



Desafios da modernização dos modelos de operação e formação de preço

Computing efficient energy prices

Guilherme Matussi Ramalho

Gerente de Modelos e Estudos Energéticos

30/03/2021



 **Trajectoria do preço horário**

 **Frentes de Aprimoramentos**

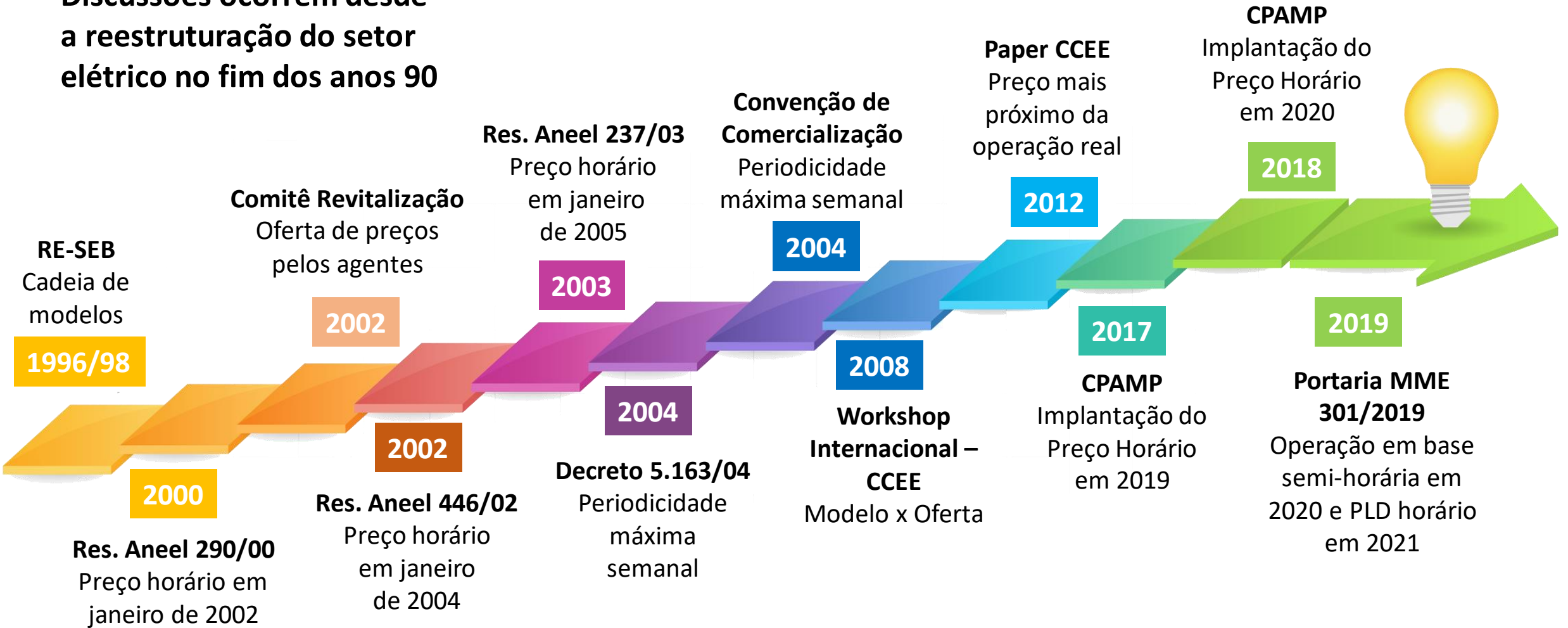
 **Discussões Atuais – GT Metodologias CPAMP**

 **Trajectoria do preço horário**

 Frentes de Aprimoramentos

 Discussões atuais – GT Metodologias CPAMP

Discussões ocorrem desde a reestruturação do setor elétrico no fim dos anos 90



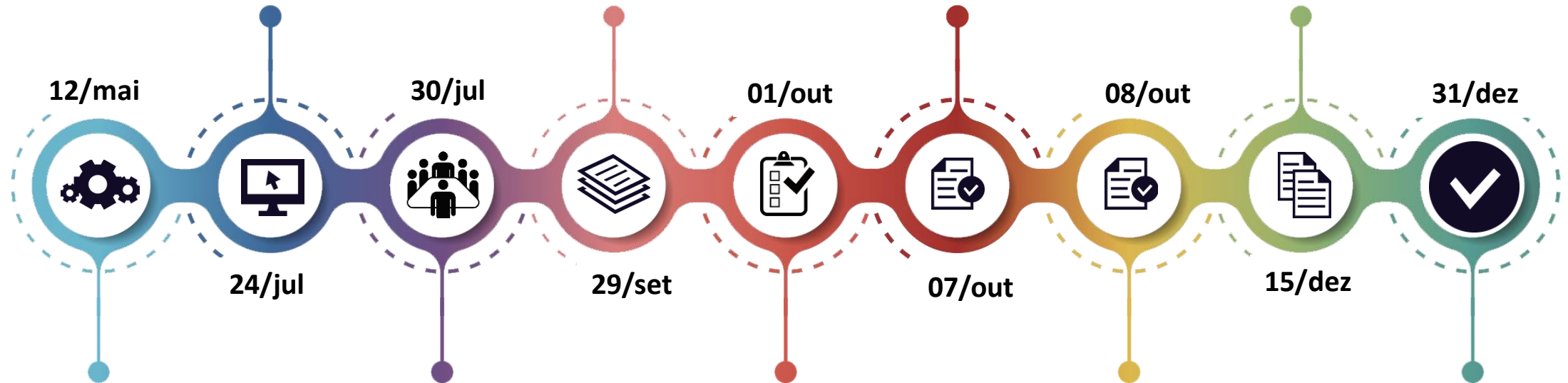
Reprodutibilidade do modelo DESSEM foi obtida, fixando a instrução AVX 512 dos processadores

(Carta Conjunta - ONS 14/DPL/PE/2020, CT CCEE 9/2020 e ofício EPE 0471 enviada à ANEEL)

Ofício conjunto MME, ONS e CCEE em resposta a carta da ABRACEEL sobre a implantação do preço horário

Release MME
“Tudo em dia para a implementação do Preço Horário em 2021”

Atualização da REN ANEEL 843/2019 em função do PLD horário



Reprocessamento de todos os casos do PLD sombra de janeiro/2019 a janeiro/2020 com a versão 19.0.5

Reunião da **CPAMP** ratificando a implantação do preço horário para janeiro/2021

Início do período de **processo sombra pela CCEE**, com o cálculo e divulgação do PLD horário sombra diariamente inclusive aos **sábados, domingos e feriados**.

“**CMSE** e setor elétrico estão preparados para a entrada do preço horário em 2021”

Início do processo oficial do PLD horário, com o cálculo e divulgação do primeiro conjunto de PLDs oficiais **válidos para 01/01/2021**

 Trajetória do preço horário

 **Frentes de Aprimoramentos**

 Discussões atuais – GT Metodologias CPAMP

Aversão ao risco

CVaR e VMinOp (CPAMP)

Redução de geração térmica fora da ordem de mérito

Volatilidade

Tema priorizado na CPAMP para 2020

Reduzir as variações abruptas do PLD



Preço Horário

Implementação em janeiro de 2021

Maior granularidade temporal

Governança

Comitê Técnico do PMO e PLD

Maior participação dos Agentes no processo, dados e regulação

Comunidades

O Comitê PMO PLD é composto por duas frentes de atuação. Confira!



Subcomitê Temático para Modelos Satélites

Responsável por elaborar propostas de desenvolvimento, aprimoramentos e aperfeiçoamentos dos Modelos Satélites.

Entenda como funciona

Comissões, GTs e FTs

Aqui você encontra a documentação relacionada às comissões, grupos de trabalho e forças-tarefas cujas atividades estão em andamento.

