



# P&D Lynx



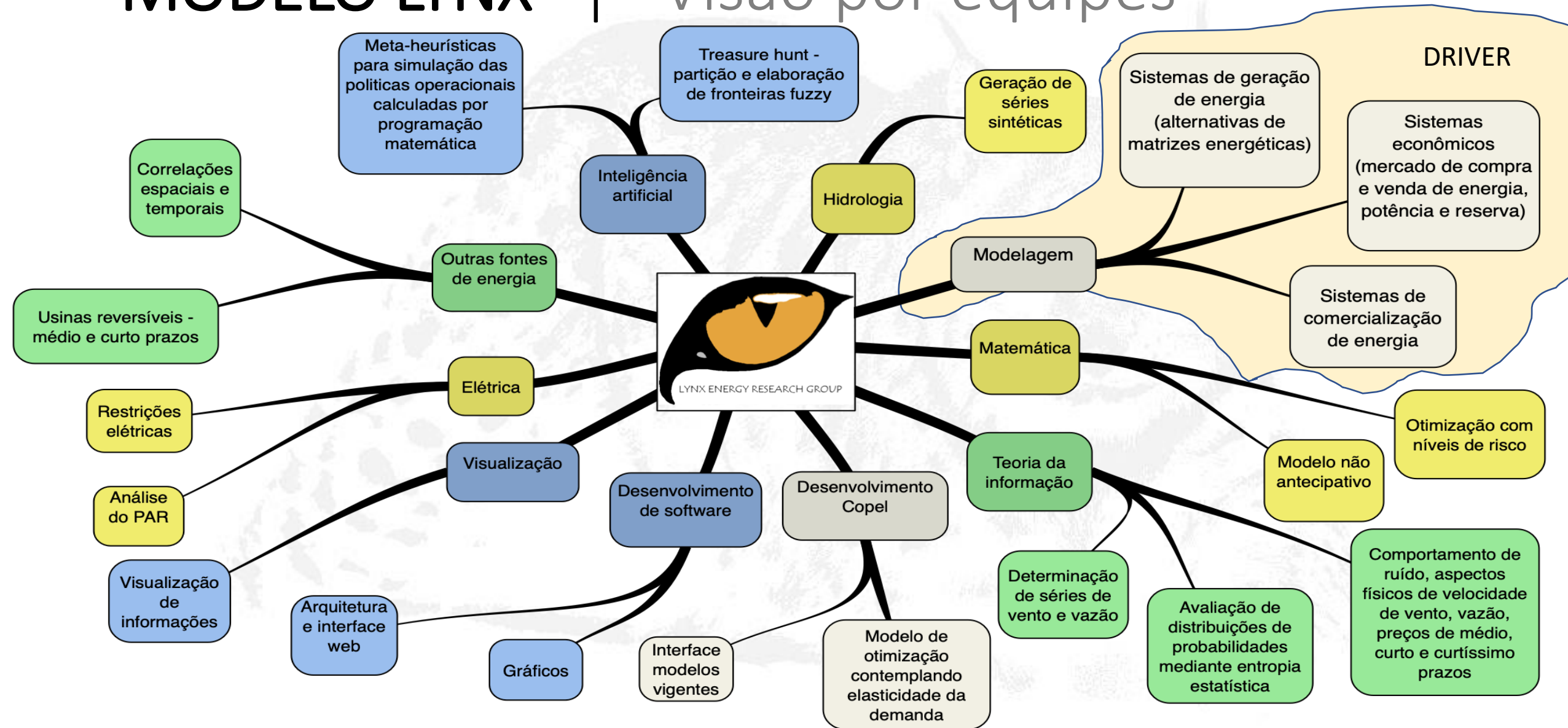
*Projeto Lynx – Otimização em Larga Escala Aplicada ao Despacho Hidrotérmico Brasileiro: Modelos Hierárquicos de Operação e Planejamento de Médio e Curto Prazos com Integração de Energia e Potência*

PD-06491-0307-2013



# MODELO LYNX

# Visão por equipes



# Sistema gerador | Dados de entrada

## Fontes



Operador Nacional  
do Sistema Elétrico



ccee

Câmara de Comercialização  
de Energia Elétrica



# Hidrelétricas | Dados de entrada

CONFHD.DAT

- Parque gerador UHEs
- Códigos postos de vazão e UHEs
- Volumes iniciais
- Datas do histórico de vazões

VAZOES.DAT

- Séries hidrológicas

HIDR.DAT

- Inventário UHEs
- Subsistemas UHEs

# Hidrelétricas | Dados de entrada

EXPH.DAT

- Expansão do parque gerador UHEs

MODIF.DAT

- Modificações inventário UHEs
- Valores temporários operacionais UHEs

DSVAGUA.DAT

- Usos consuntivos reservatórios UHEs
- Vazões remanescentes UHEs

GHMIN.DAT

- Geração mínima UHEs

# Sistema | Dados de entrada

SISTEMA.DAT

- Limites de intercâmbio entre subsistemas
- Demandas dos subsistemas
- Usinas não simuláveis individualmente

