



XIX COBREAP | Foz do Iguaçu

INOVAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

AGOSTO 2017

Lutemberg Florencio

Doutorando em Eng. Civil (*Real Estate*) – USP

Engenheiro Civil (POLI-UPE)

Espec. em Aval. e Perícias de Eng. (FOC-SP)

Mestre em Estatística (UFPE)

Eng. Civil do Banco do Nordeste (BNB)

Prof. da disc. de Eng. de Aval. da UNINASSAU

Vice-presidente técnico da SOBREA

Violação dos pressupostos básicos do modelo clássico de regressão linear

❖ Motivação



> *O bom da Estatística é que: para uma mesma amostra coletada, temos diversas possibilidades de modelos de regressão para avaliar um bem...*

> *E, dependendo da “**situação**”, pode-se estimar o **valor de mercado** do avaliando em 50.000, 250.000, 750.000 ou 10.000.000...;*

> *Tudo respaldado nas fórmulas Estatísticas do **modelo de regressão linear**.*

❖ Motivação

Imóvel na realidade



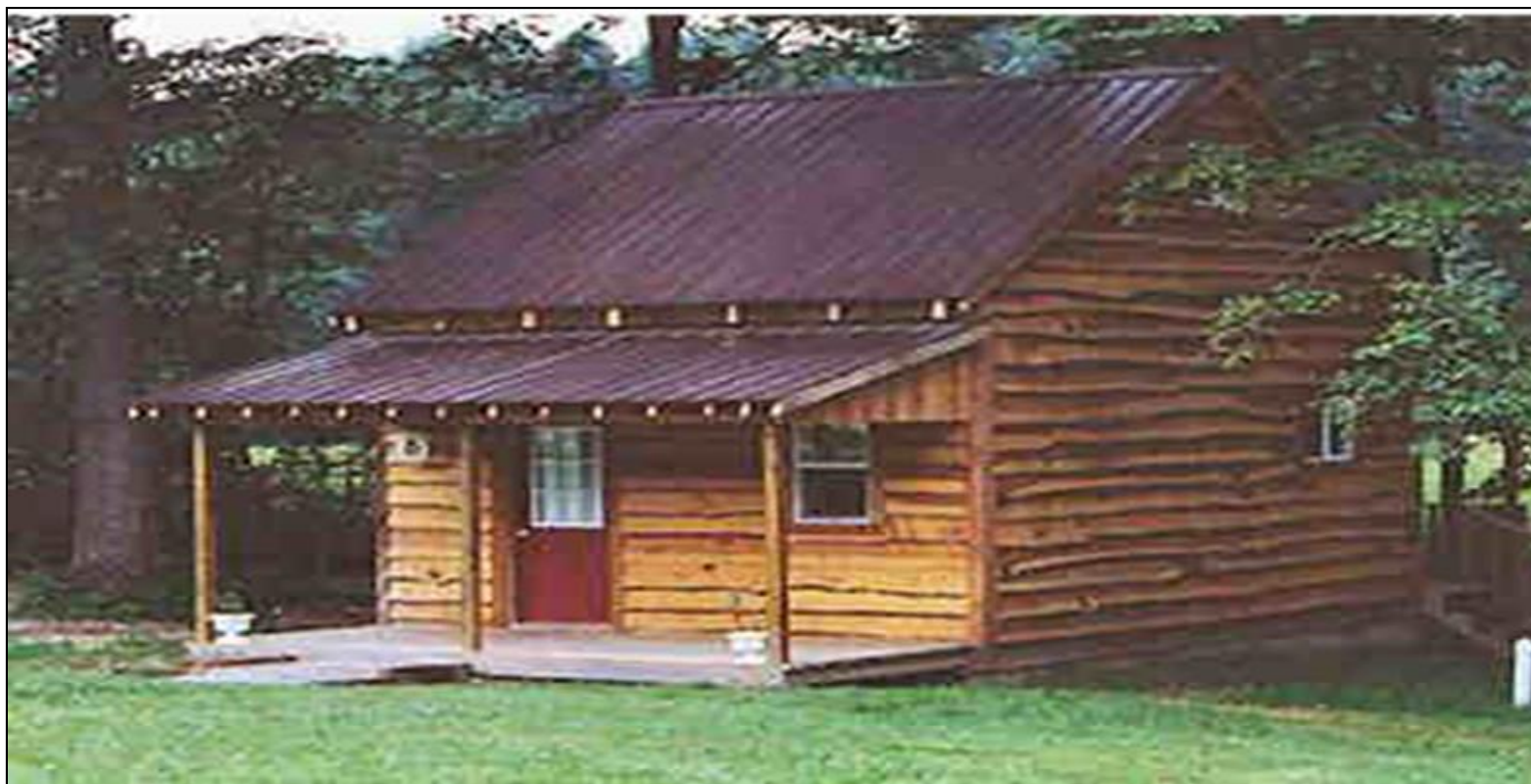
❖ Motivação

Modelo 1



❖ Motivação

Modelo 2



❖ Motivação

Modelo 3



❖ Motivação

Modelo 4



❖ Motivação

1



2



3

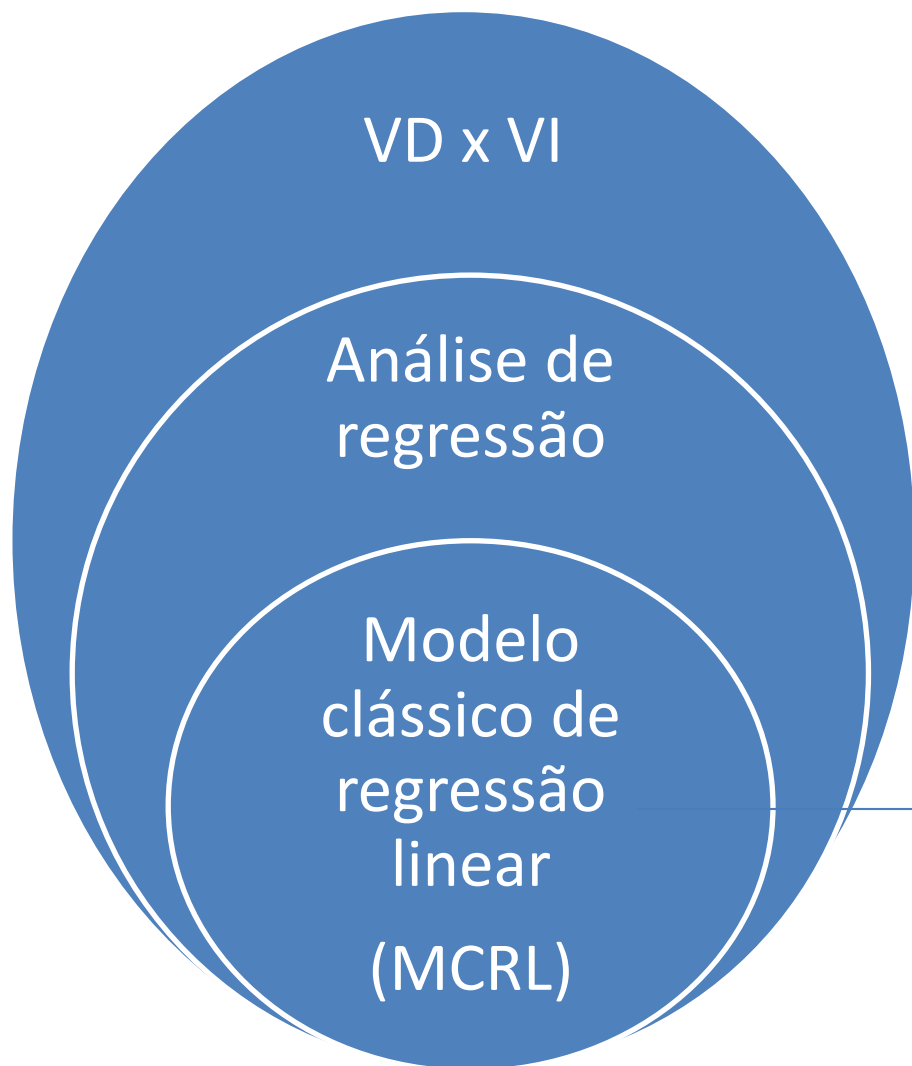


4



PERGUNTA: Por que os modelos levam a valores tão diferentes?

❖ Contextualização



VD é expressa por uma **combinação linear** das VIs, e respectivas estimativas dos parâmetros populacionais, acrescida do erro aleatório:

$$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \dots + \hat{\beta}_k X_{ki} + \hat{e}_i$$

