



# Impacto da Perda de Dados Anemométricos na Estimativa do Recurso Eólico

GRUPO 2 – GPT 13

Marcelo Wendel

Thiago V. Barral Ferreira

Pedro A. M-S. David



## Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

- Empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia
- *“Os estudos e pesquisas desenvolvidos pela EPE subsidiarão a formulação, o planejamento e a implementação de ações do MME, no âmbito da política energética nacional” (Lei 10.847/2004).*

## Esclarecimento inicial

- Por limitação de tempo
  - Modelagem e metodologia de solução – apenas a ideia básica
- Para maiores detalhes
  - Consulta ao artigo ou perguntas ao fim da sessão

- Leilões de energia
- Requisitos para habilitação técnica
- Empreendimento eólico – requisitos para medições anemométricas

Período de medições (inicialmente)	$\geq 12$ meses consecutivos
Período de medições (a partir de 2011)	$\geq 24$ meses consecutivos
Período de medições (a partir de 2017)	$\geq 36$ meses consecutivos
Perda de dados	$\leq 10\%$
Períodos contínuos de perda de dados	$\leq 15$ dias



## MOTIVAÇÃO DO ESTUDO

---

Requisito de 15 dias

- Questionamentos de agentes do setor – prazo muito exíguo
- Práticas internacionais
- Séries com duração de um ano

Qualidade dos projetos **X** oferta nos leilões

### Pergunta

Considerando as particularidades do Brasil, o requisito pode ser menos rigoroso quando se dispõe de dois ou três anos de medição em vez de apenas um?

## RAZÃO DO REQUISITO

---

Precisão da expectativa de geração (e garantia física)

- Balanço estrutural
- Distorção de precificação
- Exposição a risco

Perda de medições → estimativa maior ou menor

Perdas maiores → afastamento da estimativa tende a ser maior  
(exceção: efeitos de sazonalidade)

**Consequência:** perda deve ser limitada!

**Dúvida:** deve ser limitada a quanto?

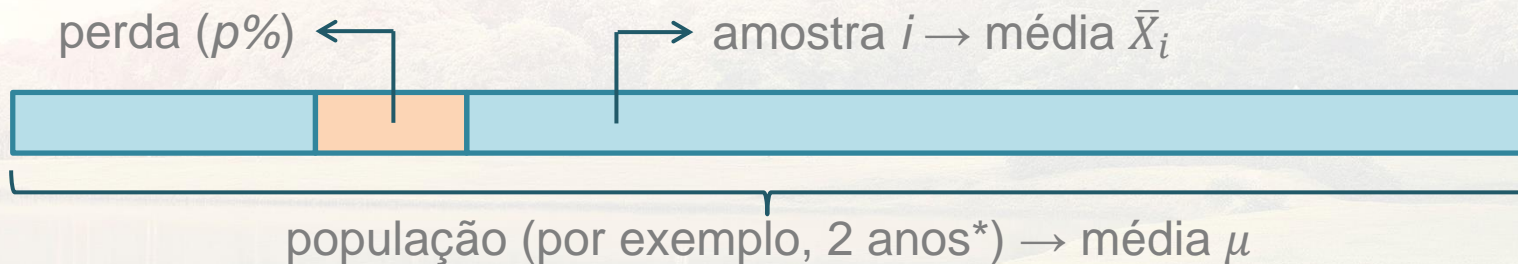
Métrica básica para quantificar a perda

- Velocidade do vento: não leva em conta a não-linearidade
- Densidade de potência: superestima o impacto para velocidade alta
- Potência elétrica: limita a generalização dos resultados

Tratamento matemático da perda

- Conceitos de população e amostra

*\* Rigorosamente resultados  
valem apenas para esse período*

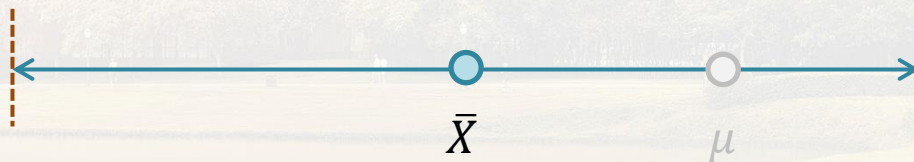


Impacto depende do instante, porém são mais úteis resultados gerais  
→ Conceito de intervalo de confiança (e de nível de confiança)

Substituindo a pergunta [A] pela [B]:

**[A]** Qual o impacto de uma perda de  $p\%$  no instante  $t$ ?

**[B]** Qual a incerteza gerada por uma perda de  $p\%$   
(em qualquer instante)?



## Como determinar o intervalo de confiança?

### Sem solução analítica

Motivo: perda concentrada (amostra não é formada aleatoriamente)

