

# Webinar RELACRE

On-line, 24 de setembro de 2020

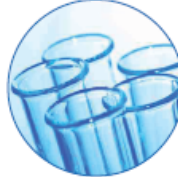
## Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade

Álvaro Silva Ribeiro (Laboratório Nacional de Engenharia Civil)



# Agenda

- 1| Conformidade e Qualidade
- 2| Abordagem clássica da avaliação da conformidade
- 3| Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição
- 4| Regras de decisão (e sua aplicação em exemplos)
- 5| Referências



# CONFORMIDADE E QUALIDADE



# 1 | Conformidade e qualidade



Créditos: A Caixa de ferramentas da avaliação da conformidade. ISO & UNIDO



**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE  
On-line, 24 de setembro de 2020

# 1 | Conformidade e qualidade

A ISO/IEC 17000 define avaliação da conformidade como:  
a comprovação de que os requisitos especificados relativos a um produto,  
processo, sistema, pessoa ou organismo são atendidos.



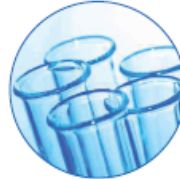
**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE  
On-line, 24 de setembro de 2020

# 1 | Conformidade e qualidade

A ISO/IEC 17000 define avaliação da conformidade como:  
a comprovação de que os requisitos especificados relativos a um produto, processo, sistema, pessoa ou organismo são atendidos.

Notas interpretativas:

- De acordo com a terminologia da ISO 9000, um serviço é considerado como uma forma particular de produto
- Os métodos para demonstrar a conformidade incluem ensaios, inspeção, declarações de conformidade dos fornecedores e certificação
- Os requisitos especificados incluem aqueles constantes nas especificações dos fornecedores ou dos compradores, normas nacionais, regionais ou internacionais ou regulamentos governamentais
- A acreditação de organismos de avaliação da conformidade está incluída dentro da definição de avaliação da conformidade
- O termo objeto de avaliação da conformidade, ou às vezes somente objeto, é utilizado na norma para se referir ao "produto, processo, sistema, pessoa ou organismo"



**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE

On-line, 24 de setembro de 2020

# 1 | Conformidade e qualidade

A ISO/IEC 17000 define avaliação da conformidade como: a comprovação de que os requisitos especificados relativos a um produto, processo, sistema, pessoa ou organismo são atendidos.

A definição de avaliação da conformidade e o texto explicativo na ISO/IEC 17000 prevê flexibilidade suficiente para utilizar o conceito de um modo prático para assegurar que os princípios podem ser utilizados efetivamente.

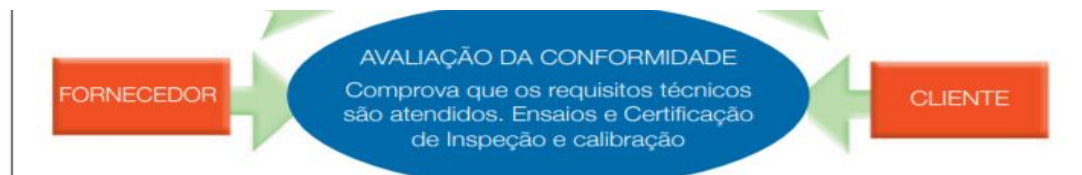
Para ilustrar esta flexibilidade, a Introdução da ISO/IEC 17000 menciona que "... a avaliação da conformidade interage com outros campos, tais como sistemas de gestão, metrologia, normalização e estatísticas. Esta Norma Internacional não define os limites de avaliação da conformidade. Estes permanecem flexíveis".



**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE

On-line, 24 de setembro de 2020

# 1 | Conformidade e qualidade



**Créditos: A Caixa de ferramentas da avaliação da conformidade. ISO & UNIDO**

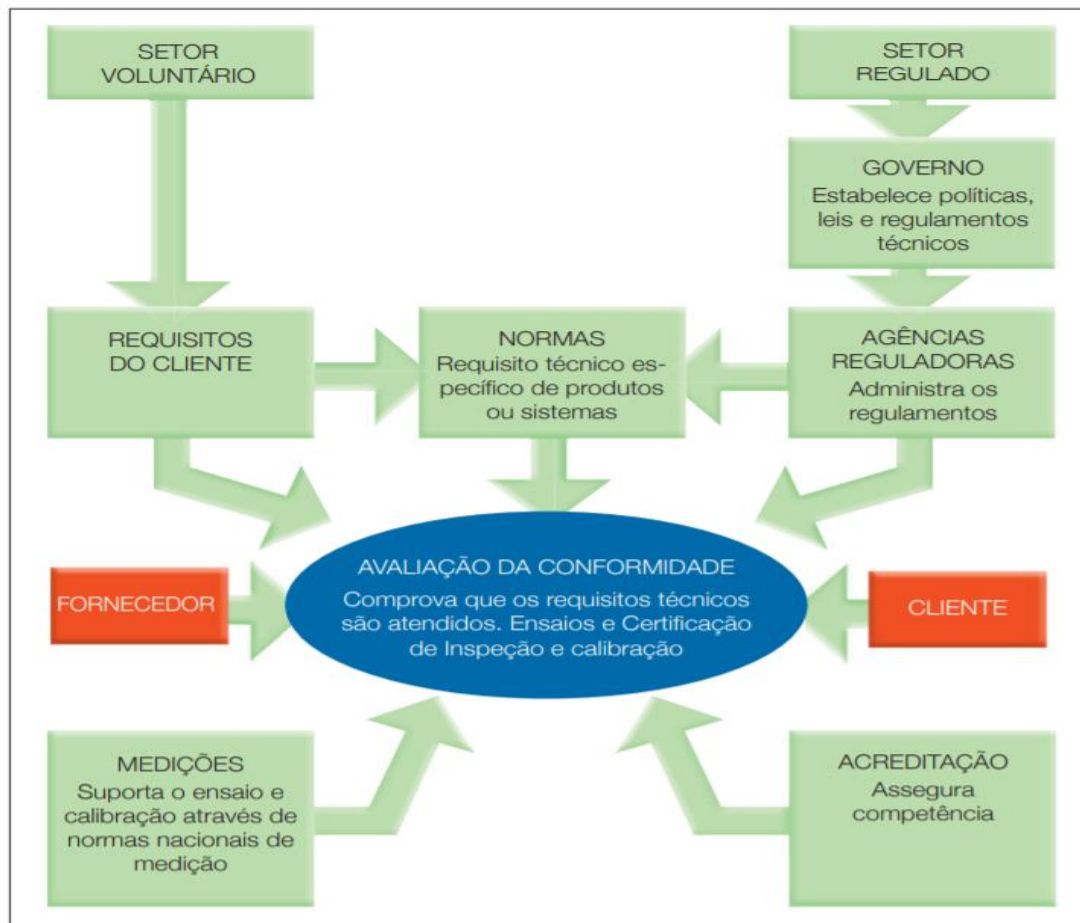


**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE  
On-line, 24 de setembro de 2020



# 1 | Conformidade e qualidade

Figura 2 – Exemplo de um modelo de avaliação da conformidade



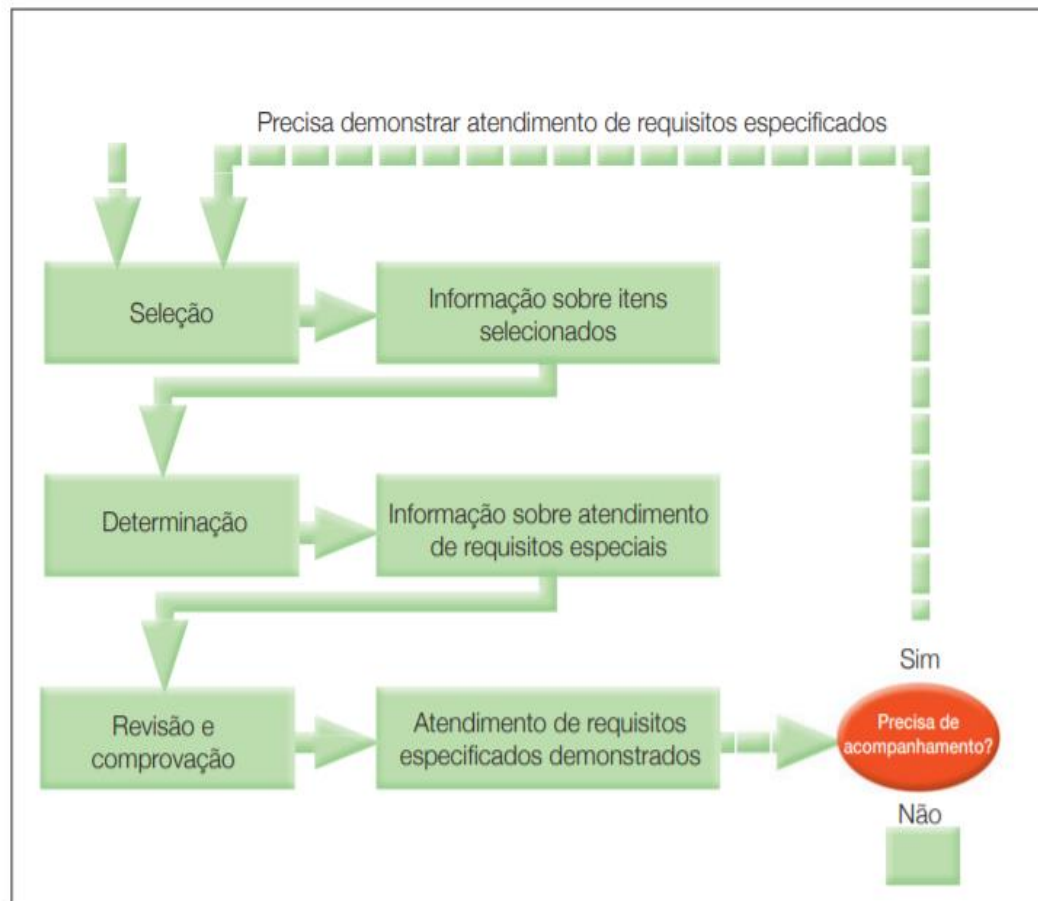
Créditos: A Caixa de ferramentas da avaliação da conformidade. ISO & UNIDO



**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
 Webinar RELACRE  
 On-line, 24 de setembro de 2020

# 1 | Conformidade e qualidade

Figura 4 – Abordagem funcional à avaliação da conformidade



Créditos: A Caixa de ferramentas da avaliação da conformidade. ISO & UNIDO



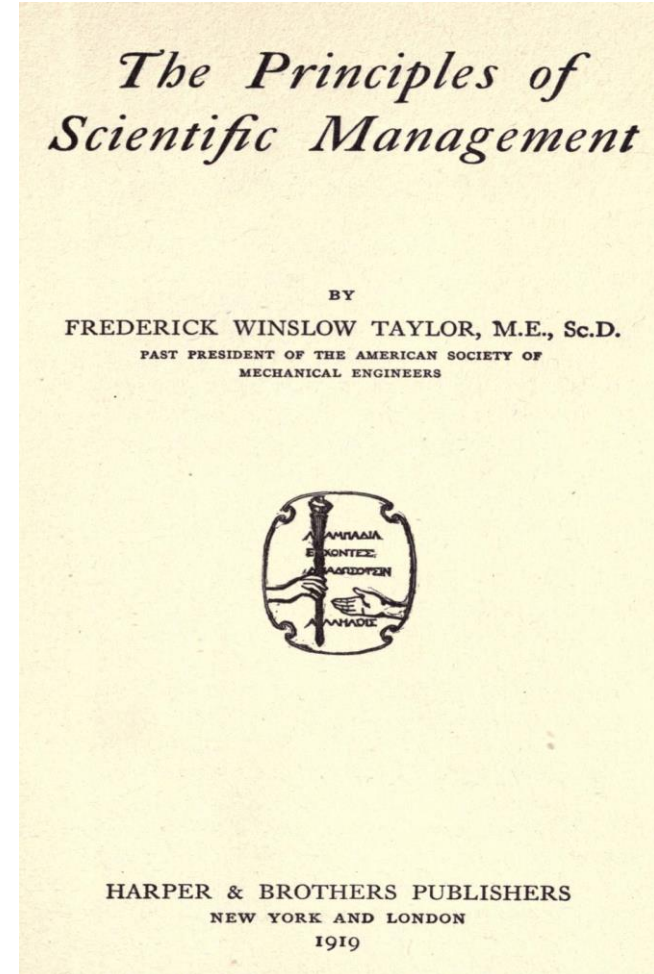
# ABORDAGEM CLÁSSICA DA AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE



## 2 | Abordagem clássica da avaliação da Conformidade

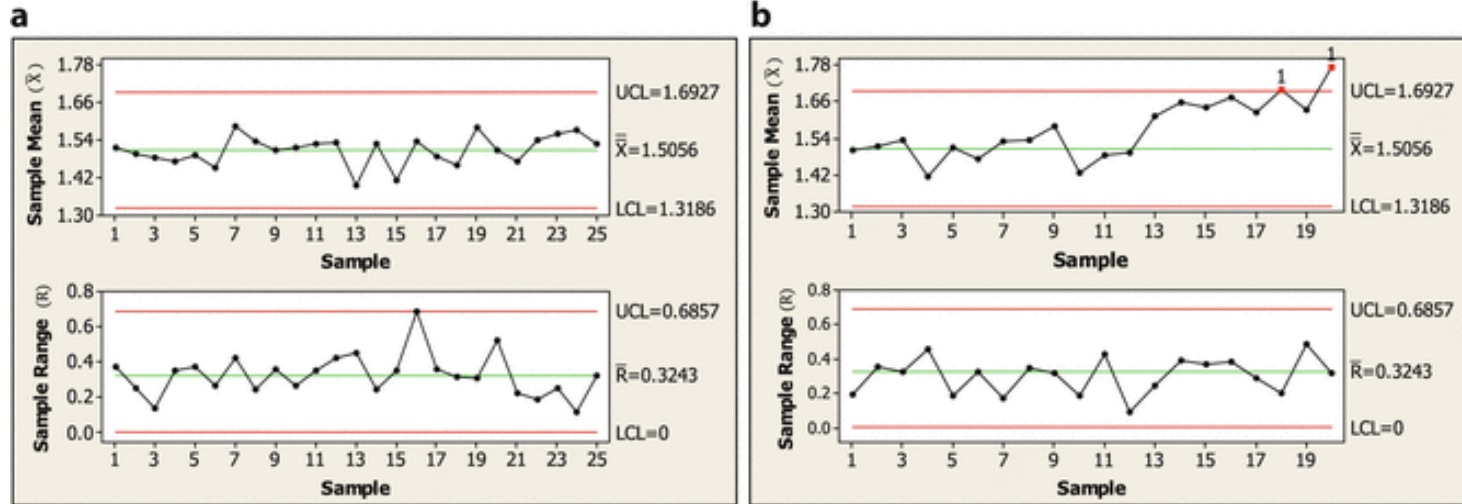


Linha de Montagem do Ford Model T, 1920  
Créditos: Science Source



**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE  
On-line, 24 de setembro de 2020

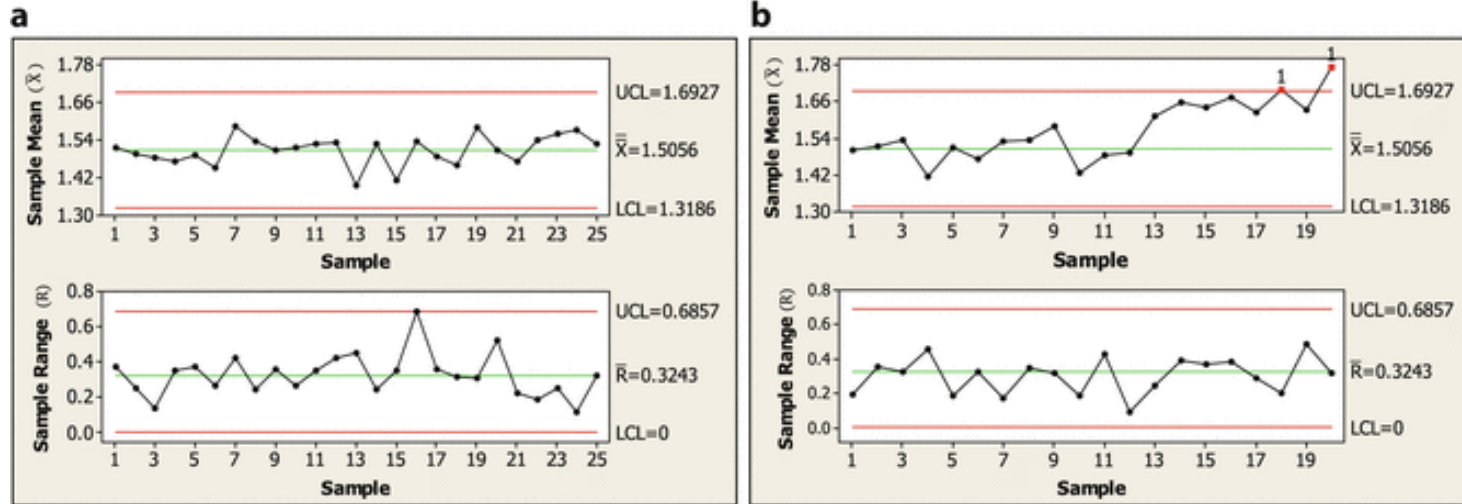
# 2 | Abordagem clássica da avaliação da Conformidade