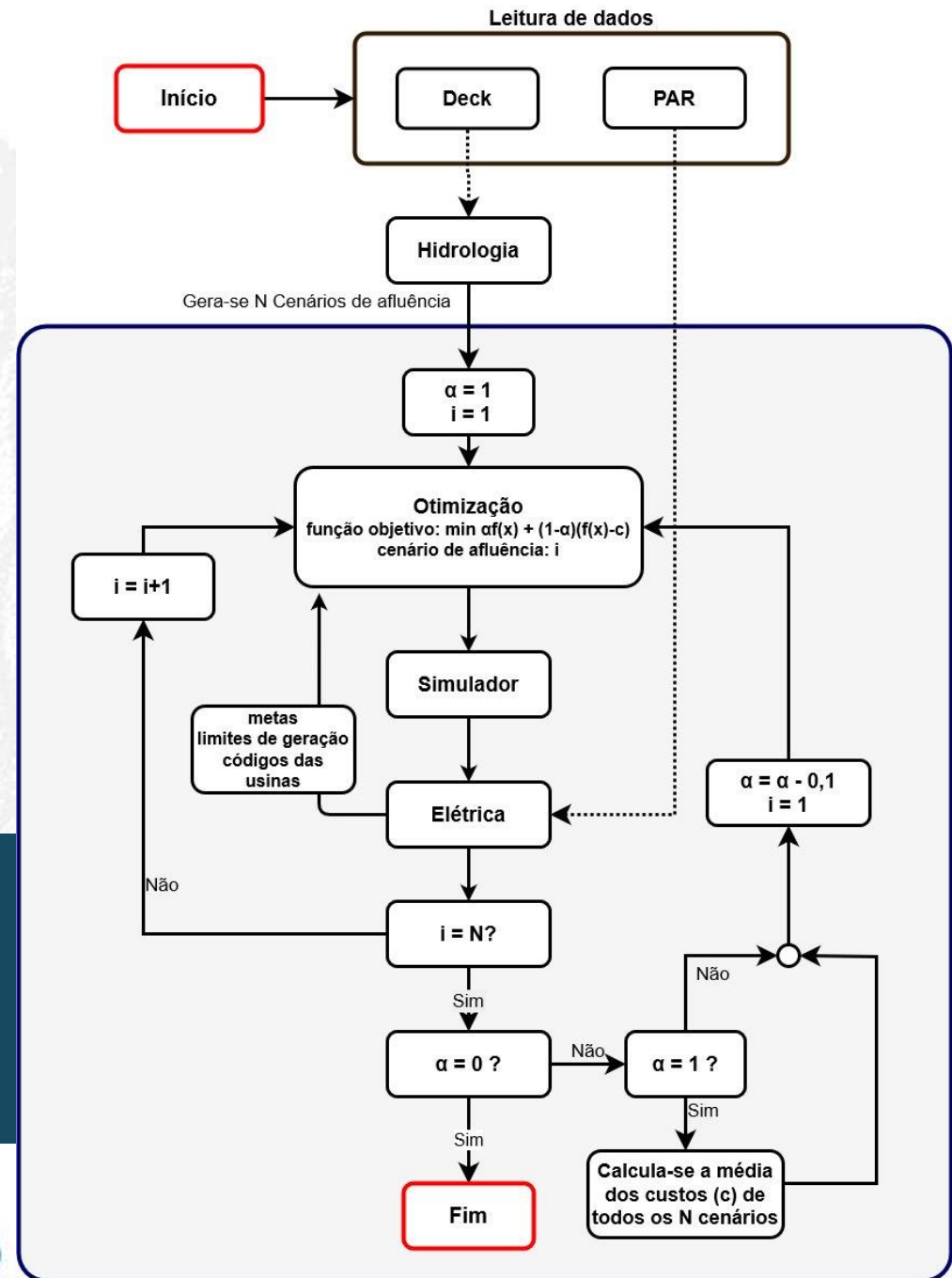
PATAMAR.DAT

- Duração mensal dos patamares
- Coeficientes para patamarização da demanda

C\_ADIT.DAT

- Demandas adicionais aos subsistemas

# Fluxograma do Modelo LYNX





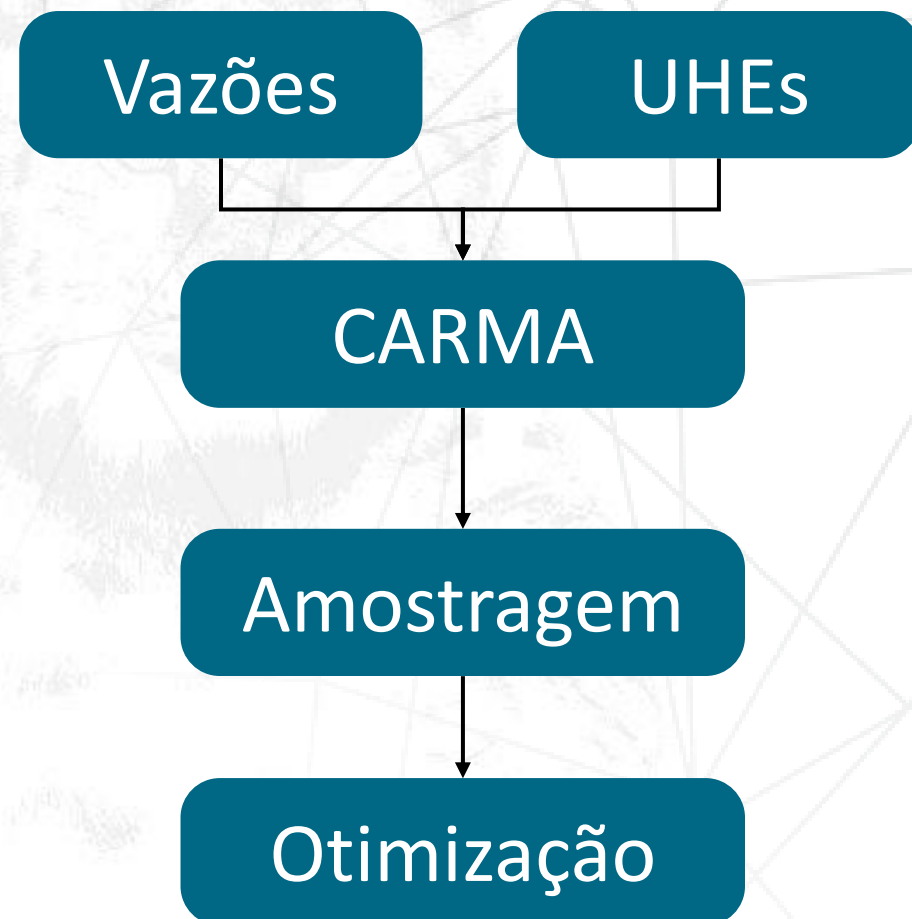
# Modelagem hidrológica | Premissas

## Séries de vazões médias mensais

- históricas atualizadas e tornadas estacionárias – 1931 a 2017

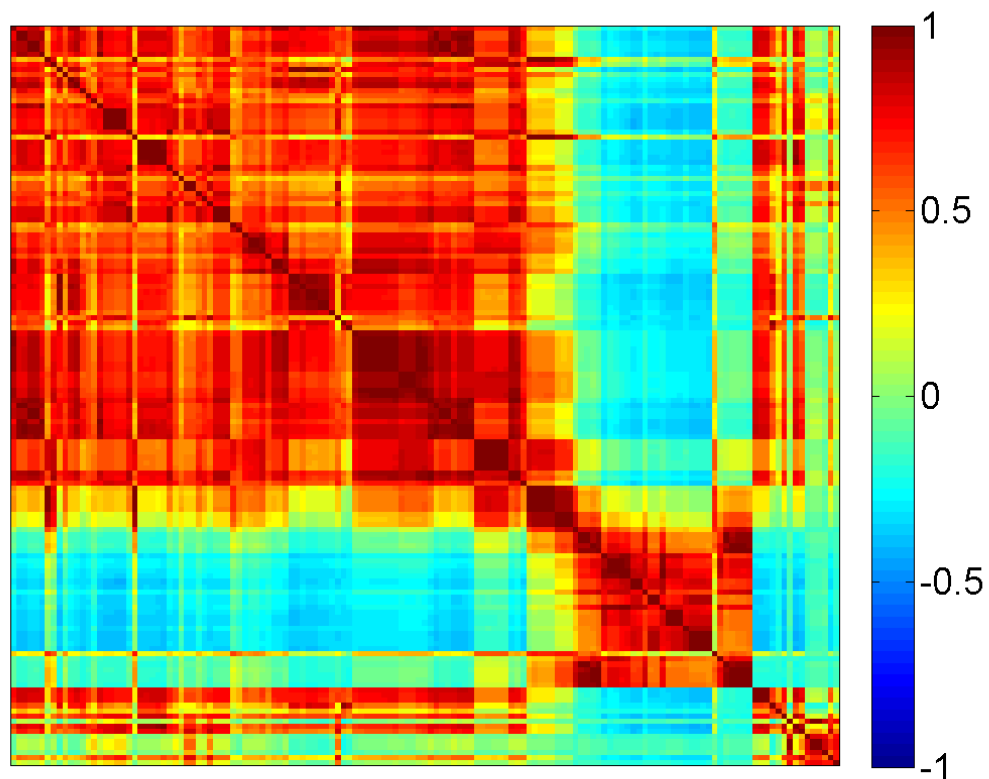
## Modelo CARMA + amostragem

- 60 meses
- 3000 séries sintéticas
- 200 séries amostradas

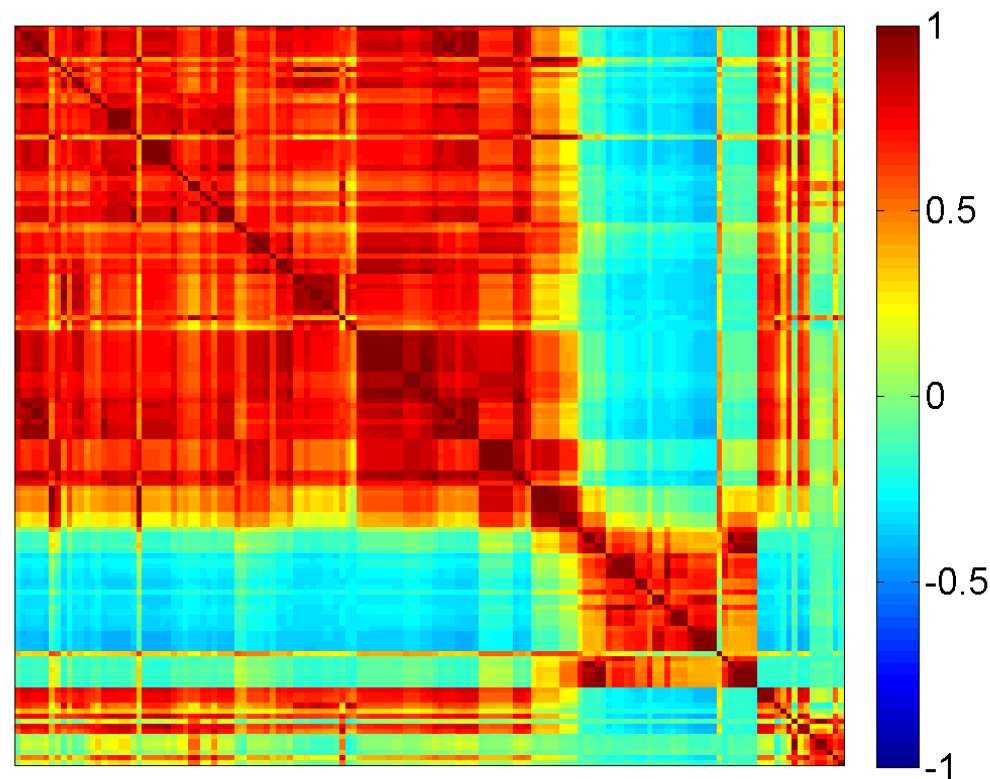


# Resultados

Correlações espaciais – modelo geral → **validação**

