



# GT Representação de Cenários Hidrológicos

**9ª Reunião com agentes GT CH – SMAP 1º mês**  
Subcomitê Temático para Modelos Satélites

11/05/2023

Introdução

Proposta

Desempenho das previsões

Simulações no modelo DECOMP

Estudo e premissas

Custo Marginal da Operação

Volatilidade

Geração Hidráulica e Térmica

Impactos no DESSEM

Cronograma

Próximos passos

## Atividade 1 - Uso do modelo SMAP/ONS em horizonte estendido no modelo DECOMP (1º mês operativo)

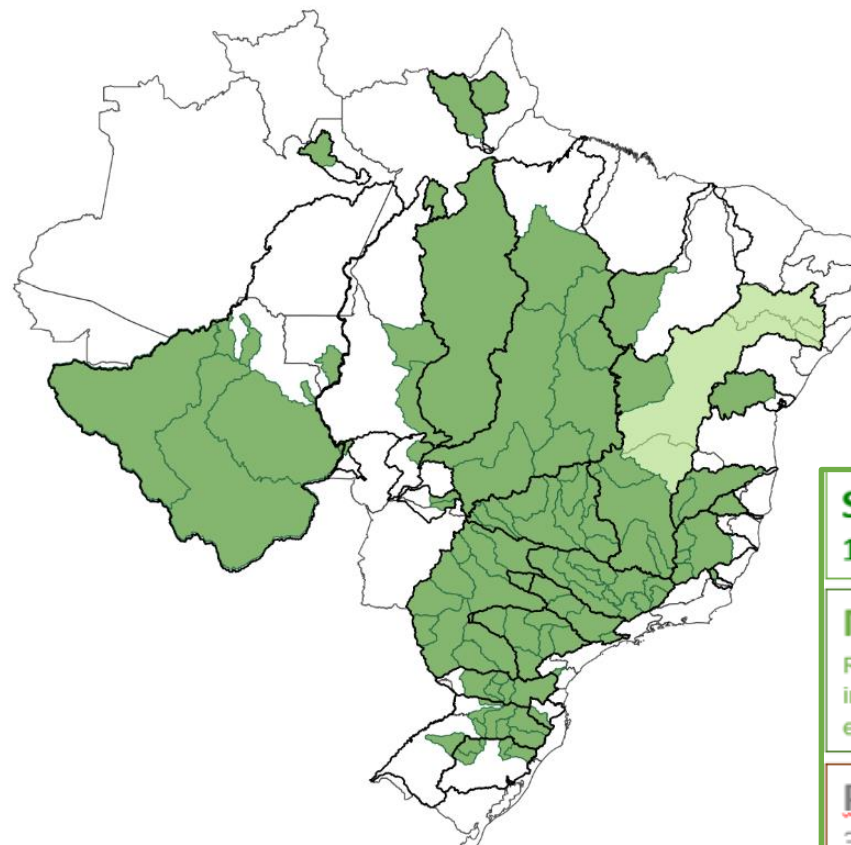
### Cenário atual

Percentual de uso dos modelos SMAP/ONS para previsão de vazões da 1ª e 2ª semana operativa por submercado:

|                    |              |
|--------------------|--------------|
| <b>Sudeste/CO:</b> | <b>100%</b>  |
| <b>Sul:</b>        | <b>100%</b>  |
| <b>Nordeste:</b>   | <b>97%</b>   |
| <b>Norte:</b>      | <b>100%</b>  |
| <b>SIN:</b>        | <b>99,7%</b> |

### Objetivo

Expandir o horizonte do modelo de previsão de vazões diárias atualmente em uso, para a previsão de vazões de todo o 1º mês operativo.



#### SMAP/ONS

1ª e 2ª semana a frente

#### MPV

Rotina de propagação do modelo SSARR, incremental UHE Três Marias/Queimado e a UHE Sobradinho (2 semanas a frente)

#### Previzaz

3ª a 6ª semana

Contextualização

Atividades: GT Dados Hidrometeorológicos (HM) e Cenários Hidrológicos (CH)


Previsão de precipitação: 3ª a 6ª semana operativa  
**ECMWF 51 membros**


GT HM

- Remoção de viés (*Quantile Mapping*)
- Clusterização de cenários (10 clusters)



Execução do SMAP: 3ª a 6ª semana operativa  
**Uso do modelo SMAP/ONS em horizonte estendido no modelo DECOMP (1º mês operativo)**

 Relatório técnico - GT HM - Precipitação 1º Mês \_CLUSTERIZACAO.pdf  
 Hadassiana Costa Creton, modificado 2 Meses atrás.  
 Início > Dados Hidrometeorológicos > Atividade 2 - Previsão de Precipitação para o Primeiro Mês da Operação  
 Documento básico  
APROVADO

 Relatório técnico - GT HM - Precipitação 1º Mês - Remoção de Viés.pdf  
 Hadassiana Costa Creton, modificado 4 Meses atrás.  
 Início > Dados Hidrometeorológicos > Atividade 2 - Previsão de Precipitação para o Primeiro Mês da Operação  
 Documento básico  
APROVADO

<https://ctpmopld.org.br/group/ct-pmo-pld/gt-dados-hidrometeorológicos>

Proposta

Metodologias avaliadas:



- Vigente



- Proposta: SMAP 1º mês



**Dados de precipitação prevista**

D+0 ao D+14 Pmed ETA40 + GEFS (2017 e 2018) e ECMWF (a partir de 2019)