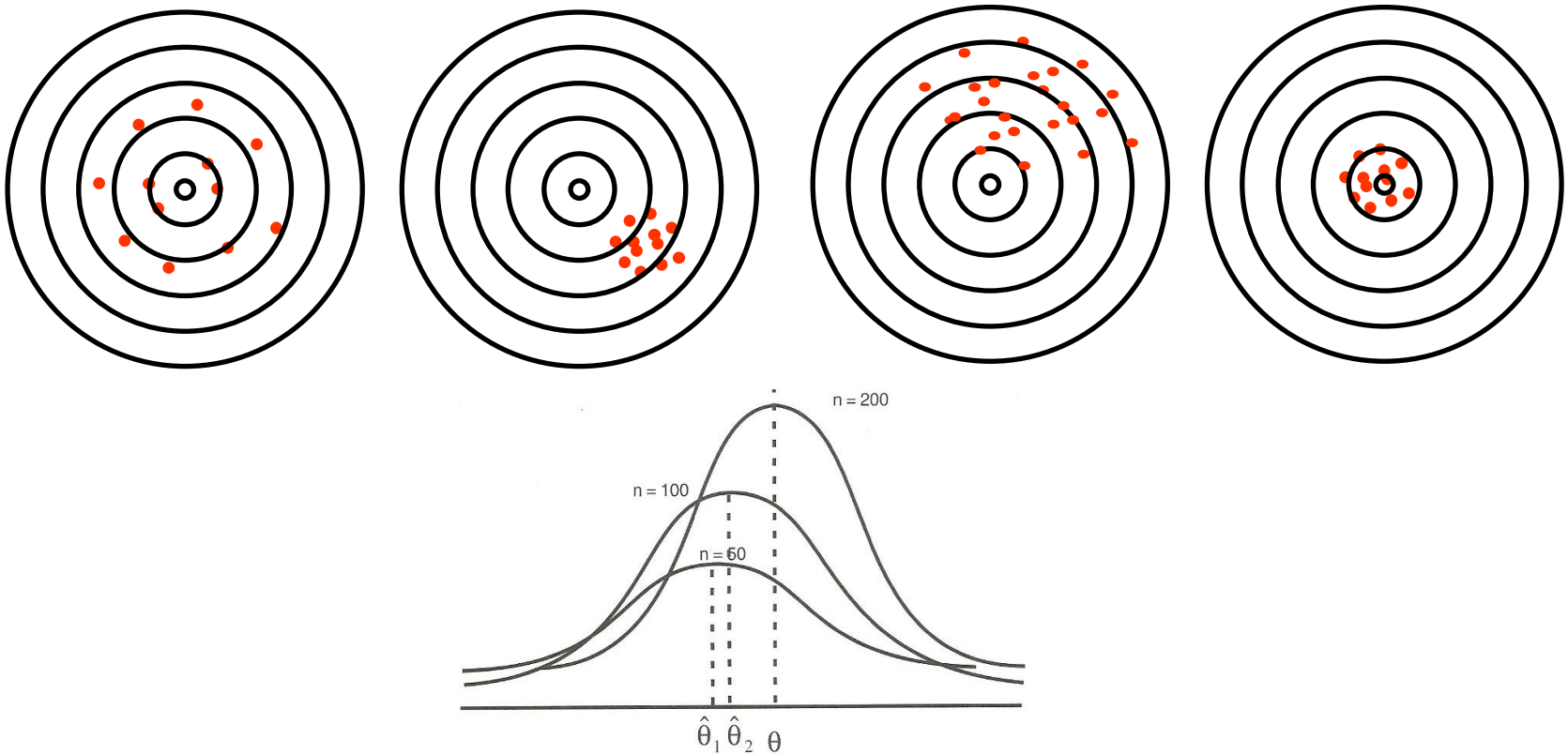
A blue bracket is positioned below the terms $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ in the equation.

> Com base em uma amostra extraída do mercado, os parâmetros populacionais são estimados por inferência estatística (**MMQO**).

> Teorema de Gauss-Markov:
Os estimadores de MQO → BLUE

❖ Contextualização

- ✓ Estimadores MQO: não-tendenciosidade, eficiência e consistência.



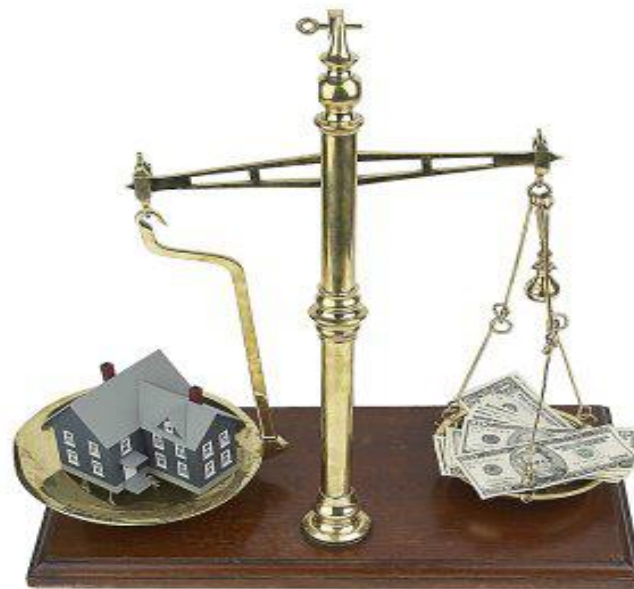
❖ Contextualização

✓ **Mercado imobiliário: teoria dos preços hedônicos** (Lancaster & Rosen (1974): o preço do bem pode ser decomposto nos preços de suas k características, por meio de uma função do tipo:

$$P(q) = P(q_1, q_2, \dots, q_k).$$



$$\hat{V}I_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 A_i + \hat{\beta}_2 \cdot D_i$$

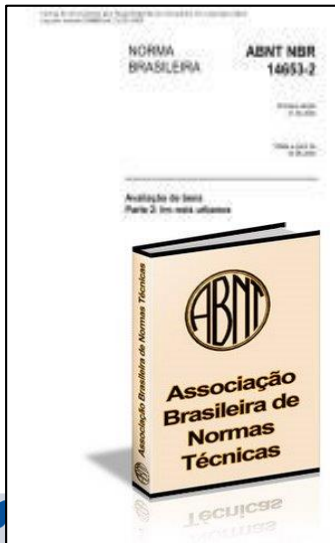


❖ Contextualização

$$\hat{VI}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 A_i + \hat{\beta}_2 \cdot D_i$$

Valor – Grau de fundamentação – Grau de precisão

> O modelo inferido é o **elemento central** de uma avaliação pelo MCDDM.



