



GRUPO VI

GRUPO DE ESTUDO DE COMERCIALIZAÇÃO, ECONOMIA E REGULAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCR

OTIMIZAÇÃO ESTOCÁSTICA DE PORTFOLIOS DE PARQUES EÓLICOS E CONTRATOS NO BRASIL

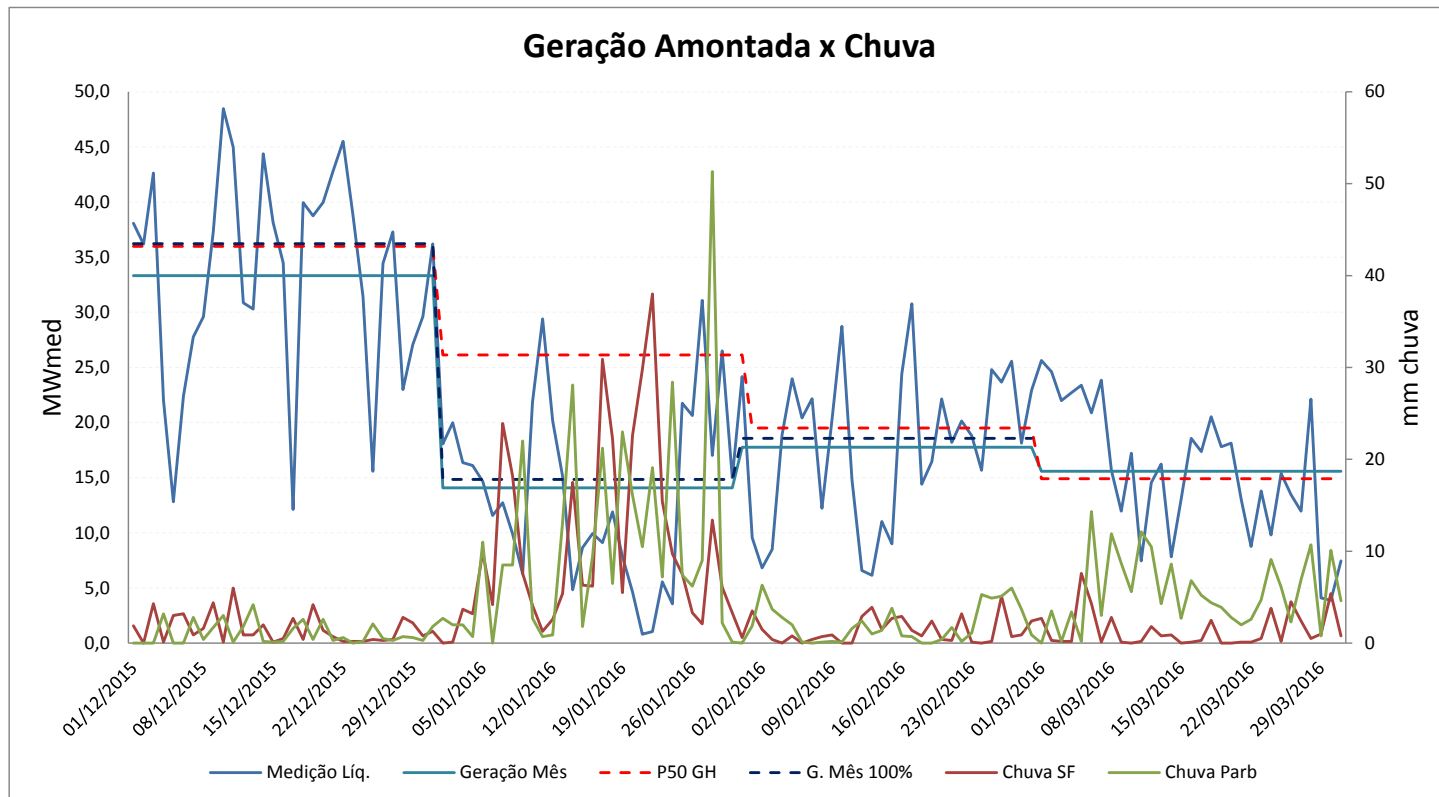
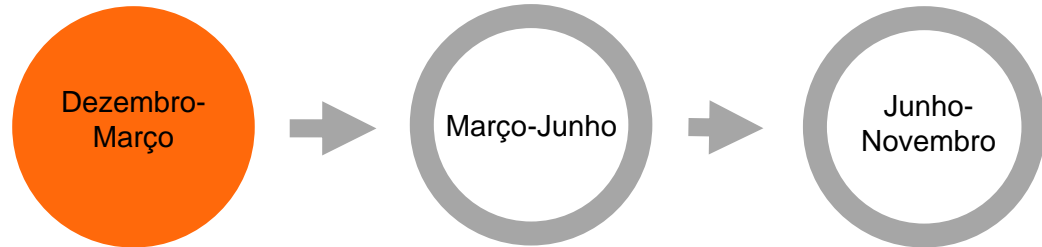
Leonardo Lima Gomes (*)
PUC-Rio