Comissão Deliberativa MS

Comissão Gestora MS

FT PrevCargaDessem

GT SMAP

Comissão Gestora DPR

GT UHE Tucuruí

GT Geração Eólica

FT PrevCargaDESSEM (até dez/21)

Previsor de carga para o modelo DESSEM

- Próxima reunião Abr/2021

GT SMAP (até abr/21)

Aprimoramentos de utilização do modelo SMAP no DECOMP

- Próxima reunião abr/2021

GT UHE Tucuruí (até abr/21)

Aprimoramentos na representação da curva guia de Tucuruí

- Próxima reunião abr/2021

GT Geração Eólica (até abr/20)

Aprimoramentos para utilização do WEOL no DECOMP

- Em deliberação da comissão gestora

Ciclo 2019/2020/2021:

Volatilidade do CMO/PLD

Sub-coordenação: CCEE

Representação Hidrológica

Sub-coordenação: ONS e CCEE

Subgrupo de representação da produtividade hidroelétrica

Sub-coordenação: ONS

Volume Mínimo Operativo

Sub-coordenação: ONS

Elevação de EARM

Sub-coordenação: CCEE e ONS

Taxa de Desconto

Sub-coordenação: EPE

Ciclo Bianual 2020/2022:

Subgrupo de Operação e Preço

Sub-coordenação: ONS e CCEE

Fontes Intermitentes

Sub-coordenação: CCEE e EPE

NEWAVE Híbrido

Sub-coordenação: ONS

Aprimoramentos do modelo SUIISHI

Sub-coordenação: EPE e ONS

Atual Ciclo

- **Coordenação** – CCEE



- **Próxima reunião** - abr/2021
- **Pré-Consulta Pública** - mai/2021
- **Conclusão** - jul/2021

Dúvidas e inclusão mail-list:

gtmet.cpamp@ccee.org.br

Estudo sobre a formação de preço de energia elétrica de curto prazo: uma análise do mercado brasileiro

- **Empresa proponente:** CCEE
- **Fase atual:** Ajustes do Termo de Referência
- **Financiamento:** Projeto Meta II do BIRD (Banco Mundial)

Propostas de metodologias para a formação de preços por oferta no Brasil

- **Empresa proponente:** Engie
- **Empresa executora :** PSR e Consultores: Frank Wolak (Stanford), Carlos Batlle (IIT Comilas), Alexandre Street (PUC)
- **Cooperação Técnica:** CCEE e ONS

Offer-based Market Study

- **Empresa proponente:** Eneva
- **Empresa executora :** Consultores: Frank Wolak, Jimmy Chen (Stanford)
- **Cooperação Técnica:** MME, EPE, CCEE e ONS

 Trajetória do preço horário

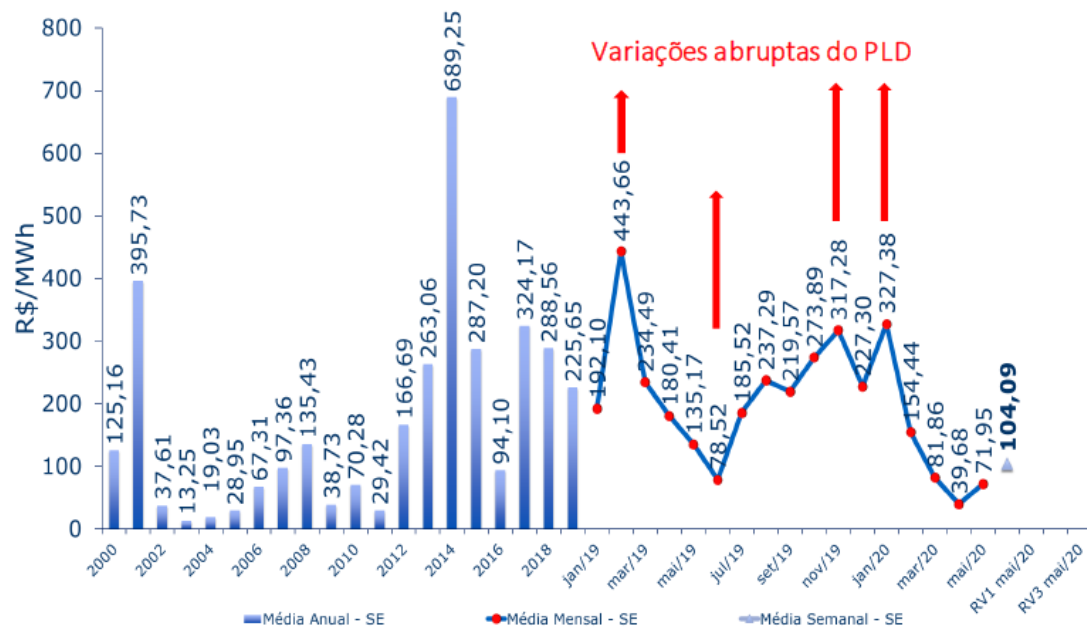
 Frentes de Aprimoramentos

 **Discussões Atuais – GT Metodologias CPAMP**

Analisar a construção da FCF no NEWAVE sem considerar a ENA como variável de estado:

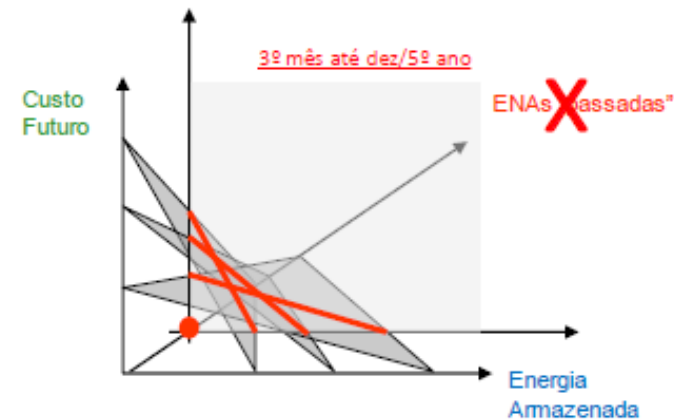
O objetivo é verificar a influência da representação hidrológica na volatilidade do CMO/PLD, e estudar a influência de uma FCF sem a ENA como variável de estado na redução da volatilidade do CMO/PLD sem comprometer a segurança do sistema.

Motivação: Nos últimos anos tivemos episódios em que o PLD apresentou variações abruptas, associadas principalmente à representação hidrológica nos modelos energéticos.



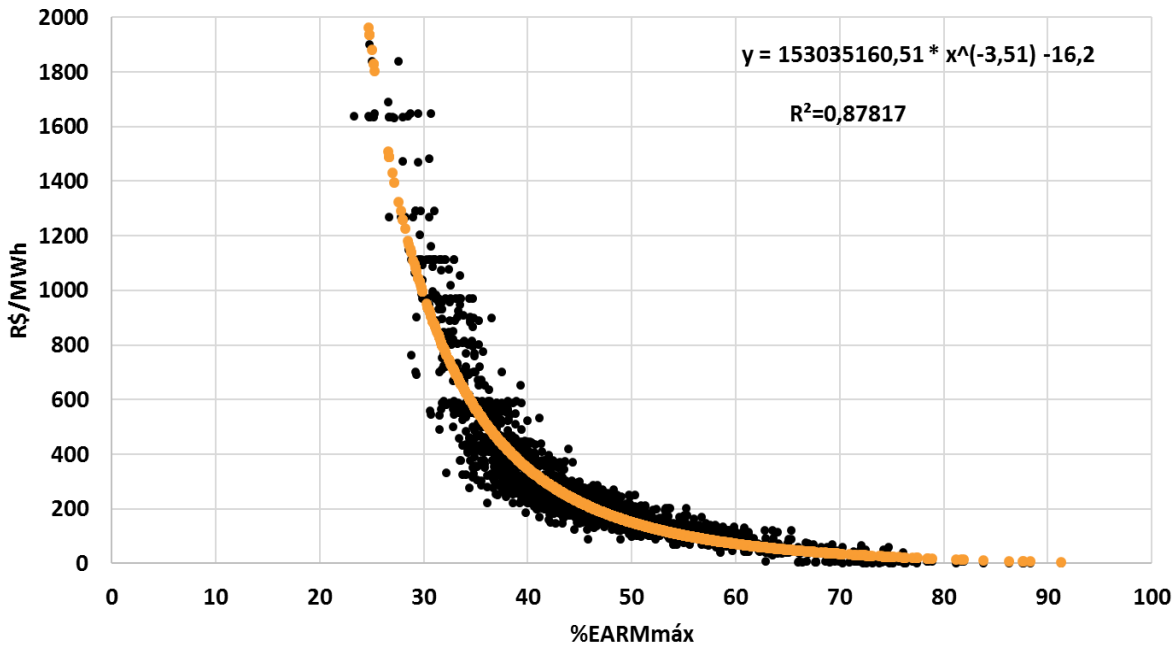
NEWAVE

- O DECOMP consulta a Função de Custo Futuro (FCF) no início do 3º mês
- Construir a FCF tendo apenas o Armazenamento como variável de estado
- O PAR(p) continua sendo utilizado na geração dos cenários forward