*NBR 14653-2, 8.2.1.4.3 e A.2: Quaisquer que sejam os modelos utilizados para inferir o comportamento do mercado e formação de valores, seus pressupostos devem ser devidamente **explicitados e testados** [...] com o objetivo de obter avaliações **não tendenciosas, eficientes e consistentes**.*

❖ Contextualização

> No caso de utilização de **modelos de regressão linear**, deve ser observado o **Anexo A**, item A.2.1 – Verificação dos pressupostos do modelo:

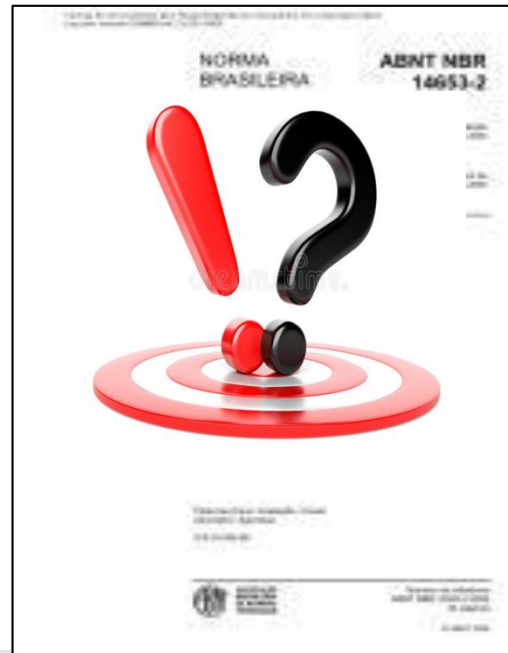
- (i) *Linearidade*
- (ii) *Normalidade*
- (iii) *Homocedasticidade*
- (iv) *Autocorrelação*
- (v) *Multicolinearidade*
- (vi) *Inexistência de pontos atípicos (influenciadores ou outliers)*

❖ Contextualização

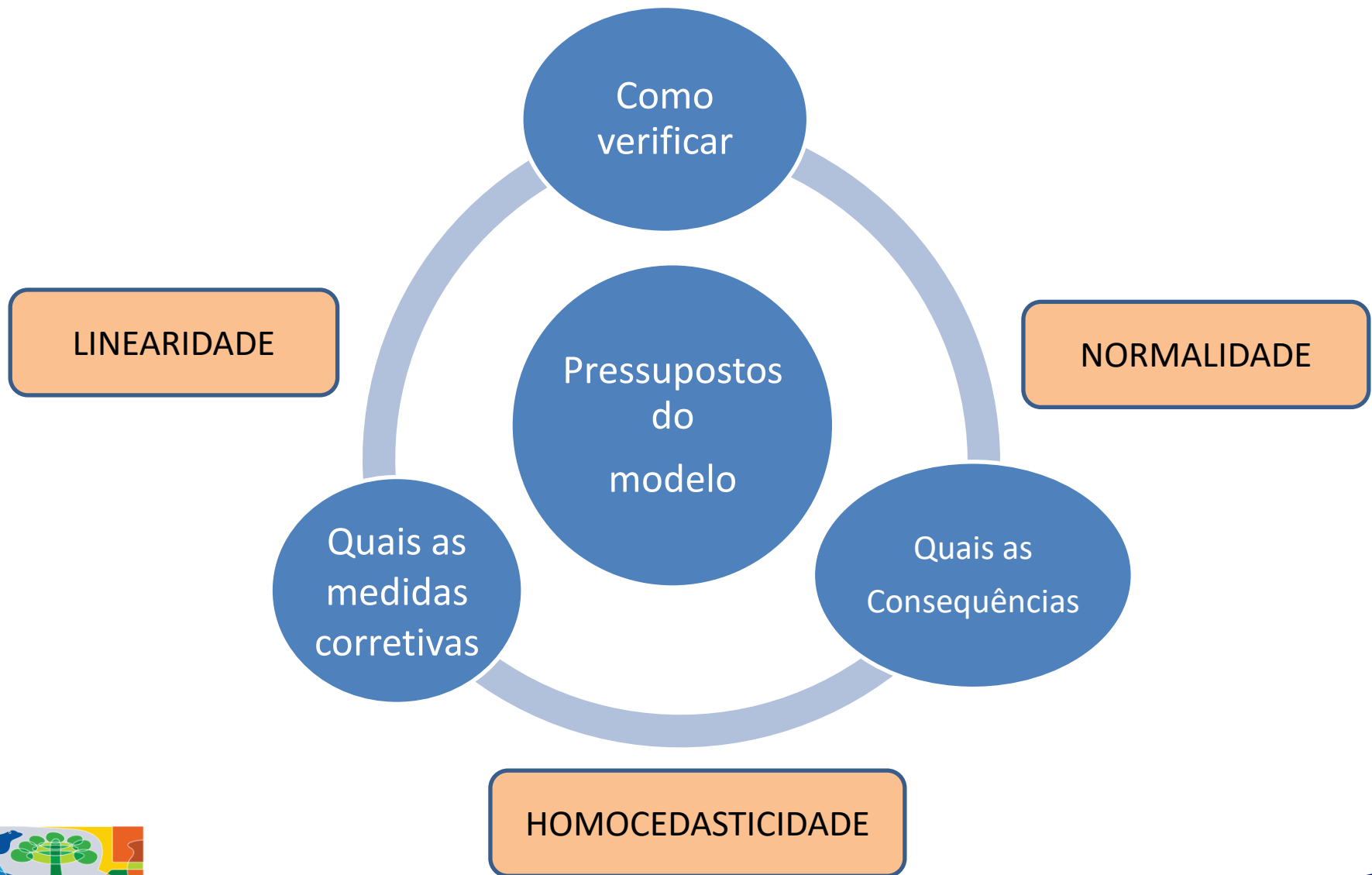
> Três perguntas:

PERGUNTA (1): Como verificar se os pressupostos básicos do modelo foram atendidos?

PERGUNTA (2/3): Quais as **consequências** e **medidas corretivas** a serem seguidas quando há violação de algum dos pressupostos do modelo?



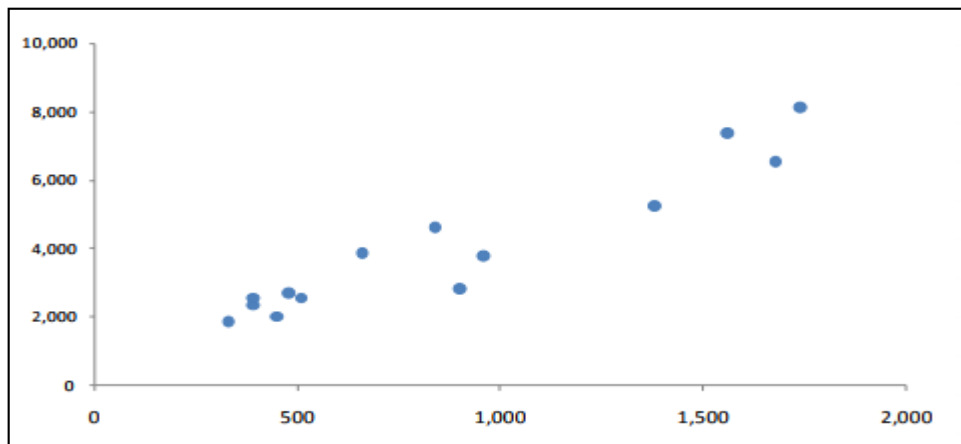
❖ Objetivo



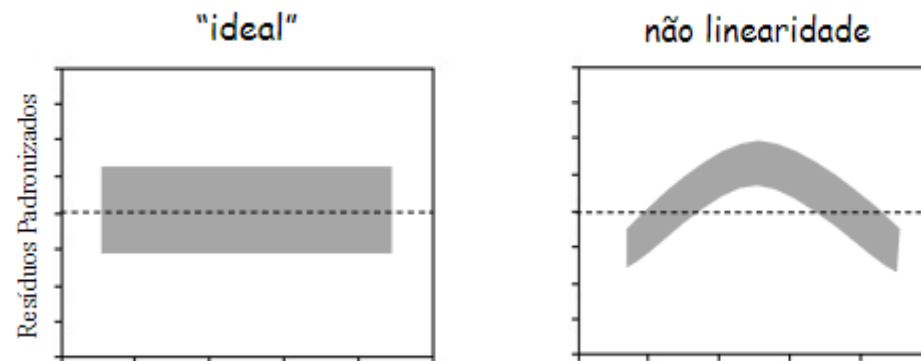
❖ Violação dos pressupostos básicos do MCRL

✓ Linearidade (**correta especificação do modelo**)

• Como verificar?



> No R:
- Teste RESET de Ramsey



Nem sempre é possível
uma análise conclusiva

❖ Violação dos pressupostos básicos do MCRL

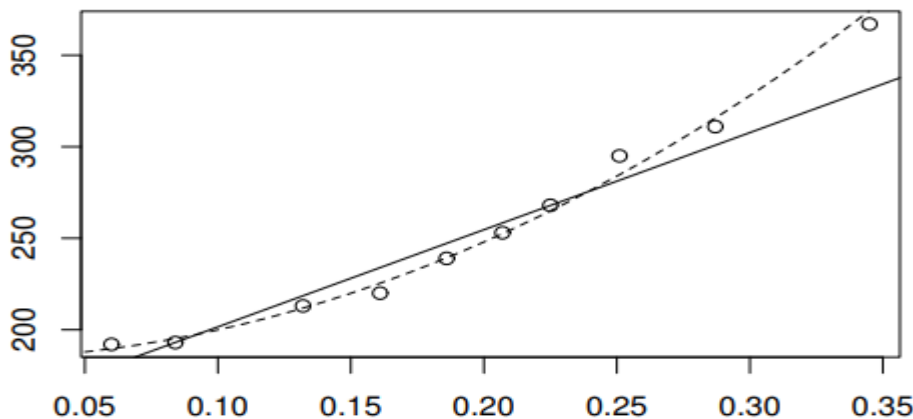
✓ Linearidade (**correta especificação do modelo**)

• Medidas corretivas

- Linearização (transformação das escalas de medição das variáveis: testes de Tukey, Box-Cox)

• Consequências

- Estimador MQO não é BLUE
- Previsão errada (subestimação e superestimação)



O modelo de regressão linear pode **não** ser o melhor modelo explicativo para o estudo das variáveis envolvidas, sendo necessário o emprego de outra classe de modelos de regressão.