D+15 Previsões estendidas do ECMWF

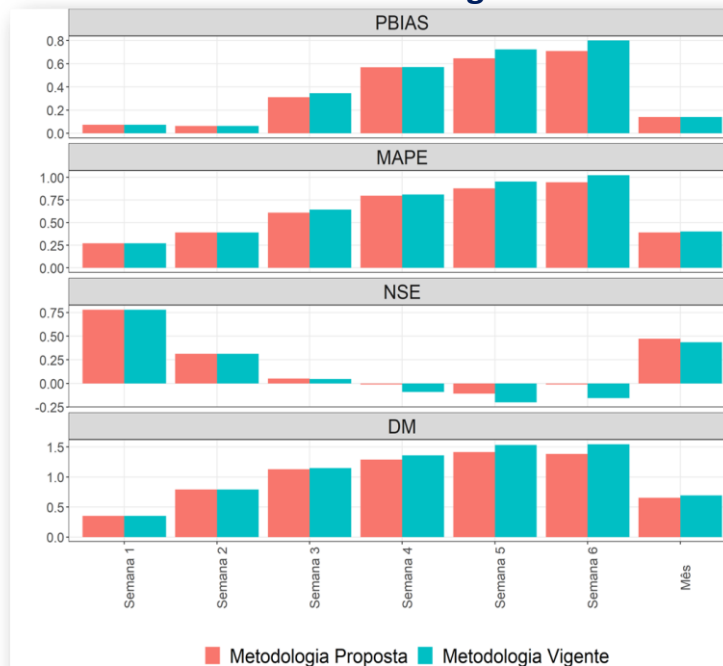
**Período do estudo**

Foram feitas simulações a partir do PMO de **junho/2017 até o dezembro/2021**

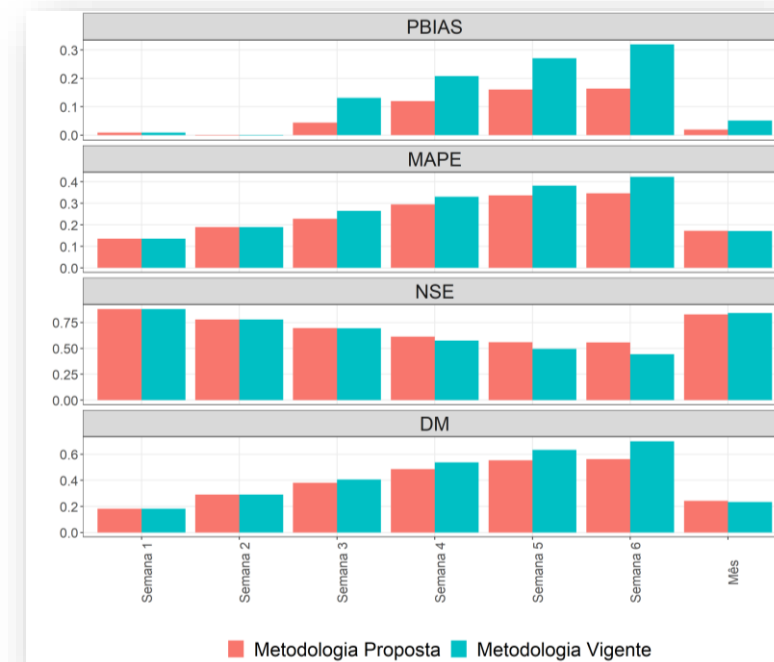
Bacia do rio Grande



Bacia do rio Uruguai



Bacia do Rio São Francisco



- A metodologia proposta, expansão do horizonte de previsão do modelo SMAP/ONS para o 1º mês operativo, apresentou resultados superiores ou em mesmo nível, em relação a metodologia vigente para a maioria das bacias.
- As exceções ocorreram para as bacias dos rios **Madeira, Xingu, Teles Pires, Jari e Parnaíba**.

| Bacia Hidrográfica | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 | Mês |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|
| Grande             | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Paranaíba          | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Tietê              | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Paranapanema       | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Paraná             | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Iguaçu             | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Uruguai            | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Outras Sul         | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| São Francisco      | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Tocantins          | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Xingu              | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Teles Pires        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Madeira            | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Jari               | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Uatumã             | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Mucuri             | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Curuá-Una          | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Araguari           | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Paraguai           | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Doce               | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Parnaíba           | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Jequitinhonha      | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |
| Paraguaçu          | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●        | ●   |

- Proposta melhor que a vigente
- Vigente melhor que a proposta

- A metodologia proposta, expansão do horizonte de previsão do modelo SMAP/ONS para o 1º mês operativo, apresentou resultados superiores ou em mesmo nível, em relação a metodologia vigente para a maioria das bacias.
- As exceções ocorreram para as bacias dos rios **Madeira, Xingu, Teles Pires, Jari e Parnaíba**.