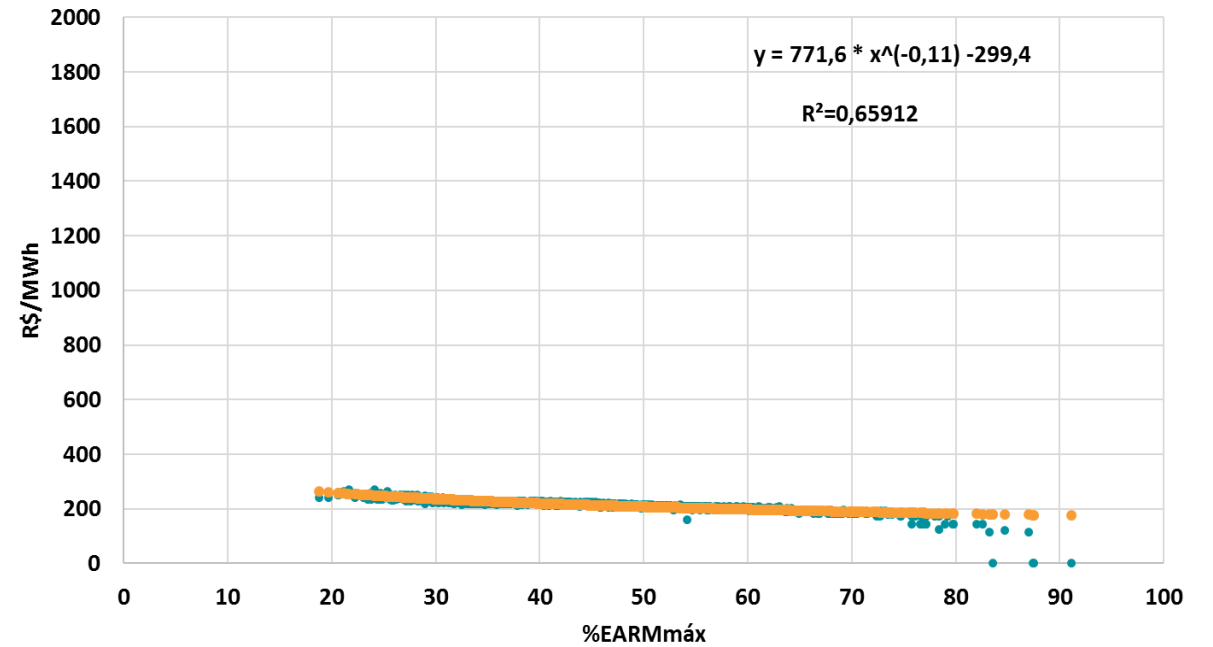


Fevereiro 2019

Dispersão: EARM x CMO - Sudeste (2º mês) - Vigente



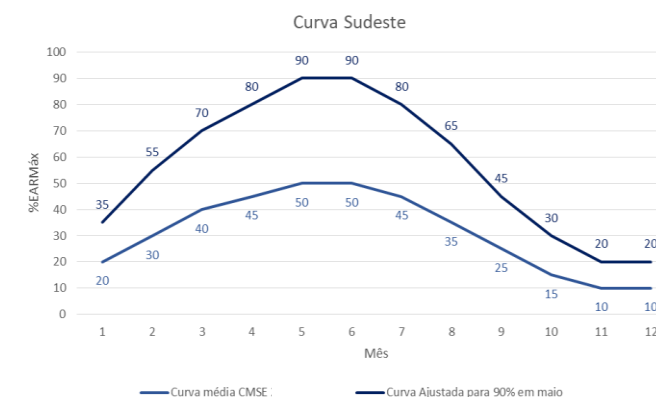
Dispersão: EARM x CMO - Sudeste (2º mês) - 1090 sem VETH



Para as simulações encadeada NEWAVE-DECOMP sem VETH + VMinOP com CMSE Ajustada, o caso com CVaR (20,35) resultou armazenamento maior.

2012 a 2015

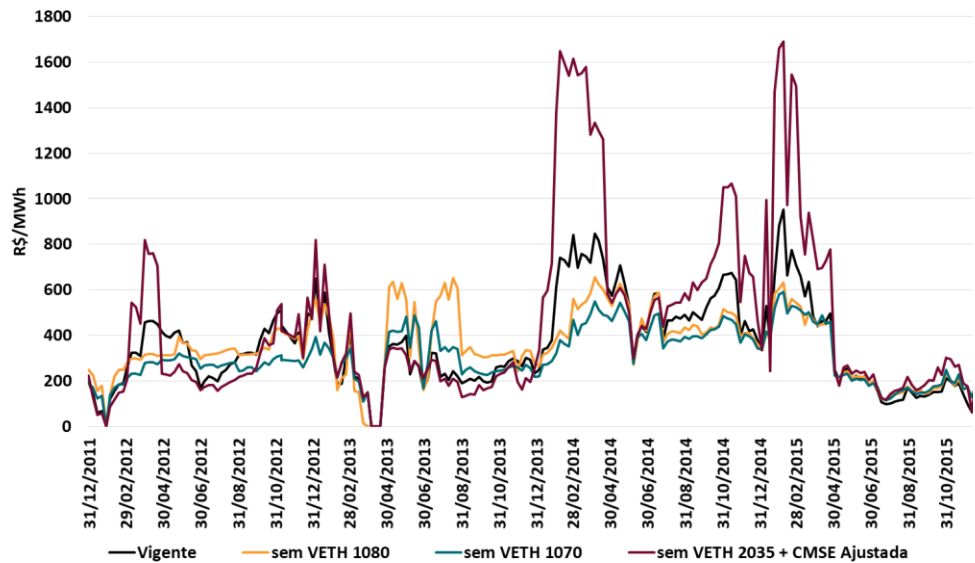
Caso	Vol. Semanal	Vol. em base Mensal	STD [R\$/MWh]	FM [25%]	FM [50%]	FM [100%]	FM [200%]	EARM SIN[%]
Vigente	23%	45%	191,86	28%	13%	4%	2%	39,8
sem VETH 1090	36%	72%	237,60	28%	9%	2%	1%	42,3
sem VETH 1080	25%	50%	139,65	18%	7%	2%	1%	36,6
sem VETH 1070	17%	33%	112,76	16%	5%	1%	0%	31,4
sem VETH 5035 + CMSE Aj.	33%	66%	384,06	27%	10%	3%	1%	37,2
sem VETH 2035 + CMSE Aj.	35%	70%	387,43	28%	11%	3%	2%	41,1
sem VETH 5050 + CMSE Aj.	44%	87%	415,90	27%	11%	3%	2%	39,2
sem VETH 2050 + CMSE Aj.	37%	75%	411,04	31%	13%	3%	2%	44,5
sem VETH 2060 + CMSE Aj.	41%	82%	439,13	33%	16%	5%	2%	46,7