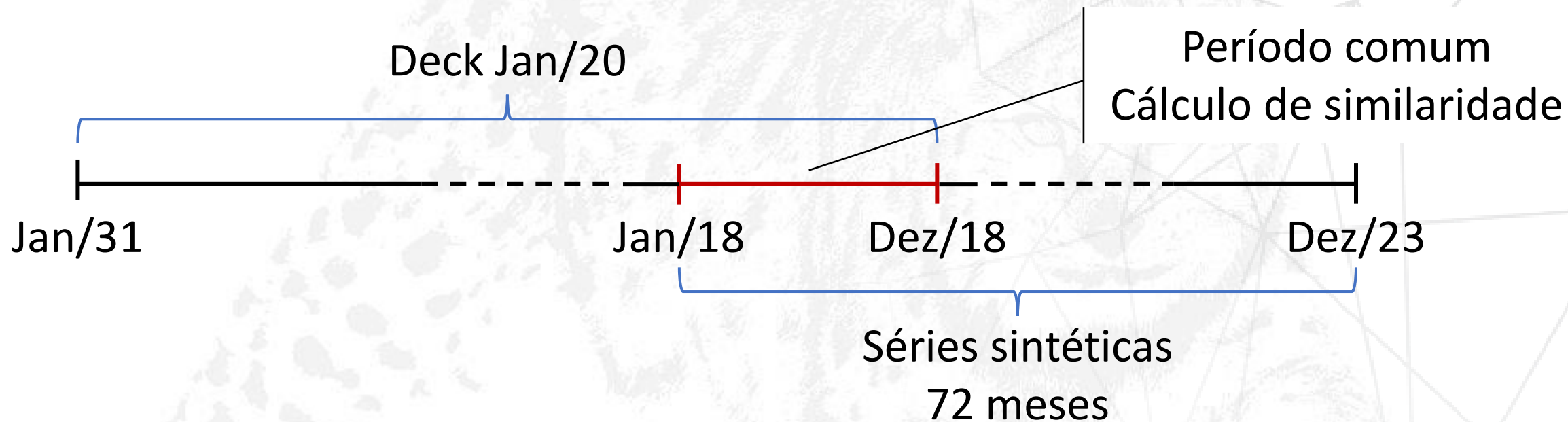


Históricas



Sintéticas

# Amostragem



Critério de similaridade – Estatística multivariada

# Médio prazo - Modelagem

$$\text{minimizar } \alpha \left( \sum_{t=1}^T C_t \right) + (1 - \alpha) \left( \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T \|C_t - \bar{c}_t\|^2 \right)$$

*Sujeito a:*

$$\begin{aligned} & \left( 1 + \frac{aEVP_{r,t}}{2} \right) V_{r,t} \\ & = \left( 1 - \frac{aEVP_{r,t}}{2} \right) V_{r,t-1} - bEVP_{r,t} + \frac{\text{seg m\hat{e}s}(t)}{10^6} \left( \sum_{l \in M_r} (QC_{l,t} + QVT_{l,t}) - QC_{r,t} - QVT_{r,t} + Y_{r,t} - \sum_{l \in M_t} Y_{l,t} \right) \end{aligned}$$