Leonardo Freire
QGE

Cristina Pimenta de Mello Spinetti Luz
PUC-Rio

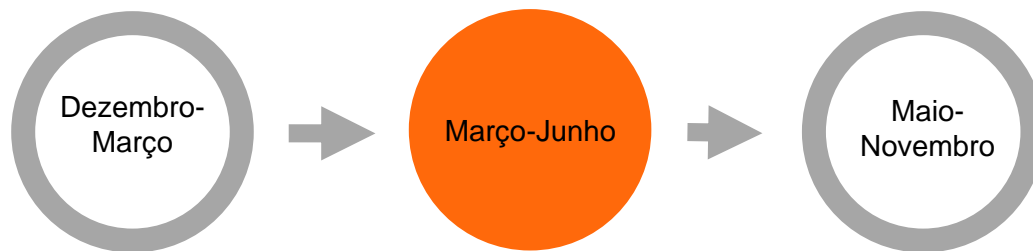
Modelagem Energia Eólica

Em 3 Modelos

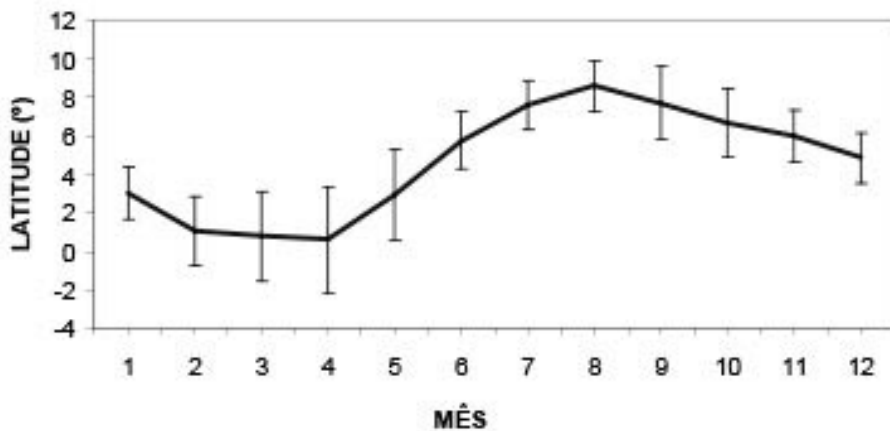


Modelagem Energia Eólica

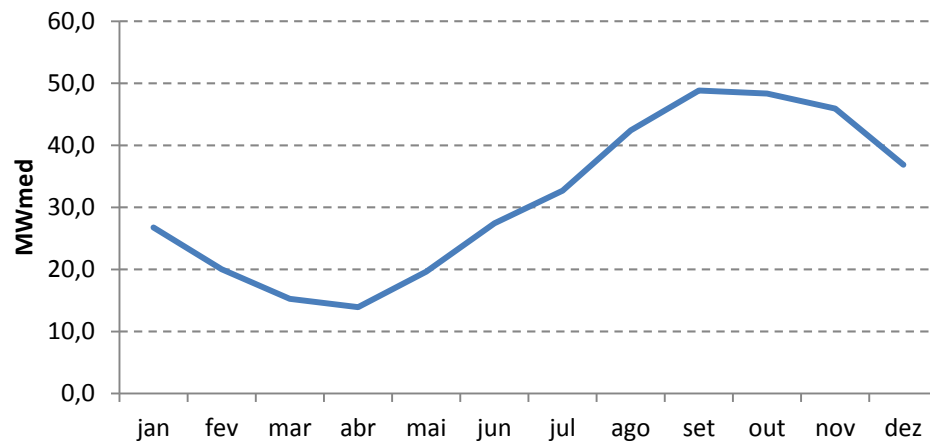