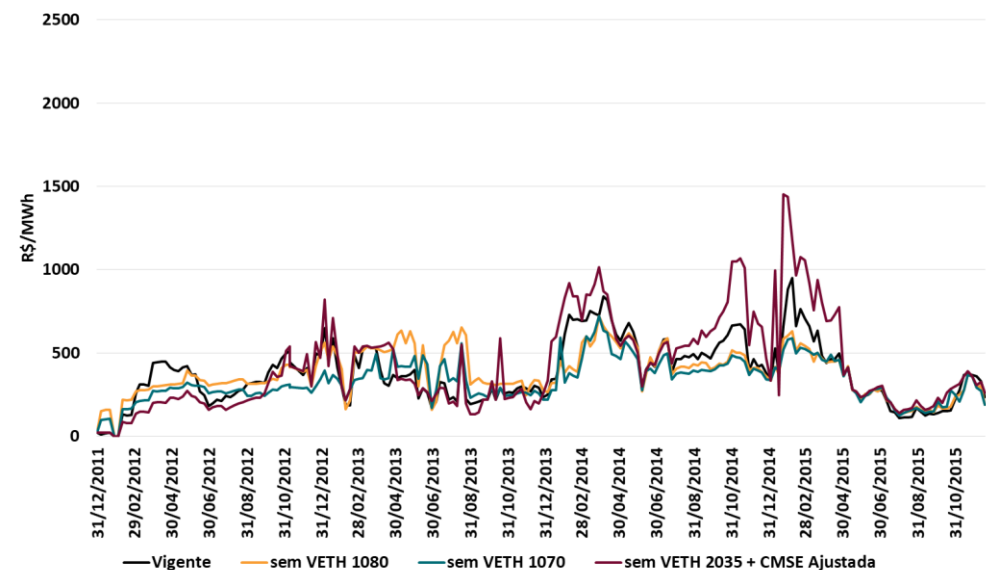
Frequência é o número de vezes que a série tem uma variação maior que o limite:

$$Frequência = \frac{abs(R_t - R_{t-1}) \cdot 100}{R_t}$$

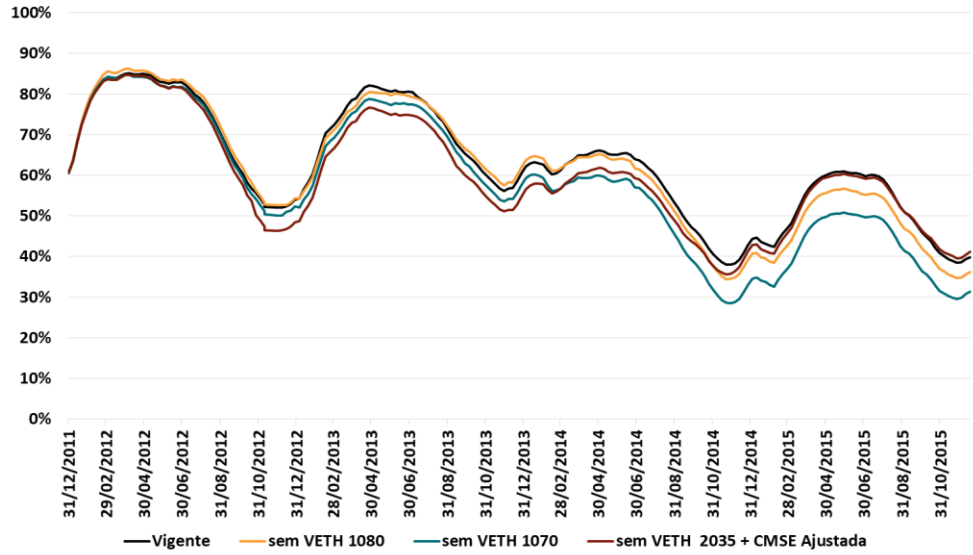
PLD Sudeste (sem aplicar os limites)



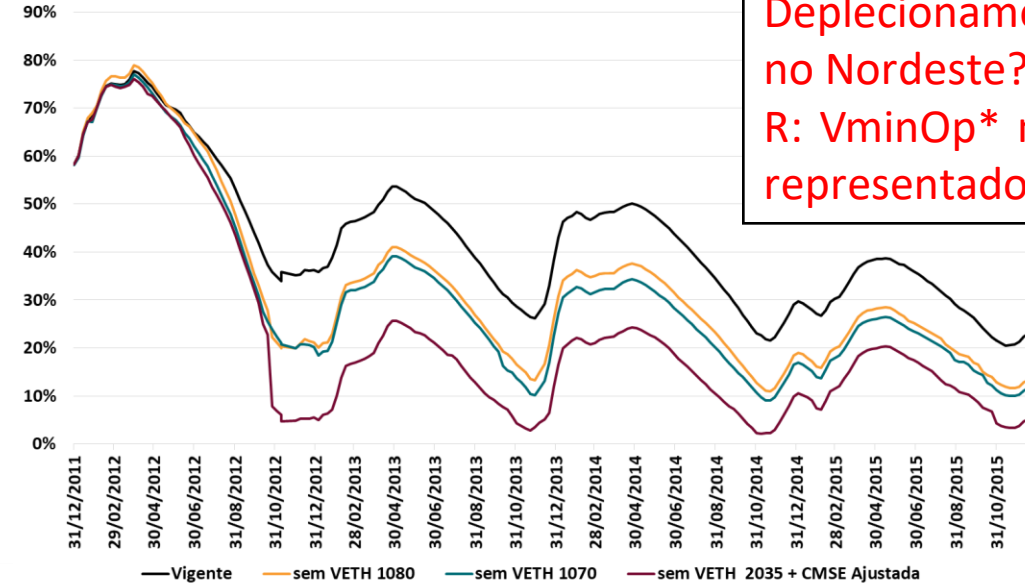
PLD Nordeste (sem aplicar os limites)



EARM SIN



EARM Nordeste



Deplecionamento indevido no Nordeste?
R: VminOp* no DECOMP não representado explicitamente.



*Importante ressaltar que o VMINOP é uma funcionalidade existente no DECOMP desde 2009, sob forma de restrições RHE.

Trabalhos Futuros:

Na CPAMP

Prosseguir a investigação de potenciais causadores de volatilidades não intrínsecas presentes na modelagem ou processo de uso dos modelos computacionais de planejamento, operação e formação de preço.

Identificar na literatura a existência de metodologias que permitam diminuir o peso da ENA como variável de estado na FCF. Caso se identifique alternativas promissoras, deve-se avaliar sua implementação e conseqüentemente o impacto na redução da volatilidade do CMO/PLD.

No CT PMO/PLD

O uso do modelo NEWAVE com a atualização mais frequente da FCF (semanalmente).

Inclusão de abertura de cenários semanais no DECOMP.

Uso do SMAP para todo o horizonte do primeiro mês operativo.

Durante a 234ª reunião do CMSE, de 02/set/2020, foi recomendado que a CPAMP avaliasse mecanismos visando a **elevação estrutural dos níveis de armazenamento** dos reservatórios das usinas hidrelétricas, sobretudo aos finais dos períodos secos, bem como propor uma transição capaz de minimizar os impactos no GSF e na tarifa do consumidor de energia elétrica.