## Simulações Modelo DECOMP SMAP 1º mês operativo

**Backtest: Junho/2017 a dezembro/2021**  
Subcomitê Temático para Modelos Satélites

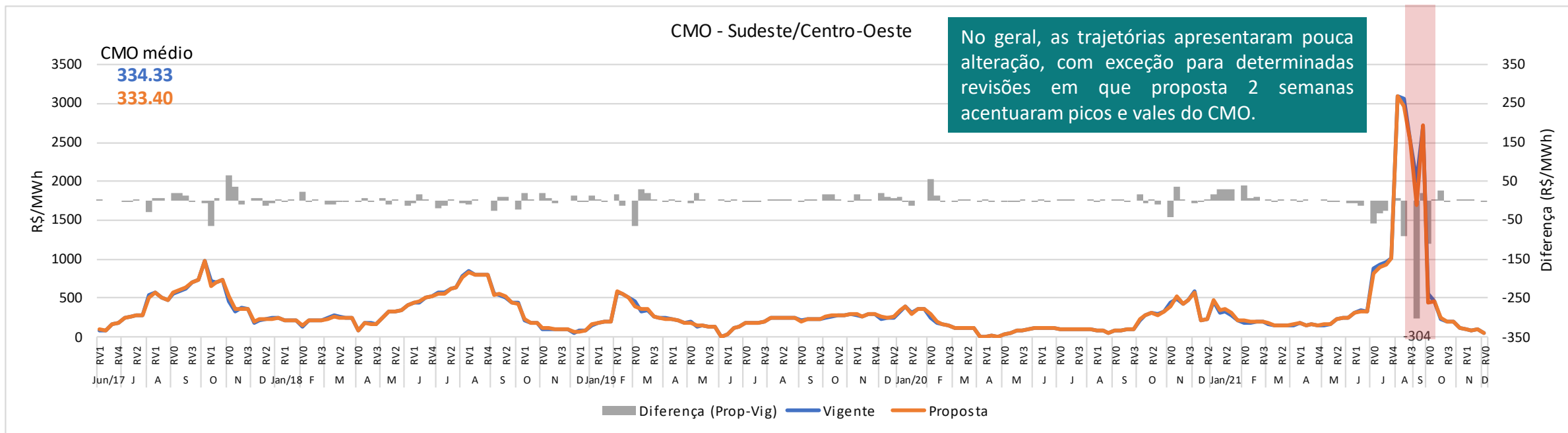


## Rodadas de DECOMP

- Estudo não encadeado
- Versão 31
- Período de estudo: junho/2017 a dezembro/2021 (*226 revisões executadas*)
- Casos: Vigente x Proposta
  - **Vigente:** SMAP 2 semanas + Previvaz
  - **Proposta:** SMAP 6 semanas

## Análises de impacto

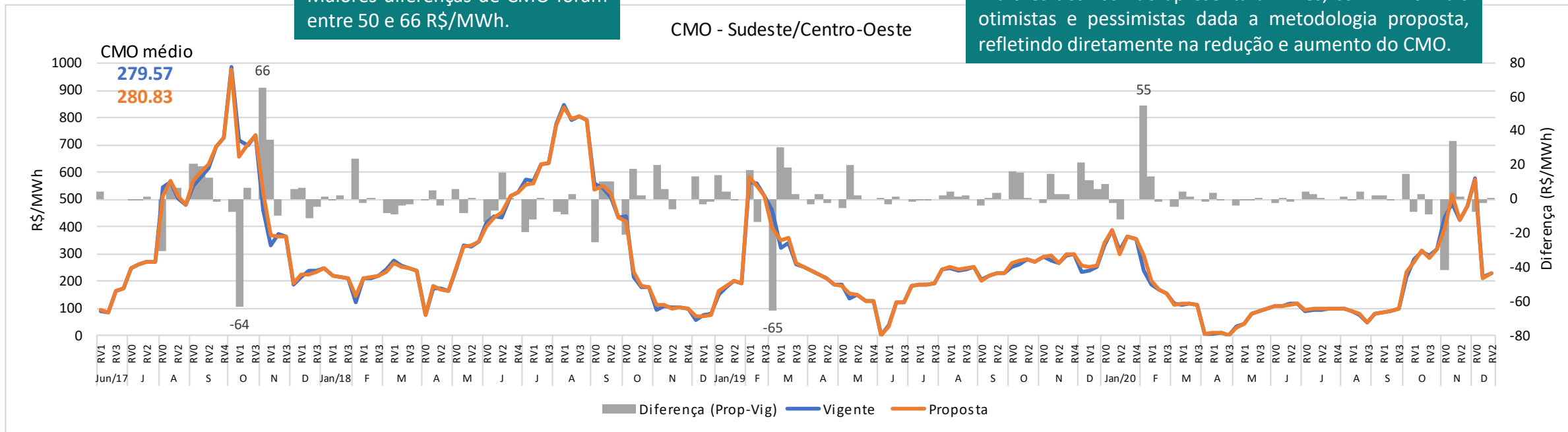
- CMO
  - Volatilidade
  - Impacto por revisões
- Geração hidráulica e térmica
- DESSEM