❖ Violação dos pressupostos básicos do MCRL

✓ Normalidade

• Como verificar?

A.2.1.2 Normalidade

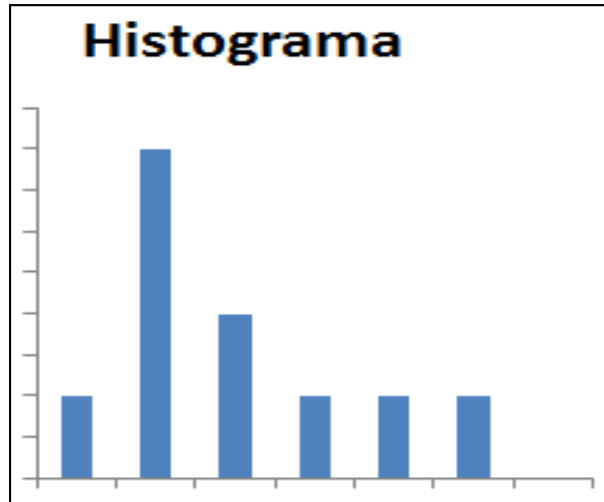
A verificação da normalidade pode ser realizada, entre outras, por uma das seguintes formas:

- a) pelo exame de histograma dos resíduos amostrais padronizados, com o objetivo de verificar se sua forma guarda semelhança com a da curva normal;
- b) pela análise do gráfico de resíduos padronizados *versus* valores ajustados, que deve apresentar pontos dispostos aleatoriamente, com a grande maioria situados no intervalo $[-2; +2]$.
- c) pela comparação da frequência relativa dos resíduos amostrais padronizados nos intervalos de $[-1; +1]$, $[-1,64; +1,64]$ e $[-1,96; +1,96]$, com as probabilidades da distribuição normal padrão nos mesmos intervalos, ou seja, 68 %, 90 % e 95 %;
- d) pelo exame do gráfico dos resíduos ordenados padronizados *versus* quantis da distribuição normal padronizada, que deve se aproximar da bissetriz do primeiro quadrante;
- e) pelos testes de aderência não-paramétricos, como, por exemplo, o qui-quadrado, o de Kolmogorov-Smirnov ajustado por Stephens e o de Jarque-Bera.

❖ Violação dos pressupostos básicos do MCRL

✓ Normalidade

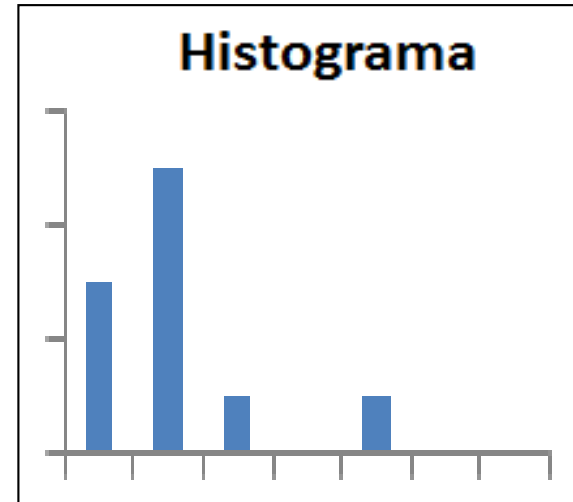
• Como verificar?



Pela regra de decisão do teste, $W_{\text{calculado}} = 0,840 < W_{(0,05;10)} = 0,842$. Assim, podemos afirmar com nível de significância de 5% que a amostra **não provém de uma população normal.**

> No R:

- Kolmogorov-Smirnov
- Anderson-Darling
- Teste Jarque-Bera
- Shapiro-Wilk
- Q-Q plot