$$\sum_{j \in J_s} GT_{j,t} + \sum_{r \in R_s} GH_{r,t} + \sum_{i \in I_s} (INT_{i,t}) = D_{s,t} - DEF_{s,t}$$

$$QVT_{r,t} + QC_{r,t} \geq QMIN_{r,t}; GTMIN_{j,t} \leq GT_{j,t} \leq GTMAX_{j,t}; VMIN_{r,t} \leq V_{r,t} \leq VMAX_{r,t}$$

$$QCMIN_r \leq QC_{r,t} \leq QCMAX_r; 0 \leq QVT_{r,t} \leq QVTMAX_r; INTMIN_{i,t} \leq INT_{i,t} \leq INTMAX_{i,t}; 0 \leq DEF_{s,t}$$

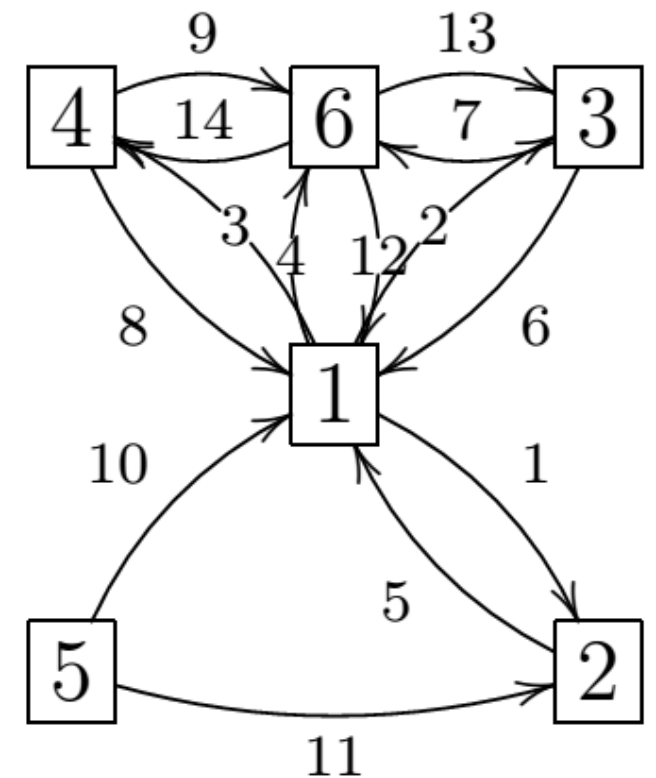
# Médio prazo - Modelagem

- Custo mensal da operação:

$$C_t = \lambda_t \left( \sum_{j=1}^J CT(GT_{j,t}) + \sum_{s=1}^S \left( CD(DEF_{s,t}) + \sum_{n \in \Omega_s} C_{int_{s,n}} \times INT_{(s,n),t} \right) \right)$$