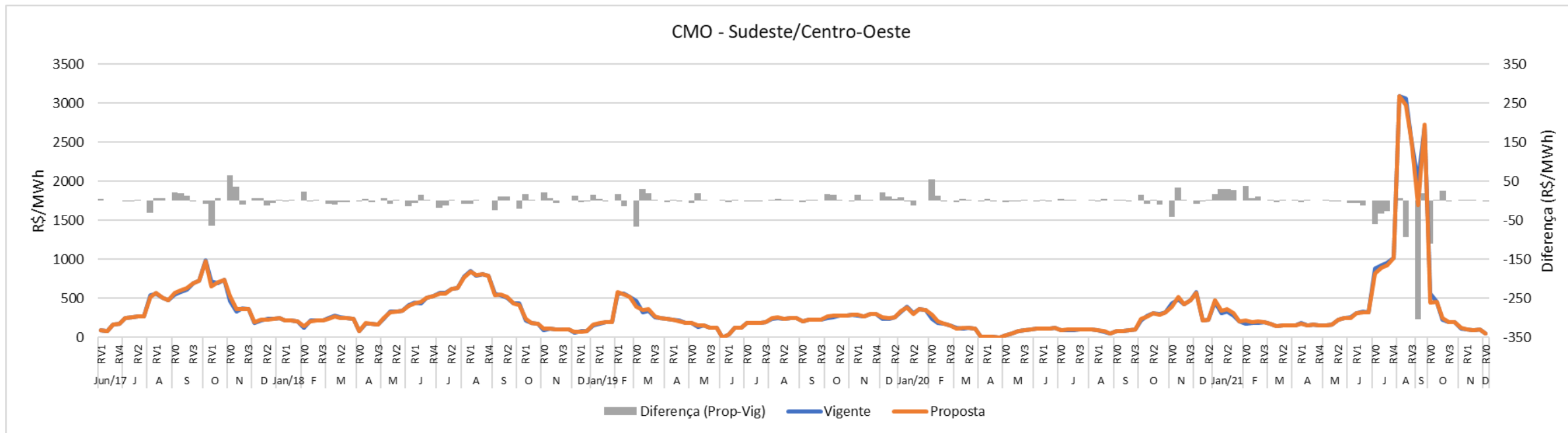
| R\$/MWh   | 2017         |        | 2018           |        | 2019         |        | 2020         |        | 2021           |        | Total          |        |
|-----------|--------------|--------|----------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|
|           | Vig.         | Prop.  | Vig.           | Prop.  | Vig.         | Prop.  | Vig.         | Prop.  | Vig.           | Prop.  | Vig.           | Prop.  |
| Média     | 425.77       | 427.98 | 337.80         | 337.34 | 237.94       | 240.37 | 179.03       | 180.30 | 554.55         | 544.87 | 334.33         | 333.40 |
| Diferença | 2.21 (0.52%) |        | -0.46 (-0.14%) |        | 2.43 (1.02%) |        | 1.27 (0.71%) |        | -9.68 (-1.75%) |        | -0.92 (-0.28%) |        |
| Desv. pad | 232.19       | 230.43 | 223.78         | 221.12 | 108.16       | 106.90 | 142.37       | 142.52 | 803.43         | 784.96 | 411.62         | 402.87 |

Maiores diferenças de CMO foram entre 50 e 66 R\$/MWh.

Maiores desvios não apresentaram viés, com ENAs mais otimistas e pessimistas dada a metodologia proposta, refletindo diretamente na redução e aumento do CMO.

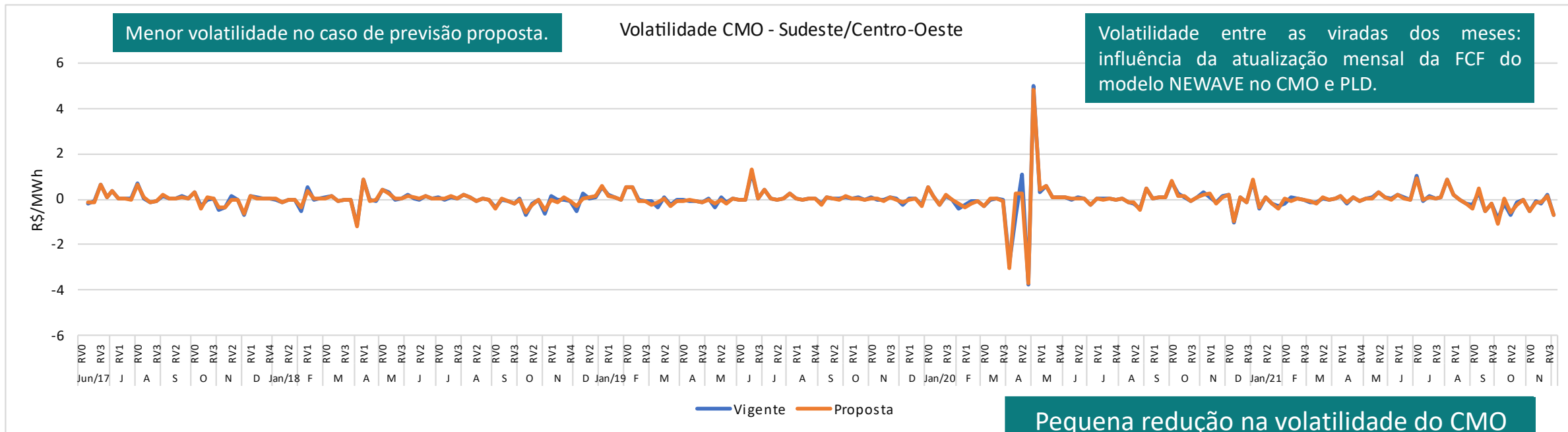


| R\$/MWh   | 2017         |        | 2018           |        | 2019         |        | 2020         |        | Total        | Total  |
|-----------|--------------|--------|----------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
|           | Vig.         | Prop.  | Vig.           | Prop.  | Vig.         | Prop.  | Vig.         | Prop.  |              |        |
| Média     | 425.77       | 427.98 | 337.80         | 337.34 | 237.94       | 240.37 | 179.03       | 180.30 | 279.57       | 280.83 |
| Diferença | 2.21 (0.52%) |        | -0.46 (-0.14%) |        | 2.43 (1.02%) |        | 1.27 (0.71%) |        | 1.25 (0.45%) |        |
| Desv. pad | 232.19       | 230.43 | 223.78         | 221.12 | 108.16       | 106.90 | 142.37       | 142.52 | 197.13.62    | 195.72 |