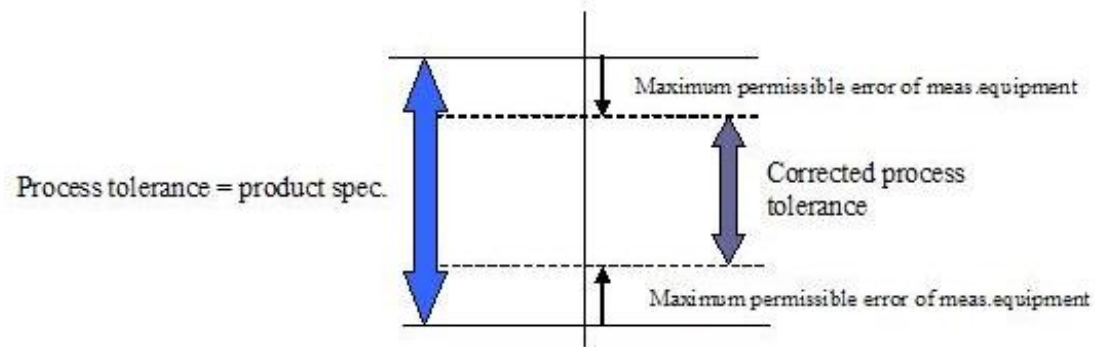
Controlo estatístico de processos (cartas de controlo – Walter A. Shewhart, Bell Labs, 1920)



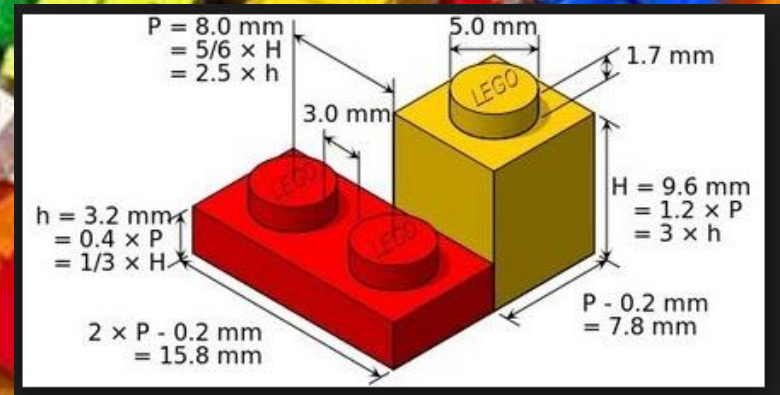
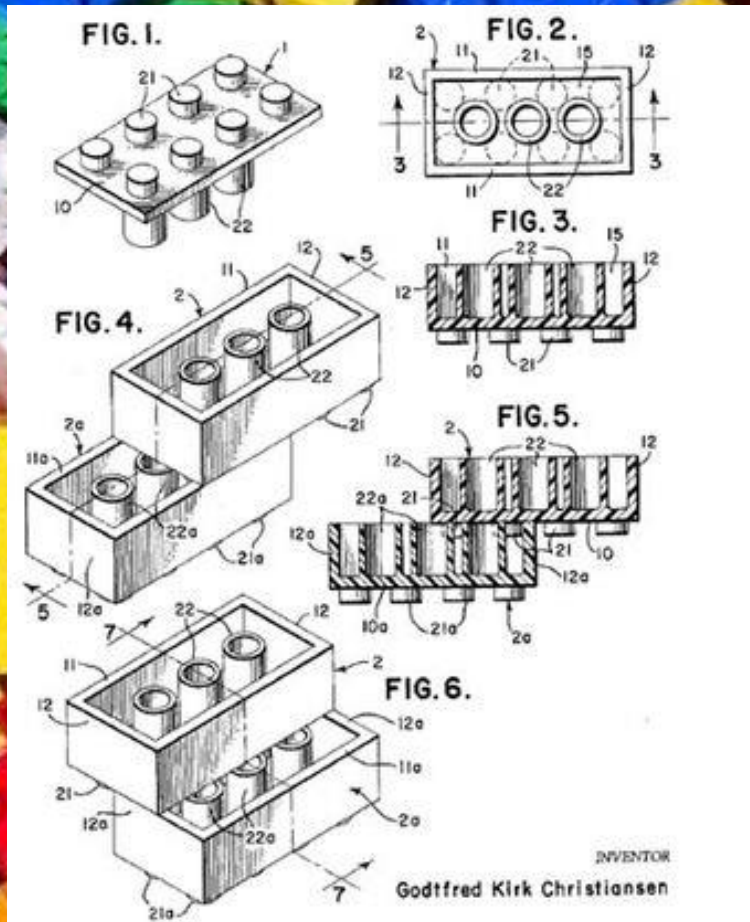
# 2 | Abordagem clássica da avaliação da Conformidade



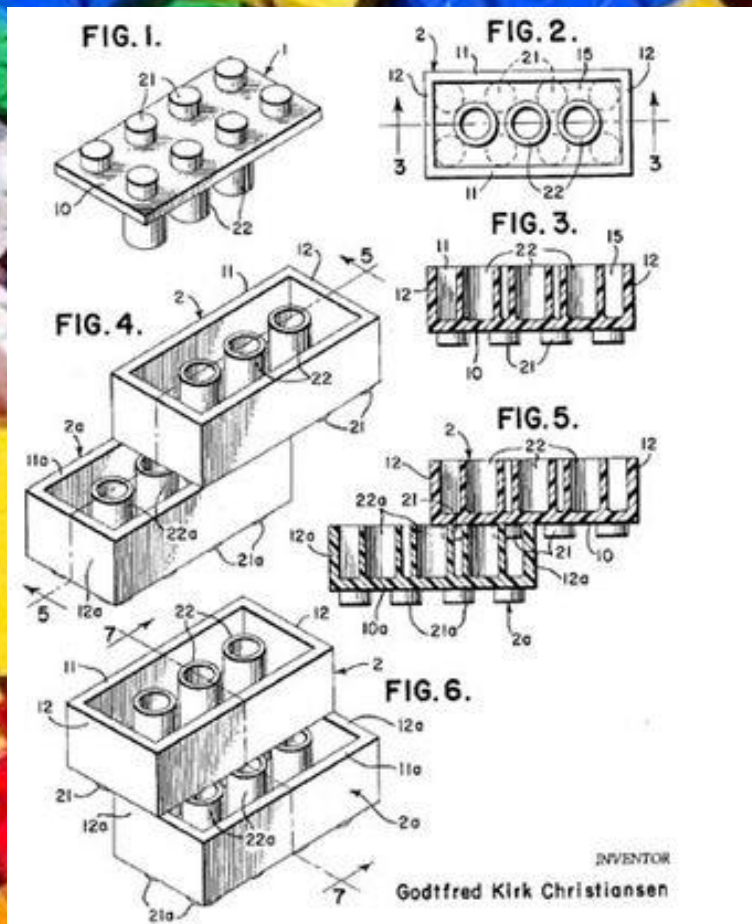
Controlo estatístico de processos (cartas de controlo – Walter A. Shewhart, Bell Labs, 1920)



# 2 | Abordagem clássica da avaliação da Conformidade



# 2 | Abordagem clássica da avaliação da Conformidade





# 2 | Abordagem clássica da avaliação da Conformidade

Metrologia Legal

Conformidade na saúde


Regulação do mercado

Comércio internacional

Comunicações

...

Resistor Color Table

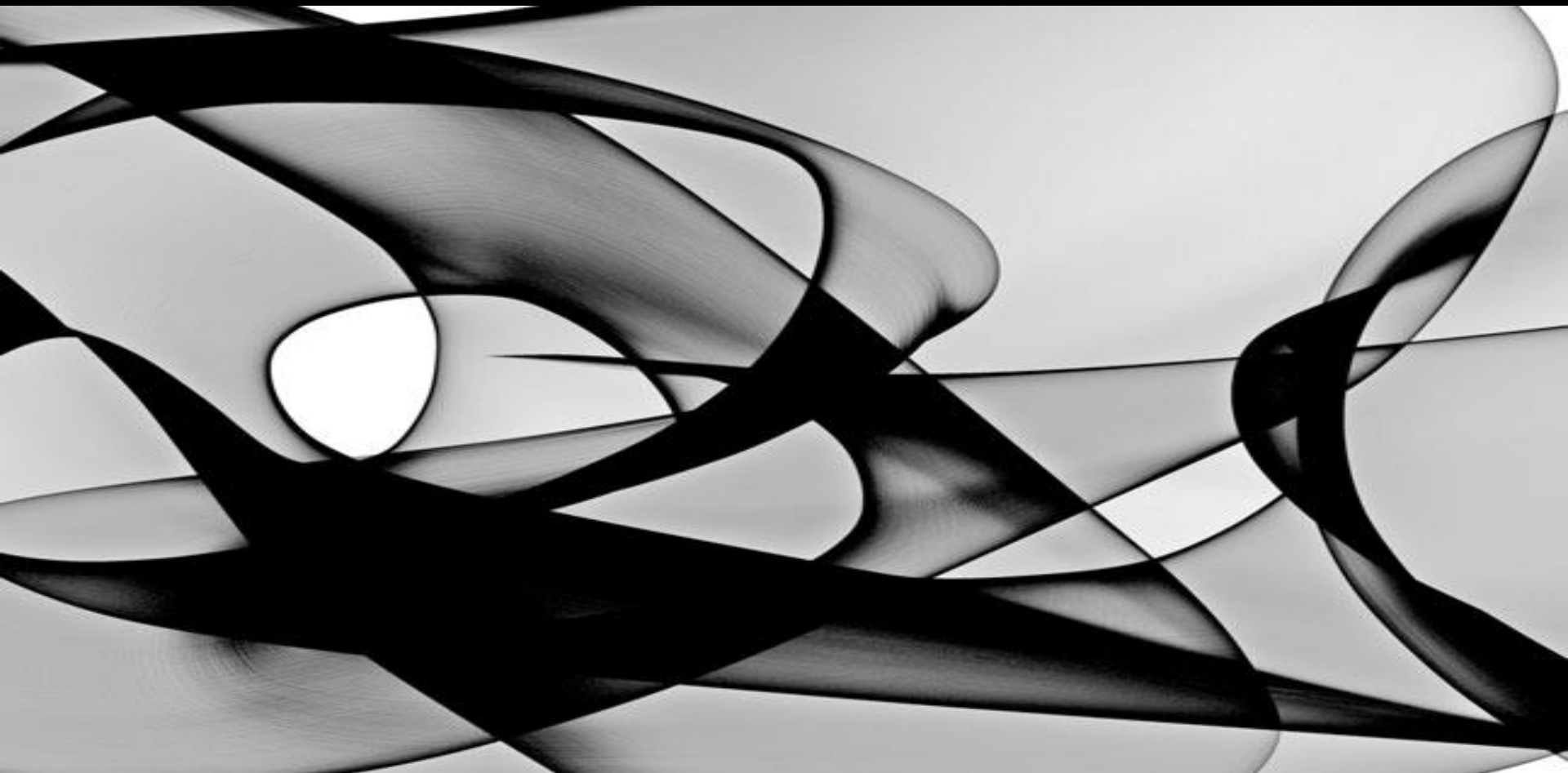


62 Ω ±5%

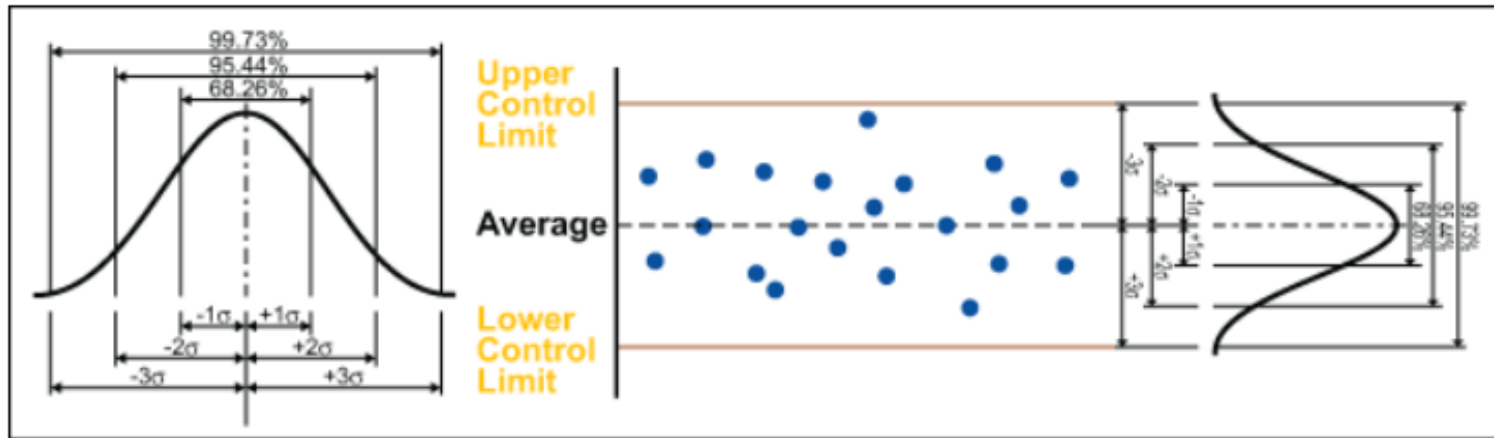
1st Digit	2nd Digit	Multiplier	Tolerance
0	0	x 1 Ω	± 1%
1	1	x 10 Ω	± 2%
2	2	x 100 Ω	
3	3	x 1 KΩ	
4	4	x 10 KΩ	
5	5	x 100 KΩ	
6	6	x 1 MΩ	
7	7		± 5%
8	8	x 0.1 Ω	± 10%
9	9	x 0.01 Ω	



# **PERSPETIVA ESTOCÁSTICA – A DISTRIBUIÇÃO NORMAL E A INCERTEZA DE MEDIÇÃO**



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição



Relação entre as cartas de controlo de processos e a estatística dos valores observados.

