



UNIFEI  
Universidade Federal de Itajubá



# Análise da Contratação de um Agente Hidráulico no Mercado de Energia Elétrica

Gerson Negrão  
Michel Silva Jr.  
Eduardo Guardia  
Grupo VI – GCR

## RESUMO DO TRABALHO

- Ferramenta de *hedge* para um Gerador Hidráulico participante do MRE;
- Determinar a proporção da Garantia Física a ser comprometida em contratos bilaterais no período futuro de interesse;
- Simulações utilizando Metodologias de Aversão ao Risco para todos os níveis de contratação;



## CONTEXTUALIZAÇÃO

*Hedge*: Visa a redução de riscos contra as variações de preço

Principais incertezas no planejamento energético do GH:

- Preço da Energia

PLD:

- CMO – Custo para se produzir o próximo MWh
- Alta Volatilidade

- Geração:

- Disponibilidade de água nos reservatórios
- Despacho Centralizado
  - Minimizar custo total de operação (menor CMO possível)



## CONTEXTUALIZAÇÃO

MRE - Compartilhamento do Risco Hidrológico

GSF (Generation Scaling Factor):

- Fator de ajuste do MRE;
- Relação entre Energia Gerada Total e Garantia Física Total

$$GSF = \frac{GH_{total\ efetiva}}{GF_{total\ MRE}}$$

TEO (Tarifa de Energia de Otimização)

# RECEITA DO GERADOR HIDRÁULICO

$$R = P_i \cdot E_i + PLD \cdot (G_t - E_i) - \text{cop} \cdot G_t$$

Usina participante do MRE:

Onde:

$G_t = E_{\text{aloc}} = GF \cdot GSF$   
 $R$  – Receita do gerador hidráulico

$P_i$  – Preço da energia em contratos futuros  $i$

$E_i$  – Volume de energia contratada em contratos futuros  $i$

$PLD$  – Preço da energia no mercado *spot*

$GSF$  – Fator de ajuste do MRE (*Generation Scaling Factor*)

$G_t$  – Geração hidrelétrica total do gerador

$\text{cop}$  – Custo de operação variável da usina

# RECEITA DO GERADOR HIDRÁULICO

$$R = P_i \cdot E_i + PLD \cdot (G_t - E_i)$$

Usina participante do MRE:

$$G_t = E_{aloc} = GF \cdot GSF$$

Onde:  $R_t = P_i \cdot E_i + PLD \cdot (E_{aloc} - E_i)$

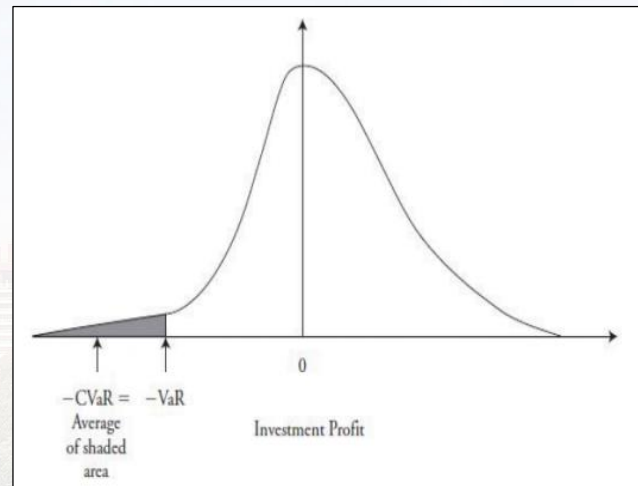
$GF$  – Garantia Física da usina  
Finalmente, os  $t$  meses e  $s$  séries :

$GSF$  – Fator de ajuste do MRE (*Generation Scaling Factor*)

$$R_{is} = P_i \cdot E_i + PLD_{is} \cdot (GF \cdot GSF_{is} - E_i)$$

Estimativa da máxima perda potencial;  
 $\alpha = 5\%$ : quinto percentil da distribuição empírica;

Quantifica os resultados piores que o  $VaR$ ;  
Existência de ponto ótimo, sem múltiplos extremos locais;





## ESTUDO DE CASO

---

Usina fictícia, submercado SE/CO, GF=250 MW e participante do MRE NEWAVE – séries equiprováveis conjuntas de CMO e Geração Hidráulica

Cálculo do PLD:

- 200 séries de CMO
- Limite mínimo: 33,68 R\$/MWh - Maior valor entre custos de Itaipu e a Receita Anual de Geração c/ CFURH
- Limite máximo: 533,82 R\$/MWh – CVU da UTE Mário Lago