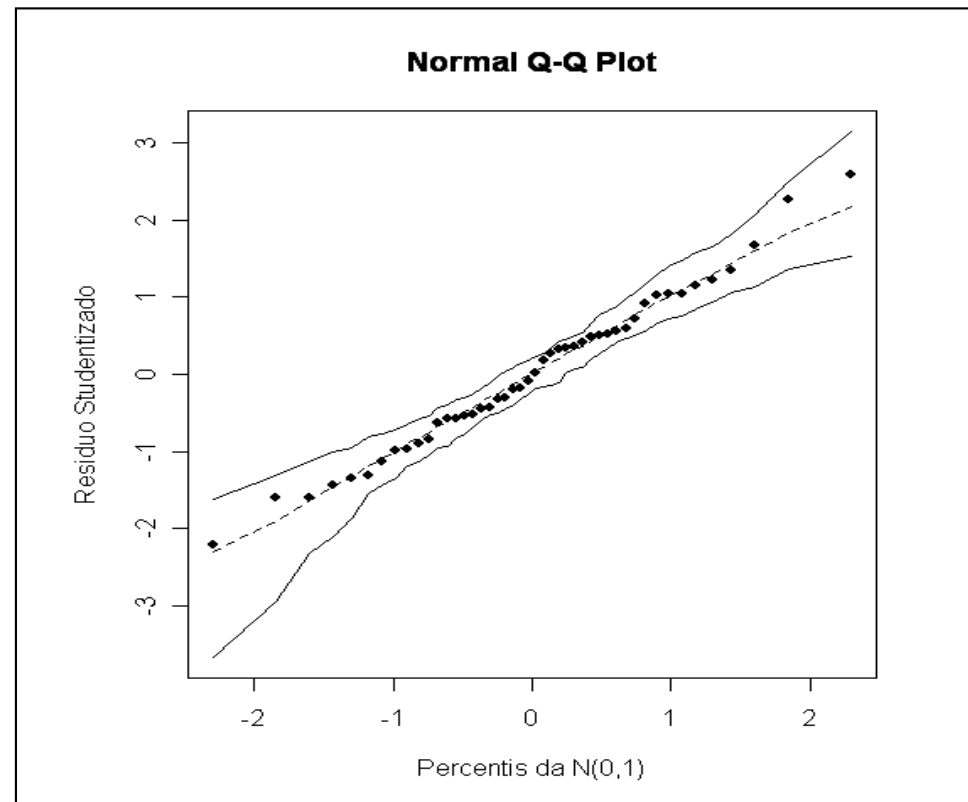


Como $D_n = 0,17 < 0,41$, **não há evidências para rejeitar a hipótese de normalidade** dos resíduos ao nível de significância de 5%.

❖ Violação dos pressupostos básicos do MCRL

✓ Normalidade

• Como verificar?



❖ Violação dos pressupostos básicos do MCRL

✓ Normalidade

- **Medidas corretivas**

- Ampliação da amostra
- Inclusão (em função da omissão) de variáveis importantes
- transformação das escalas de medição das variáveis (forma funcional incorreta)

- **Consequências**

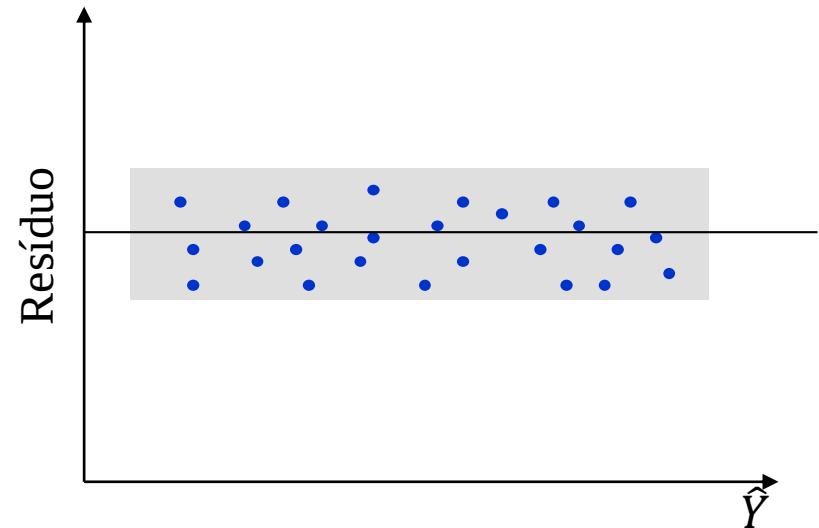
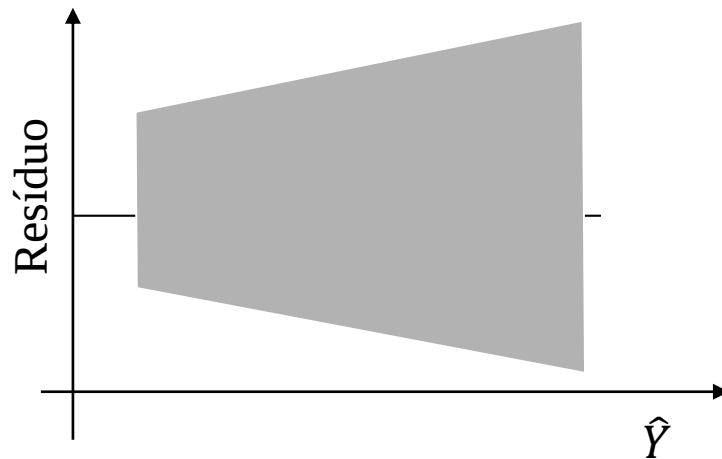
- Estimador MQO continua sendo BLUE
- Os procedimentos empregados para os testes estatísticos t e F não serão válidos, assim como não será a construção do intervalo de confiança.