É possível obter os valores da estimativa média e do seu desvio-padrão experimental da amostra, constituindo os parâmetros da função distribuição de probabilidade normal (gaussiana).



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Breve nota histórica:

A distribuição normal foi introduzida pelo matemático francês A. de Moivre (1667-1754) num artigo da 2ª Edição do seu livro "The doctrine of chance" de 1738.

Em 1783, Laplace usou a curva normal para descrever a distribuição dos erros. Em 1812, Laplace publica a "Théorie Analytique des Probabilités". Laplace desenvolveu o importante Teorema do Limite Central.

In 1805, Legendre aplica a curva normal na sua introdução do método dos mínimos quadrados.

De forma independente, os matemáticos Adrian em 1808 e Gauss em 1809 desenvolvem a expressão da distribuição normal e mostram que a distribuição dos erros é adequadamente representada por esta distribuição.



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Definição:

Uma variável aleatória  $X$  possui uma distribuição de probabilidade normal (gaussiana) com parâmetros  $\mu$  e  $\sigma > 0$  se a função de distribuição de probabilidade de  $X$  é dada por:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad \text{com} \quad -\infty < x < \infty$$

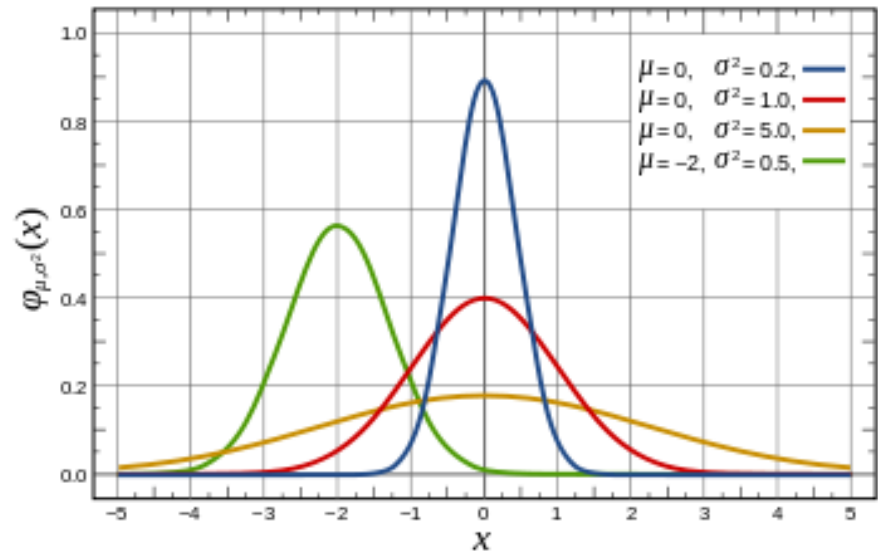


# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Definição:

Uma variável aleatória  $X$  possui uma distribuição de probabilidade normal (gaussiana) com parâmetros  $\mu$  e  $\sigma > 0$  se a função de distribuição de probabilidade de  $X$  é dada por:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad \text{com} \quad -\infty < x < \infty$$



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Definição:

Uma variável aleatória  $X$  possui uma distribuição de probabilidade normal (gaussiana) com parâmetros  $\mu$  e  $\sigma > 0$  se a função de distribuição de probabilidade de  $X$  é dada por:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad \text{com} \quad -\infty < x < \infty$$

A variável aleatória  $X$  de uma distribuição de probabilidade normal (gaussiana) com parâmetros  $\mu = 0$  e  $\sigma = 1$  diz-se *distribuição gaussiana normalizada*:

$$f(z; 0, 1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \quad \text{com} \quad -\infty < z < \infty$$

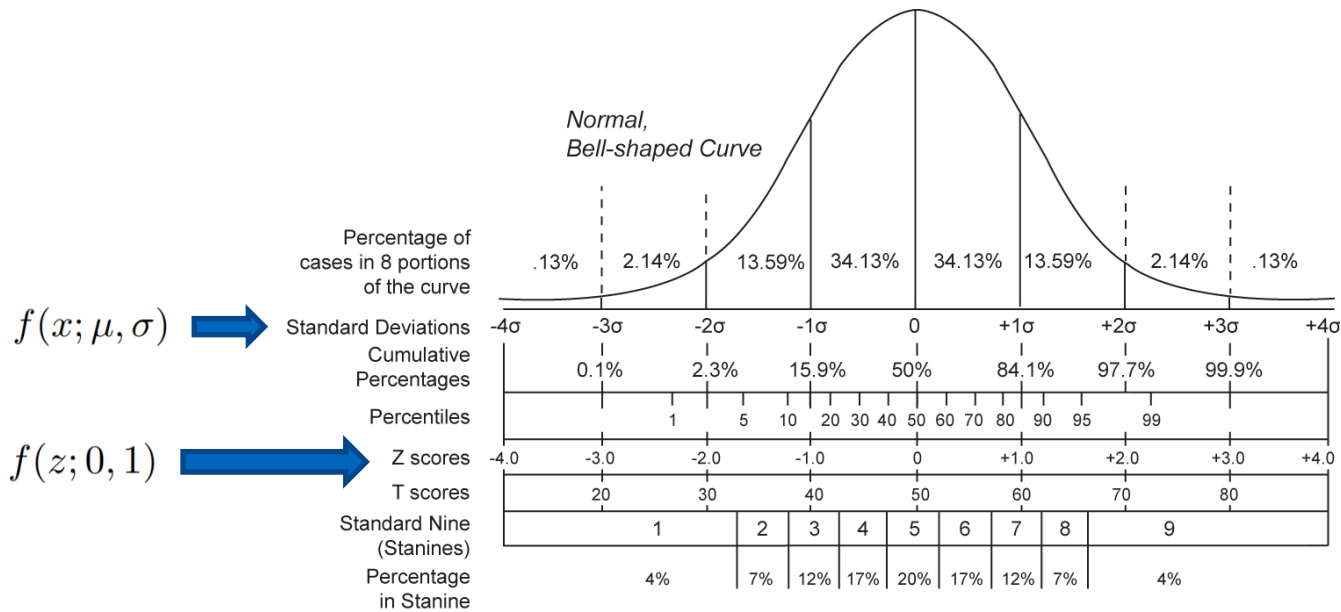
Transformação de variável:  $z = \frac{(x - \mu)}{\sigma}$



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

A variável aleatória  $X$  de uma distribuição de probabilidade normal (gaussiana) com parâmetros  $\mu = 0$  e  $\sigma = 1$  diz-se *distribuição gaussiana normalizada*:

$$f(z; 0, 1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \quad \text{com} \quad -\infty < z < \infty$$

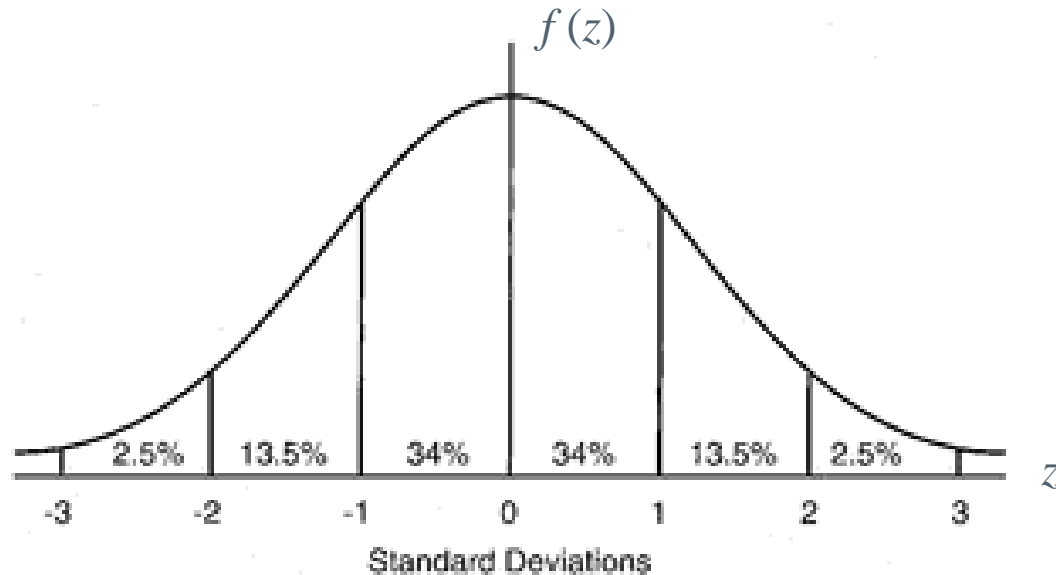




# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

A variável aleatória  $X$  de uma distribuição de probabilidade normal (gaussiana) com parâmetros  $\mu = 0$  e  $\sigma = 1$  diz-se *distribuição gaussiana normalizada*:

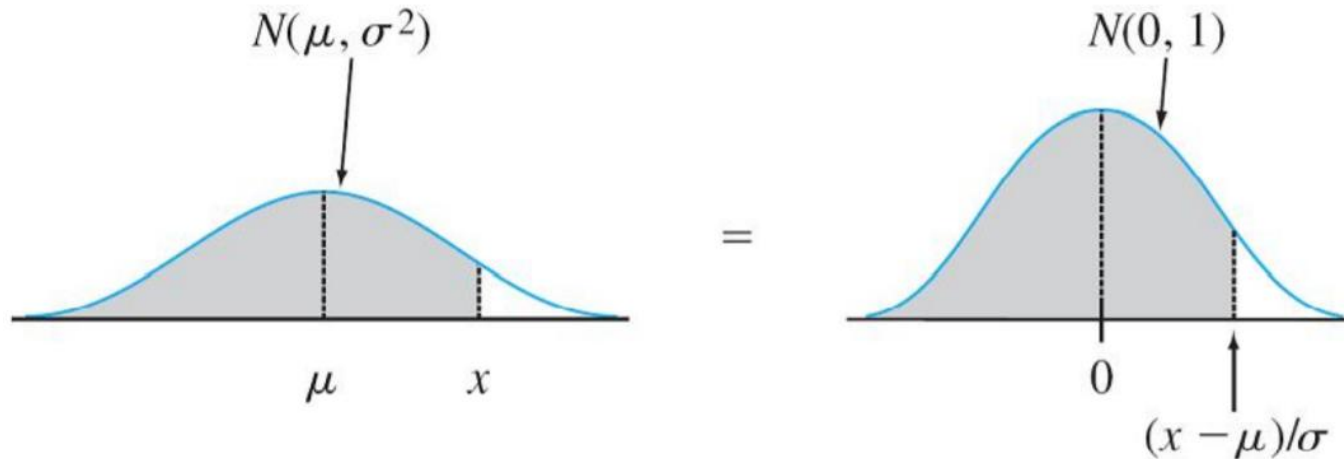
$$f(z; 0, 1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \quad \text{com} \quad -\infty < z < \infty$$



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

a) Correspondência entre FDP Normal e FDP Normal padronizada (transformação de variável da função)



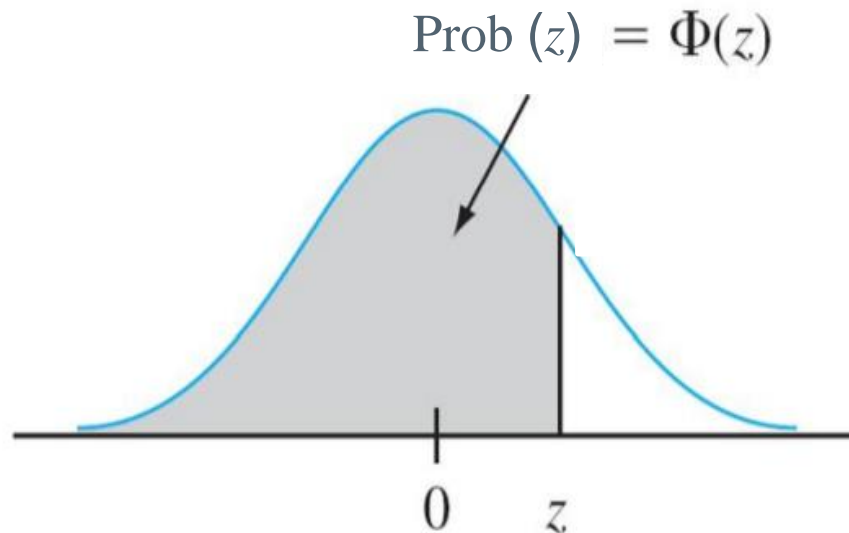
Transformação de variável: 
$$z = \frac{(x - \mu)}{\sigma}$$



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

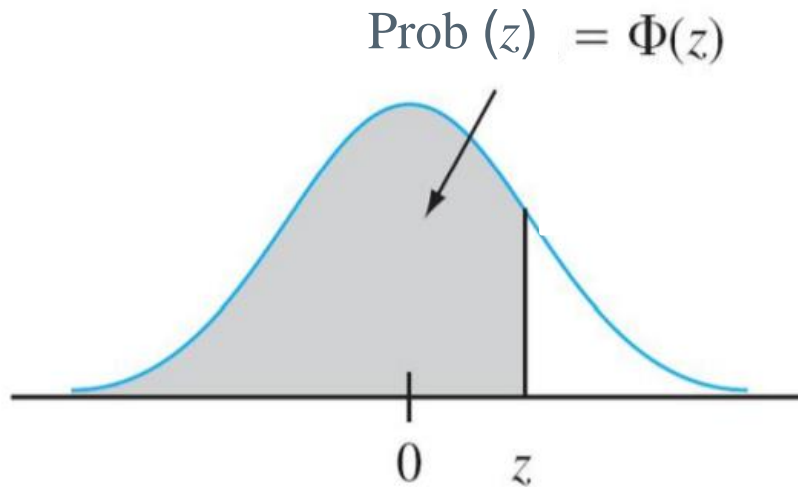
b) A função  $\Phi(z)$  representa a probabilidade (acumulada) relativa ao valor normalizado  $z$ . O valor da probabilidade corresponde à área da função sombreada.



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

b) A função  $\Phi(z)$  representa a probabilidade (acumulada) relativa ao valor normalizado  $z$ . O valor da probabilidade corresponde à área da função sombreada.