# Médio prazo - Modelagem

- $\sum_{j=1}^J CT(GT_{j,t})$  - Custo das usinas térmicas individualizadas (Newave)
- $\sum_{s=1}^S \left( CD(DEF_{s,t}) \right)$  - Custo de déficit por subsistema (ANEEL)
- $\sum_{s=1}^S \left( \sum_{n \in \Omega_s} C_{int_{s,n}} \times INT_{(s,n),t} \right)$  - Penalidade



# Testes

1º Teste – sem a consideração – **199 problemas resolvidos**

2º Teste – consideração – **160 problemas resolvidos**

- desvio – modifica as afluências
- modif – modifica as usinas hidrelétricas
  - Variação nos limites inferiores e superiores do volume dos reservatórios
- expt – modifica as usinas termelétricas
  - Custo de geração térmica variável
  - Custo de geração térmica zerado

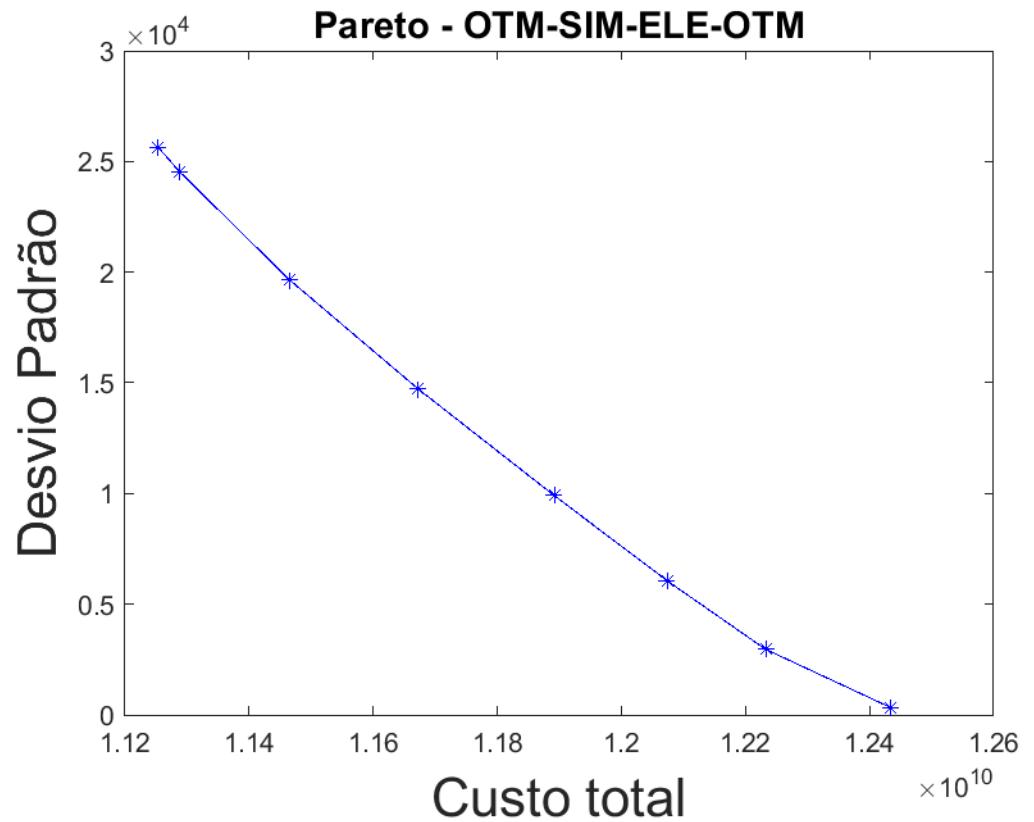
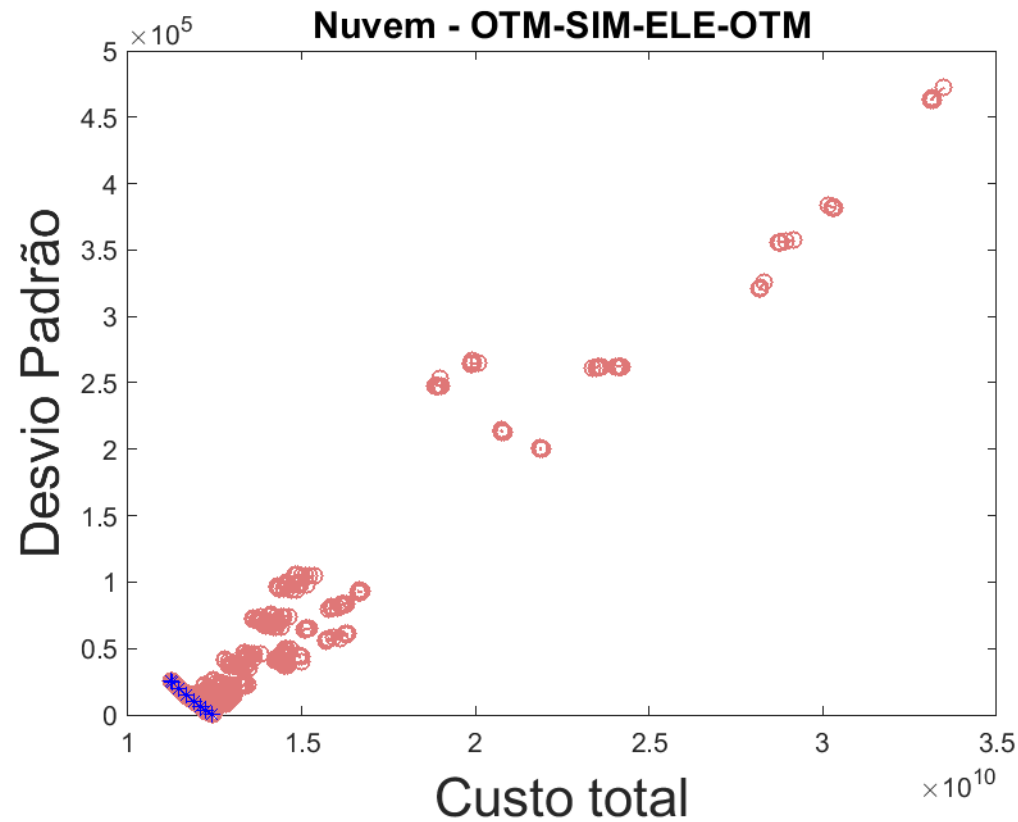
# Considerações