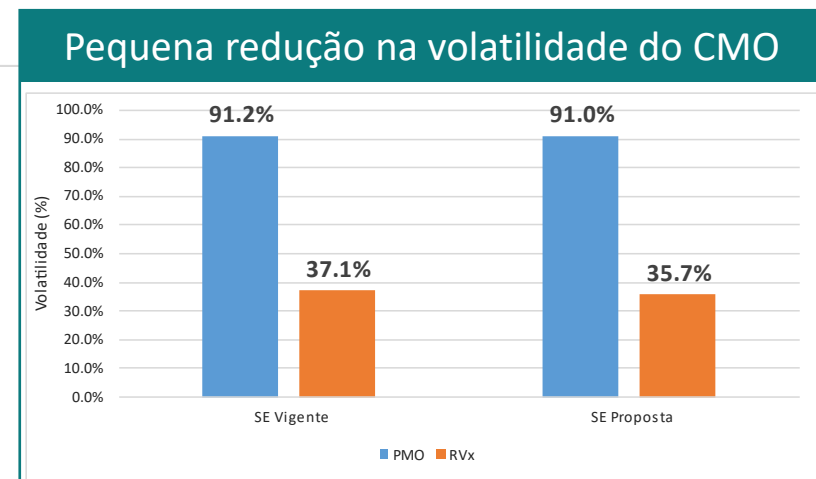


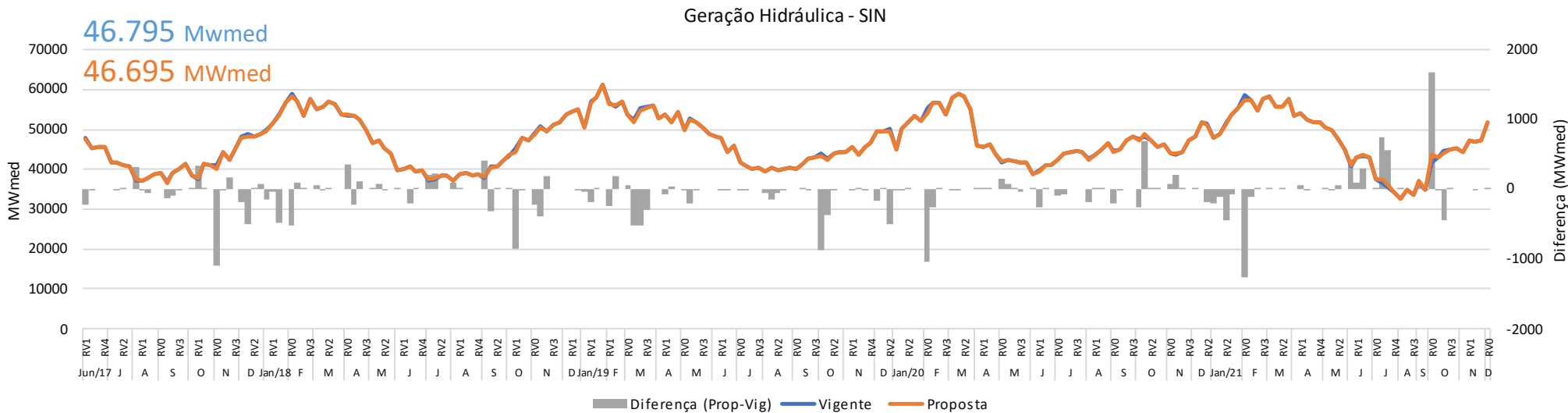
| R\$/MWh               | RV0                | RV1                | RV2                | RV3                | RV4                |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                       | Proposta - Vigente | Proposta - Vigente | Proposta - Vigente | Proposta - Vigente | Proposta - Vigente |
| Desvio absoluto médio | 21.48              | 9.55               | 7.31               | 1.69               | 0                  |

Conforme esperado, os maiores diferenciais ocorreram na RV0.

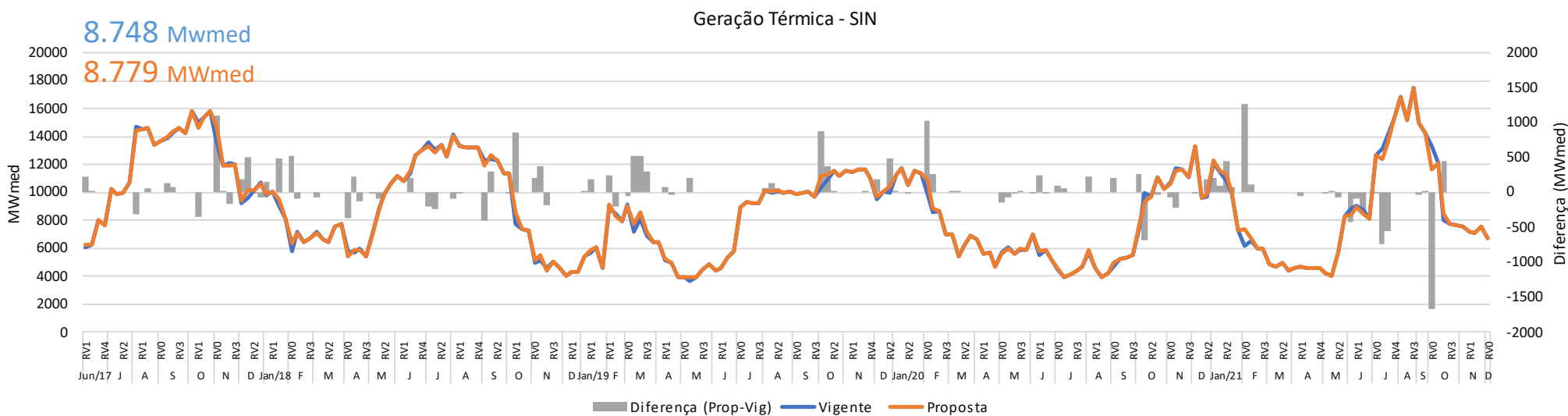


| %   | 2017 |       | 2018 |       | 2019 |       | 2020 |       | 2021 |       |
|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
|     | Vig. | Prop. | Vig. | Prop. | Vig. | Prop. | Vig. | Prop. | Vig. | Prop. |
| PMO | 51   | 47    | 46   | 42    | 28   | 30    | 174  | 174   | 61   | 64    |
| RVx | 19   | 20    | 22   | 20    | 24   | 25    | 67   | 64    | 21   | 21    |