### Solução numérica

Perdas simuladas

**Laço #3** Estação = 1 → 60

**Laço #2** Perda = 1% → 10%

**Laço #1** Amostra = 1 → 10.000

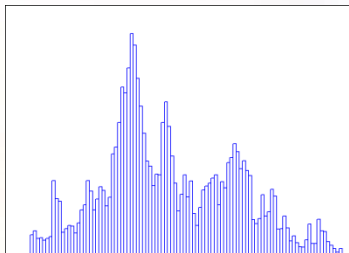
- Escolhido instante aleatório
- Removido bloco contínuo\*
- Calculada média da amostra
- Normalizada a média

*\* Hipótese simplificativa (caso mais conservativo)*



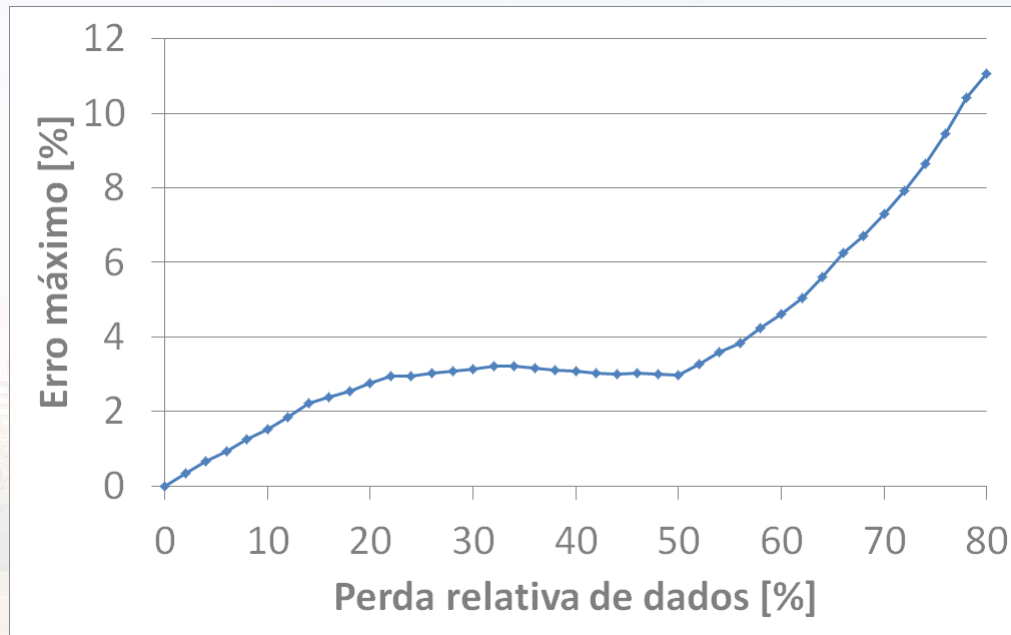
## Dificuldade adicional

→ distribuição não é normal



## Intervalo de confiança

- não se pode calcular com base no desvio padrão
- estimado pelos percentis



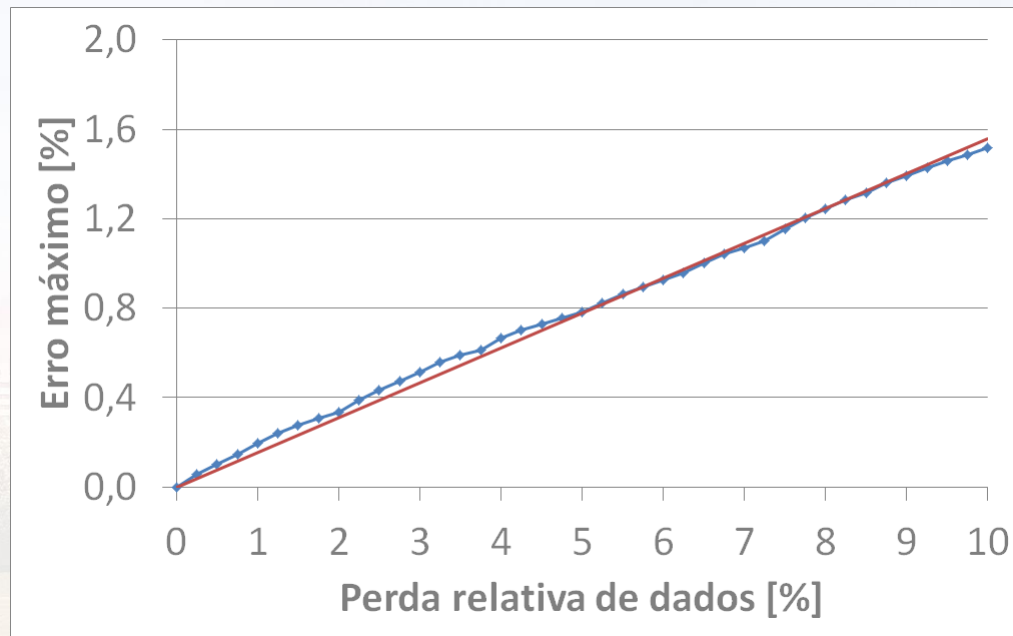
## Hipótese simplificativa

Para perdas pequenas, a relação entre o percentual de perda e o erro máximo é linear