Exemplo:

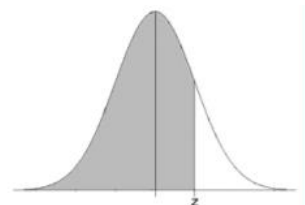
$$z = 1,20$$

$$P(Z \leq 1,20) = \Phi(z) = 0,8849 \text{ (88,49\%)}$$



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Standard Normal Cumulative Probability Table



Cumulative probabilities for POSITIVE z-values are shown in the following table:

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764			
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051			
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315			
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554			
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770			
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962			
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131			
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279			
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857



Exemplo:  
 $z = 1,20$

$$P(Z \leq 1,20) = \Phi(z) = 0,8849 \text{ (88,49\%)}$$

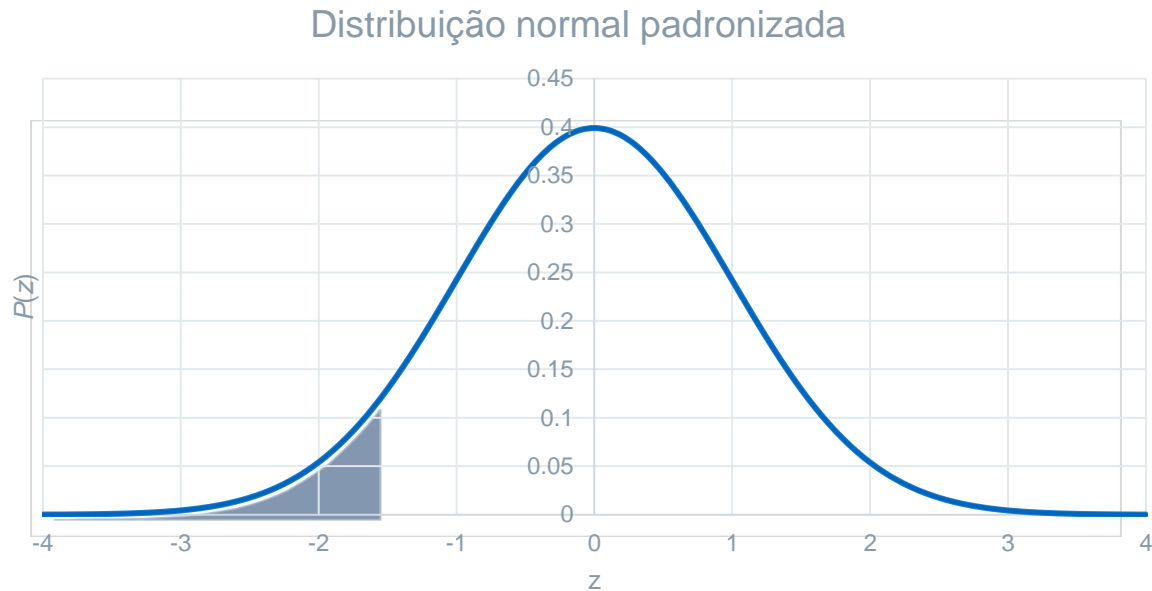


# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

c) Determinação de probabilidade para valores negativos de z

$$P(Z \leq -1,5) =$$

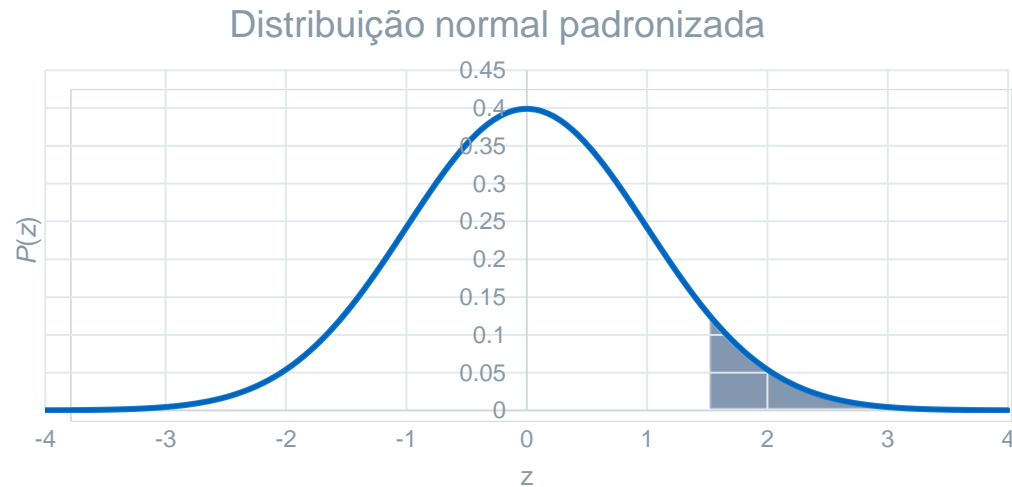


# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

c) Determinação de probabilidade para valores negativos de z

$$P(Z \leq -1,5) = P(Z \geq 1,5) = 1 - P(Z \leq 1,5) = 1 - \Phi(1,5) = 1 - 0,9332 = 0,0668 \text{ (7\%)}$$

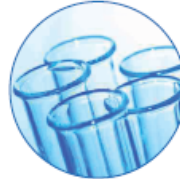
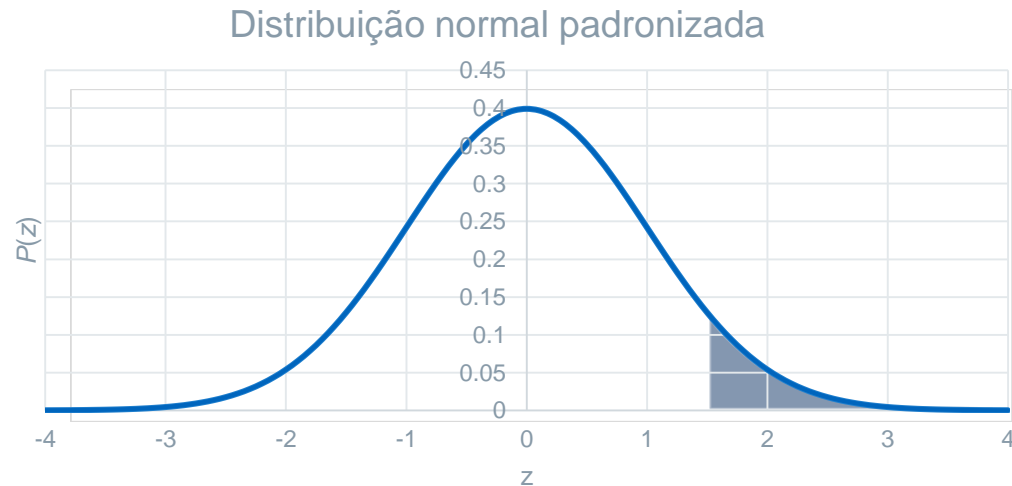


# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

d) Determinação de probabilidades do tipo  $P(Z \geq z)$

$$P(Z \geq 1,5) = 1 - P(Z \leq 1,5) = 1 - \Phi(1,5) = 1 - 0,9332 = 0,0668 \text{ (7\%)}$$





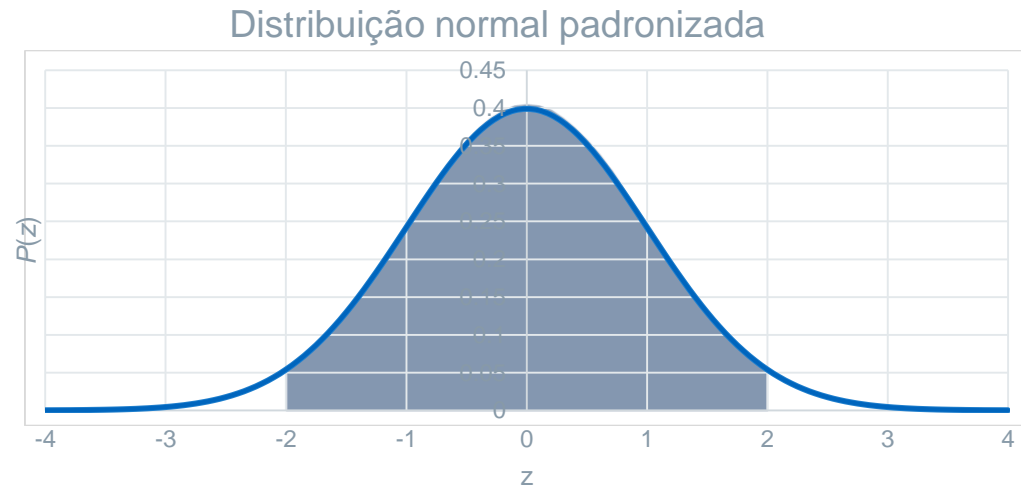
# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

e) Determinação de probabilidade de um intervalo de valores de z

$$P(-2,0 \leq Z \leq 2,0) = P(Z \leq 2,0) - P(Z \leq -2,0) = \Phi(2,0) - \Phi(-2,0)$$

$$= 0,9772 - 0,0228 = 0,9544 \text{ (95,44\%)}$$

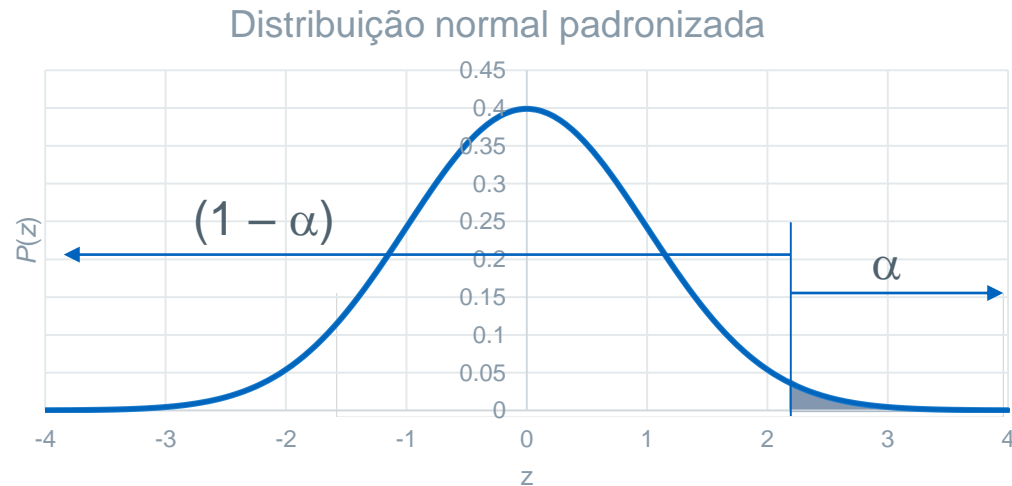


# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

f) Função inversa – determinação do valor de  $z$  a partir da probabilidade pretendida.

Problema: qual o valor de  $z_\alpha$  para o qual a  $\text{Prob}(Z \geq z_\alpha) = \alpha$  e, em consequência, a  $\text{Prob}(Z \leq z_\alpha) = (1 - \alpha)$

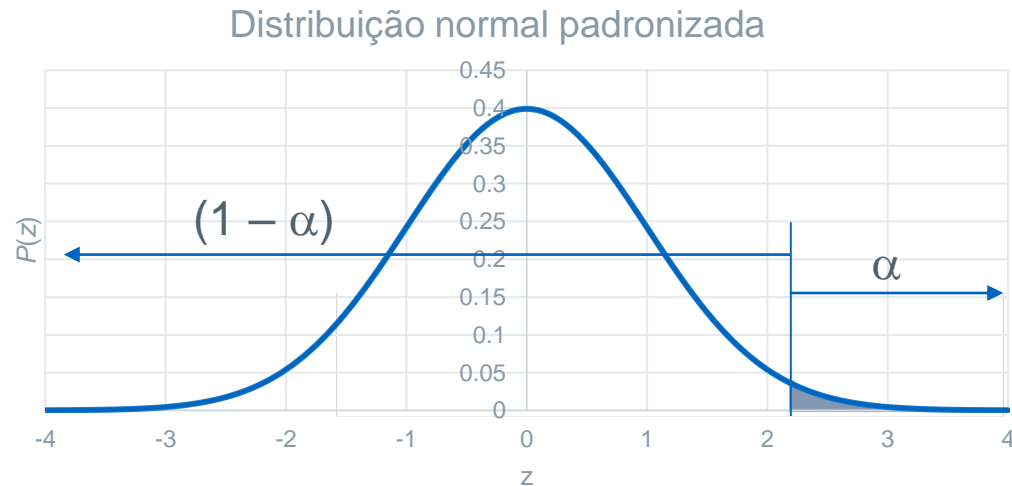


# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

f) Função inversa – determinação do valor de  $z$  a partir da probabilidade pretendida.

Problema: qual o valor de  $z_\alpha$  para o qual a  $\text{Prob}(Z \geq z_\alpha) = \alpha = 0,01$  e, em consequência, a  $\text{Prob}(Z \leq z_\alpha) = (1 - \alpha) = 0,99$



# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

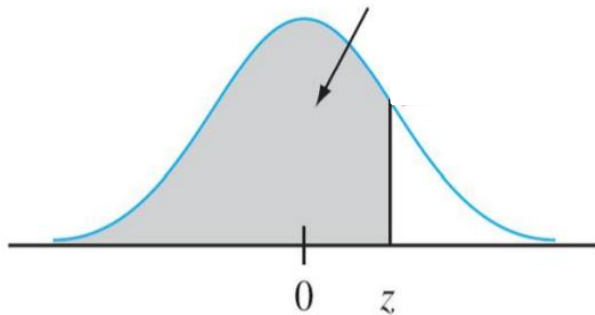
Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

f) Função inversa – determinação do valor de  $z$  a partir da probabilidade pretendida.

Problema: qual o valor de  $z_\alpha$  para o qual a  $\text{Prob}(Z \geq z_\alpha) = \alpha = 0,01$  e, em consequência, a  $\text{Prob}(Z \leq z_\alpha) = (1 - \alpha) = 0,99$

$$P(Z \leq z) = \Phi(z) = (1 - \alpha) \quad \text{então,}$$

$$z = \Phi^{-1}(1 - \alpha)$$

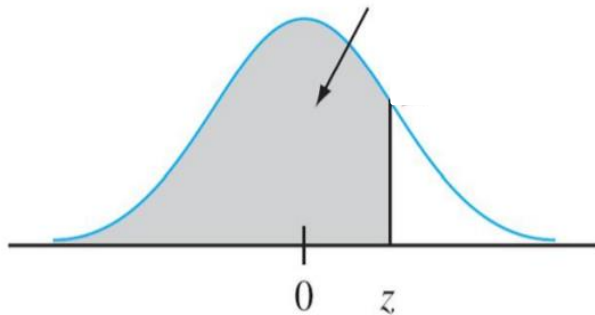


# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

f) Função inversa – determinação do valor de  $z$  a partir da probabilidade pretendida.

Problema: qual o valor de  $z_\alpha$  para o qual a  $\text{Prob}(Z \geq z_\alpha) = \alpha = 0,01$  e, em consequência, a  $\text{Prob}(Z \leq z_\alpha) = (1 - \alpha) = 0,99$



$P(Z \leq z) = \Phi(z) = (1 - \alpha)$  então,

$$z = \Phi^{-1}(1 - \alpha)$$

Neste caso,

$$z_\alpha = \Phi^{-1}(0,99)$$

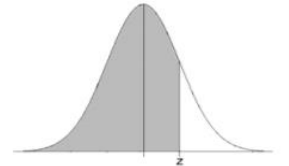


# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

$$z_{\alpha} = \Phi^{-1}(0,99)$$

$$z_{\alpha} = 2,33$$

Standard Normal Cumulative Probability Table



Cumulative probabilities for POSITIVE z-values are shown in the following table:

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974

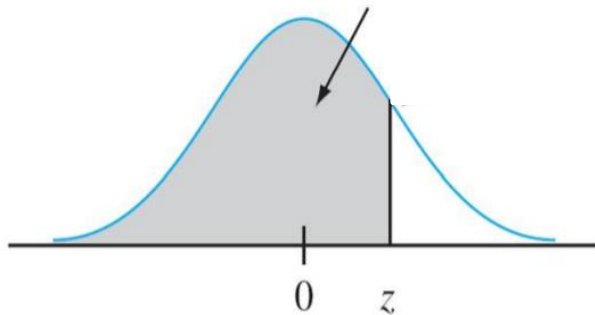


# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Conceitos essenciais associados à aplicação de regras de decisão:

f) Função inversa – determinação do valor de  $z$  a partir da probabilidade pretendida.