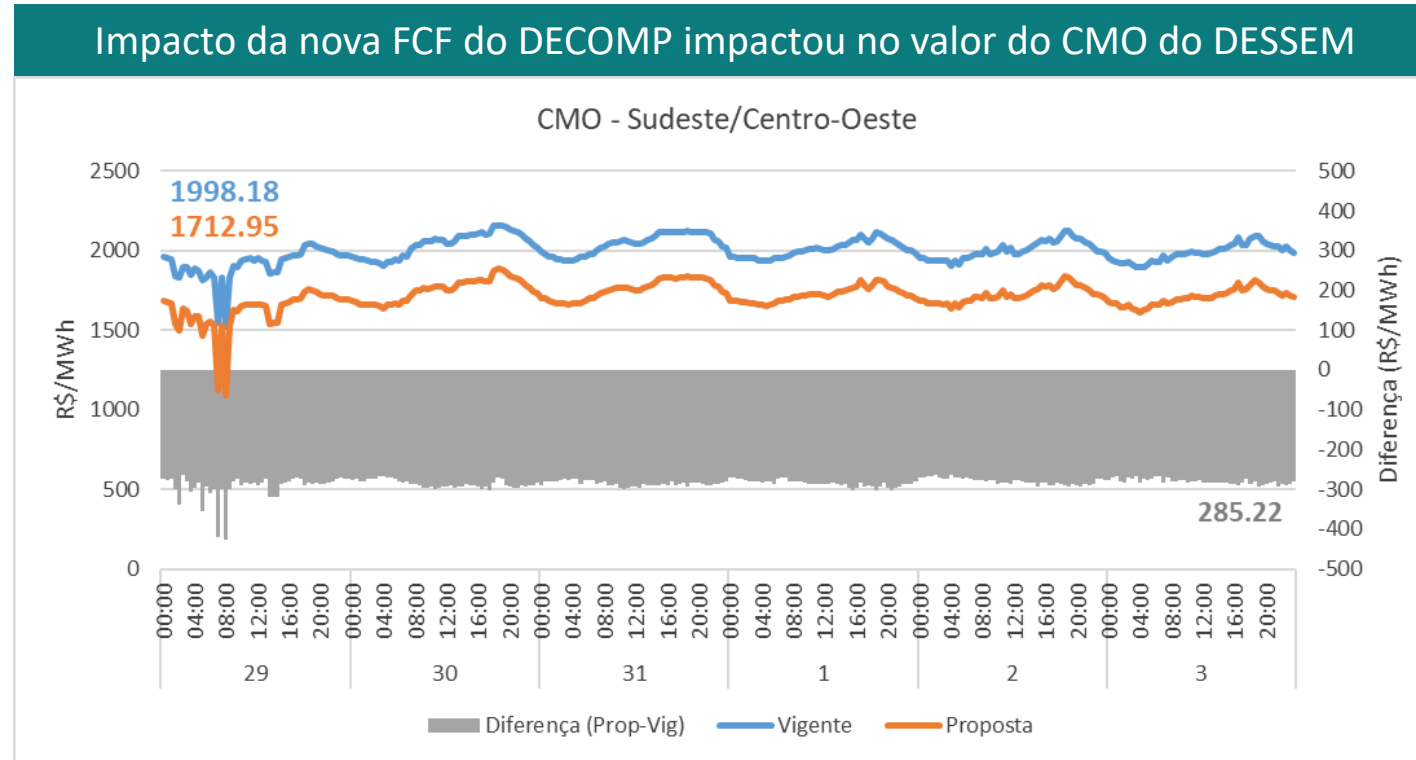
Despachos equivalentes entre as metodologias analisadas. As maiores diferenças ocorreram entre os meses de setembro e março, período que abrange o período úmido do ciclo hidrológico. Não há viés entre as metodologias avaliadas com relação a geração hidráulica.



Os resultados mostram um comportamento semelhante a geração hidráulica, em grande parte do período verificam-se despachos equivalentes entre as metodologias vigente e proposta e os desvios observados, implicam que não há viés entre as metodologias avaliadas com relação a geração térmica.

1ª semana operativa de setembro de 2021

A RVO de setembro apresentou o maior desvio de preço para a 1ª semana operativa de setembro de 2021.





## RECOMENDAÇÃO GT CH: **SMAP 1º MÊS**

- 9ª Reunião do GT SMAP: 11/05/2023
- Com base nos resultados ora apresentados, o GT CH, co-coordenado pela CCEE e ONS e com a participação ativa dos agentes, **recomenda pela implementação da metodologia aqui denominada proposta 1º mês**, para a maioria das bacias, exceto as bacias dos rios Madeira, Xingu, Teles Pires, Jari e Parnaíba.
- Aprovação pela Comissão Gestora: julho/2023
- Aprovação pela Comissão Deliberativa: julho/2023
- Disponibilização do relatório no Portal CT PMO/PLD: 12/05/2023
- **Aviso em Agosto no PMO Setembro**, com um mês de antecedência conforme Art 3º, parágrafo 1º CNPE 07/20
- **Período sombra: Setembro**
- **Entrada oficial: Outubro**