Em 3 Modelos



POSIÇÃO ZCIT

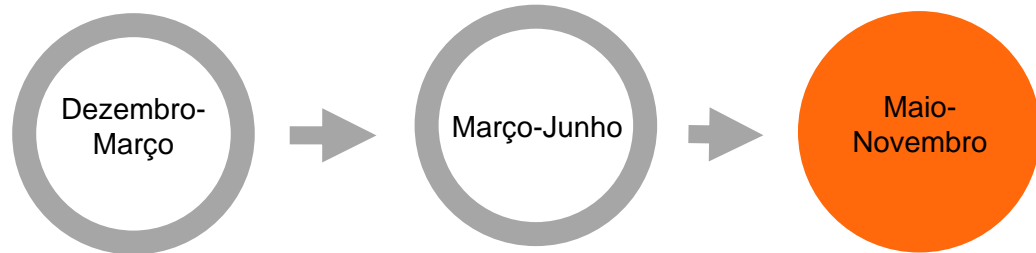


P50 Certificação

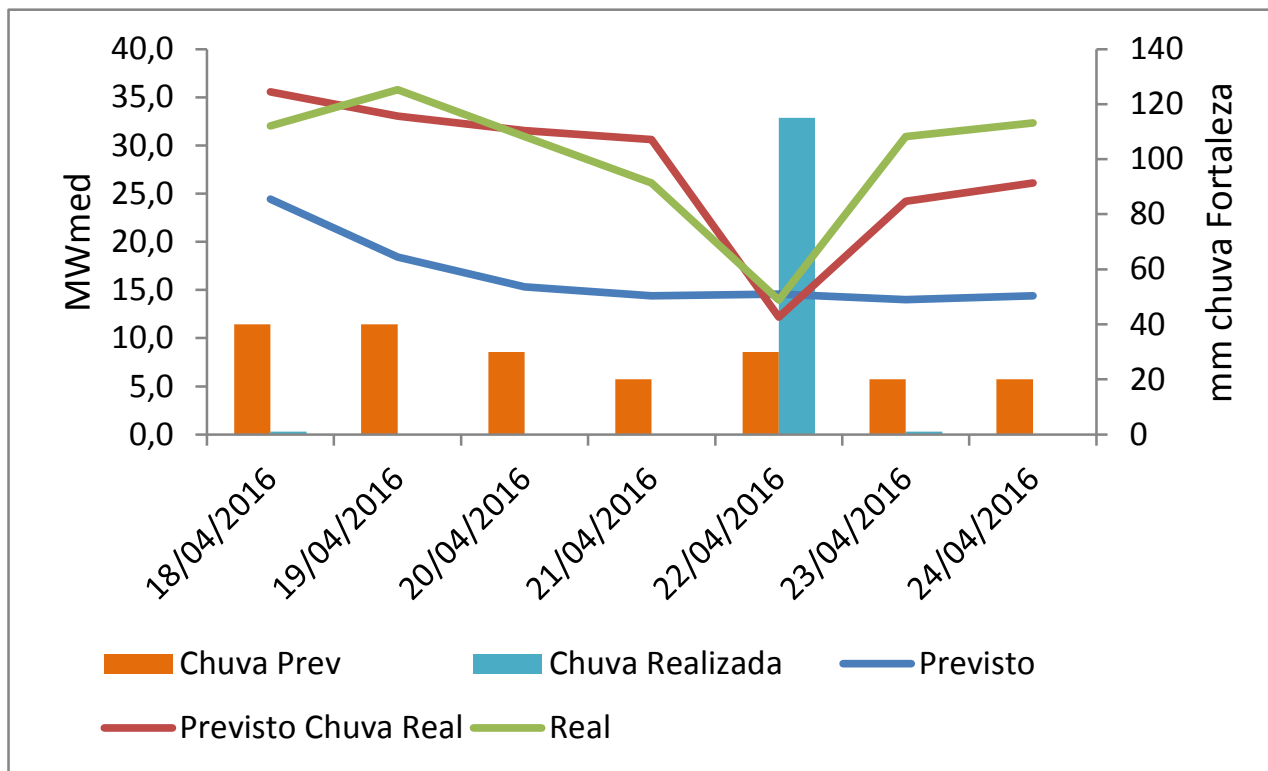


Modelagem Energia Eólica

Em 3 Modelos



Previsão Amontada



Simulação Geração Eólica

ARX(2) + (nino, nina2, dipP, dipN)