- 147 usinas hidrelétricas
- 125 usinas térmicas
- Evaporação – *aproximada na otimização e não linear no simulador*
- Reservatórios no primeiro mês – dados do deck
- Reservatórios no último mês com no mínimo 70% da sua capacidade máxima
- Medida de risco ( $\alpha = 0, 0.1, \dots, 1$ )
- 200 séries de afluência sintéticas
- Deck do NEWAVE – **março de 2020** – 58 períodos



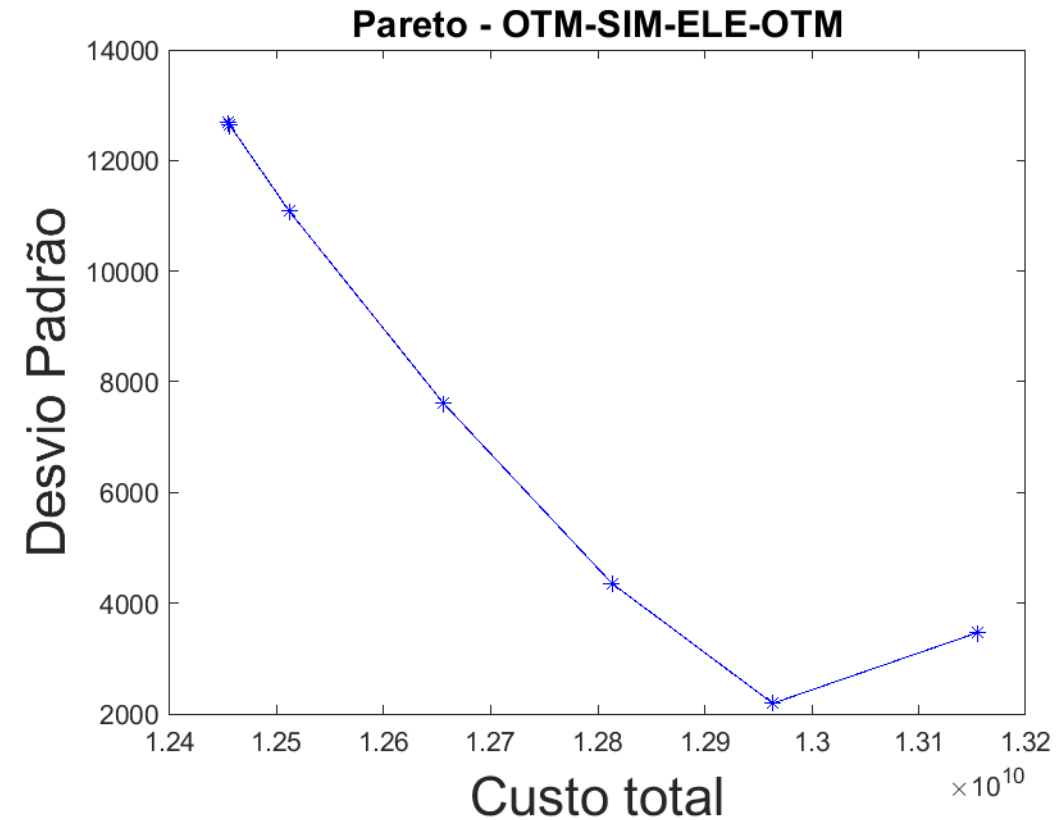
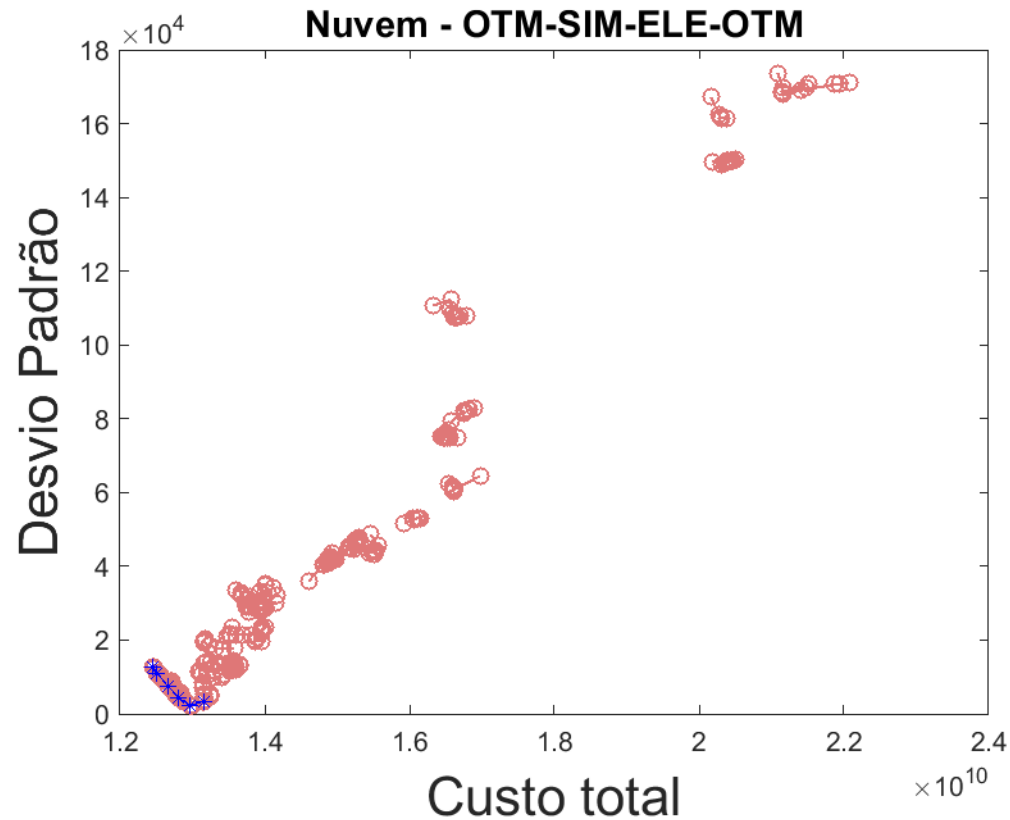
# Nuvem de Soluções – 1º Teste

