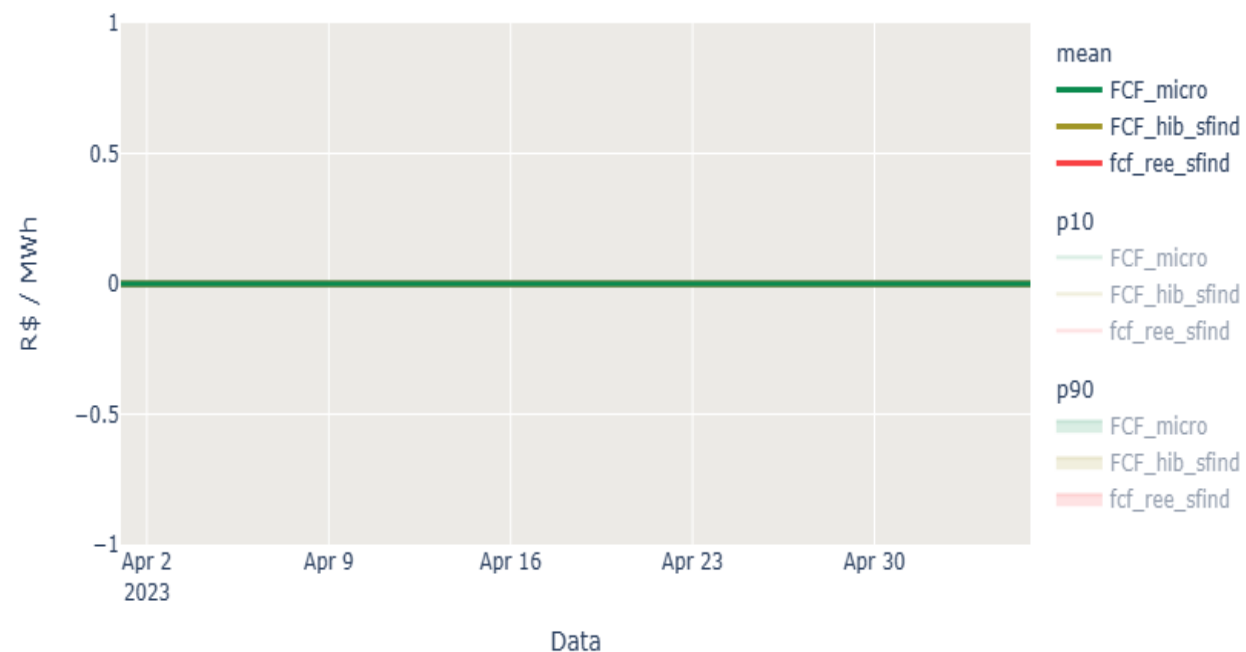
Leve redução da violação dos requisitos de vazão mínima, em comparação com os casos com maior micropenalidade



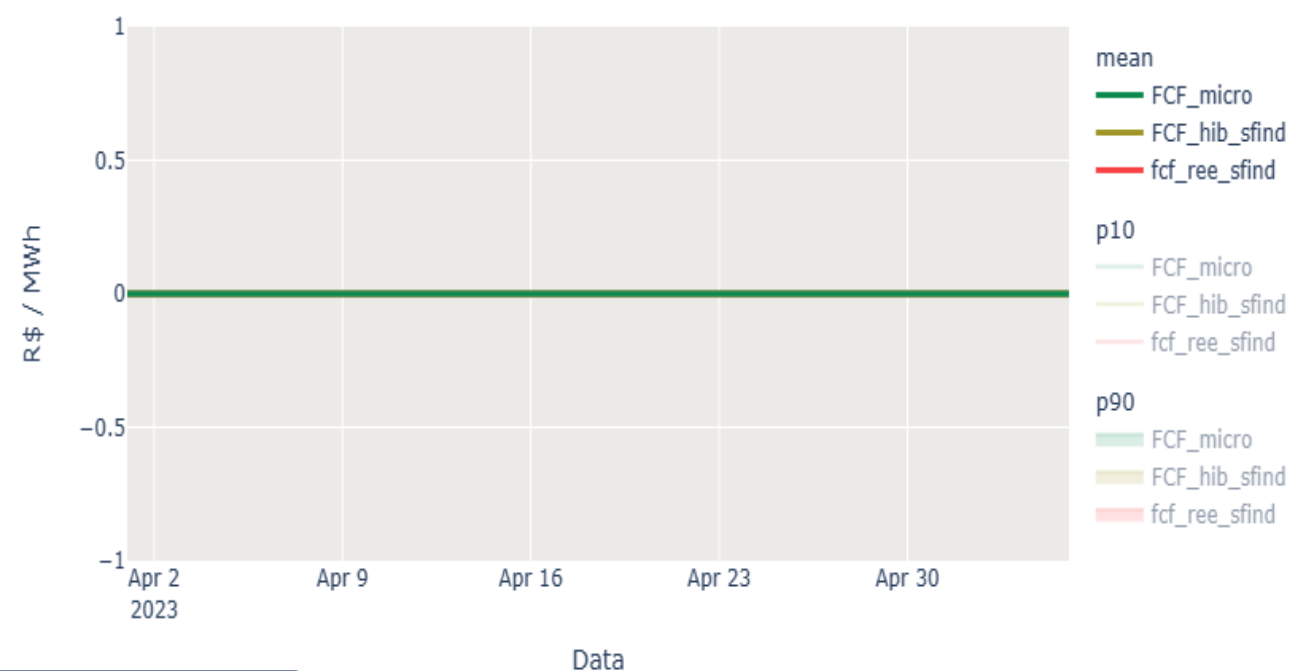
# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados DECOMP

- PMO ABR/23 (DECOMP)

Custo Marginal de Operação - Submercado SUDESTE



Custo Marginal de Operação - Submercado NORDESTE



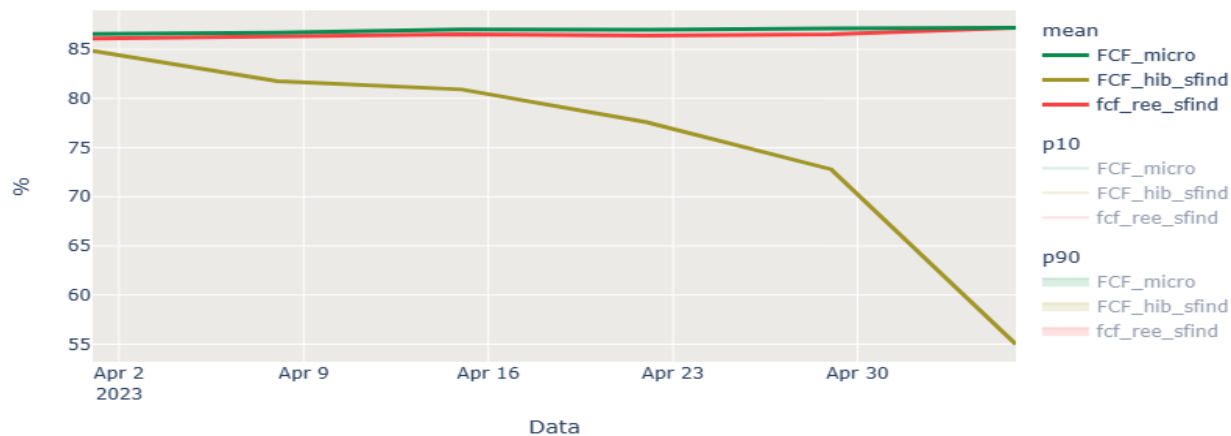
Não altera os resultados de CMO

# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados DECOMP

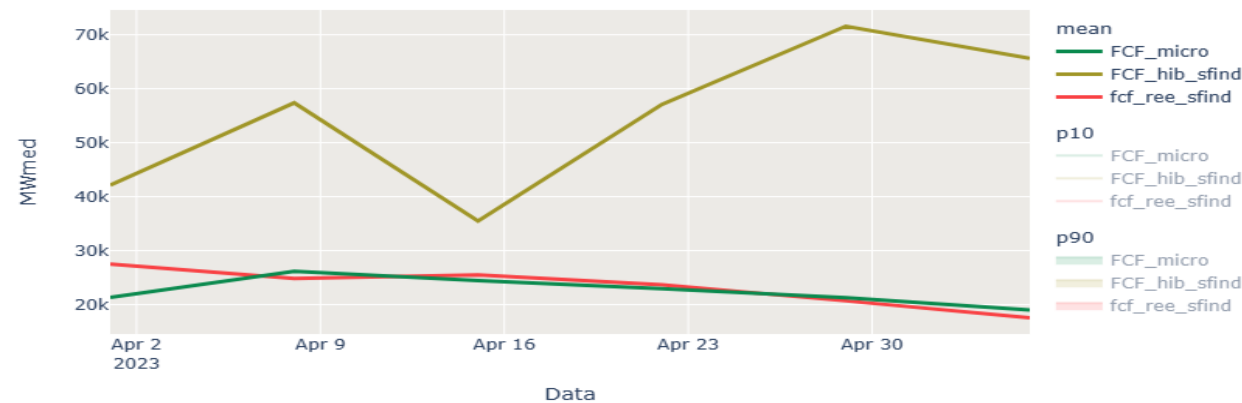
Resultados bastante similares com o caso FCF REE

- PMO ABR/23 (DECOMP)