**Tentativa: sujeito a atrasos em decorrência da disponibilidade de previsões ECMWF**



Atividade 2 – Uso do modelo SMAP/ONS em horizonte estendido no modelo Decomp (1º mês operativo)

| GT-CH   | 2022  |   |   |     |   |     | 2023  |     |   |     |     |   |
|---|---|---|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|-----|---|
|   | Jul   | Ago   | Set   | Out | Nov   | Dez | Jan   | Fev | Mar   | Abr | Mai | Jun   |
| Uso do modelo SMAP/ONS em horizonte estendido no modelo Decomp (1º mês operativo) |   |   |   |     |   |     |   |     |   |     |     |   |
| Anúncio formal do CT PMO/PLD aos agentes (PMO Agosto)                             |   |  |   |     |   |     |   |     |   |     |     |   |
| Levantamento e coleta dos dados básicos necessários                               |  |   |   |     |   |     |   |     |   |     |     |   |
| Aplicação dos modelos de previsão nas etapas e bacias selecionadas                |   |   |  |     |   |     |   |     |   |     |     |   |
| Avaliação dos resultados  |   |   |   |     |  |     |   |     |   |     |     |   |
| Simulações com modelo DECOMP  |   |   |   |     |   |     |  |     |   |     |     |   |
| Elaboração de relatório e compilação de resultados finais                         |   |   |   |     |   |     |   |     |  |     |     |   |
| Encerramento / Encaminhamento de relatório da proposta pelo CT PMO/PLD            |   |   |   |     |   |     |   |     |   |     |     |  |

Reunião Agentes 

Reunião Agentes 

Reunião Agentes 

PMO  PLD

Obrigado!

<https://ctpmopld.org.br/>

PMO  PLD

Apoio

<https://ctpmopld.org.br/>

## Cálculo da volatilidade semanal

$$Vol = \sqrt{\frac{1}{T-1} \cdot \sum_{t=1}^T (R_t - E[R])^2}; \quad R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

$Vol$  Volatilidade na base temporal dos estágios (semanal no caso).

$R_t$  Retorno do tempo  $t$

$P_t$  Valor da amostra do tempo  $t$

$P_{t-1}$  Valor da amostra do tempo  $t - 1$

$E$  Operador que indica o cálculo da média dos retornos

$T$  Número total de amostras

- **Área do estudo**

Todas as bacias calibradas com o modelo SMAP/ONS, em uso oficial no PMO de agosto/2022.

- **Dados de precipitação observada**

Mesma metodologia de utilizada atualmente operacionalmente.

- **Dados de precipitação prevista**

D+0 ao D+14 Pmed ETA40 + GEFS (2017 e 2018) e ECMWF (a partir de 2019)

D+15 Previsões estendidas do ECMWF

- **Período do estudo**

Foram feitas simulações a partir do PMO de **junho/2017 até o dezembro/2021**.

De forma a aumentar o tamanho da amostra avaliada, foram executadas rodadas iniciadas quinta-feira, considerando a semana operativa oficial, e domingo, considerando uma semana operativa iniciando terça.

Para a obtenção de boas estimativas dos escoamentos de base e superficial, o modelo SMAP/ONS começou a ser executado a partir de janeiro/2016. Foram processados ao todo 420 casos.

- **Métricas de avaliação**

Foram comparados os resultados obtidos com a metodologia proposta e a metodologia vigente, através das seguintes métricas: PBIAS, Distância Multicritério, MAPE, NASH para todas as bacias hidrográficas. A análise de desempenho foi realizada para as **previsões de vazões e energia natural afluente**.

- Primeiramente, será apresentada a DM da comparação dos resultados utilizando o ensemble completo com 51 membros e a previsão agregada com 10 membros, segundo a metodologia apresentada no GT HM. Assim, deseja-se verificar se há uma perda de qualidade na previsão de vazões ao se considerar apenas os 10 membros selecionados.
- Em seguida, foi avaliada a diferença percentual média das previsões de vazões obtidas com a vazão média dos 51 membros e as seguintes vazões: i) vazão média calculada com 10 membros; ii) vazão mediana e iii) vazão obtida com a precipitação média.
- Também são comparadas as vazões naturais totais de cada UHE e as ENAs de cada bacia obtidas com a metodologia proposta e a metodologia vigente. Foram utilizadas as seguintes métricas de avaliação: MAPE, NSE, DM, PBIAS, de cada semana operativa e da média das 4 primeiras semanas.