*Sem a consideração dos arquivos desvio, modif, expt*



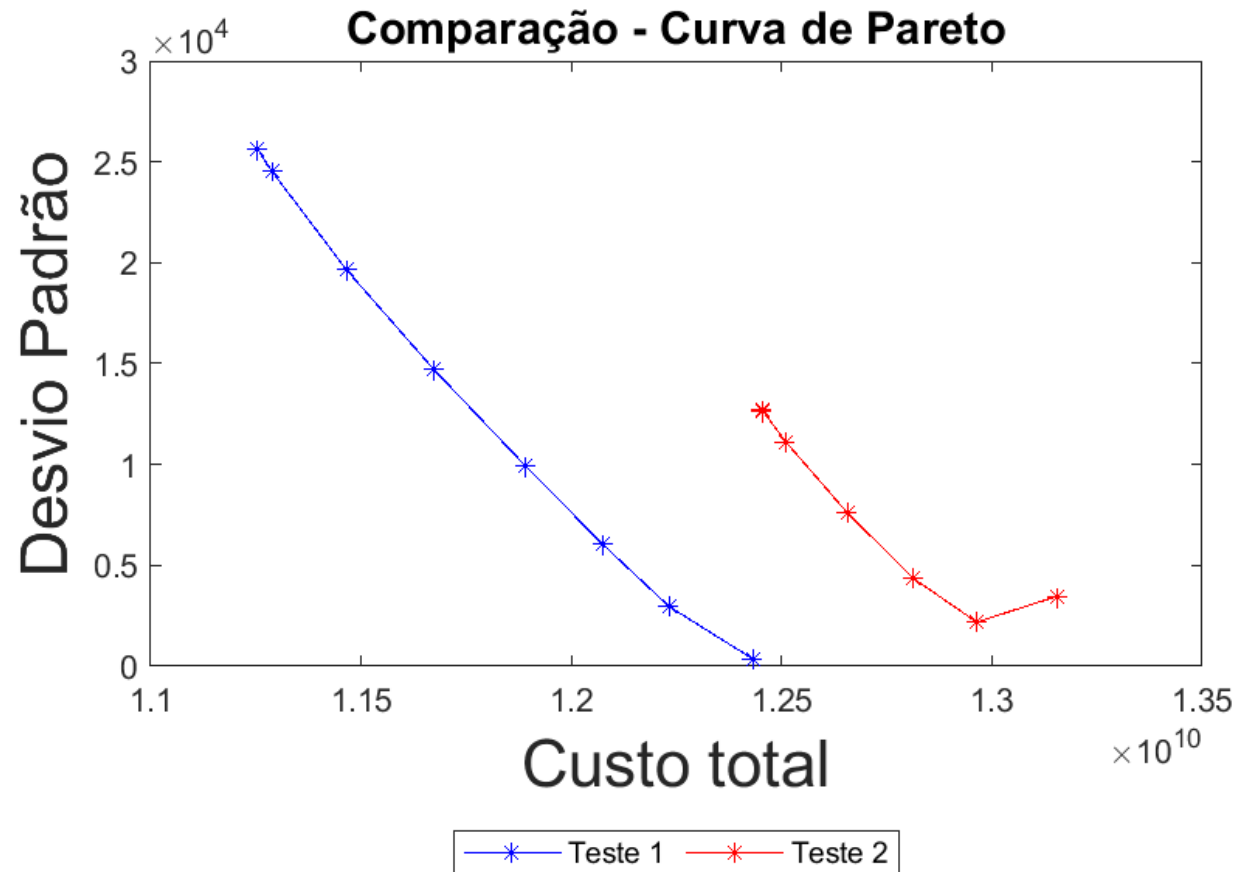
# Nuvem de Soluções – 2º Teste

*Com a consideração dos arquivos desvio, modif, expt*



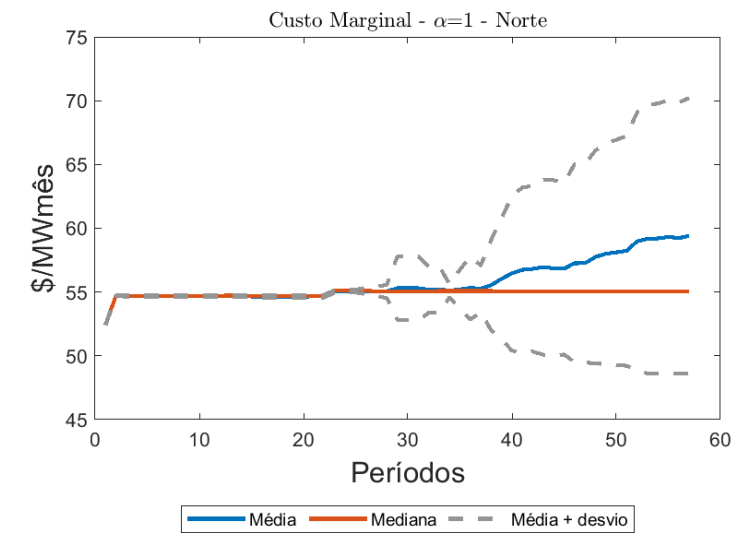
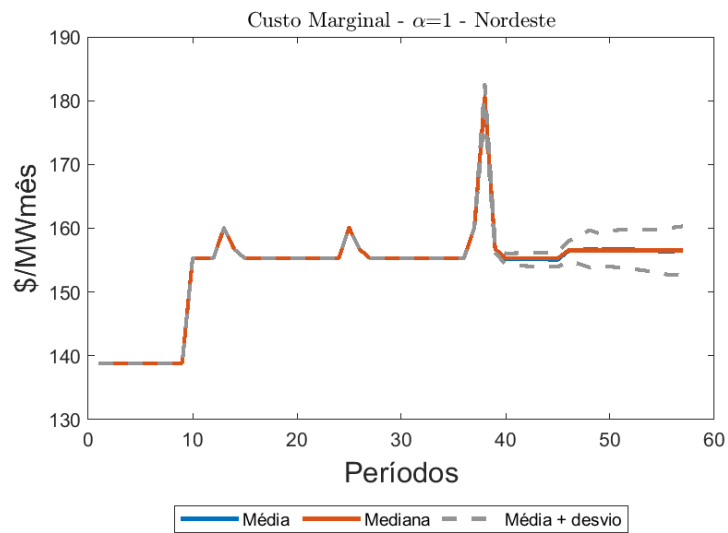
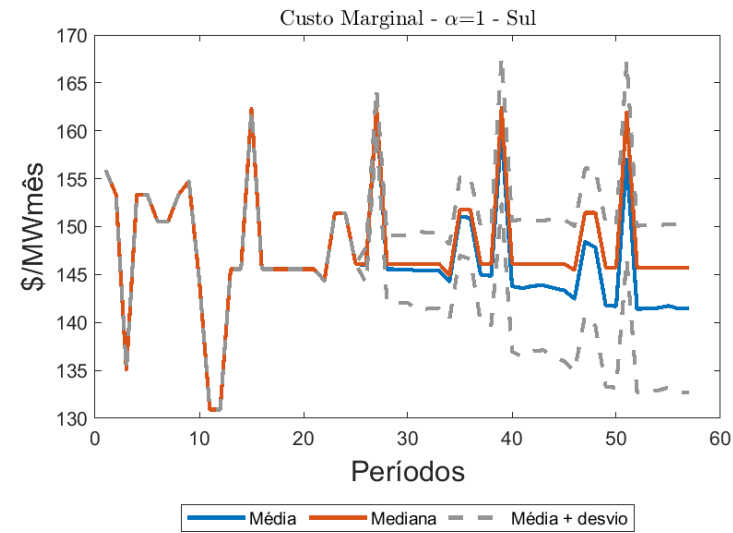
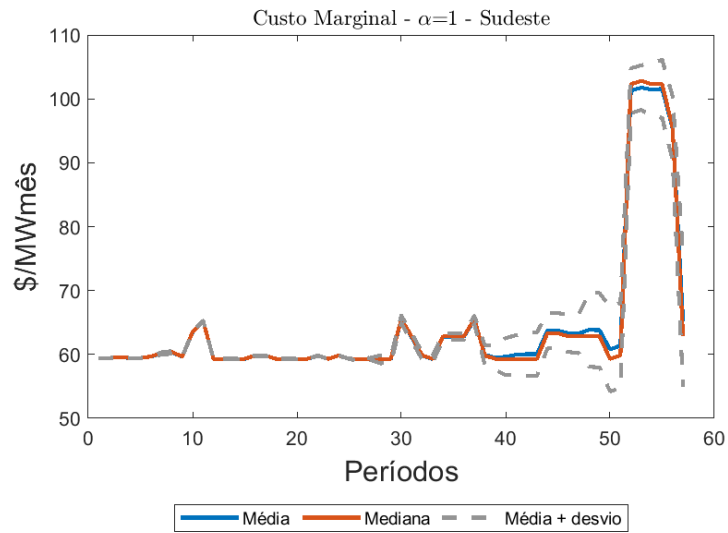
# Nuvem de Soluções

## *Comparação dos testes*



# Resultados Parciais Médio Prazo / MÉTRICA – CUSTO MARGINAL

*Todas as séries separadas por  $\alpha$*



# MODELO LYNX | Sliding Window

- Resultado do modelo Lynx – Sliding Window
  - Emula-se a operação real, uma decisão a cada mês
  - Validação para período iniciando em Março 2012 (Deck de Março de 2020)
  - Modelo é atualizado e nova otimização é feita
  - Comparação com o modelo vigente rodado pelos colegas da Copel G&T
    - Modelo vigente – 6 meses
    - Modelo LYNX – 12 meses
  - Não são utilizados níveis de risco
  - Na operação, o nível de risco pode variar a cada tomada de decisão