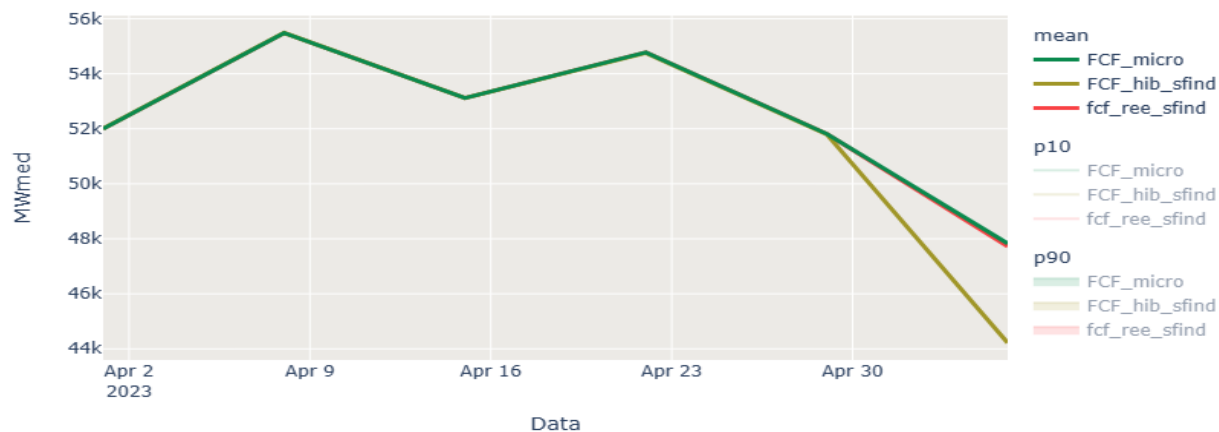
Energia Armazenada Final - SIN



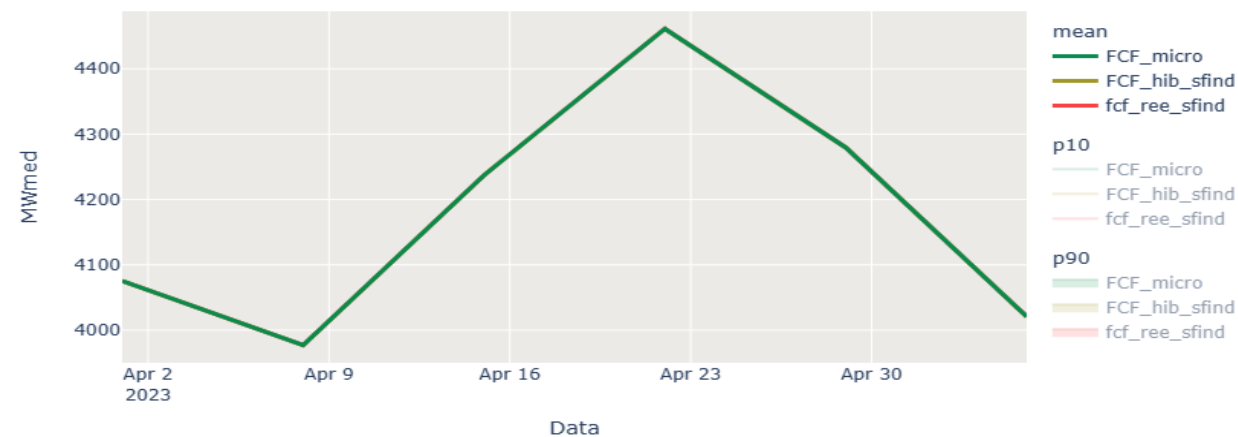
Energia Vertida - SIN



Geração Hidráulica - SIN



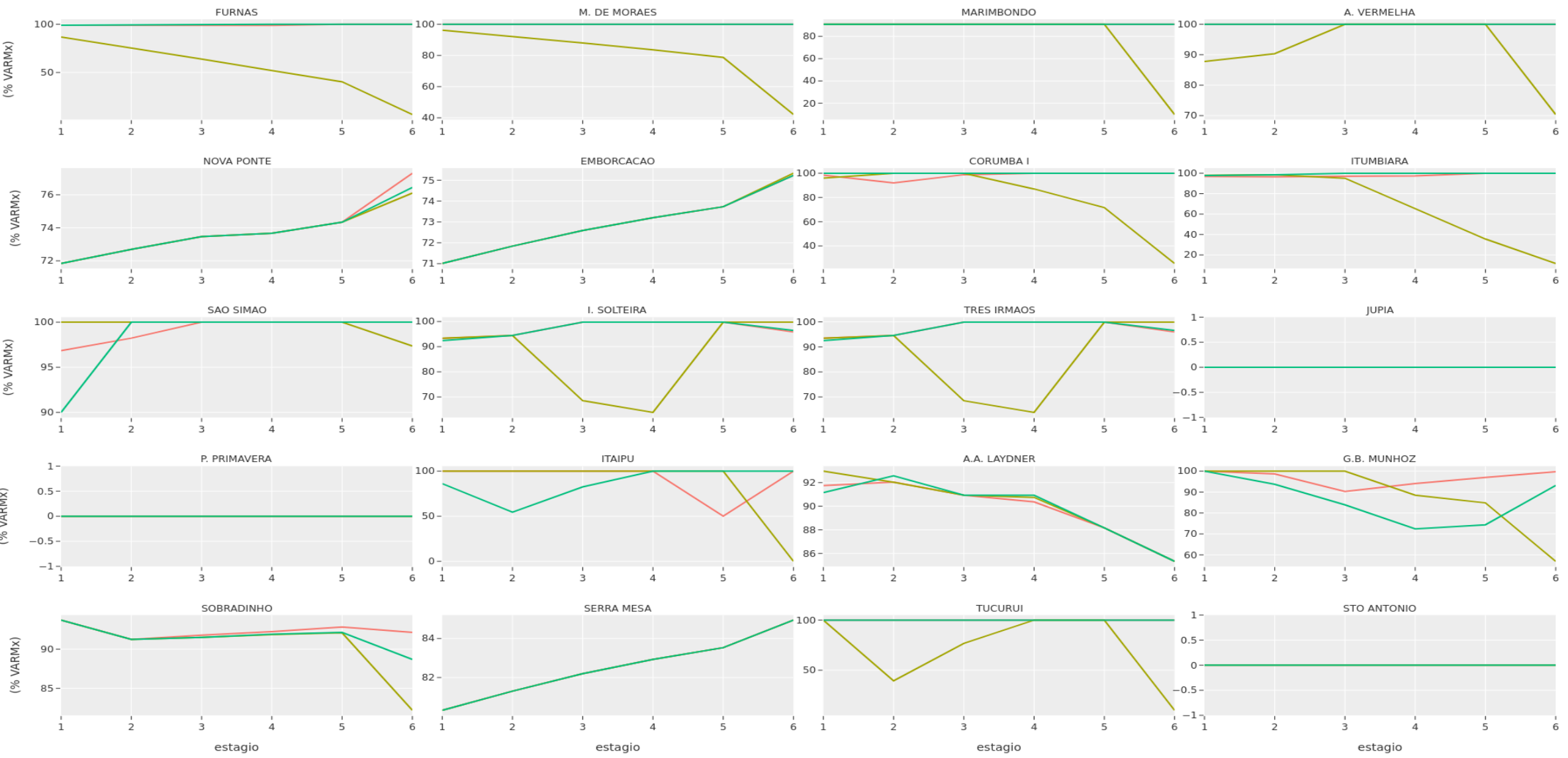
Geração Térmica - SIN



# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados DECOMP

Volume armazenado

caso  
 ree  
 hib  
 micro



# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados DECOMP

## PMO ABR/23 (DECOMP)

- Os resultados obtidos com a FCF proveniente do caso com as novas penalidades têm o mesmo comportamento dos resultados obtidos com o caso DECOMP considerando penalidade maior (PE\_VERT\_2), apresentados no 31º Workshop.