Outras distribuições de probabilidade devem ser analisadas e testadas, a exemplo da distribuição Gama via MLG.

❖ Violação dos pressupostos básicos do MCRL

✓ Homocedasticidade

• Como verificar?



> No R:

- Teste de Goldfeld-Quandt
- Teste de Breusch-Pagan
- Teste de Koenker

❖ Violação dos pressupostos básicos do MCRL

✓ Homocedasticidade

- **Medidas corretivas**

- Análise (mediante eventual exclusão) de pontos atípicos
- Inclusão (em função da omissão) de variáveis importantes
- Transformação das escalas de medição das variáveis

- **Consequências**

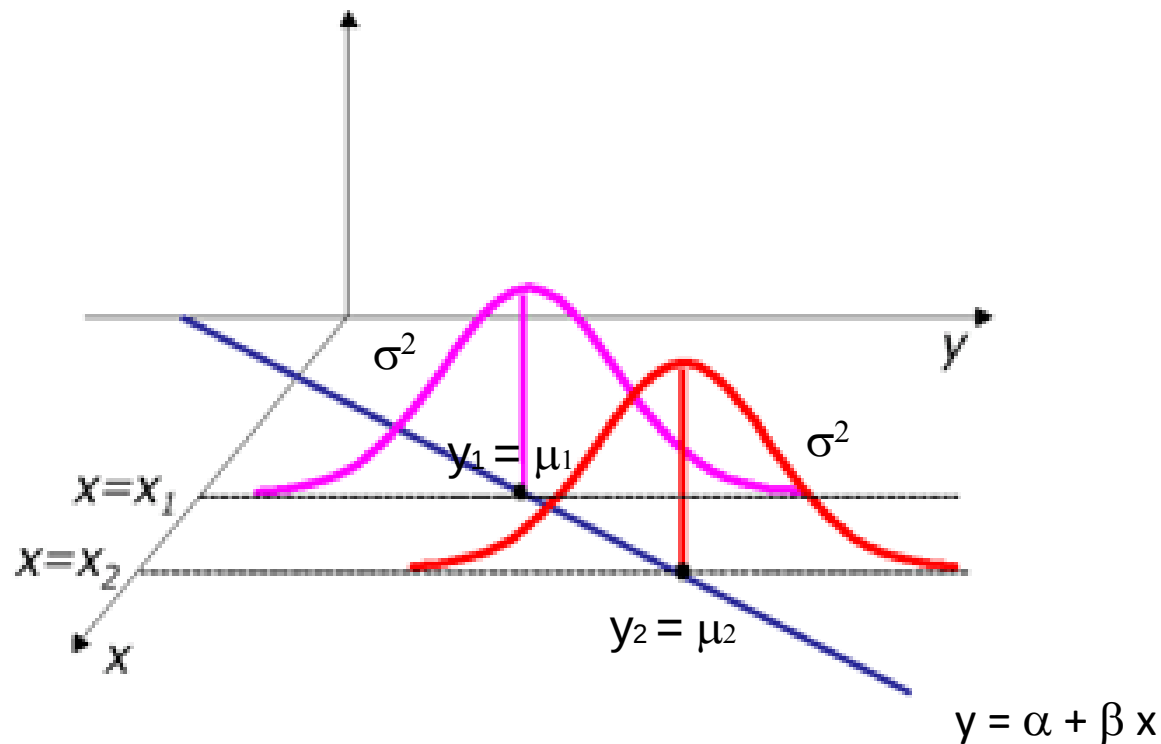
- Estimador MQO continua sendo **não-tendencioso e consistente**, mas deixa de ser **eficiente**. Ou seja, os testes estatísticos t e F fornecerão resultados inexatos, resultando em conclusões equivocadas, haja vista que a variância do parâmetro estimado torna-se muito grande.

Outros processos de estimação serão requeridos:

- Ex: estimador consistente da matriz de covariâncias proposto por White (1980) ; estimador HC3 sugerido por Davidson e MacKinnon (1993); estimador de *bootstrap* ponderado proposto por Wu (1986)

❖ Violação dos pressupostos básicos do MCRL

Linearidade x Normalidade x Homocedasticidade



Fonte: Antão (2017)

❖ Conclusão

❖ Motivação



PERGUNTA: Por que os modelos levam a valores tão diferentes?



"Some individuals use statistics as a drunk man uses lamp-posts — for support rather than for illumination". (Andrew Lang, escritor escocês).

*... geralmente dirigimos sobre as pontes sem nos preocuparmos com a solidez de sua construção porque estamos razoavelmente certos de que o engenheiro calculista conferiu rigorosamente os princípios e a prática de sua engenharia. Os **engenheiros de avaliações** devem fazer o mesmo quando se utilizam do modelo clássico de regressão linear ou, então, incluir a advertência: '**não nos responsabilizamos pelo colapso**'...*

(Texto adaptado de Hendry, D., Dynamic Econometrics, 1998).

Obrigado!

(lutembergflorencio@yahoo.com.br)