Contexto atual:

A média dos cinco meses de setembro/2020 a janeiro/2021 é a **pior do histórico do SIN**;

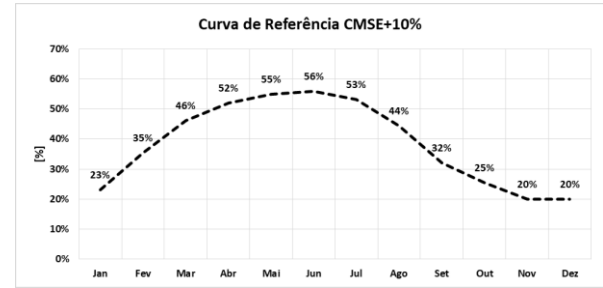
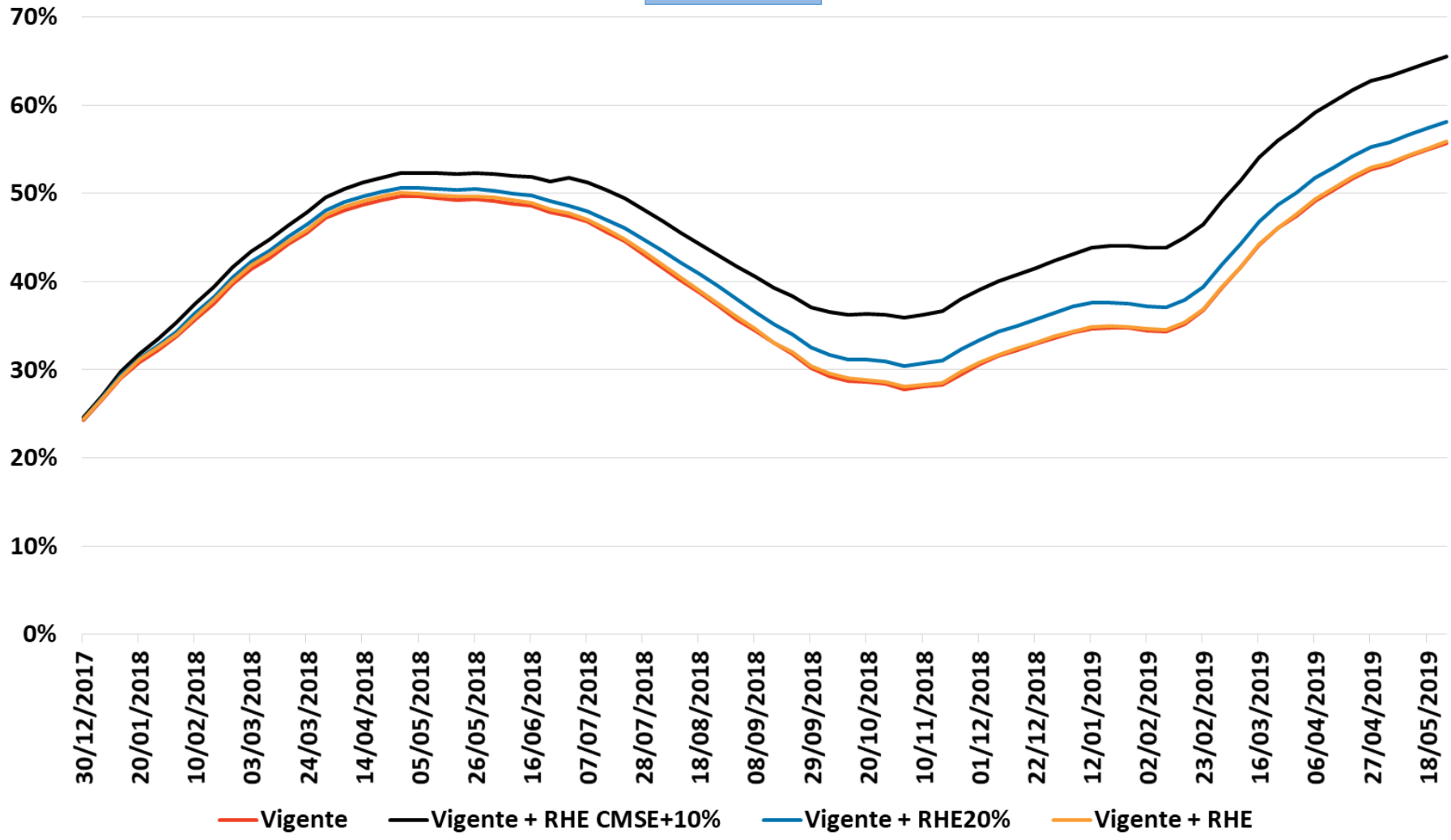
O submercado Sul **operou abaixo dos níveis do VminOp durante grande parte do período**;

Nos **últimos anos o SIN apresentou sucessivos níveis baixos de armazenamento**, sem apresentar uma recuperação estrutural nos períodos em que seria natural o replecionamento (período úmido).

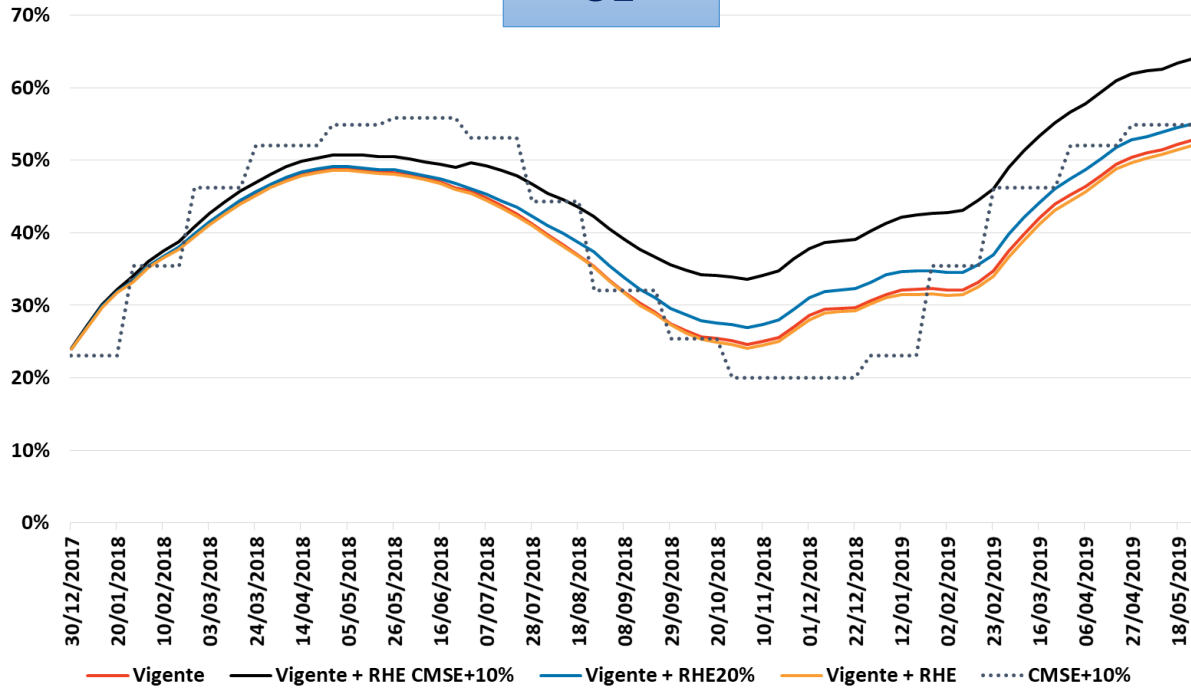
Os modelos computacionais devem responder de **maneira realista à necessidade de elevação dos níveis de armazenamento no SIN**;

- A atividade do **SG Elevação do Armazenamento** será avaliada em conjunto com demais (i.e. SG Volume Mínimo Operativo (DECOMP) e SG Representação Hidrológica).
- **Instrumentos de aversão ao risco – CVar e VminOp (NEWAVE e DECOMP)**