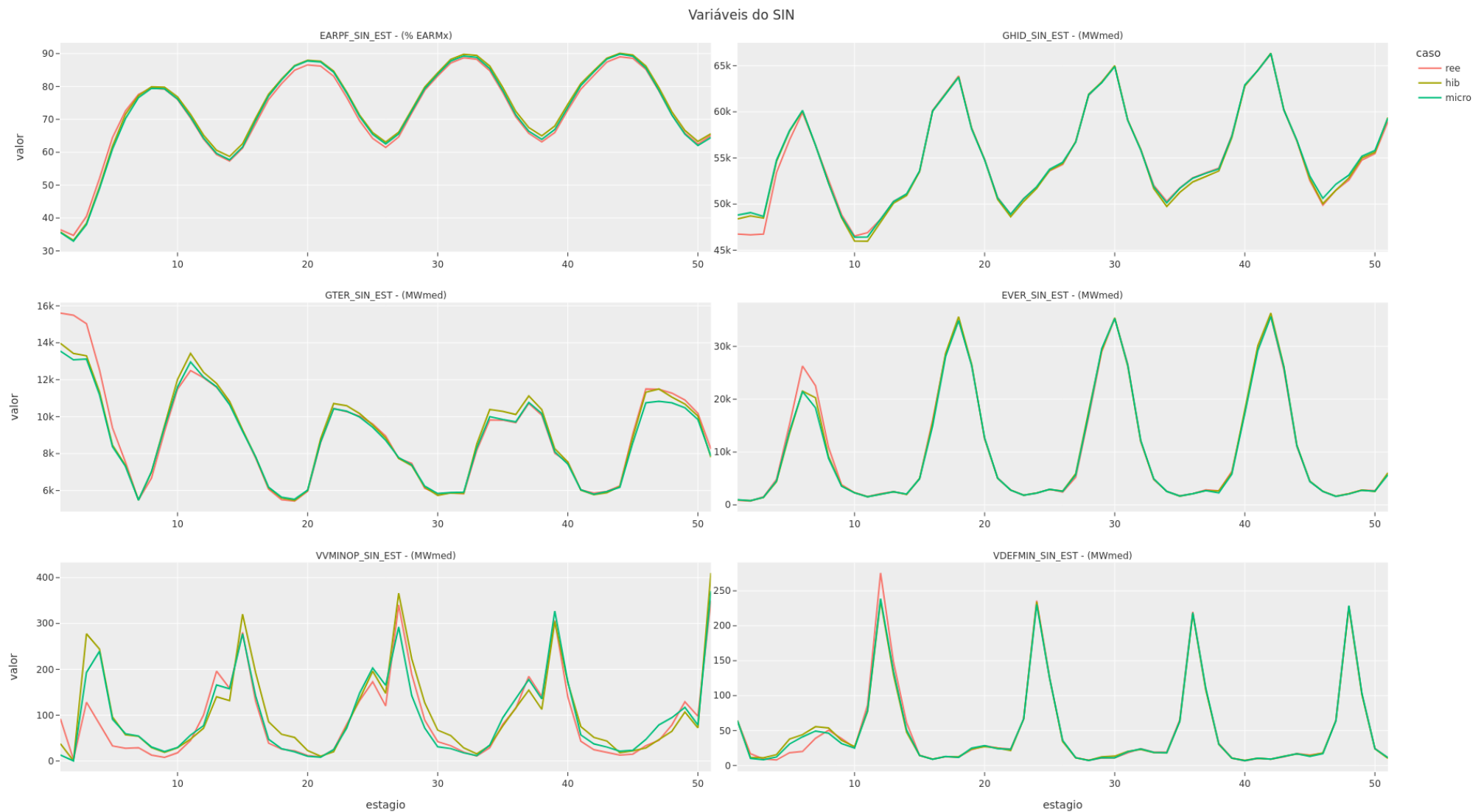


# PMO OUT/20

## V28.16.2\_CPAMP

# Micropenalidades no NEWAVE

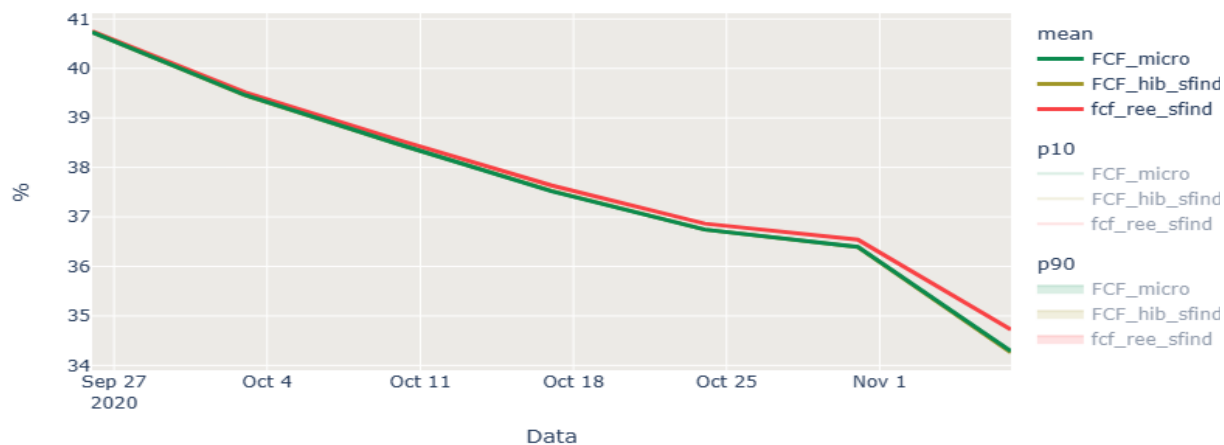
Resultados praticamente não se alteram com a mudança da micropenalidade



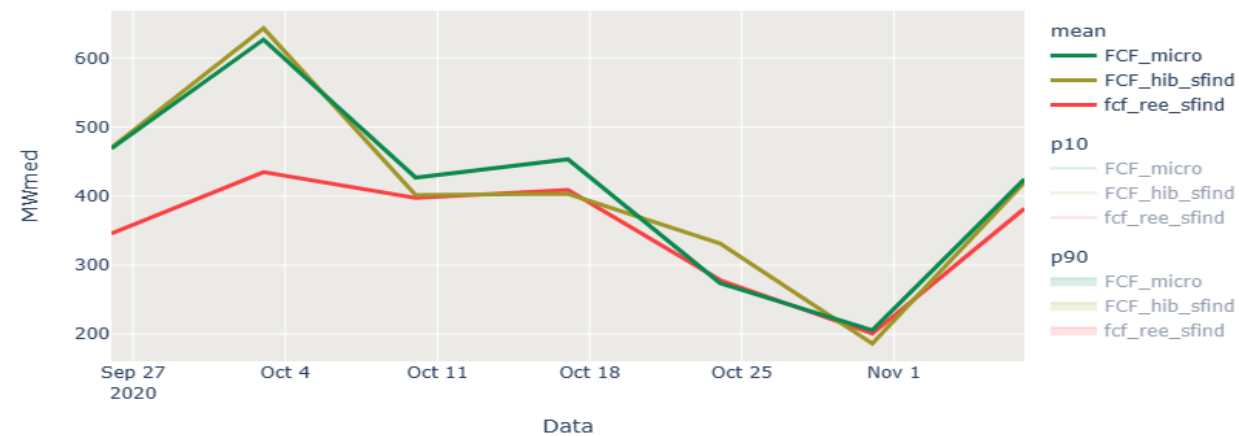
# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados DECOMP