Problema: qual o valor de  $z_\alpha$  para o qual a  $\text{Prob}(Z \geq z_\alpha) = \alpha = 0,01$  e, em consequência, a  $\text{Prob}(Z \leq z_\alpha) = (1 - \alpha) = 0,99$



$P(Z \leq z) = \Phi(z) = (1 - \alpha)$  então,

$$z = \Phi^{-1}(1 - \alpha)$$

Neste caso,

$$z_\alpha = \Phi^{-1}(0,99) = 2,33$$



### 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Probabilidade  $P(-z \leq Z \leq z) = \Phi(z) - \Phi(-z) = (1 - \alpha) = 0,95$

De forma a resolver o problema de forma simétrica

$$\Phi(z) - \Phi(-z) = 0,95 \Leftrightarrow$$

$$\Phi(z) - [1 - \Phi(z)] = 2\Phi(z) - 1 = 0,95 \Leftrightarrow$$

$$2\Phi(z) = 1,95 \Leftrightarrow \Phi(z) = 0,975 \Leftrightarrow z_\alpha = \Phi^{-1}(0,975)$$

... usando a tabela da FDP Normal





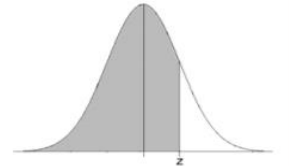
# 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

$$\alpha = 0,975$$

$$z_{\alpha} = \Phi^{-1}(0,975)$$

$$z_{\alpha} = 1,96$$

Standard Normal Cumulative Probability Table



Cumulative probabilities for POSITIVE z-values are shown in the following table

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974



### 3 | Perspetiva estocástica – a distribuição normal e a incerteza da medição

Probabilidade  $P(-z \leq Z \leq z) = \Phi(z) - \Phi(-z) = (1 - \alpha) = 0,95$

De forma a resolver o problema de forma simétrica

$$\Phi(z) - \Phi(-z) = 0,95 \Leftrightarrow$$

$$\Phi(z) - [1 - \Phi(z)] = 2\Phi(z) - 1 = 0,95 \Leftrightarrow$$

$$2\Phi(z) = 1,95 \Leftrightarrow \Phi(z) = 0,975 \Leftrightarrow z_\alpha = \Phi^{-1}(0,975)$$

... usando a tabela da FDP Normal

$$z_\alpha = 1,96$$

Intervalo de 95% confiança corresponde a  $\pm 1,96 \sigma \approx \pm 2 \sigma$

Incerteza expandida com 95% confiança:  $U_{95}(x) \approx 2 u(x)$

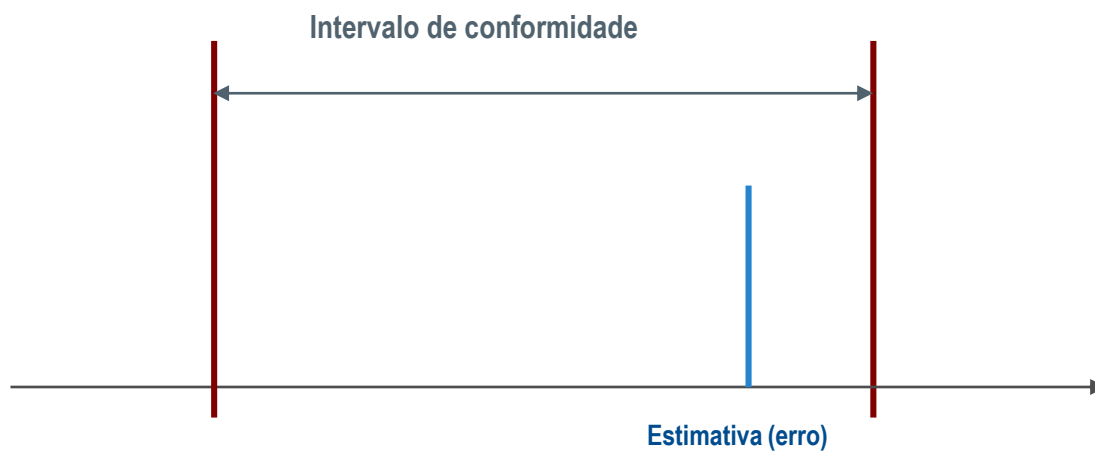


# REGRAS DE DECISÃO



## 4 | Regras de decisão

Abordagem clássica da avaliação da conformidade

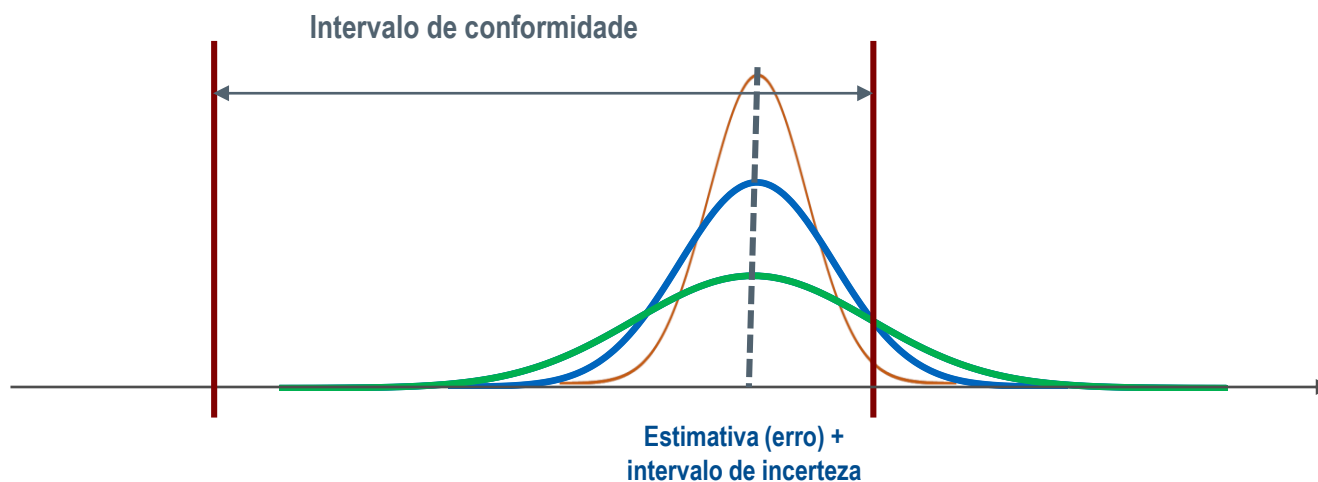


**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE  
On-line, 24 de setembro de 2020

## 4 | Regras de decisão

Abordagem estocástica da avaliação da conformidade

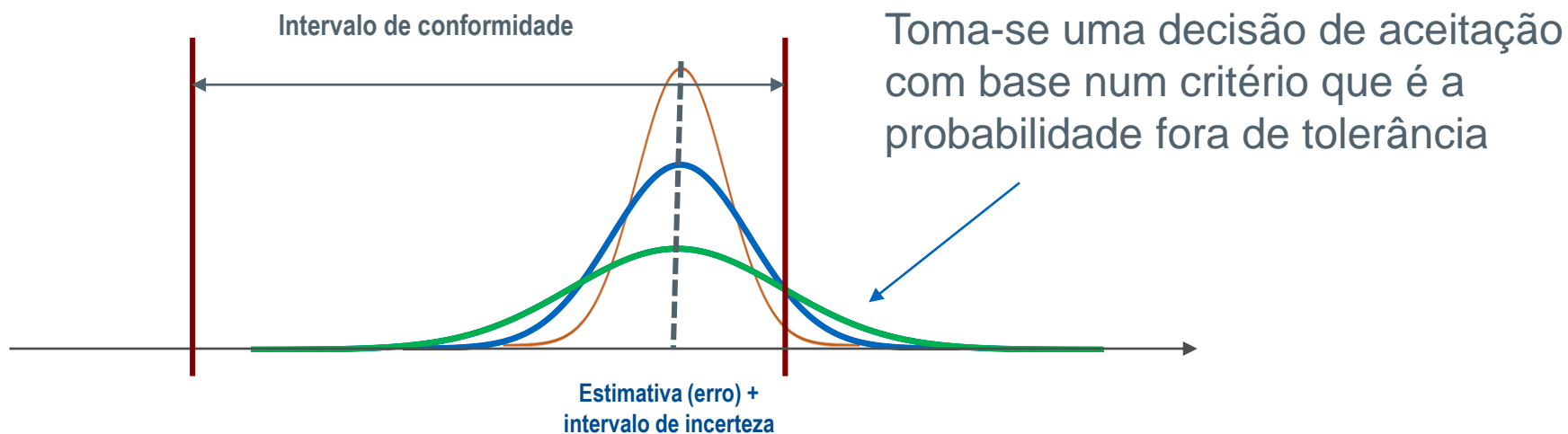
Diferentes intervalos de incerteza podem conduzir a diferentes decisões!



# 4 | Regras de decisão

Abordagem estocástica da avaliação da conformidade

Diferentes intervalos de incerteza podem conduzir a diferentes decisões!

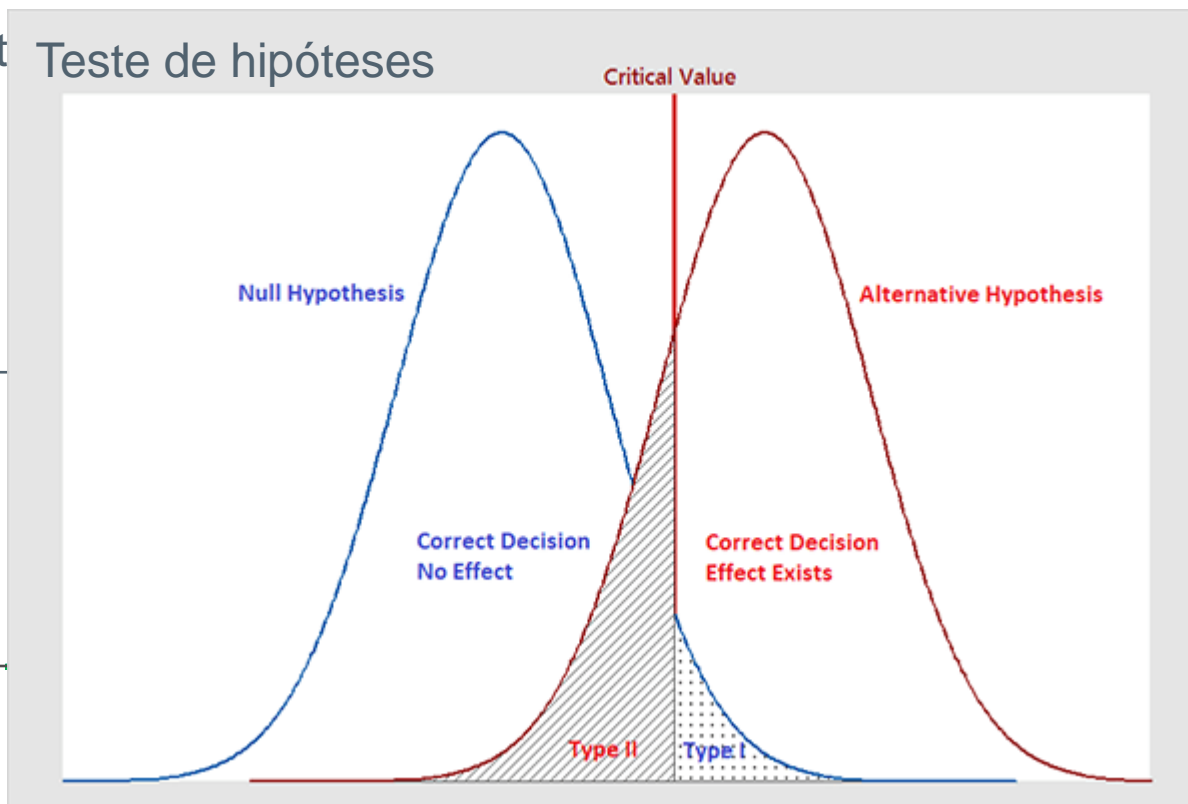


# 4 | Regras de decisão

Abordagem estocástica da avaliação da conformidade

Diferent Teste de hipóteses

decisões!