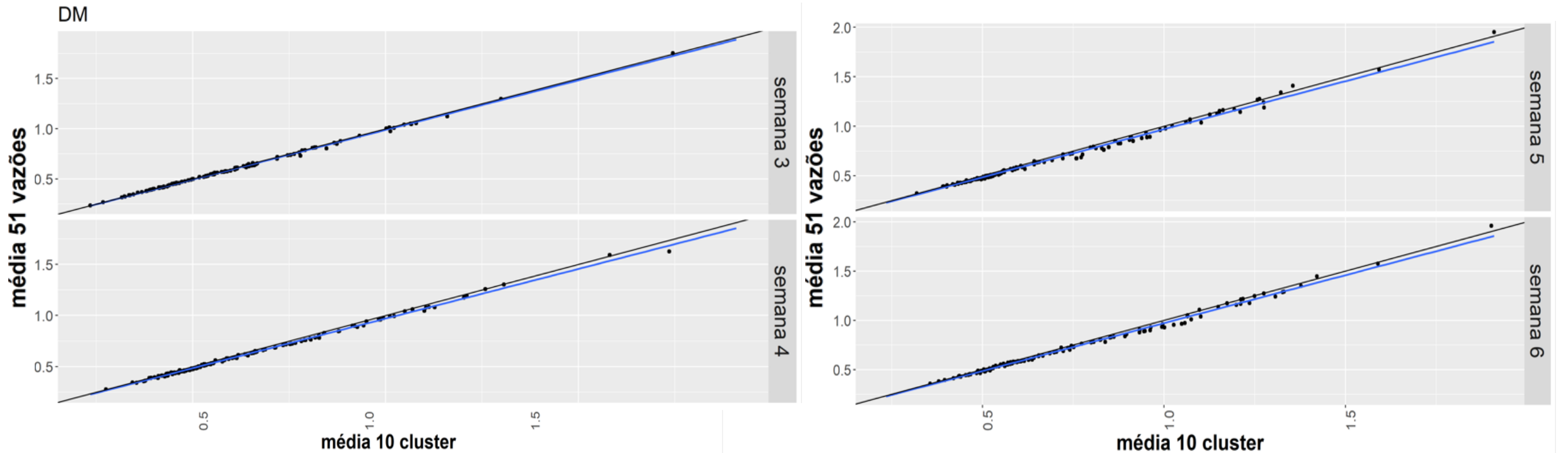
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{O_t - P_t}{O_t} \right|$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (P_t - O_t)^2}{\sum_{t=1}^n (O_t - \bar{O})^2}$$

$$PBIAS = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{O_t - P_t}{O_t}$$

$$DM = \sqrt{(1 - NASH)^2 + MAPE^2}$$

# Distância Multicritério entre as metodologias propostas



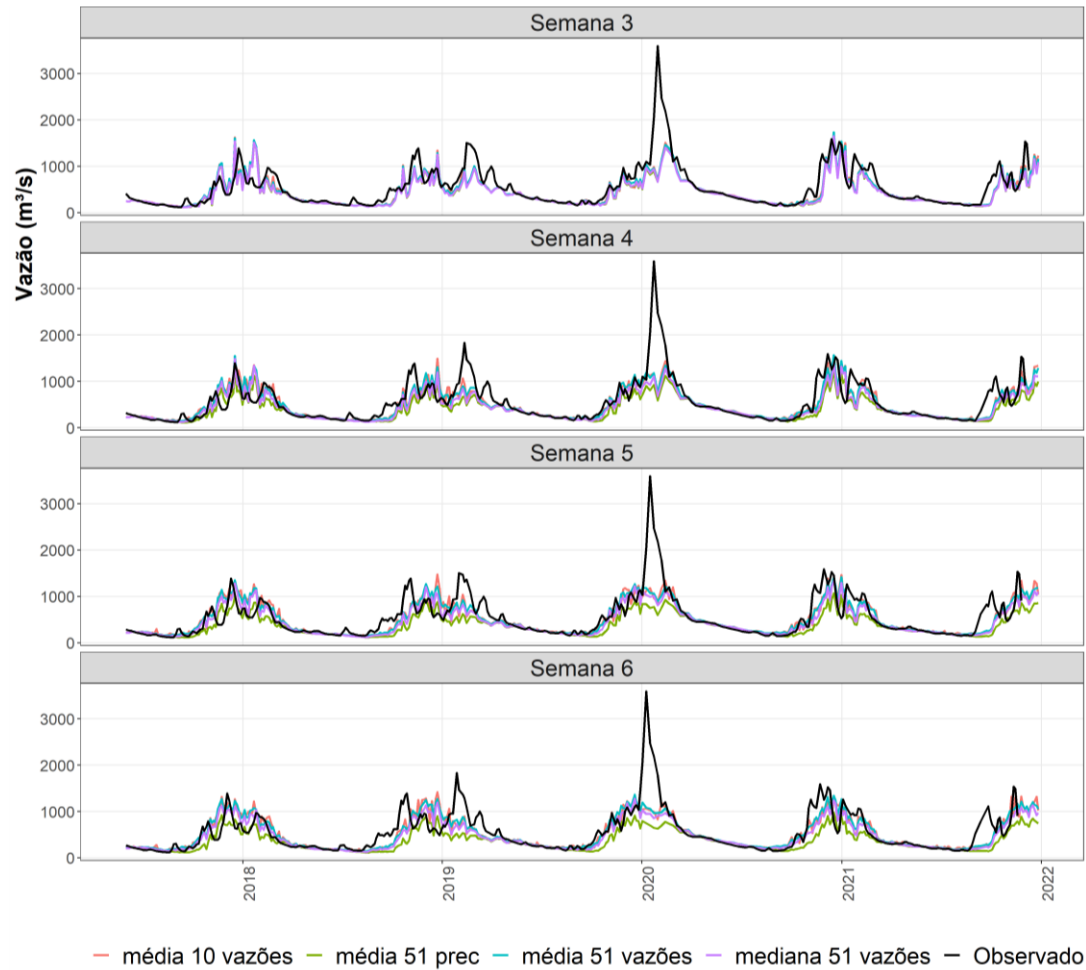
- É possível observar que a previsão resultante da média dos 10 membros selecionados, possui uma qualidade bastante próxima da obtida com os 51 membros.







### Previsão - Furnas



- Nota-se que a previsão proveniente da chuva média (linha verde) está sempre em um nível inferior que as demais. Em seguida, a previsão proveniente da mediana, em menor intensidade, também é subestimada.
- Já a previsão resultante da média dos 10 membros selecionados (linha vermelha) tem uma trajetória bem próxima da previsão obtida com a média dos 51 membros (linha verde).