Resultados praticamente não se alteram com a mudança da micropenalidade

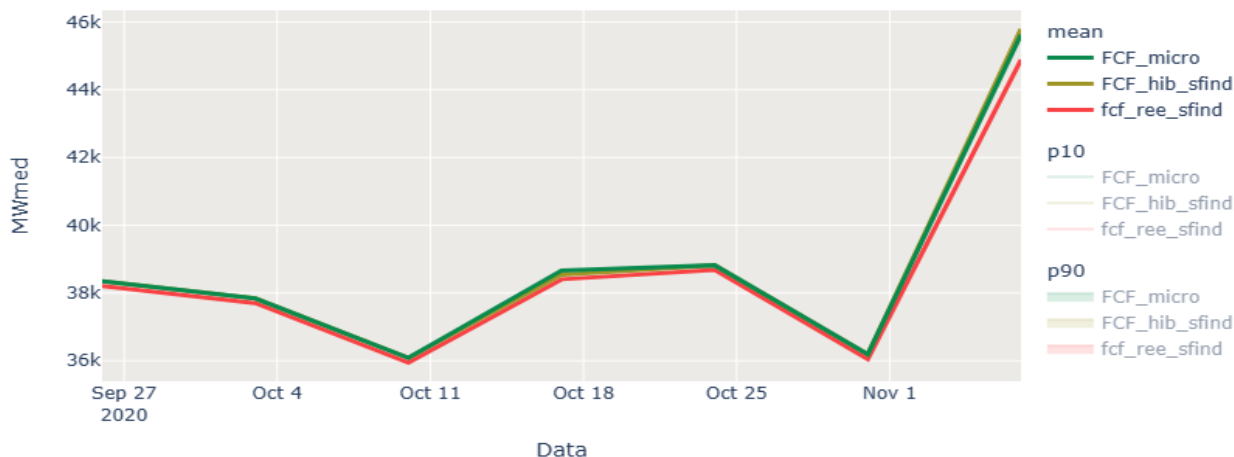
### Energia Armazenada Final - SIN



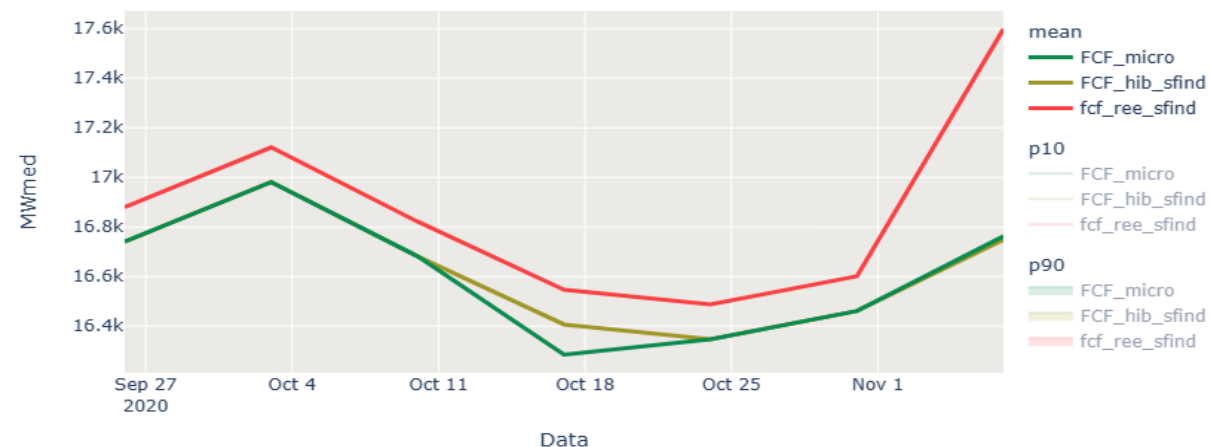
### Energia Vertida - SIN



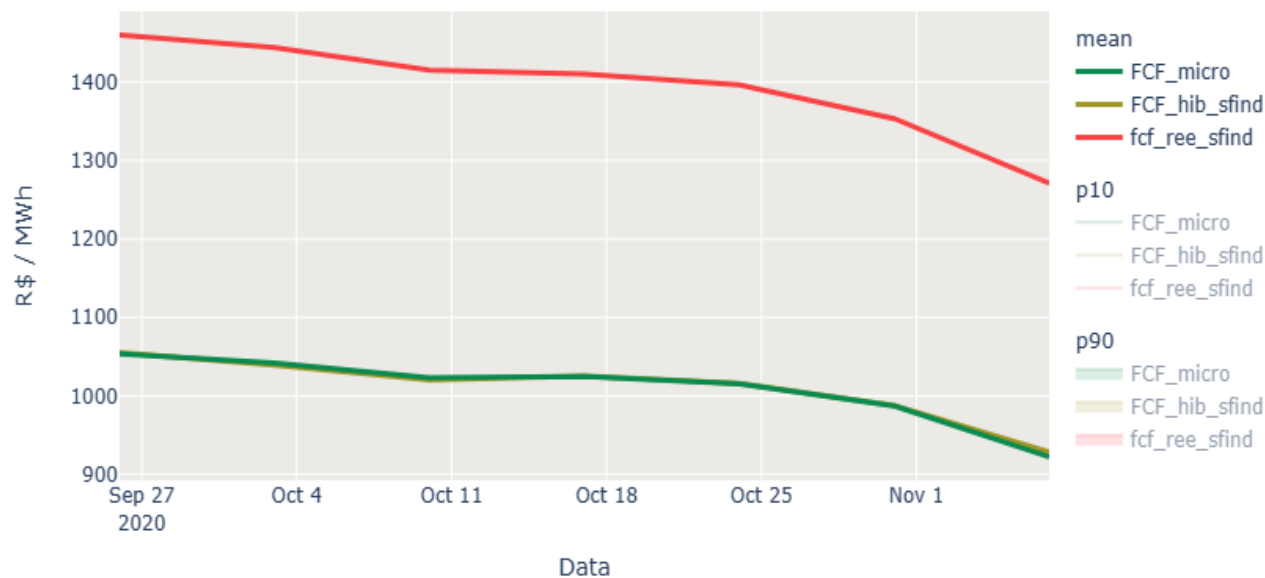
### Geração Hidráulica - SIN



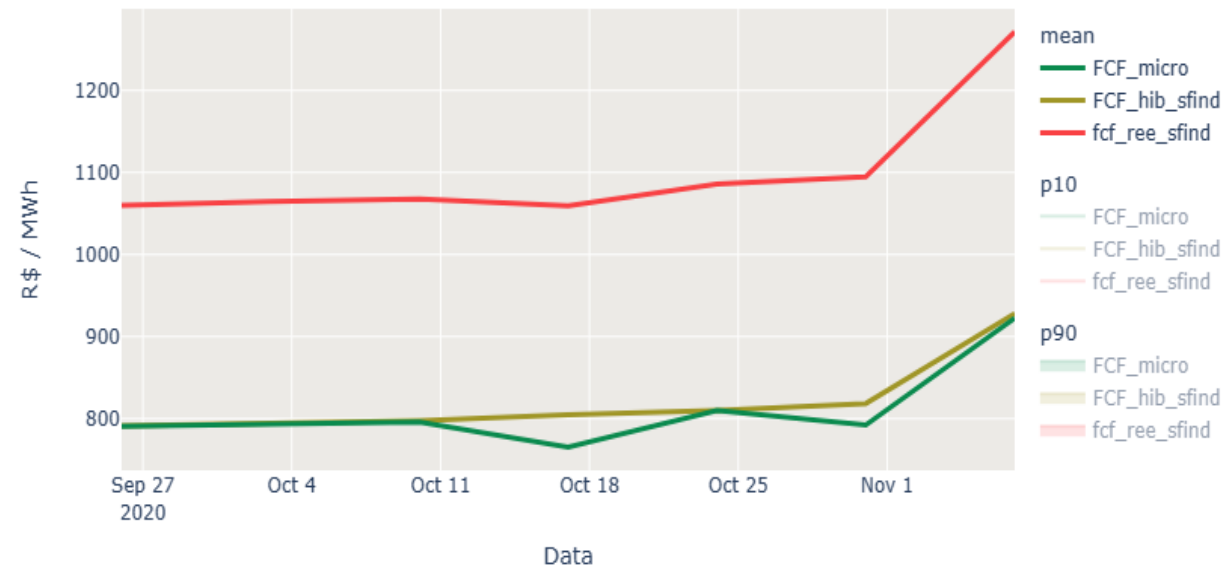
### Geração Térmica - SIN



### Custo Marginal de Operação - Submercado SUDESTE



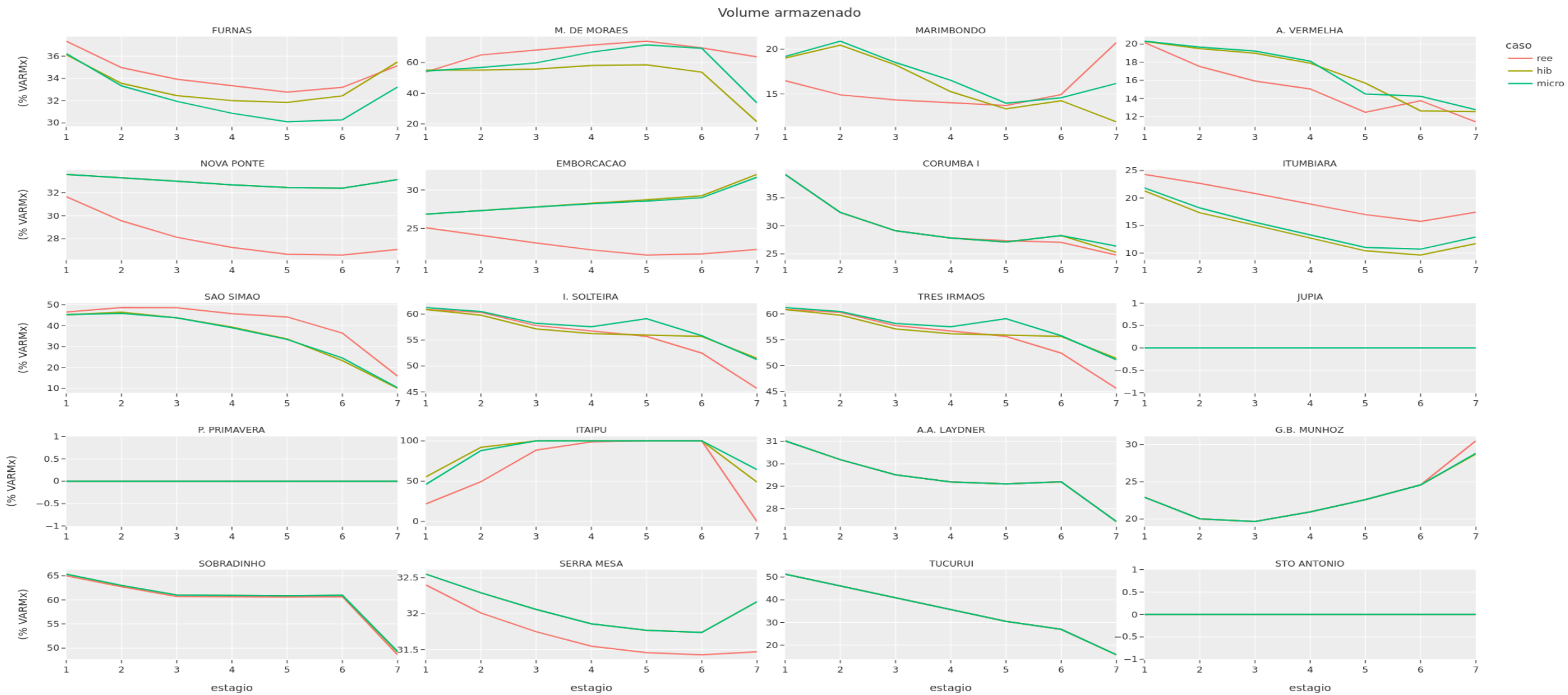
### Custo Marginal de Operação - Submercado NORDESTE