$$\begin{aligned}
 wp_j &= \text{intercepto} + \beta_1 \times (wp_{j-1} - \alpha_{m-1} - \alpha_{c_{m-1}}) + \beta_2 \times (wp_{j-2} - \alpha_{m-2} - \alpha_{c_{m-2}}) \\
 &+ \alpha_{jan}Jan + \alpha_{fev}Fev + \alpha_{mar}Mar + \alpha_{abr}Abr + \alpha_{mai}Mai + \alpha_{jun}Jun + \alpha_{jul}Jul + \alpha_{ago}Ago \\
 &+ \alpha_{set}Set + \alpha_{out}Out + \alpha_{nov}Nov + [\alpha_{c_{nino}} \quad \alpha_{c_{nina2}} \quad \alpha_{c_{dipP}} \quad \alpha_{c_{dipN}}] \begin{bmatrix} nino_j \\ nina2_j \\ dipP_j \\ dipN_j \end{bmatrix} \\
 &+ \varepsilon_j; \varepsilon_i \sim N(0; \sigma)
 \end{aligned}$$

Onde:

wp_j = média mensal de geração eólica do parque no mês j ;

intercepto = parâmetro associado à média histórica de geração no mês de dezembro;

Jan ... Nov = 1, para o mês correspondente a j e 0, para os demais (o mês igual a 1 é considerado o mês m);

β_1 = coeficiente associado à geração eólica no mês $j-1$;

α_n = coeficiente associado ao mês n , onde n = Jan ... Nov;

α_{c_v} = coeficiente associado à variável climática v , onde v = nino, nina2, dipP ou dipN;

α_{c_n} = soma do(s) coeficiente(s) α_{c_v} para as variáveis (v) iguais a 1 no mês n (Jan ... Nov);

$nino_j$ = coeficiente associado à ocorrência de El Niño trimestre j a $j-2$;

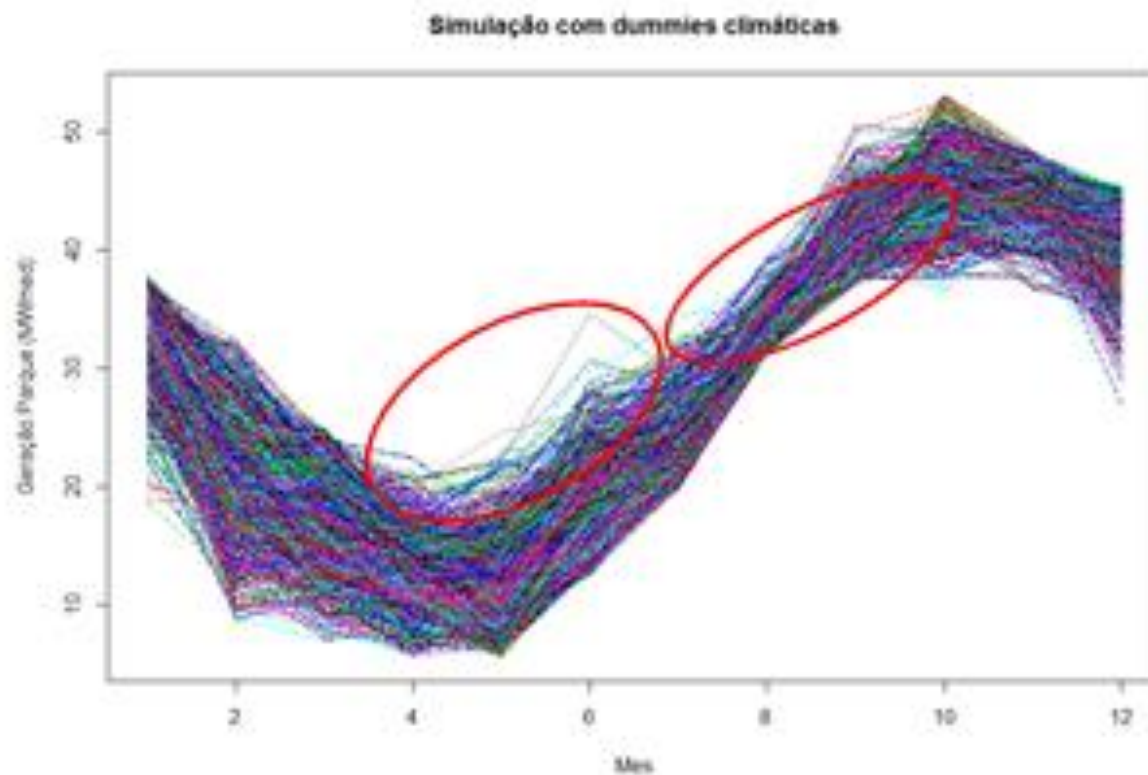
$nina2_j$ = coeficiente associado à ocorrência de La Niña no trimestre $j-2$ a $j-4$;