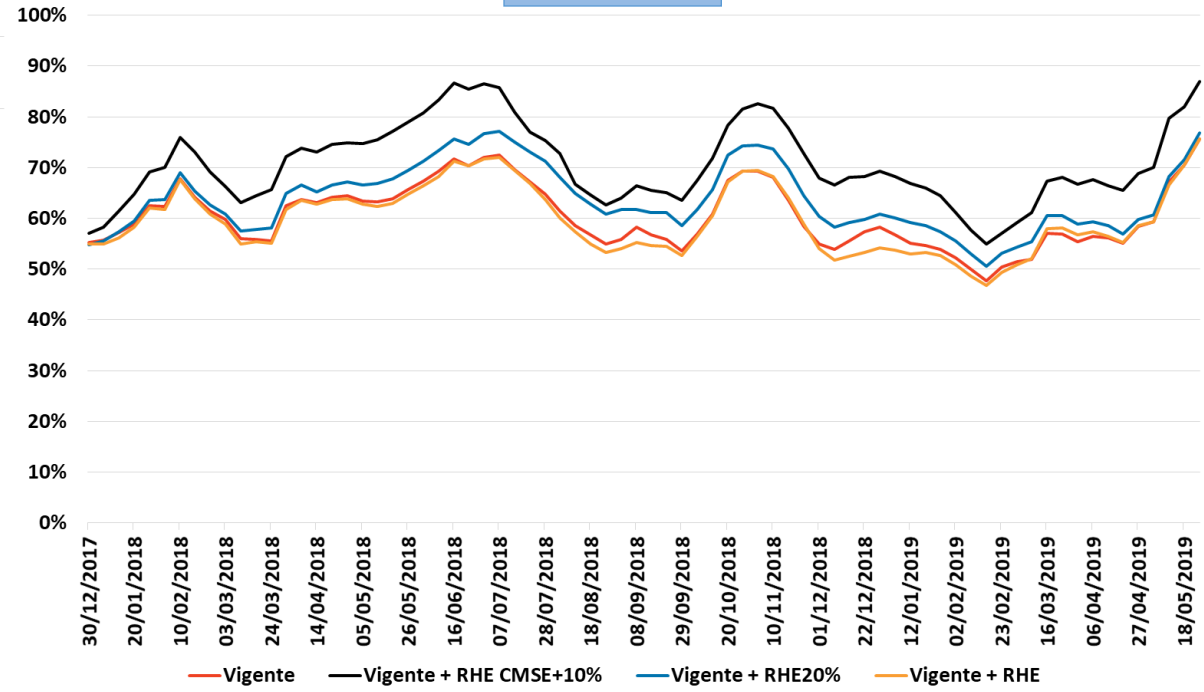
SIN

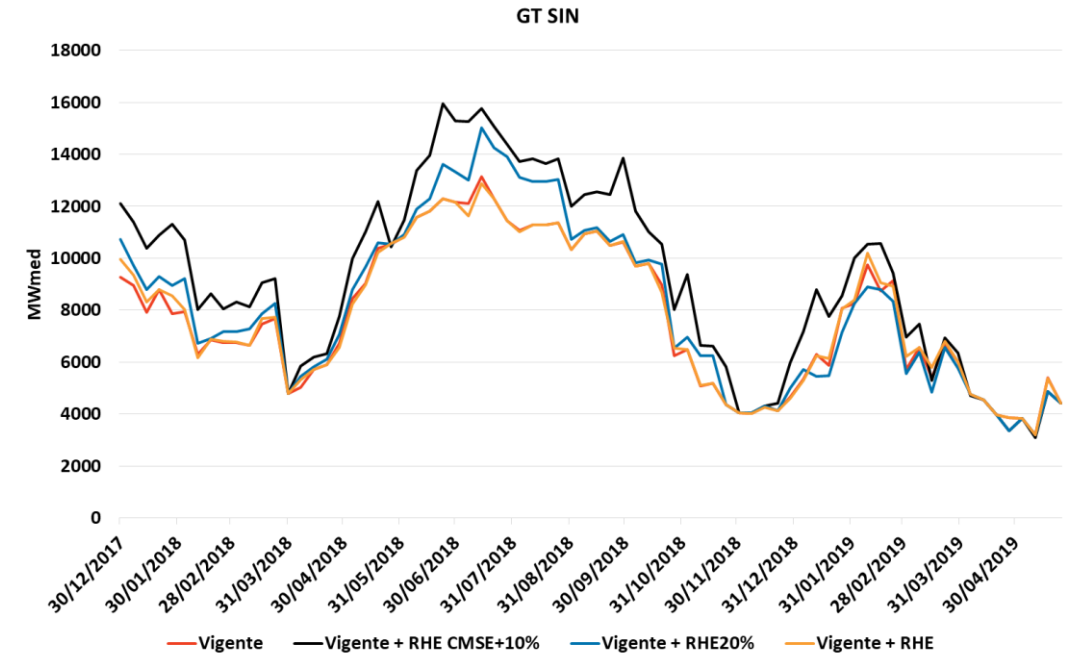
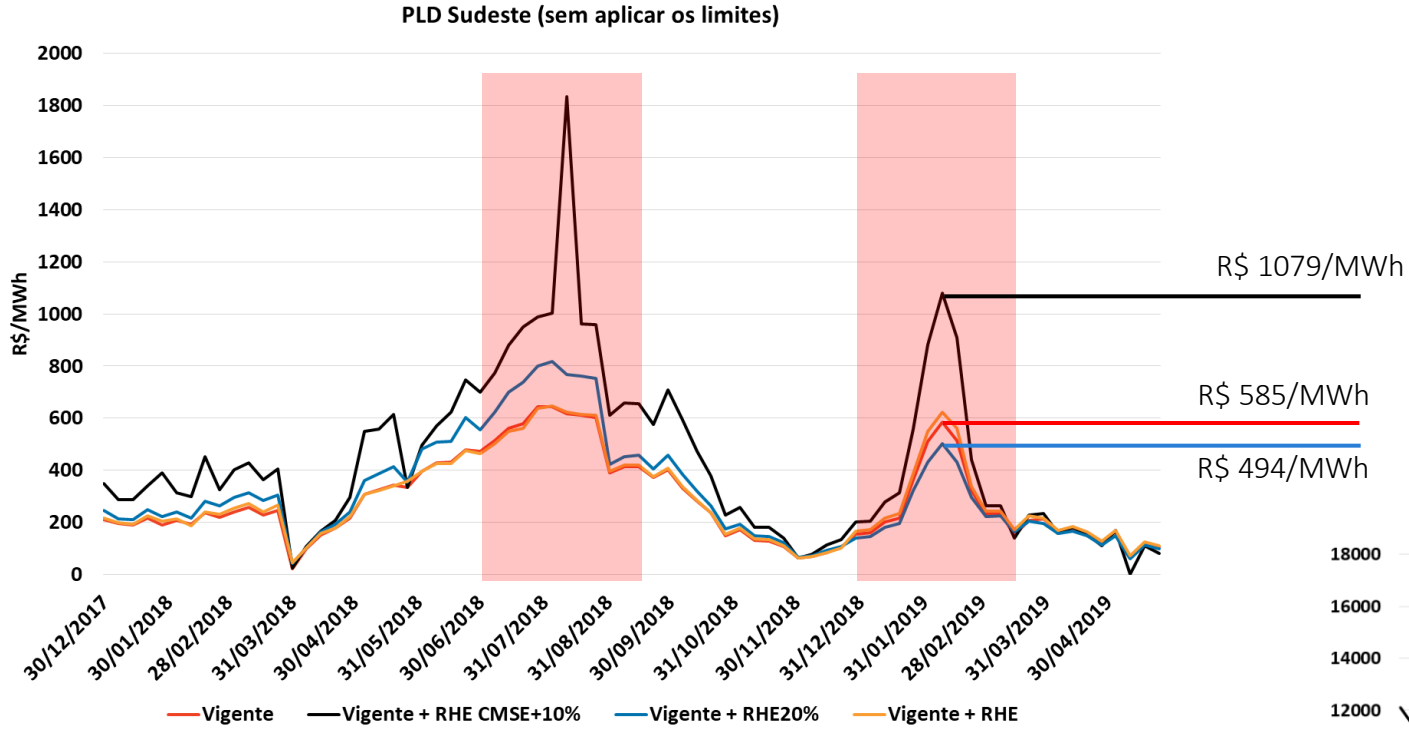