CMO praticamente não se altera com a mudança da micropenalidade no NEWAVE

# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados DECOMP

Resultados praticamente não se alteram com a mudança da micropenalidade



# Micropenalidades no NEWAVE

## PMO OUT/20 (NEWAVE)

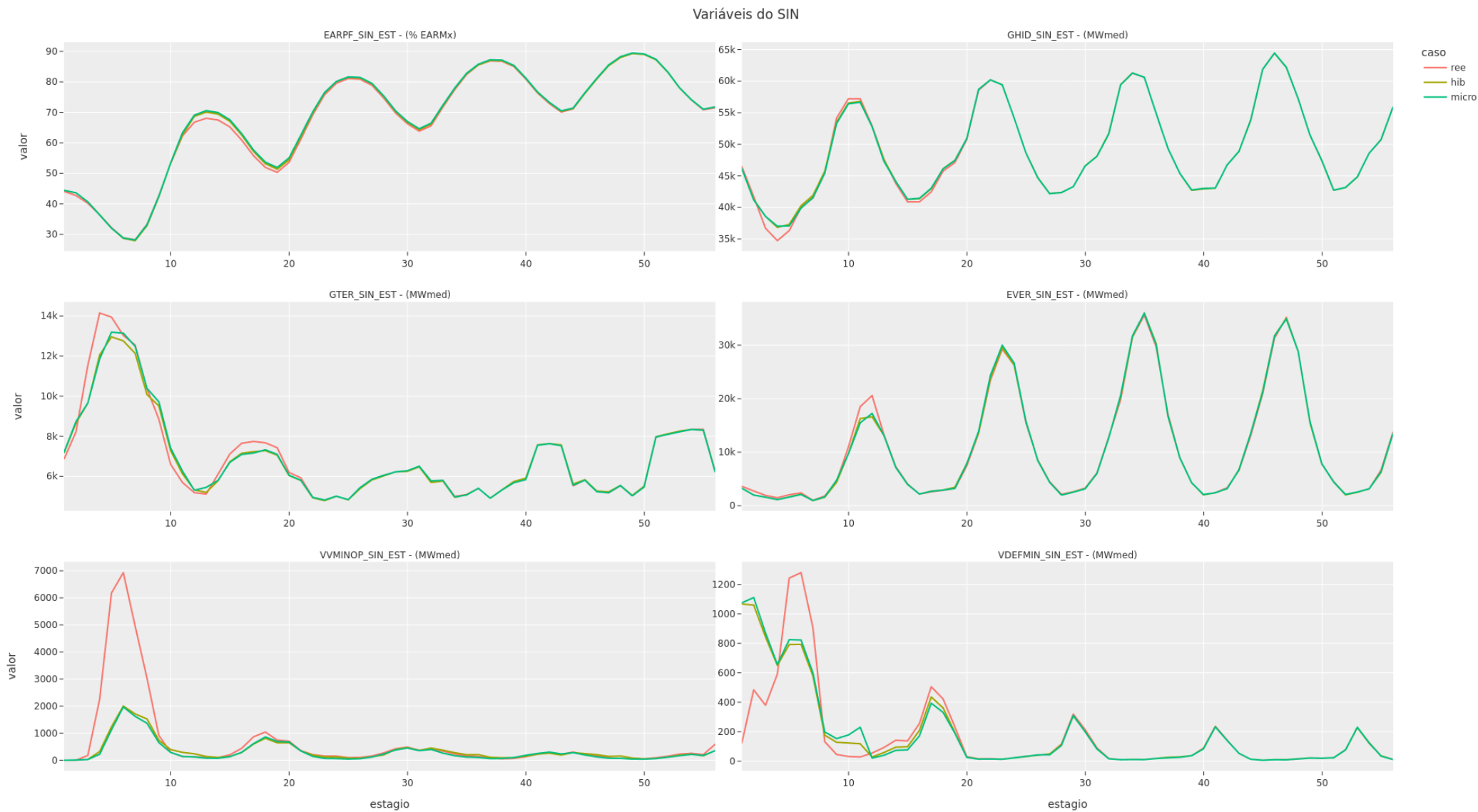
- Para o caso OUT/20, período seco e hidrologia não favorável, os resultados obtidos com a FCF proveniente do caso com as novas micropenalidades apresentam resultados (SIN e usinas) muito parecidos com o caso híbrido com as penalidades default, ao longo de todo horizonte.

# PMO MAI/21

## V28.16.2\_CPAMP

# Micropenalidades no NEWAVE

Resultados praticamente não se alteram com a mudança da micropenalidade

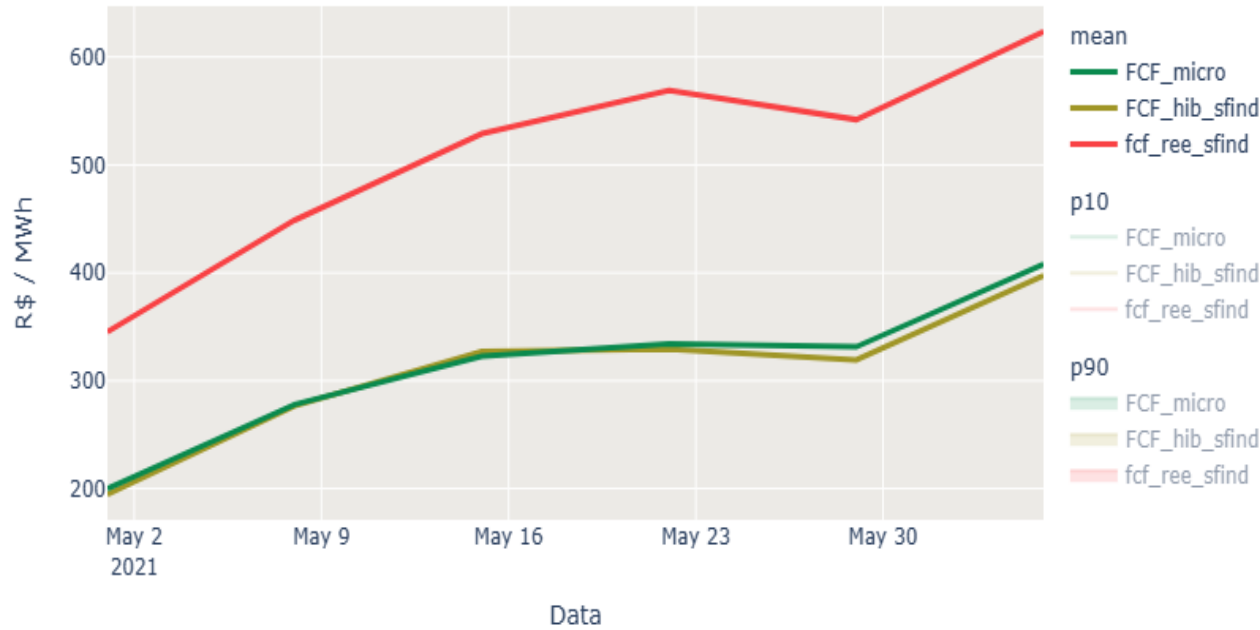




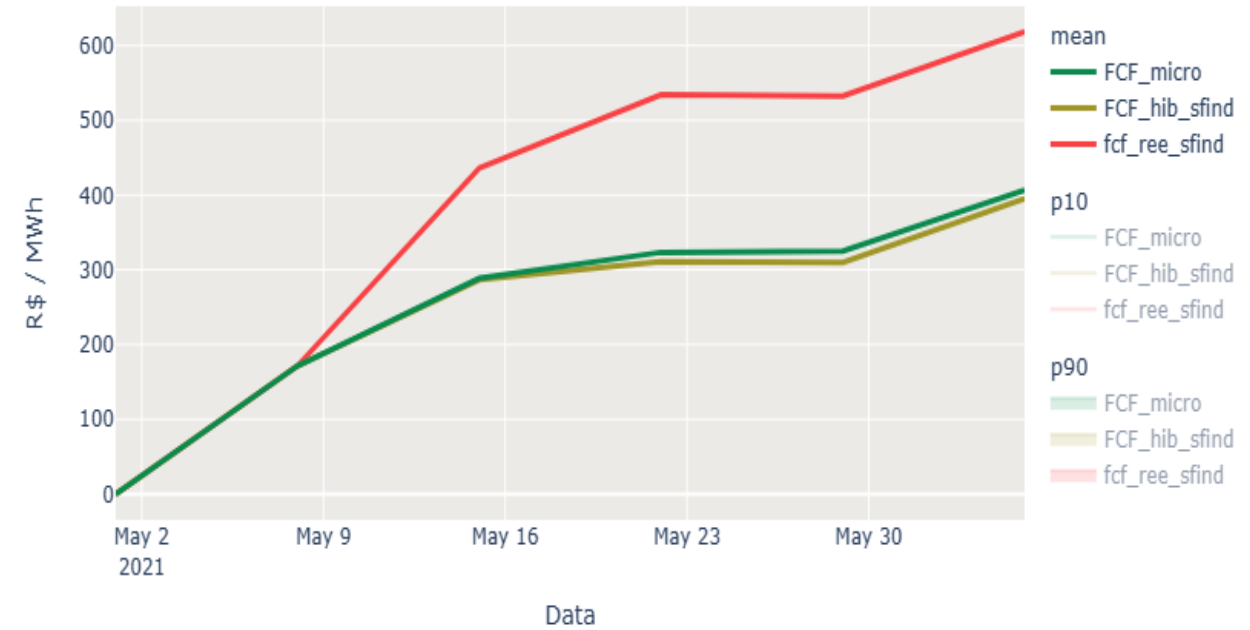
# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados DECOMP