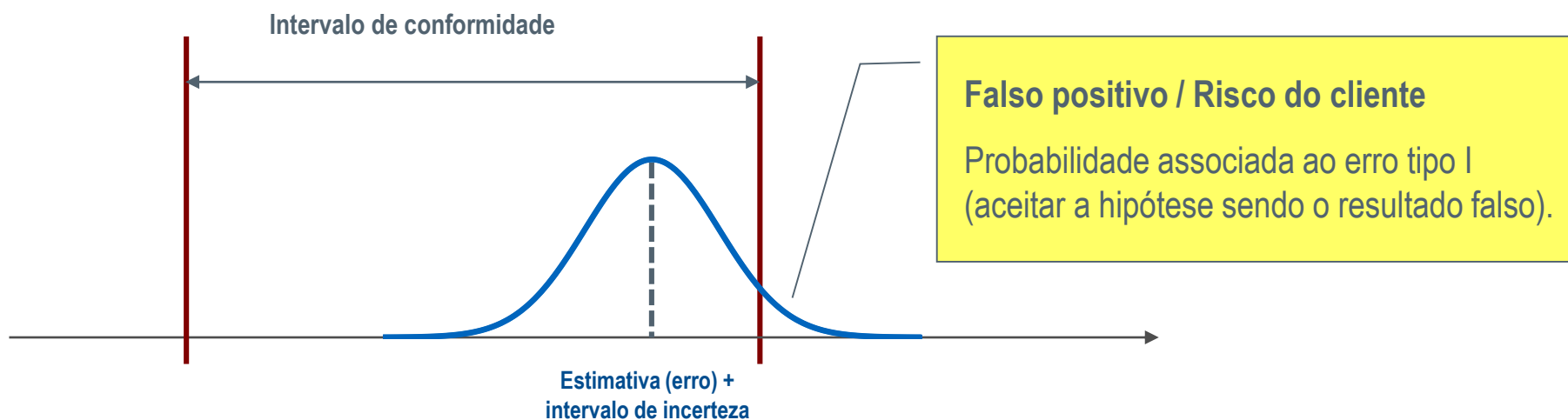


de aceitação  
que é a  
tolerância



## 4 | Regras de decisão

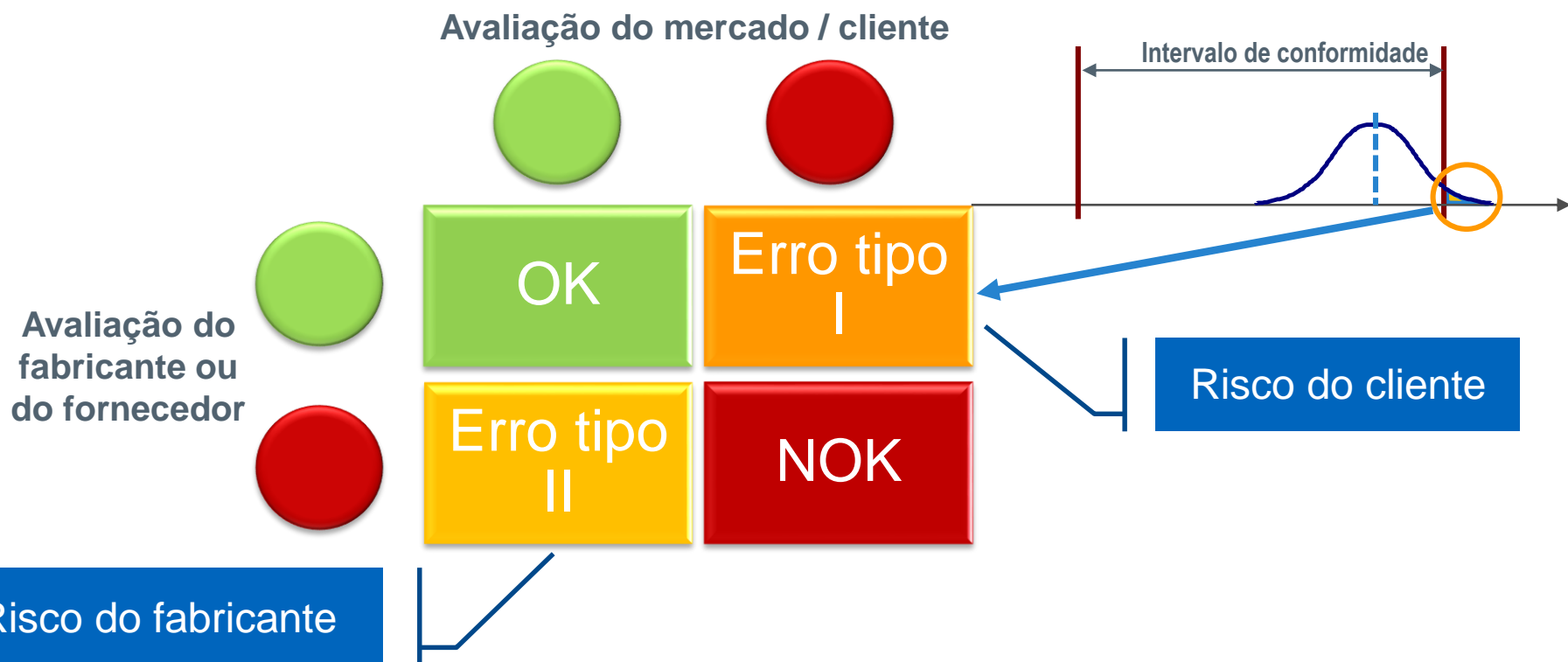
Abordagem estocástica da avaliação da conformidade





# 4 | Regras de decisão

Abordagem estocástica da avaliação da conformidade



# 4 | Regras de decisão

Abordagem estocástica da avaliação da conformidade

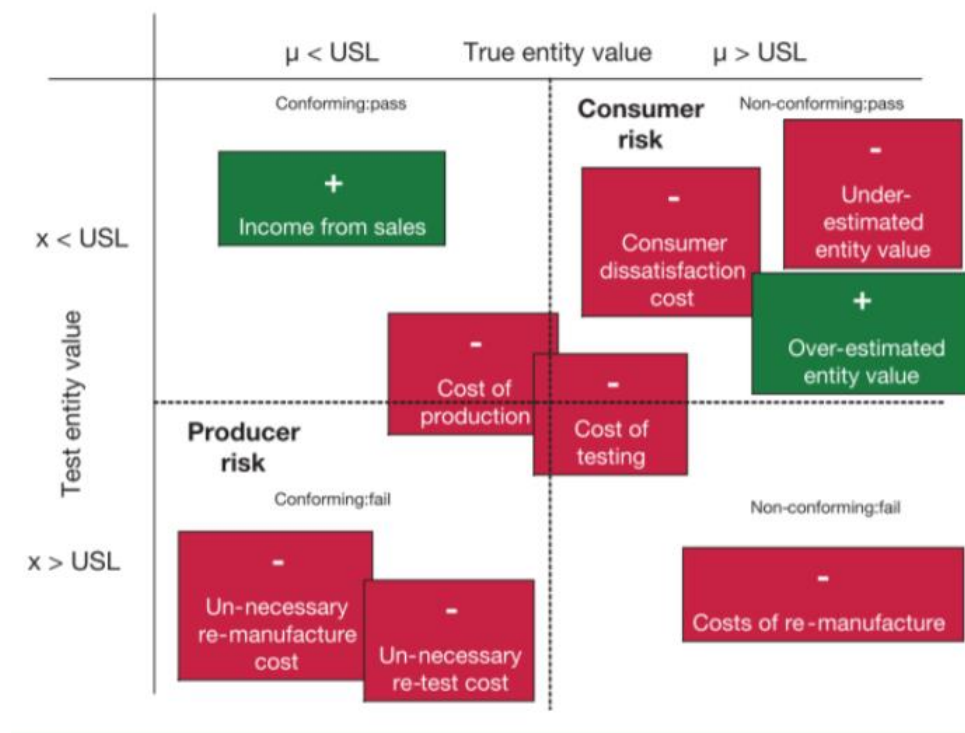


Figure 2 –Supplier income and costs due to conformity (adapted from [Pendrill, 2007])



## 4 | Regras de decisão

Procedimento de análise:

- a. Especificação da mensuranda ( $Y$ ) e do item a ensaiar.
- b. Obtenção de resultados experimentais / analíticos (estimativas  $y$  da mensuranda  $Y$ ).
- c. Obtenção da incerteza-padrão,  $u(y)$ , e da incerteza expandida para um determinado nível de confiança (a que corresponde um fator de expansão  $k$ , por exemplo, para uma distribuição de probabilidade gaussiana aplica-se o fator de expansão de 2,00 para um intervalo de confiança de 95%).
- d. Especificação de um limite unilateral de tolerância (superior ou inferior) ou um intervalo de tolerância.
- e. Definição da zona de aceitação, da zona de rejeição e de banda de guarda ou segurança, considerando-se o risco tipo I (risco do cliente,  $\alpha$ ) pretendido.
- f. Definição da regra de decisão.

Creditos: EUROLAB Technical Report No.1/2017



**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE

On-line, 24 de setembro de 2020

## 4 | Regras de decisão

### Terminologia

Avaliação da conformidade – demonstração de que os requisitos especificados (associados a uma necessidade ou expectativa) são cumpridos.

[Adaptado de ISO/IEC 17000:2020]

Zona de aceitação – conjunto de valores de uma característica, para um processo específico e regra de decisão, que determinam a aceitação do produto quando o resultado de medição se encontra nesta zona.

Zona de rejeição - conjunto de valores de uma característica, para um processo específico e regra de decisão, que determinam a não-conformidade do produto quando o resultado de medição se encontra nesta zona.

**Creditos: JCGM 106: 2012; EURACHEM Guide: 7; ASME B89.7.3.1:2001; EUROLAB Technical Report No.1/2017**



**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE

On-line, 24 de setembro de 2020

## 4 | Regras de decisão

### Terminologia

Erro tipo I ( $\alpha$ ) = probabilidade da amostra ensaiada seja conforme, ainda que seja obtida uma medição não-conforme (falso positivo)

Erro tipo II ( $\beta$ ) = probabilidade da amostra ensaiada seja não-conforme, ainda que seja obtida uma medição conforme (falso negativo)

Creditos: JCGM 106: 2012; EURACHEM Guide: 7; ASME B89.7.3.1:2001; EUROLAB Technical Report No.1/2017



**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE

On-line, 24 de setembro de 2020

## 4 | Regras de decisão

### Terminologia

Banda de guarda ou de segurança – magnitude da diferença entre os limites da especificação e os limites da zona de aceitação ou de rejeição.

Regra de decisão – regra documentada que descreve como a incerteza de medição é considerada relativamente à aceitação ou rejeição de um produto de acordo com a sua especificação e com o resultado da medição.

**Creditos: JCGM 106: 2012; EURACHEM Guide: 7; ASME B89.7.3.1:2001; EUROLAB Technical Report No.1/2017**

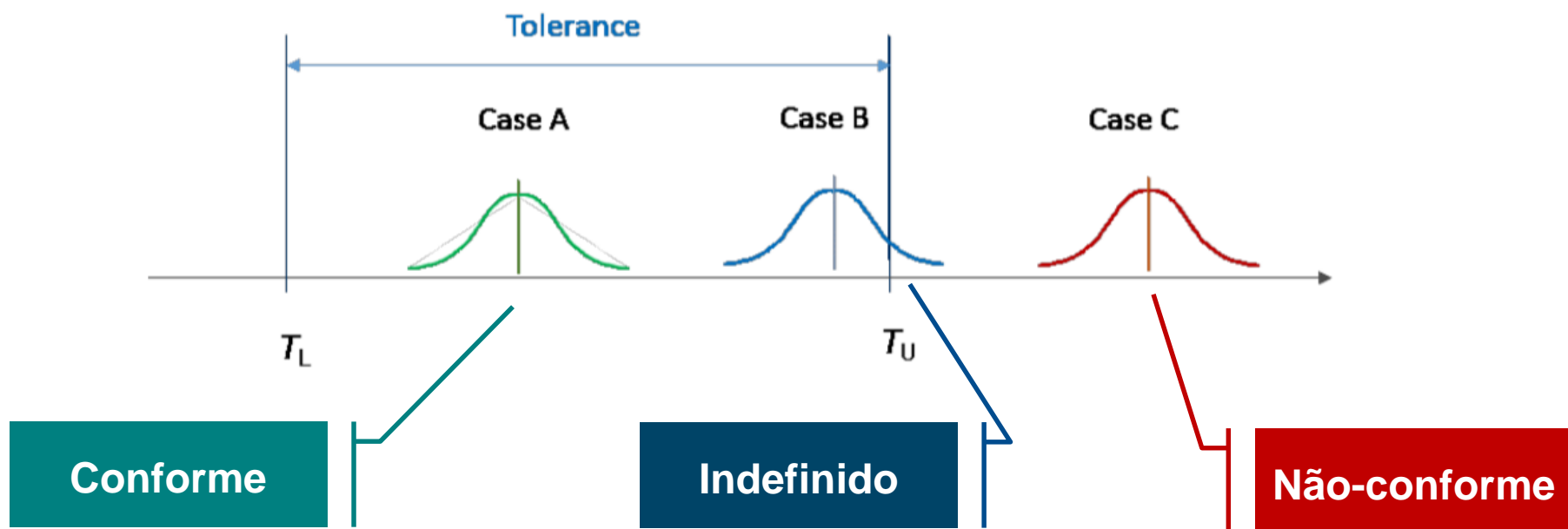


**Regras de Decisão e a Avaliação da Conformidade**  
Webinar RELACRE

On-line, 24 de setembro de 2020

# 4 | Regras de decisão

Situações possíveis de conformidade



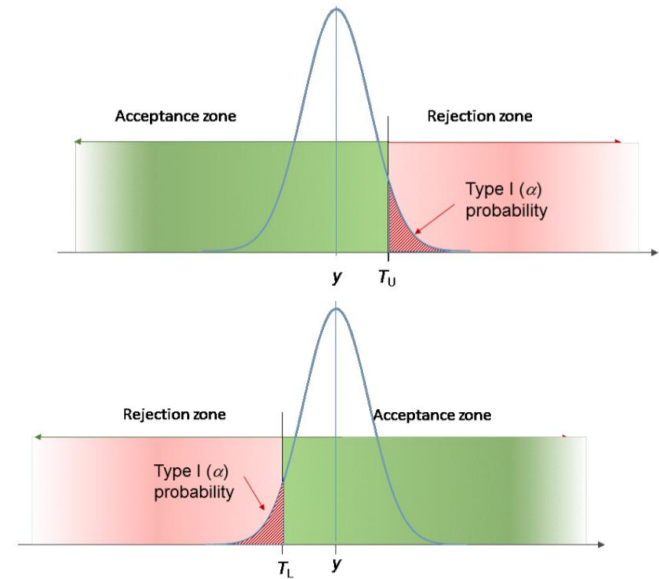
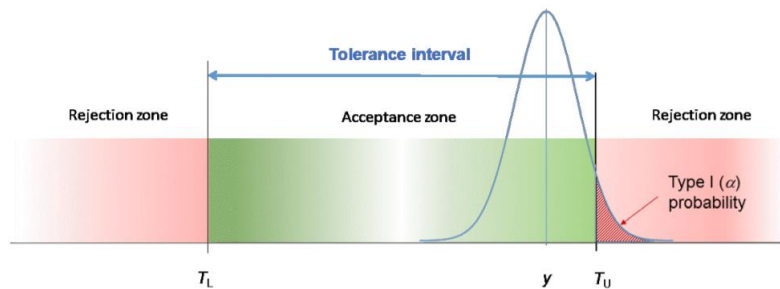
Creditos: EUROLAB Technical Report No.1/2017



# 4 | Regras de decisão

Contextos de avaliação da conformidade:

- tolerância unilateral ou bilateral (intervalo de tolerância)

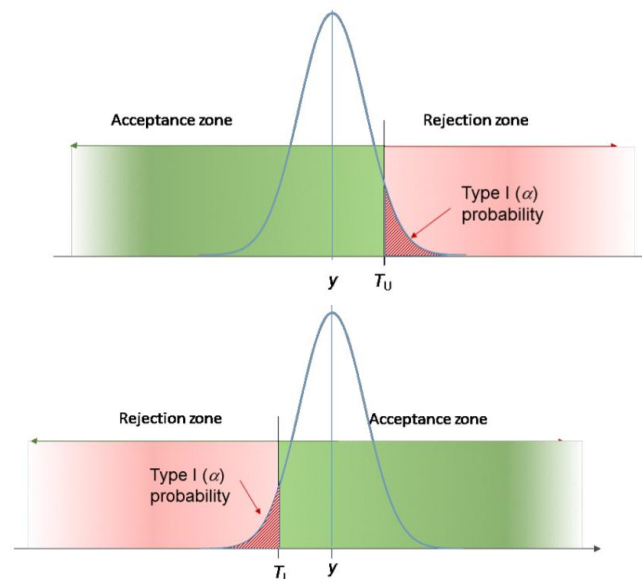
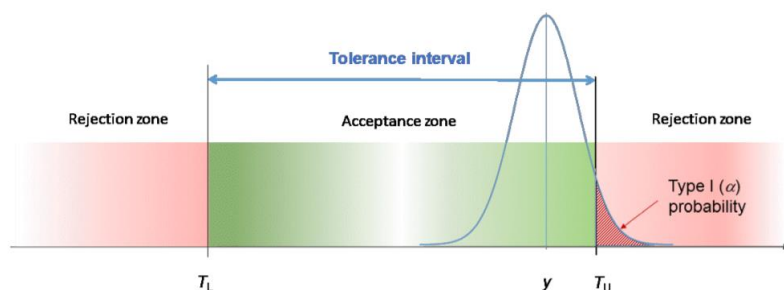