SE

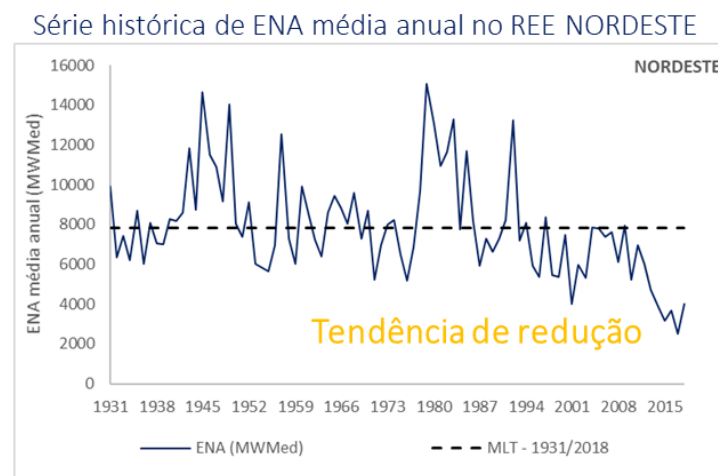
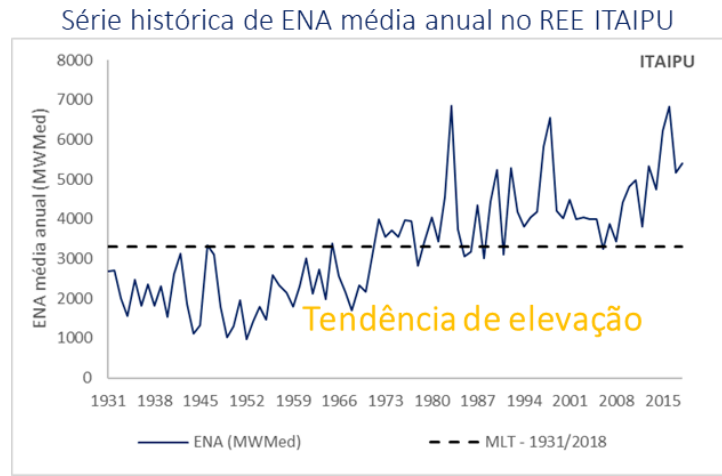


S





- Alterações no comportamento hidrológico nos anos mais recentes
- Necessidade de melhor representar a hidrologia nos modelos computacionais



Proposta: Modelo PAR(p)-A

Consideração de uma parcela anual na construção de cenários hidrológicos além da tendência hidrológica dos p meses mais recentes já consideradas pelo modelo PAR(p)

Altera a geração de cenários no GEVAZP

$$\phi^m(B) \left(\frac{Z_t - \mu_m}{\sigma_m} \right) + \psi^m \left(\frac{A_{t-1} - \mu_{m-1}^A}{\sigma_{m-1}^A} \right) + a_t$$

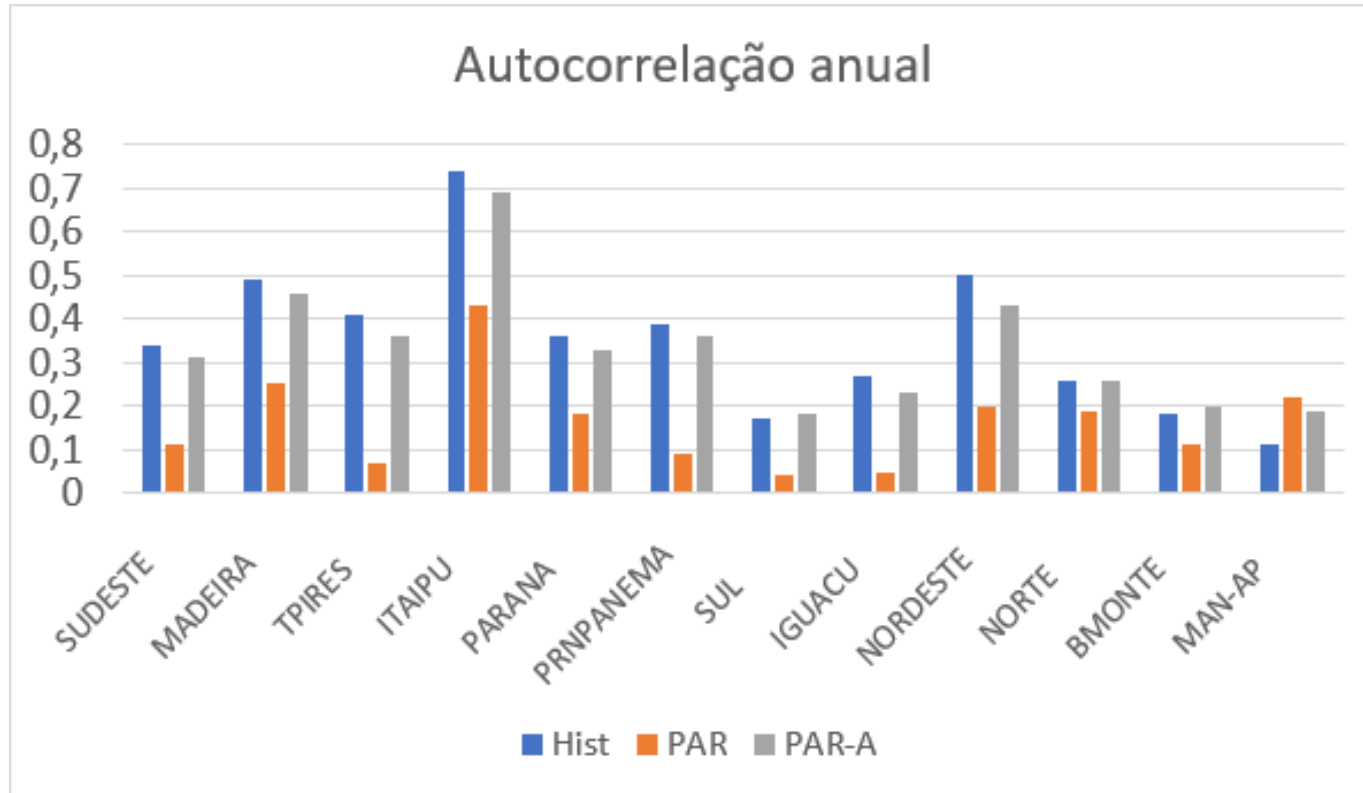
$$A_{t-1} = \sum_{\tau=1}^{12} \frac{Z_{t-\tau}}{12}$$

$\phi^m(B) = (1 - \phi_1^m B - \dots - \phi_p^m B^{p_m});$
 B é o operador defasagem no estágio t . $B Z_t = Z_{t-1};$
 Z_t é a variável aleatória do processo estocástico no estágio $t;$
 μ_m é a média do processo estocástico do período m correspondente ao estágio $t;$
 σ_m é o desvio-padrão do processo estocástico do período m correspondente ao estágio $t;$
 A série a_t não correlacionada temporalmente é independente de Z_t , possui média zero e variância $\sigma_a^{z^{(m)}}$.

Referência: **CEPEL 2020**, “Relatório Técnico 1416/2020 - Proposta Metodológica para o Aprimoramento da Memória de Modelos Auto-Regressivos Periódicos”.

- A autocorrelação anual com o PAR(p)-A se aproxima mais do histórico do que o modelo vigente PAR(p)