## ESTUDO DE CASO

---

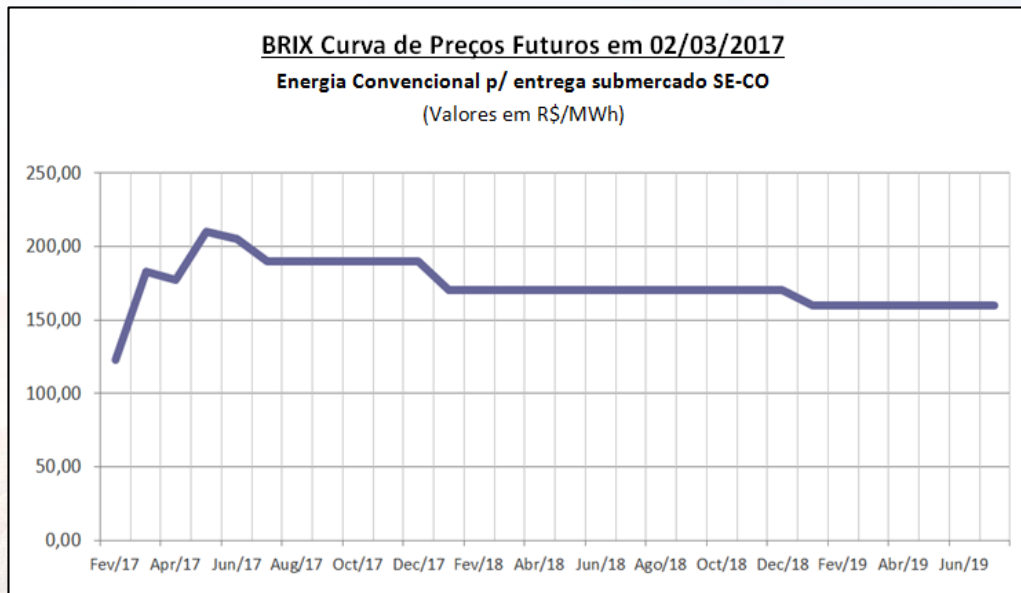
Usina fictícia, submercado SE/CO, GF=250 MW e participante do MRE NEWAVE – séries equiprováveis conjuntas de CMO e Geração Hidráulica

Cálculo do GSF:

- 200 séries de Geração Hidráulica total do sistema
- Garantia Física total líquida do MRE – Expansão, FID, consumo interno
- Geração das PCHs não despachadas e participantes do MRE



# CURVA FORWARD

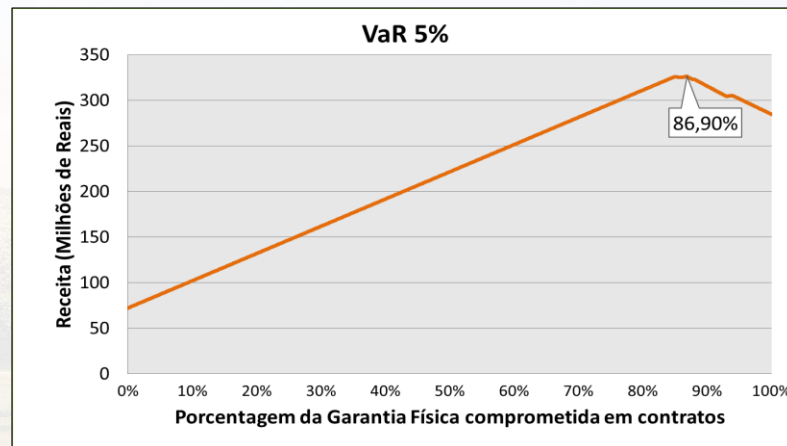
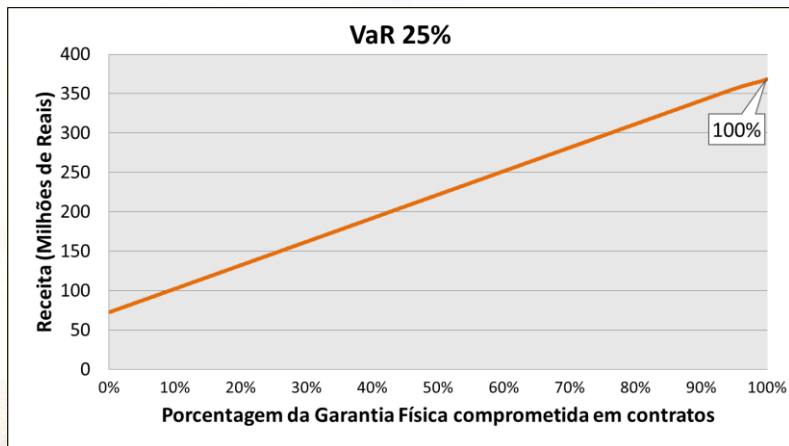


FONTE: BRIX

$$R_{is} = P_i \cdot E_i + PLD_{is} \cdot (GF \cdot GSF_{is} - E_i)$$

# SIMULAÇÕES PARA OS NÍVEIS DE CONTRATAÇÃO

$$R_{is} = P_i \cdot E_i + PLD_{is} \cdot (GF \cdot GSF_{is} - E_i)$$







## CONSIDERAÇÕES FINAIS


- Realizado estudo sobre as principais variáveis impactantes na receita de um Gerador Hidráulico;
- Importância da avaliação de risco no planejamento de um GH:
  - Evita grandes perdas de receita em caso de baixo GSF
- Medidas de risco estudadas apresentaram bom desempenho;
- Métrica CVaR: Resultado mais confiável para um perfil conservador
  - Considera também a média dos resultados piores que *alpha*
  - Proporciona análise de risco mais sólida

**Gerson Negrão**  
**Michel Silva Jr.**  
**Eduardo Guardia**

---

 (11) 3175-6032

 (35) 99156-4383

 [gerson.negrao@ccee.gov.br](mailto:gerson.negrao@ccee.gov.br)