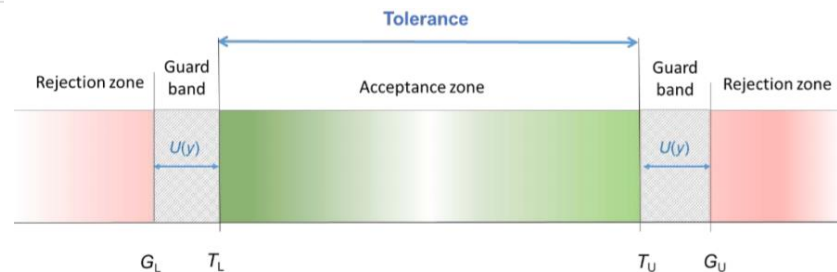
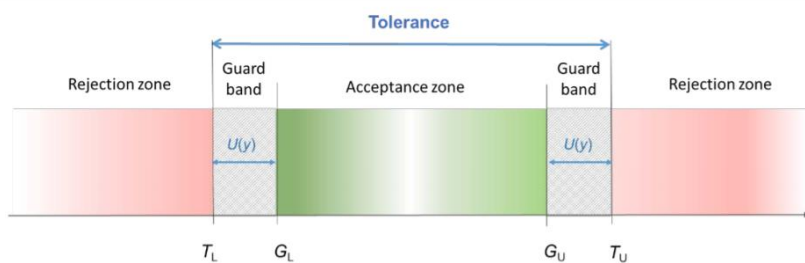
# 4 | Regras de decisão

Contextos de avaliação da conformidade:

- tolerância unilateral ou bilateral (intervalo de tolerância)



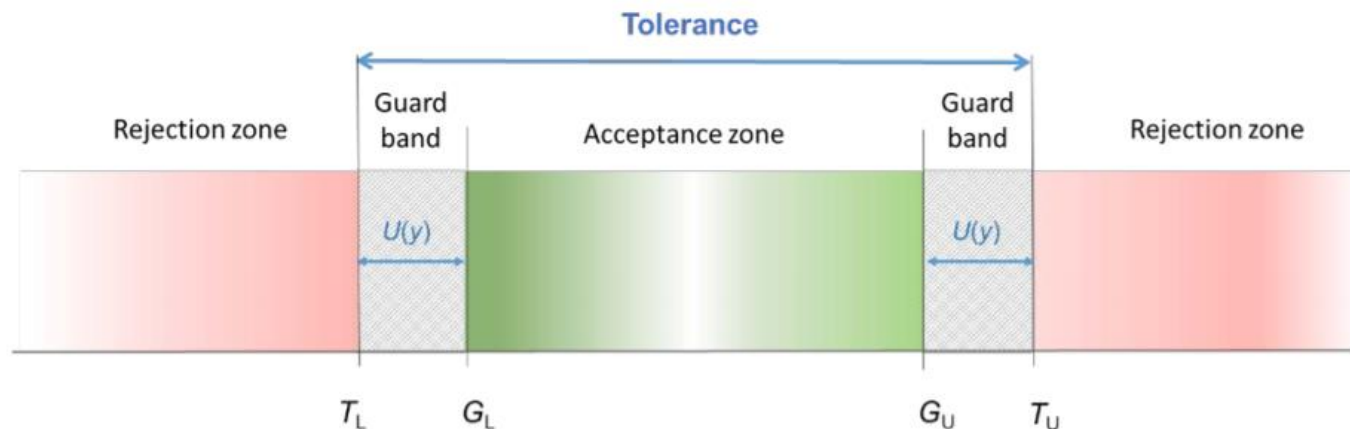
- com ou sem banda de guarda



# 4 | Regras de decisão

Nota sobre a legenda das figuras

- $T_U$  – limite superior da tolerância
- $G_U$  – limite superior da zona de aceitação
- $T_L$  – limite inferior da tolerância
- $G_L$  – limite inferior da zona de aceitação
- $U(y)$  – incerteza expandida da medição .



# 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Tolerância unilateral superior sem banda de segurança

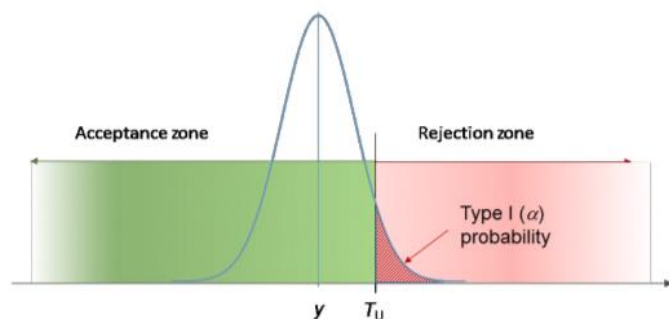


Figure 4 – Example with single upper tolerance

## Regra de decisão

Aceitação se a hipótese  $H_0: P(Y \leq T_U) \geq (1 - \alpha)$  é verdadeira;

Rejeição se a hipótese  $H_0$  é falsa,  $P(Y \leq T_U) < (1 - \alpha)$ .

Expressão do teste:  $P_C = P(\eta \leq T_U) = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u(y)}\right)$



## 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Tolerância unilateral superior sem banda de segurança

Considere-se a estimativa de medição  $y = 2,7$  mm com uma incerteza-padrão  $u(y) = 0,2$  mm, uma tolerância com limite superior  $T_U = 3,0$  mm, e uma especificação de conformidade  $(1 - \alpha)$  de 0,95 (95 %) assumindo-se um erro tipo I  $\alpha = 0,05$  (5 %).

Com o resultado experimental e o limite de tolerância indicados, assumindo-se que a distribuição de probabilidade é gaussiana, a regra de decisão é a seguinte:

Aceitação da hipótese  $H_0: P(Y \leq 3,0 \text{ mm}) \geq 0,95$  como verdadeira

A probabilidade da conformidade ( $P_C$ ) calcula-se da seguinte forma:

$$P_C = P(\eta \leq T_U) = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u(y)}\right)$$

$$P_C = \Phi\left(\frac{3,0 - 2,7}{0,2}\right) = \Phi(1,5) \approx 0,933 \text{ (93,3 \%)} < 0,95$$

O resultado mostra que a hipótese  $H_0$  é falsa e a decisão é de não-conformidade.



# 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Tolerância unilateral superior sem banda de segurança

Considere-se a estimativa de medição  $y = 2,7$  mm com uma incerteza-padrão  $u(y) = 0,2$  mm, uma tolerância com limite superior  $T_U = 3,0$  mm e uma especificação de conformidade  $(1 - \alpha)$  de 0,95 (95%)



Note: The value of  $\Phi(z)$  can be obtained using tables of standard normal PDF or software having functions to perform this type of calculations, e.g.:

MS Excel function NORMDIST( x, mean, standard deviation, cumulative ), for this case. NORMDIST(3.0:2.7:0.2:TRUE) would calculate the result ( 0.933 ).

ção

Co  
de  
Ac  
Ap

$$P_C = P(\eta \leq T_U) = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u(y)}\right)$$

$$P_C = \Phi\left(\frac{3,0 - 2,7}{0,2}\right) = \Phi(1,5) \approx 0,933 \text{ (93,3 \%)} < 0,95$$

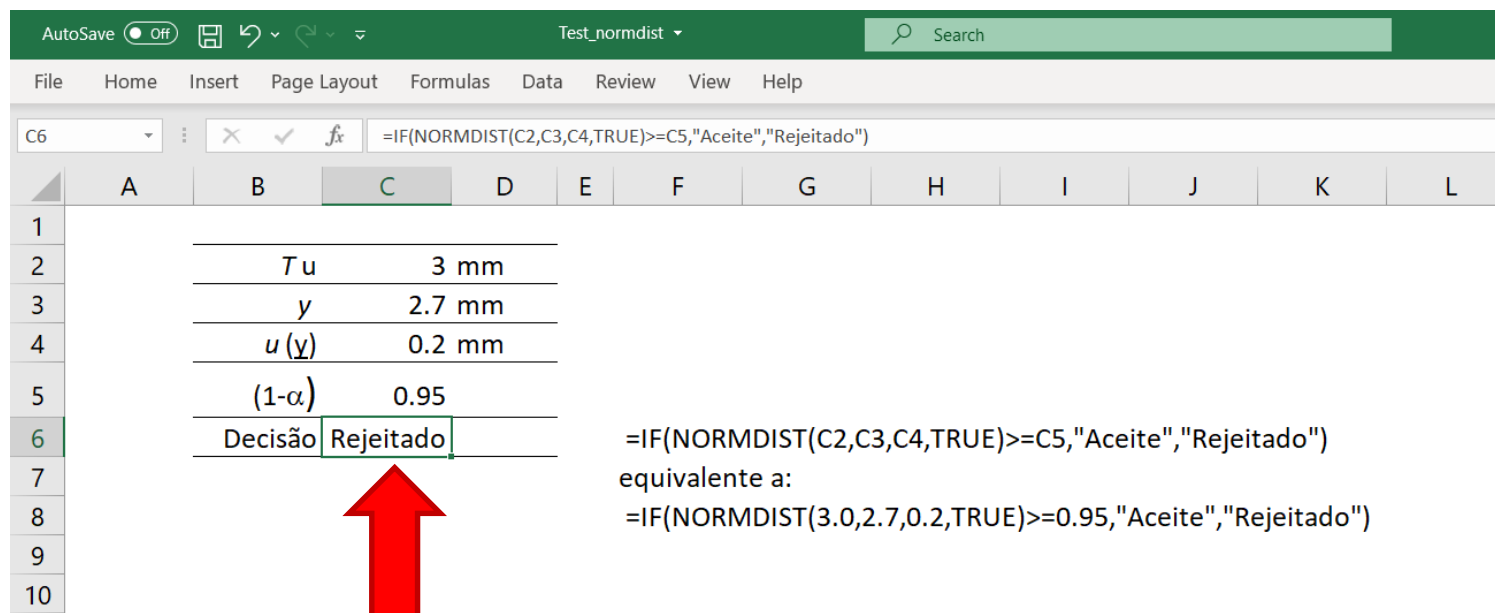
O resultado mostra que a hipótese  $H_0$  é falsa e a decisão é de não-conformidade.



# 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Tolerância unilateral superior sem banda de segurança



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data in cells B2 to B6:

$T_u$	3 mm
$y$	2.7 mm
$u(y)$	0.2 mm
$(1-\alpha)$	0.95
Decisão	Rejeitado

The formula bar shows: `=IF(NORMDIST(C2,C3,C4,TRUE)>=C5,"Aceite","Rejeitado")`

Equivalent formula: `=IF(NORMDIST(3.0,2.7,0.2,TRUE)>=0.95,"Aceite","Rejeitado")`

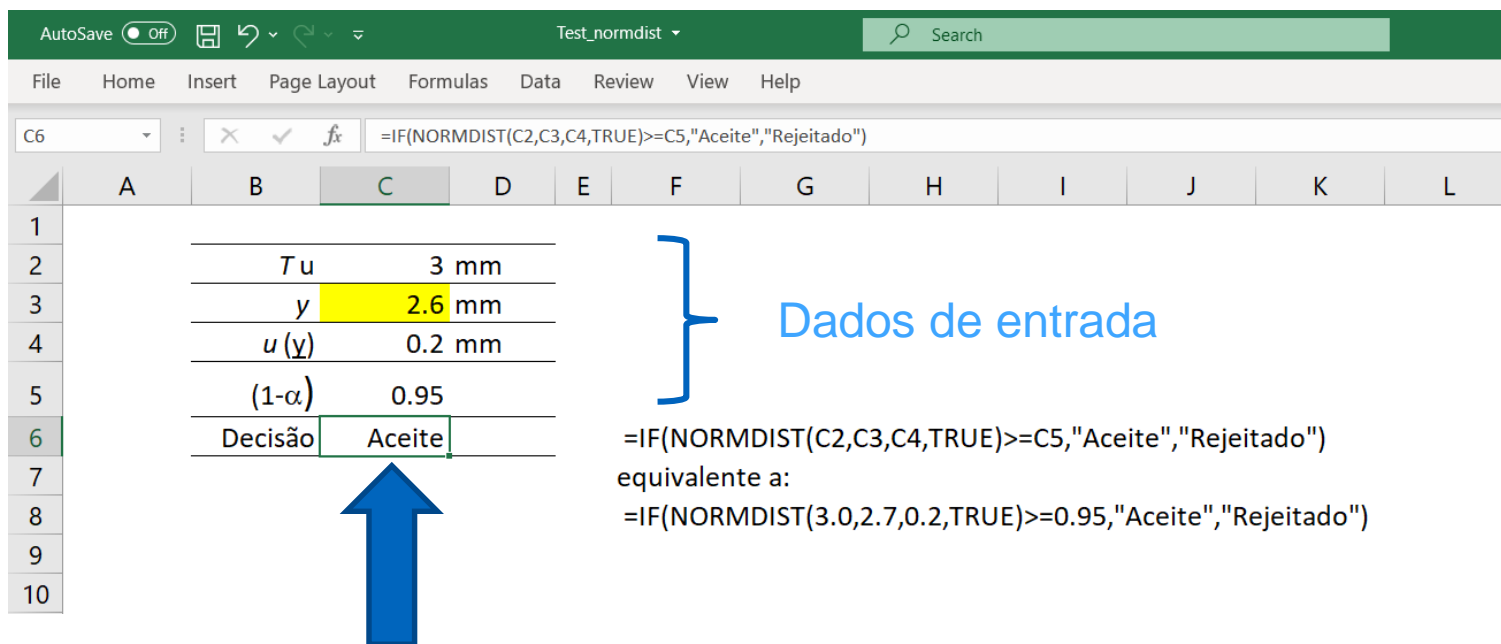
A red arrow points to the 'Rejeitado' result in cell C6.



# 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Tolerância unilateral superior sem banda de segurança



1												
2		Tu	3 mm									
3		y	2.6 mm									
4		u(y)	0.2 mm									
5		(1-α)	0.95									
6		Decisão	Aceite									
7												
8												
9												
10												

**Dados de entrada**

=IF(NORMDIST(C2,C3,C4,TRUE)>=C5,"Aceite","Rejeitado")  
 equivalente a:  
 =IF(NORMDIST(3.0,2.7,0.2,TRUE)>=0.95,"Aceite","Rejeitado")



# 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Tolerância unilateral inferior sem banda de segurança

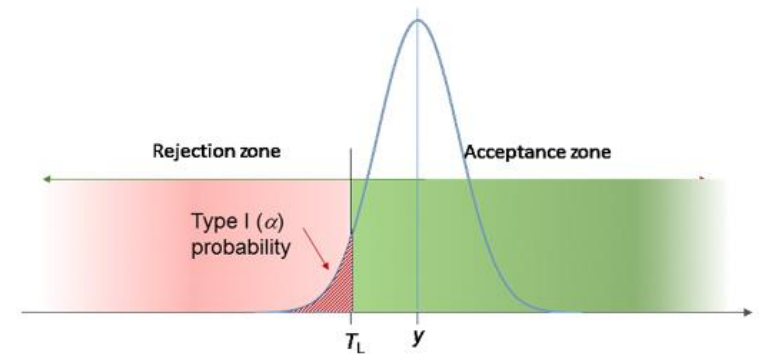


Figure 5 – Example with single lower tolerance

## Regra de decisão

Aceitação se a hipótese  $H_0: P(Y \geq T_L) \geq (1 - \alpha)$  é verdadeira;

Rejeição se a hipótese  $H_0$  é falsa,  $P(Y \geq T_L) < (1 - \alpha)$ .