Resultados praticamente não se alteram com a mudança da micropenalidade

## Custo Marginal de Operação - Submercado SUDESTE



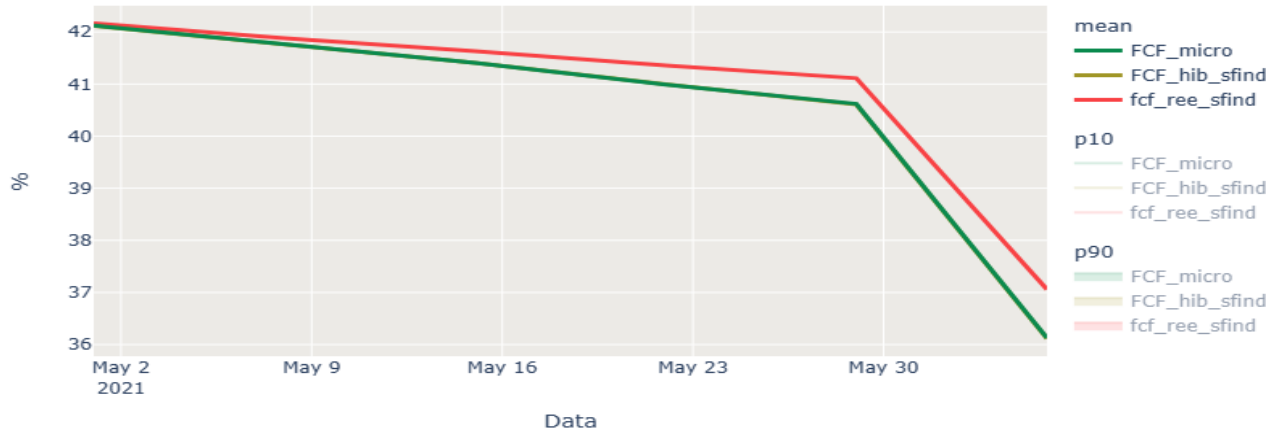
## Custo Marginal de Operação - Submercado NORDESTE



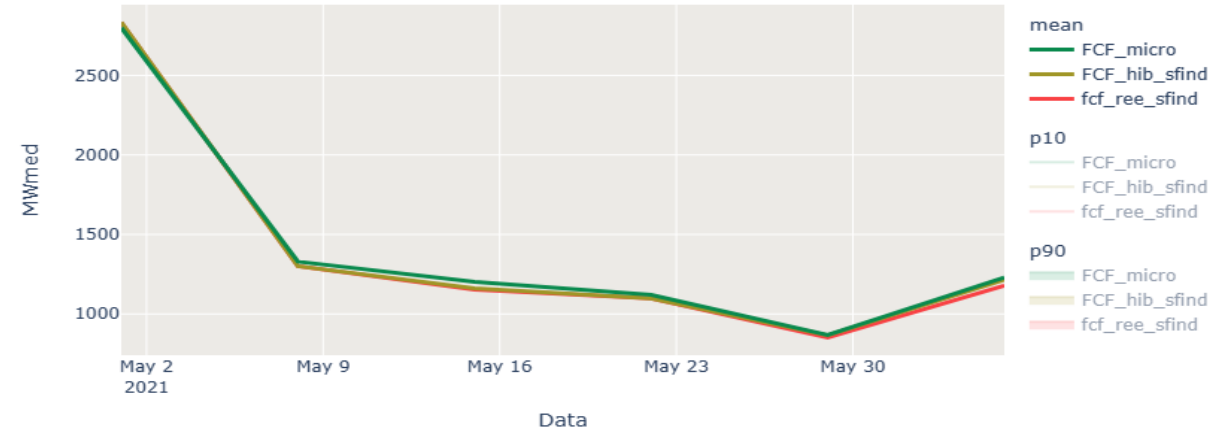
# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados DECOMP

Resultados praticamente não se alteram com a mudança da micropenalidade

### Energia Armazenada Final - SIN



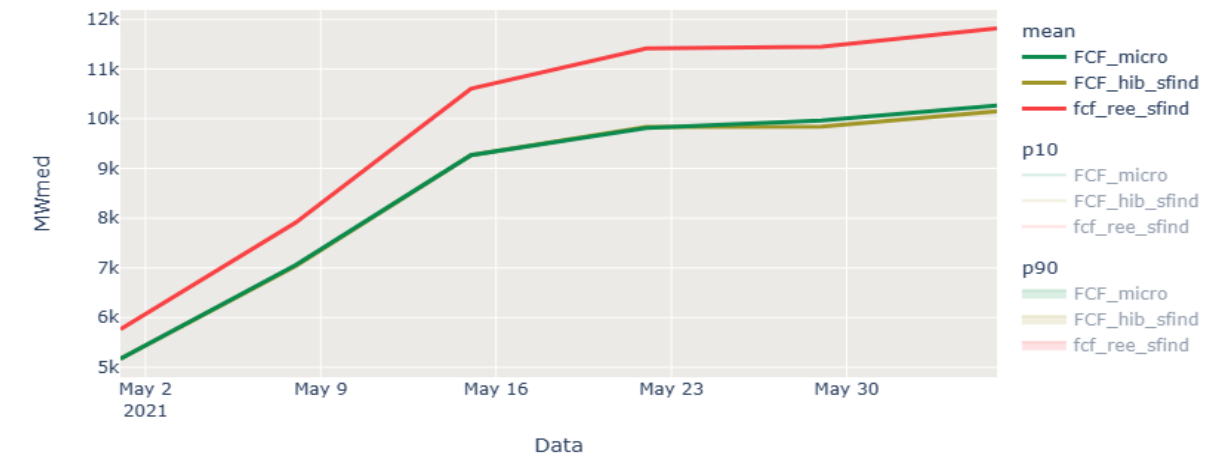
### Energia Vertida - SIN



### Geração Hidráulica - SIN



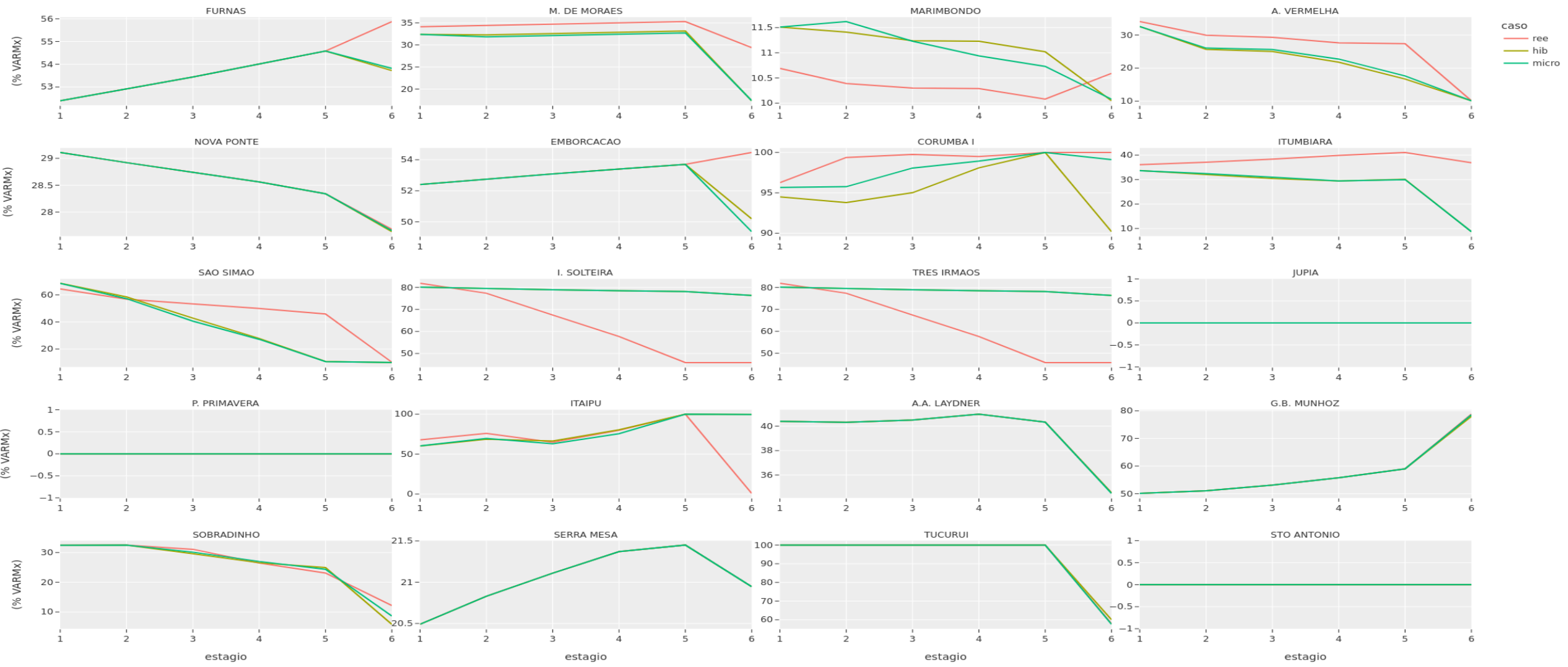
### Geração Térmica - SIN



# Micropenalidades no NEWAVE – Resultados DECOMP

Resultados praticamente não se alteram com a mudança da micropenalidade

Volume armazenado



# Micropenalidades no NEWAVE - Micropenalidades reduzidas

MICRO-PENALIDADES (\$/MWh)	valores default	%Pvert	novos valores
INTERCAMBIO	0.0050	0.9091	0.000273
<b>VERTIMENTO FIO DAGUA</b>	0.0055	1.0000	0.000300
VERTIMENTO CONTROLAVEL	0.0060	1.0909	0.000327
VERTIMENTO EM PERIODOS INDIV.	0.0055	1.0000	0.000300
TURBINMENTO EM PERIODOS INDIV.	0.0061	1.1091	0.000333
CORTE DE GERACAO EOLICA	0.0063	1.1455	0.000344
EXCESSO DE ENERGIA	0.0065	1.1818	0.000355

Média de PRODT

Tabela 5.3 - Valores de micro-penalidades aplicadas as variáveis de operação.