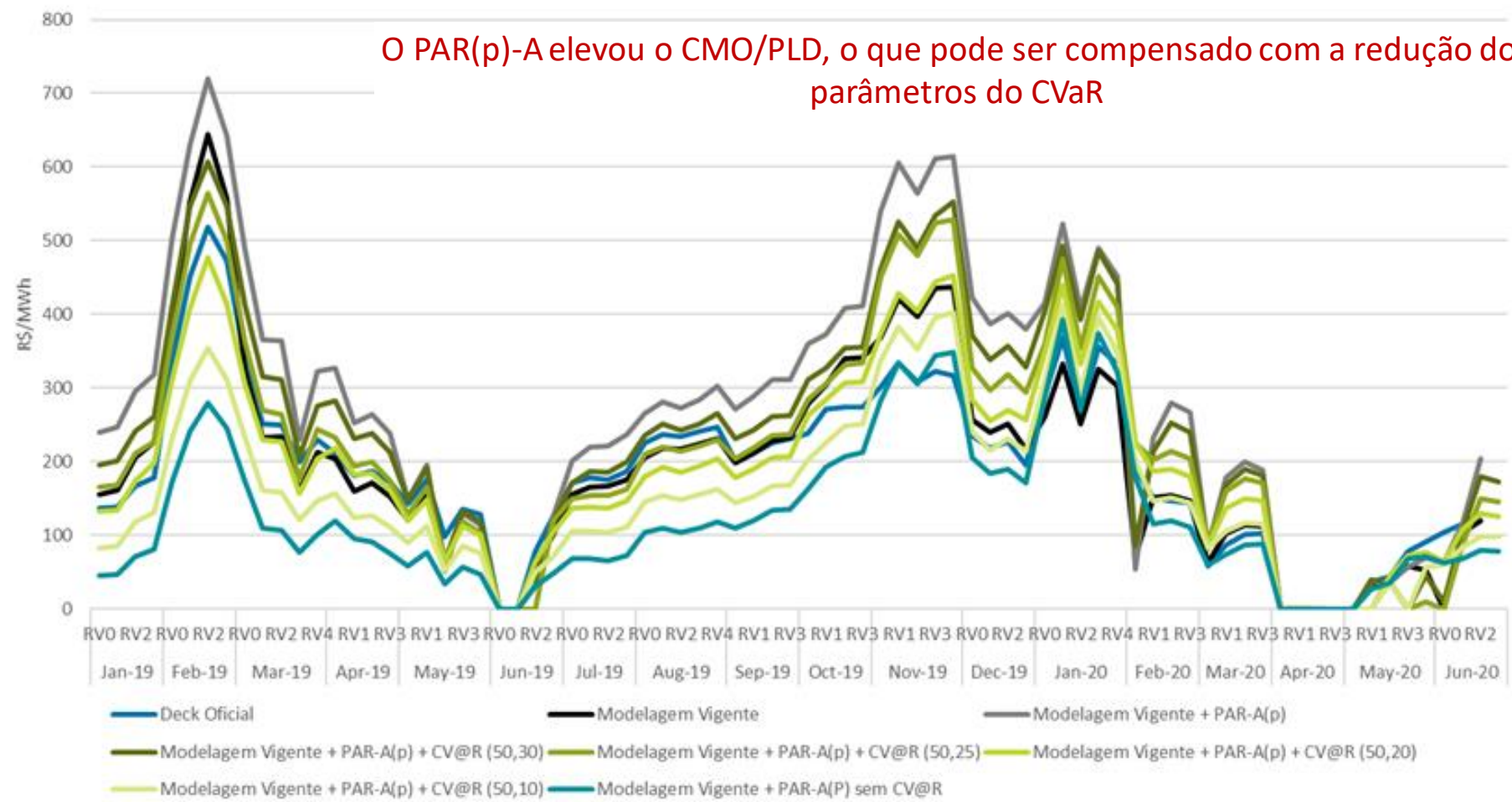
PMO Maio/2019



A metodologia **PAR(p)-A** permite a geração de cenários de afluências que melhor representam a hidrologia recente

Janeiro/2019 a Junho/2020

PLD Sudeste (sem limitação de piso e teto)



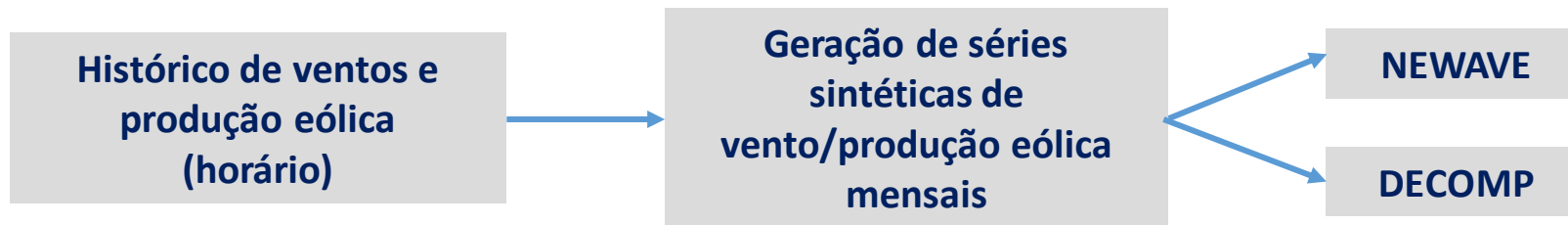
Modelagem das fontes intermitentes (eólica) nos modelos NEWAVE, GEVAZP e DECOMP

Motivação: Representar mais adequadamente as fontes renováveis variáveis que estão em plena expansão no SIN

Processo atual : Previsão da geração eólica é considerada com base na média mensal do histórico dos últimos cinco anos de geração líquida disponibilizada ao SIN de cada usina, agregada por subsistema, por mês e por patamar de carga, para todo o horizonte de planejamento - Resolução ANEEL nº 843/2019.

Ampliação do escopo com pesquisa de outras metodologias disponíveis na academia

Proposta em desenvolvimento pelo CEPEL



Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Agrupamentos Estatísticos dos Regimes de Ventos

Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica (Acoplamento Espacial)

Obtenção de Produção Eólica Mensal no Algoritmo PDDE (NEWAVE)

Propostas metodológicas de agentes e instituições no workshop do 28/10 e estão sendo analisadas juntamente com a proposta original do CEPEL

CEPEL – Metodologia de representação de geração eólica no modelo Newave

Diferencial Energia – Modelo de Previsão e Simulação Mensal da Geração Eólica: estudo empírico de um parque eólico no Ceará

INPE – Séries Temporais de Longo Prazo para Suporte a Prognóstico de Geração Fotovoltaica e Eólica no SIN

PSR – A Bayesian Approach for Variable Renewable Energy and Hydro Inflows Stochastic Modeling: The Time Series LabTool

UFPR – Modelagem da complementariedade hidro-eólica no Brasil. Uma abordagem a partir de funções cópula

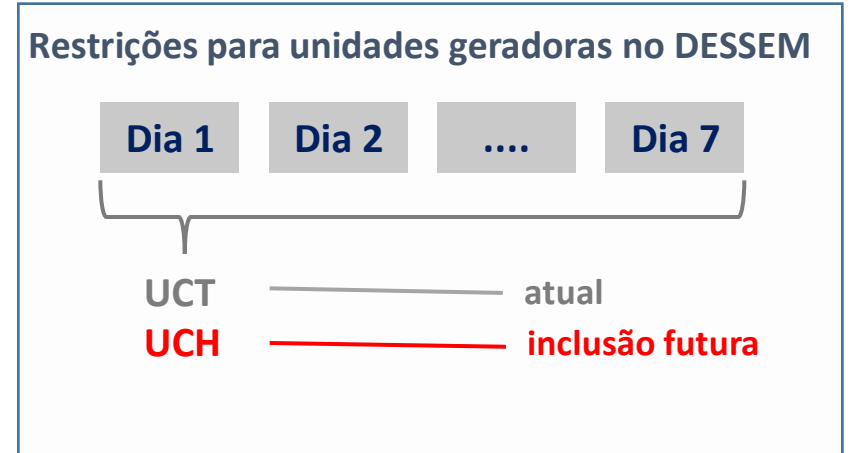
PUC-Rio – Including Wind Power Generation in Brazil's Long-Term Optimization Model for Energy Planning

PUC-Rio – Modelagem de Fontes Renováveis Intermitentes

Motivação: Aprimorar restrições das unidade geradoras das usinas hidrelétricas de forma a representar melhor a realidade física do sistema.

Proposta do CEPEL:

- A **função de produção** das usinas hidroelétricas (FPHA) será compatibilizada com os recentes aprimoramentos introduzidos no DECOMP
 - ✓ Polinômios por partes para o nível de jusante
 - ✓ Rendimento da turbina variável com a altura de queda e vazão
 - ✓ Perdas nos condutos em função da vazão turbinada
- Representação da **faixa de operação** (turbinamento/geração mínima) em que cada unidade geradora não pode operar
- Condições adicionais para partida/parada das unidades



▶ **Obrigado**