→ ajuste de curva

## Resultado simples

Para  $p\%$  de perda, o erro a ser esperado é de até  $(\alpha p)\%$  para  $x\%$  dos casos



## DADOS DE ENTRADA

---

### Séries de dados anemométricos

- Documentação submetida para fins de habilitação técnica
- Leilões realizados entre 2014 e 2016
- Séries com dados entre abril/2008 e abril/2015 (7 anos)
- 60 séries de 2 anos
- 8 séries de 3 anos
- 8 estados (Nordeste e Sul)
- Altura do anemômetro entre 70 e 110 m (cerca de 85% dos casos)

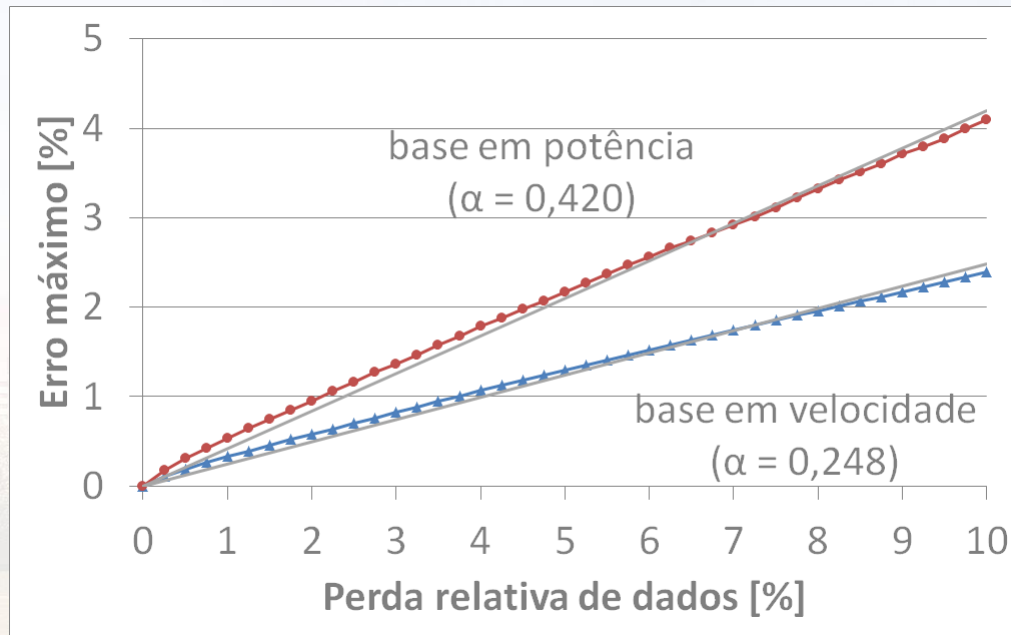
### Curva de potência do aerogerador

- Modelo G114-2.1MW do fabricante Gamesa

## Interpretação do resultado

Cálculo pressupõe não somente que a falha ocorra em um instante aleatório mas também que a estação seja selecionada aleatoriamente

- Nível de confiança não se aplica para uma localidade específica
- Visão do planejador





	1 ano	2 anos	3 anos
15 dias	1,9%	1,1%	0,6%
30 dias	3,7%	2,0%	1,2%
45 dias	5,3%	2,9%	1,7%

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

### Conclusões e desdobramentos

- Requisito de 15 dias pode ser abrandado
- Instruções da EPE ampliaram o requisito para 30 dias (em 2016)
- Para perdas pequenas, é possível estimar o impacto rapidamente

### Recomendações para trabalhos futuros


- Avaliar o impacto com séries mais longas utilizando mais estações
- Verificar se as variações interanuais foram adequadamente levadas em conta (por meio da adoção de 60 localidades)
- Considerar outras curvas de aerogerador
- Considerar técnicas de preenchimento de falhas


## MARCELO WENDEL

---

 (21) 3512-3148

 (21) 98411-9400

 [marcelo.wendel@epe.gov.br](mailto:marcelo.wendel@epe.gov.br)

 [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)