MICROPENALIDADES	NEWAVE EQUIVALENTE	NEWAVE INDIVIDUALIZADO
$p^{INT}$ - Intercâmbio	0.0050	0.0050
$p^{PFIO}$ - Vertimento a fio d'água	0.0055	$(0.0055 * PROD\_MEDIA\_SIN) / C\_M3S2HM3$
$p^{EVERT}$ - Vertimento controlável	0.0060	$(0.0055 * PROD\_MEDIA\_SIN) / C\_M3S2HM3$
$p^{TURB}$ - Turbinamento	-	$(0.0061 * PROD\_MEDIA\_SIN) / C\_M3S2HM3$
$p^{CORTEOL}$ - Corte de geração eólica	0.0063	0.0063
$p^{EXC}$ - Excesso de energia	0.0065	0.0065

MICRO-PENALIDADES (\$/MWh)	valores default	%Pvert	novos valores
INTERCAMBIO	0.0050	0.9091	0.000136
<b>VERTIMENTO FIO DAGUA</b>	0.0055	1.0000	0.000150
VERTIMENTO CONTROLAVEL	0.0060	1.0909	0.000164
VERTIMENTO EM PERIODOS INDIV.	0.0055	1.0000	0.000150
TURBINMENTO EM PERIODOS INDIV.	0.0061	1.1091	0.000166
CORTE DE GERACAO EOLICA	0.0063	1.1455	0.000172
EXCESSO DE ENERGIA	0.0065	1.1818	0.000177

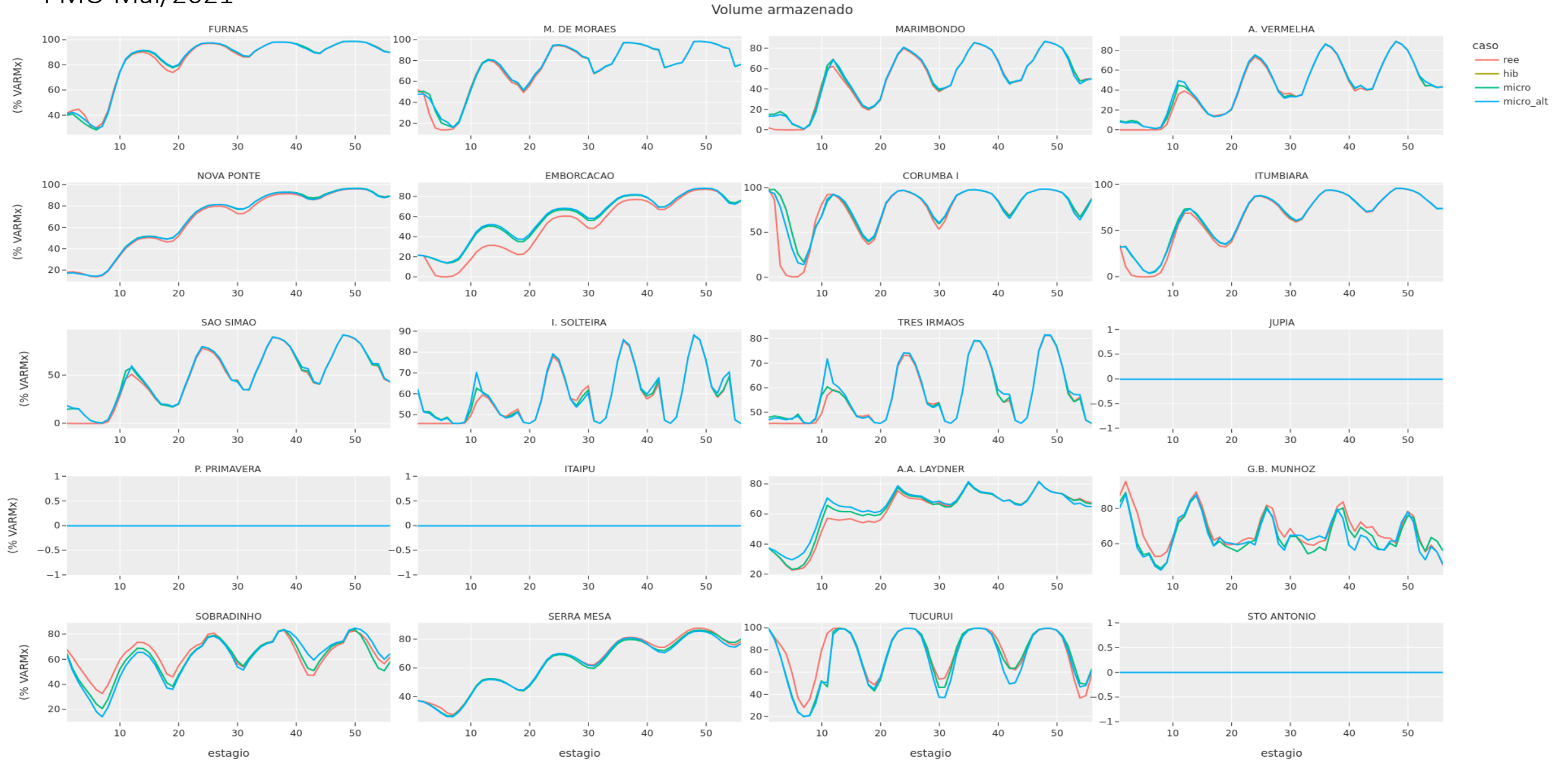
2X Média de PRODT

Verificação do efeito em resultados operativos de uma redução ainda maior das penalidades de vertimento no modelo NEWAVE

# Micropenalidades no NEWAVE - Micropenalidades reduzidas

Resultados praticamente não se alteram com a mudança da micropenalidade

PMO Mai/2021



# Micropenalidades no NEWAVE

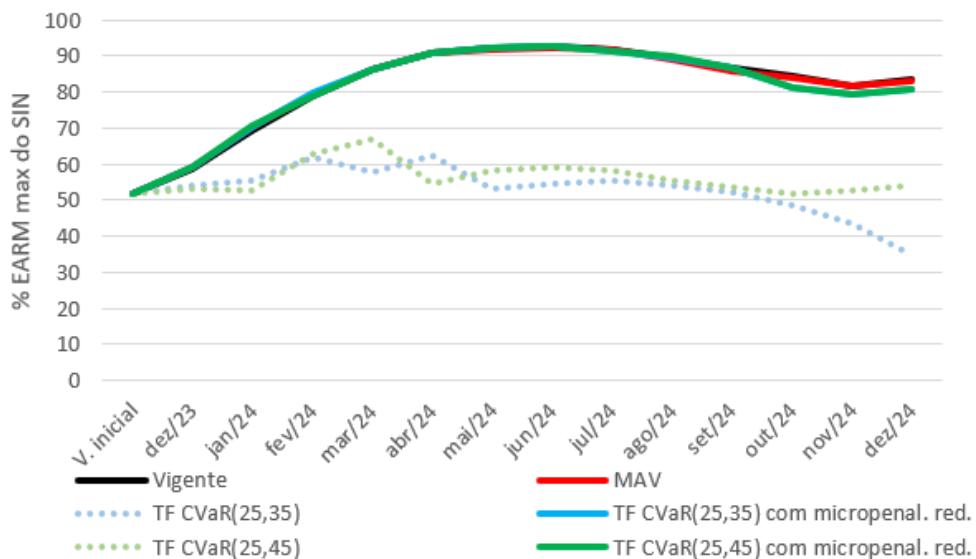
## PMO MAI/21 (NEWAVE)

- Os resultados obtidos com a FCF proveniente do caso com as penalidades mais reduzidas são bastante similares aos resultados com penalidade sugeridas.

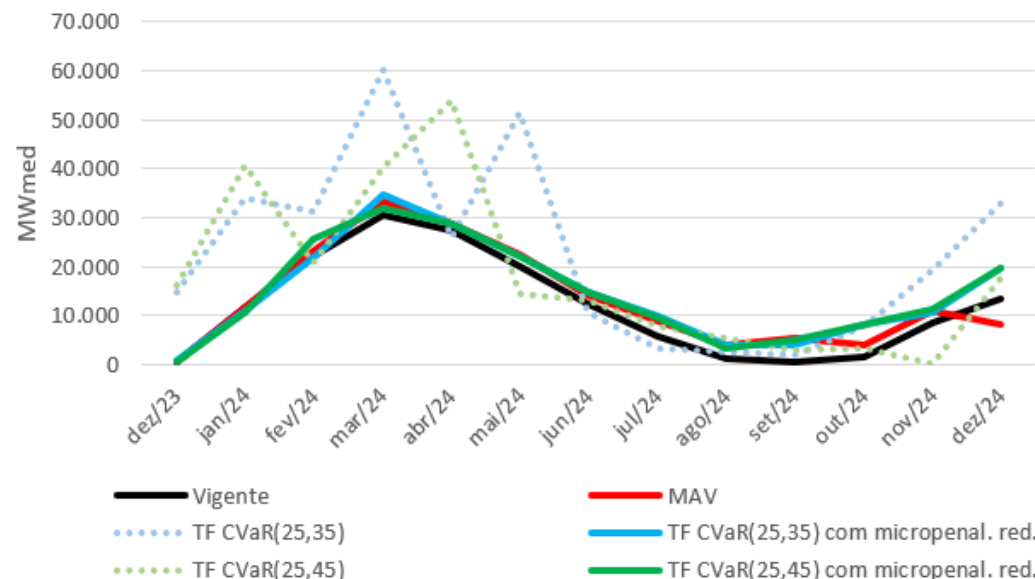
# Prospectivo ENA 100 EARM 22

# Avaliação do armazenamento diminuindo a micropenalidade do vertimento no NEWAVE

Prospectivo ENA100 EARM22 - EARM



Prospectivo ENA100 EARM22 - Vertimento total



A micropenalidade de vertimento reduzida consegue mitigar o comportamento errático da trajetória de armazenamentos.