$dipP_j$ = coeficiente associado à ocorrência de Dipolo Positivo no mês j ;

$dipN_j$ = coeficiente associado à ocorrência de Dipolo Negativo no mês j ;

ε_j = erro do modelo no mês j , com distribuição Normal de média zero e desvio-padrão σ .

Simulação



Equação de Valor

$$FC_{w,s,j} = v_j \times h_j \times (p_j - PLDSE_{s,j} - s_j) \times \frac{1}{(1 + tx)^j} + G_{w,j} \times h_j \times (PLDNE_{s,j} + s_j) \times \frac{1}{(1 + tx)^j}$$

Onde:

$G_{w,j}$ = média mensal de geração líquida (média mensal de geração bruta X 0,92625) no mês j para o cenário de geração w (MWmed);

p_j = preço fixo de venda de energia com 50% de desconto no mês j (R\$/MWh);

s_j = *spread* de energia com 50% de desconto no mês j (R\$/MWh);

$PLDNE_{s,j}$ = PLD médio do NE no mês j para o cenário de preços s (R\$/MWh);

$PLDSE_{s,j}$ = PLD médio do SE no mês j para o cenário de preços s (R\$/MWh);

h_j = número de horas do mês j ;

tx = taxa de desconto mensal (custo de capital do gestor).

Modelagem de Otimização

$$VP_{w,s} = \sum_{j=1}^{jF} FC_{w,s,j}$$

$$bj = \max_{v_j, j \in [1,12]} ECP_G(VP) = \min_{v_j, j \in [1,12]} - ECP_G(VP)$$

$$\therefore obj = \min_{v_j, j \in [1,21]} \left(-\lambda_0 E[VP] - \sum_{i=1}^N \lambda_i CVaR_{\alpha_i}[VP] \right)$$

$$\text{sujeito a } \begin{cases} -35 \leq v_j \leq 60, j \in [1, jF] \\ v_j = v_4, j \in [5,12] \end{cases}$$

Parâmetros e Resultados

Parâmetros	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
λ	0	0,25	(0,10; 0,15)	0,40	(0,15; 0,25)	(0,05; 0,10; 0,25)
α	0	0,95	(0,80; 0,95)	0,50	(0,50; 0,95)	(0,50; 0,80; 0,95)

Horizonte contratual	M+1	M+2	M+3	M+4 a M+12
p	172	170	171	170

Parâmetros e Resultados

Tabela 4 – Volumes (MWmed) otimizados por contrato, parametrização da função objetivo e simulação de geração

	Simulação com <i>dummies</i> climáticas					Simulação sem <i>dummies</i> climáticas				
	M+1	M+2	M+3	M+4 a M+12	Média anual	M+1	M+2	M+3	M+4 a M+12	Média anual
Obj1	60,000	-35,000	-35,000	-35,000	-11,120	60,000	-35,000	-35,000	-35,000	-11,120
Obj2	6,584	1,132	-7,183	26,836	6,873	30,089	5,736	-32,125	28,712	8,116
Obj3	2,189	9,678	11,726	27,209	12,716	31,826	-0,336	-22,299	28,935	9,585
Obj4	0,514	6,518	7,356	30,252	11,185	29,803	6,757	-8,992	30,820	14,640
Obj5	2,168	9,877	12,050	27,102	12,816	22,500	8,137	-31,262	29,783	7,285
Obj6	31,203	6,197	-29,830	29,340	9,244	6,214	0,884	-8,277	28,732	6,921

Trabalhos em Desenvolvimento

- Cálculo do equivalente certo
- Aplicação em contratações incrementais
- Matriz paritária para acesso à função utilidade

Os autores agradecem ao programa de P&D
Aneel e à Queiroz Galvão Energia