EARM	V. inicial	dez/23	jan/24	fev/24	mar/24	abr/24	mai/24	jun/24	jul/24	ago/24	set/24	out/24	nov/24	dez/24
<b>Vigente</b>	51,58	58,85	69,42	78,75	86,37	90,77	92,22	92,68	91,95	89,46	86,83	84,39	81,56	83,67
<b>MAV</b>	51,58	59,04	69,99	79,21	86,31	90,69	91,84	92,41	91,61	89,18	86,00	83,96	81,63	83,27
<b>TF CVaR(25,35)</b>	51,58	53,87	55,62	61,99	57,67	62,54	53,10	54,62	55,57	54,12	52,20	48,67	43,44	34,91
<b>TF CVaR(25,35) com micropenal. red.</b>	51,58	58,93	70,12	79,92	86,48	90,90	92,28	92,60	91,36	89,47	86,78	81,37	79,53	80,77
<b>TF CVaR(25,45)</b>	51,58	53,38	52,62	62,72	66,78	54,35	58,31	59,04	58,27	55,69	53,42	51,65	52,61	53,89
<b>TF CVaR(25,45) com micropenal. red.</b>	51,58	59,02	70,43	78,91	86,39	90,81	92,28	92,55	91,50	89,74	86,75	81,35	79,35	80,77

Vertimento total	dez/23	jan/24	fev/24	mar/24	abr/24	mai/24	jun/24	jul/24	ago/24	set/24	out/24	nov/24	dez/24
<b>Vigente</b>	620	11.759	22.162	30.546	27.260	20.133	12.357	5.667	1.338	676	1.467	8.694	13.410
<b>MAV</b>	631	11.626	23.331	33.498	28.826	22.620	13.993	8.840	4.101	5.367	4.083	11.086	8.341
<b>TF CVaR(25,35)</b>	14.923	34.010	31.074	60.371	26.055	51.488	10.682	3.177	2.526	1.973	7.804	19.295	32.973
<b>TF CVaR(25,35) com micropenal. red.</b>	798	11.108	21.823	34.624	28.803	22.082	14.900	9.821	4.091	4.009	8.173	10.801	19.878
<b>TF CVaR(25,45)</b>	16.348	40.804	20.859	40.331	53.909	14.474	13.041	7.969	5.527	2.840	3.219	330	17.684
<b>TF CVaR(25,45) com micropenal. red.</b>	620	10.608	25.589	32.056	28.800	22.013	14.850	9.640	3.371	5.036	8.039	11.165	19.602



# Proposta: Reavaliação das micropenalidades para mitigar deplecionamento de reservatórios



<b>MICRO-PENALIDADES (\$/MWh)</b>	<b>valores default</b>	<b>%Pvert</b>	<b>novos valores</b>
INTERCAMBIO	0.0050	0.9091	0.000273
VERTIMENTO FIO DAGUA	0.0055	1.0000	0.000300
VERTIMENTO CONTROLAVEL	0.0060	1.0909	0.000327
VERTIMENTO EM PERIODOS INDIV.	0.0055	1.0000	0.000300
TURBINAMENTO EM PERIODOS INDIV.	0.0061	1.1091	0.000333
CORTE DE GERACAO EOLICA	0.0063	1.1455	0.000344
EXCESSO DE ENERGIA	0.0065	1.1818	0.000355

A proposta é a alteração da micropenalidade de vertimento e compatibilização das outras micropenalidades para continuidade dos estudos (prospectivos e backtest). Após as avaliações da EPE o tema poderá ser reavaliado.

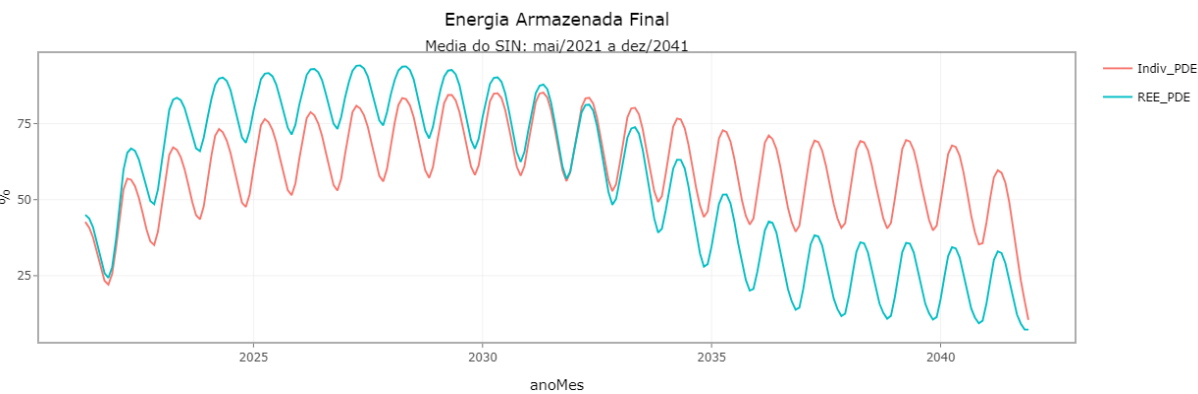
# Agenda

1. *Unit Commitment* Hidráulico
2. Apresentação dos Agentes
3. **NEWAVE Híbrido**
  - Cronograma Ciclo 2023/2024
  - Avaliações
  - **Considerações EPE**
4. Dúvidas, Contribuições e Comentários

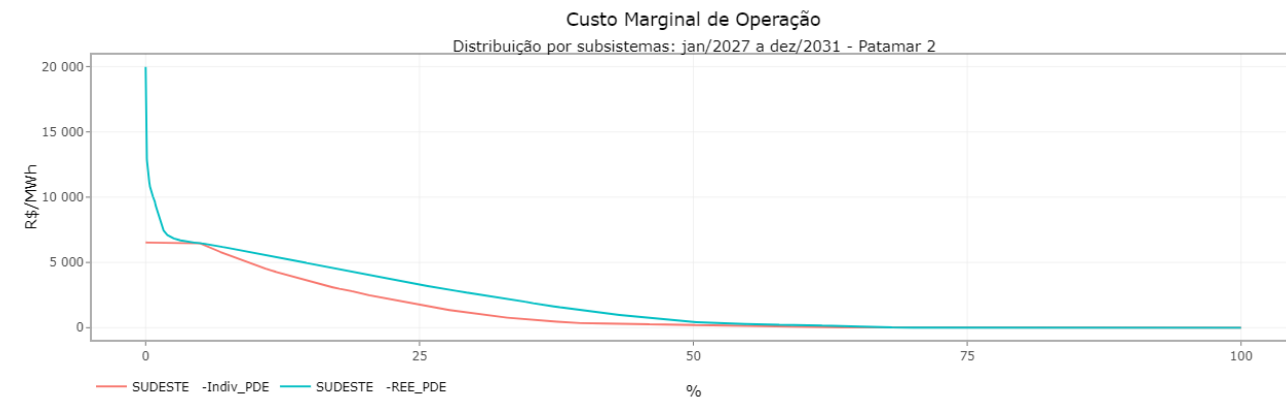
# Dúvidas referentes aos decks de GF e PDE foram encaminhadas ao CEPEL

Necessidade de entendimento do impacto no **armazenamento e custo marginal de operação** no deck de PDE  
(Caso Base PDE 2031)

Evolução média mensal Energia Armazenada  
(Horizonte até 2036 + 5 anos de pós)



Permanência CMO Carga Pesada  
Anos: 2027 a 2031



Análises realizadas indicam necessidade de reavaliação da operacionalização do *flag* racionamento preventivo na simulação final

# Considerações EPE

- Continuidade no entendimento dos resultados do Newave Híbrido/Individualizado junto ao desenvolvedor
  - CPAMP enviou ordem de prioridade ao Cepel
  - Pico de CMO na transição do Newave Híbrido já foi avaliado pelo Cepel (Versão 28.16.4)
- Prosseguimento de validação nos decks da EPE referentes a implementações adicionais (nova FPHA)
- Após validação e entendimento dos resultados do horizonte de individualização nos decks da EPE (decks de GF e PDE):
  - Análise de impacto de calibração de penalidades
  - Implementação de melhorias na simulação individualizada, pelo desenvolvedor
  - Eficientização do modelo (melhor *trade-off* entre qualidade FCF x tempo computacional)

# Agenda

1. *Unit Commitment* Hidráulico
2. Apresentação dos Agentes
3. NEWAVE Híbrido
  - Cronograma Ciclo 2023/2024
  - Avaliações
  - Considerações EPE
4. **Dúvidas, Contribuições e Comentários**

## Dúvidas, contribuições e comentários



- *Unit Commitment* Hidráulico;
- NEWAVE Híbrido.



Solicitar a abertura do microfone pelo ícone



Dúvidas e contribuições podem ser enviadas para [gtmet.cpamp@ccee.org.br](mailto:gtmet.cpamp@ccee.org.br)

# Obrigado

Coordenação de Trabalhos Técnicos:  
[gtmet.cpamp@ccee.org.br](mailto:gtmet.cpamp@ccee.org.br)



CPAMP - Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico

Equipe técnica

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



**Membros:**



**Assessoria Técnica:**