Expressão do teste:  $P_C = P(\eta \geq T_L) = 1 - P(\eta \leq T_L) = 1 - \Phi\left(\frac{T_L - y}{u(y)}\right) = \Phi\left(\frac{y - T_L}{u(y)}\right)$





## 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Tolerância unilateral inferior sem banda de segurança

Exemplo:

Considere-se uma estimativa de medição  $y = 0,012$  g com uma incerteza-padrão  $u(y) = 0,001$  g, um limite inferior de tolerância de  $T_L = 0,010$  g, e uma especificação de conformidade  $(1 - \alpha)$  de 0,99 (99 %) assumindo um erro do tipo I  $\alpha = 0,01$  (1 %).

Com o resultado experimental e o limite de tolerância indicados, assumindo-se que a distribuição de probabilidade é gaussiana, a regra de decisão é a seguinte:

Aceitação da hipótese  $H_0$ :  $P(Y \geq 0,010 \text{ g}) \geq 0,99$  como verdadeira

Para se efetuar a estimativa de probabilidades associadas ao exemplo dado, a probabilidade da conformidade ( $P_C$ ) calcula-se usando a expressão geral para distribuições de probabilidade gaussianas:

$$P_C = \Phi\left(\frac{y - T_L}{u(y)}\right)$$

$$P_C = \Phi\left(\frac{0,012 - 0,010}{0,001}\right) = \Phi(2,0) \approx 0,977 \text{ (97,7 \%)} < 0,99$$

O resultado mostra que a hipótese  $H_0$  é falsa e a decisão é de não-conformidade.



## 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Tolerância unilateral inferior sem banda de segurança

Exemplo:

Considere-se uma estimativa de medição  $y = 0,012$  g com uma incerteza-padrão  $u(y) = 0,001$  g, um limite inferior de tolerância de  $T_L = 0,010$  g, e uma especificação de conformidade  $(1 - \alpha)$  de 0,99 (99 %) assumindo um erro do tipo I  $\alpha = 0,01$  (1 %)



Note: The value of  $\Phi(z)$  can be obtained using tables of standard normal PDF or software having functions to perform this type of calculations, e.g.:

MS Excel function NORMDIST( $x$ , mean, standard deviation, cumulative ), for this case, NORMDIST(0,012;0,010;0,002;TRUE) would give the result ( 0,977 ).

gaussianas:

$$P_C = \Phi\left(\frac{y - T_L}{u(y)}\right)$$

$$P_C = \Phi\left(\frac{0,012 - 0,010}{0,001}\right) = \Phi(2,0) \approx 0,977 \text{ (97,7 \%)} < 0,99$$

O resultado mostra que a hipótese  $H_0$  é falsa e a decisão é de não-conformidade.



# 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Intervalo de tolerância sem bandas de segurança

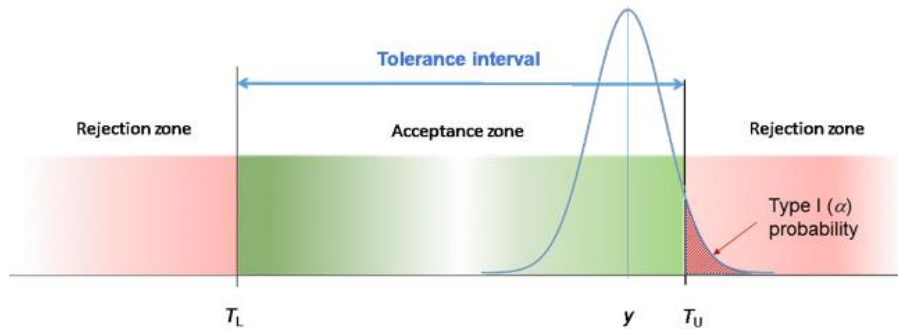


Figure 8 – Example of a tolerance interval

## Regra de decisão

Aceitação se a hipótese  $H_0: P(T_L \leq Y \leq T_U) \geq (1 - \alpha)$  é verdadeira;

Rejeição se a hipótese  $H_0$  é falsa,  $P(T_L \leq Y \leq T_U) < (1 - \alpha)$ .

Expressão do teste:  $P_C = P(T_L \leq \eta \leq T_U) = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u(y)}\right) - \Phi\left(\frac{T_L - y}{u(y)}\right)$



## 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza específicos para cada amostra

Intervalo de tolerância sem bandas de segurança

Exemplo:

Considere-se uma estimativa de medição  $y = 23,5$  kN com incerteza-padrão  $u(y) = 0,5$  kN, um intervalo de tolerância de [20 kN, 25 kN], e uma especificação de conformidade  $(1 - \alpha)$  de 0,99 (99 %) assumindo um erro do tipo I  $\alpha = 0,01$  (1 %).

Com o resultado experimental e o limite de tolerância indicados, assumindo-se que a distribuição de probabilidade é gaussiana, a regra de decisão é a seguinte:

Aceitação da hipótese  $H_0: P(22 \leq Y \leq 25) \geq 0,95$  como verdadeira

Para se efetuar a estimativa de probabilidades associadas ao exemplo dado, a probabilidade da conformidade ( $P_C$ ) calcula-se usando a expressão geral para distribuições de probabilidade gaussianas:

$$P_C = P(T_L \leq \eta \leq T_U) = \Phi\left(\frac{T_U - y}{u(y)}\right) - \Phi\left(\frac{T_L - y}{u(y)}\right)$$

$$P_C = \Phi\left(\frac{25 - 23,5}{0,5}\right) - \Phi\left(\frac{22 - 23,5}{0,5}\right) = \Phi(3,0) - \Phi(-3,0) = 0,9987 - 0,0013 \approx 0,997 \text{ (99,7 \%)} > 0,95$$

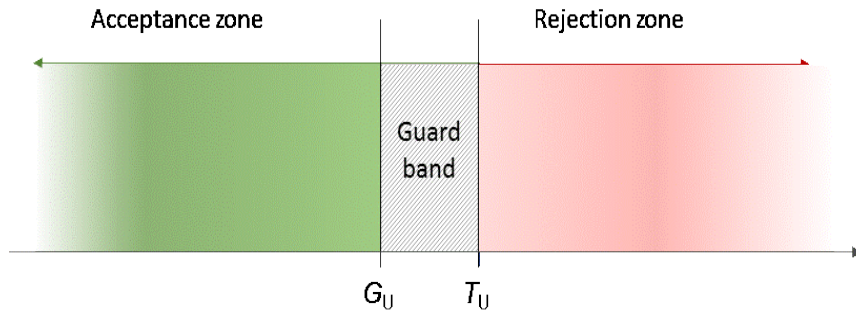
O resultado mostra que a hipótese  $H_0$  é verdadeira e a decisão é de conformidade.



# 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza similares para cada amostra

Definição de uma banda de segurança (limite superior de tolerância).



$$\Phi\left(\frac{T_U - y}{u(y)}\right) = 1 - \alpha$$

$$\left(\frac{T_U - y}{u(y)}\right) = \Phi^{-1}(1 - \alpha)$$

$$G_U = y = T_U - u(y) \cdot [\Phi^{-1}(1 - \alpha)]$$



## 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza similares para cada amostra

Definição de uma banda de segurança (limite superior de tolerância).

Exemplo:

Considere-se uma estimativa de medição  $y = 18,9 \text{ }^\circ\text{C}$  com uma incerteza-padrão de medição  $u(y) = 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , um limite superior de tolerância de  $T_U = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , e uma especificação de conformidade  $(1 - \alpha)$  de 0,95 (95 %), Assumindo um erro do tipo I de  $\alpha = 0,05$  (5 %). Obtem-se o valor da banda de segurança:

$$G_U = y = T_U - u(y) \cdot [\Phi^{-1}(1 - \alpha)]$$

$$G_U = 20 - 0,3 \cdot [\Phi^{-1}(0,95)] = 20 - 0,3 \cdot 1,64 \approx 19,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$



## 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza similares para cada amostra

Definição de uma banda de segurança (limite superior de tolerância).

Exemplo:

Considere-se uma estimativa de medição  $y = 18,9 \text{ }^\circ\text{C}$  com uma incerteza-padrão de medição  $u(y) = 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , um limite superior de tolerância de  $T_U = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , e uma especificação de conformidade  $(1 - \alpha)$  de 0,95 (95 %), Assumindo um erro do tipo I de  $\alpha = 0,05$  (5 %). Obtem-se o valor da banda de segurança:

$$G_U = y = T_U - u(y) \cdot [\Phi^{-1}(1 - \alpha)]$$

$$G_U = 20 - 0,3 \cdot [\Phi^{-1}(0,95)] = 20 - 0,3 \cdot 1,64 \approx 19,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$



Note: The value of  $\Phi^{-1}(1-\alpha)$  can be obtained using tables of critical values of the normal PDF or software having functions to perform this type of calculations, e.g.: MS Excel function NORMINV(probability; mean; standard deviation), for this case NORMINV(0,95;0;1) would give the result ( 1,64 ).

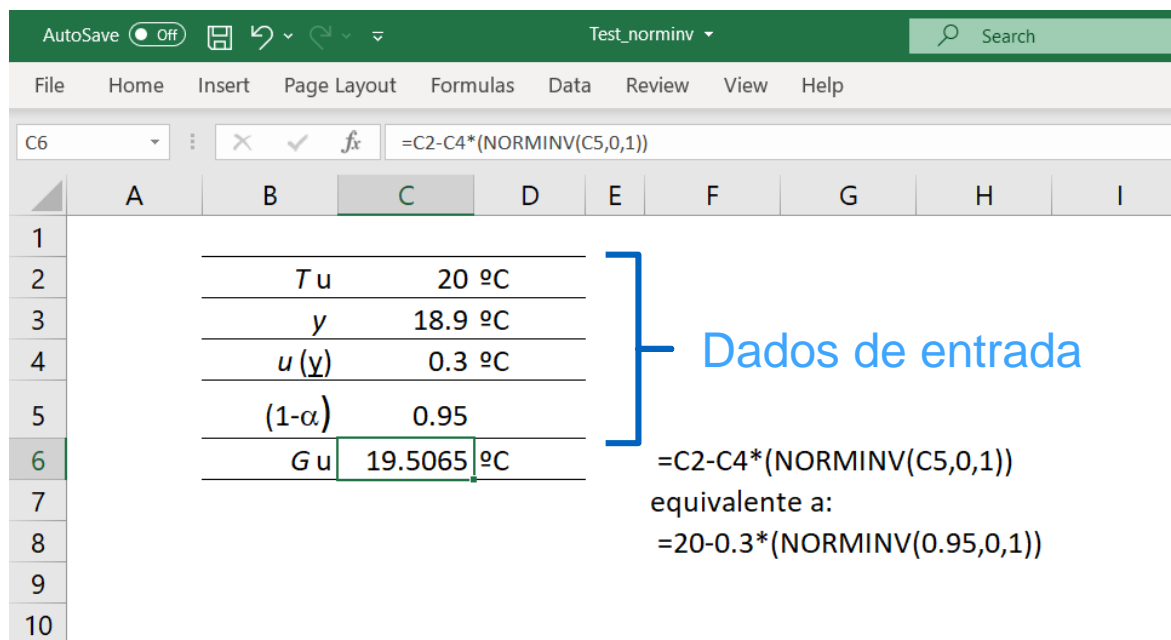


# 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza similares para cada amostra

Definição de uma banda de segurança (limite superior de tolerância).

$$G_U = y = T_U - u(y) \cdot [\Phi^{-1}(1 - \alpha)]$$



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2			Tu	20 °C					
3			y	18.9 °C					
4			u(y)	0.3 °C					
5			(1-α)	0.95					
6			Gu	19.5065 °C					
7									
8									
9									
10									

**Dados de entrada**

=C2-C4\*(NORMINV(C5,0,1))  
 equivalente a:  
 =20-0.3\*(NORMINV(0.95,0,1))





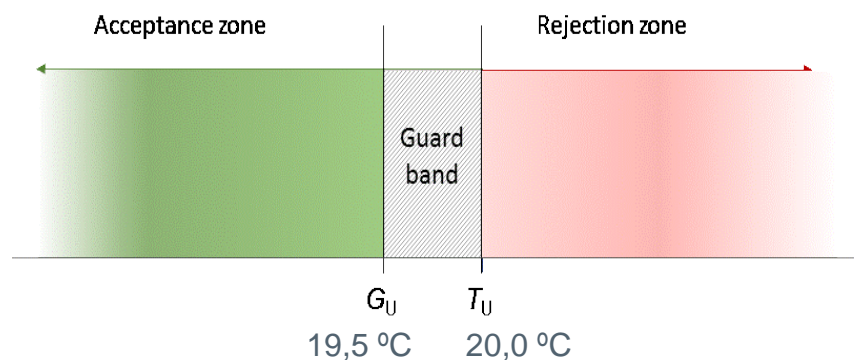
## 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza similares para cada amostra

Definição de uma banda de segurança (limite superior de tolerância).

Considere-se uma estimativa de medição  $y = 18,9 \text{ }^\circ\text{C}$  com uma incerteza-padrão de medição  $u(y) = 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , um limite superior de tolerância de  $T_U = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , e uma especificação de conformidade  $(1 - \alpha)$  de 0,95 (95 %), Assumindo um erro do tipo I de  $\alpha = 0,05$  (5 %). Obtem-se o valor da banda de segurança:

$$G_U = 20 - 0,3 \cdot [\Phi^{-1}(0,95)] = 20 - 0,3 \cdot 1,64 \approx 19,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$



# 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza similares para cada amostra

Definição de uma banda de segurança que reduz ou acresce ao limite.

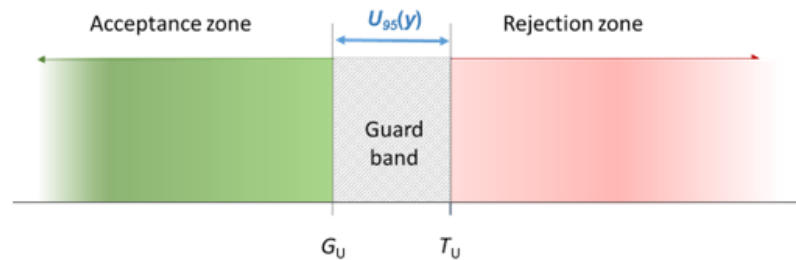


Figure 7a – Guard band for upper tolerance and guarded acceptance defined with an expanded uncertainty of 95%

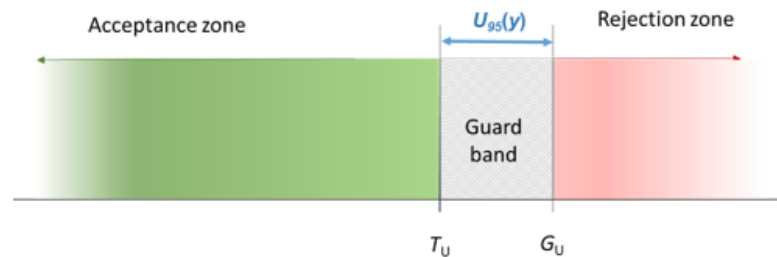


Figure 7 b) Guard band for upper limit and guarded rejection



## 4 | Regras de decisão

Medições com valores de incerteza similares para cada amostra

Definição de uma banda de segurança que reduz ou acresce ao limite.

Example [s. JCGM 106:2012]:

For speed limit enforcement the speed of a car can be measured using a Doppler radar. This measurement can be performed with a relative standard uncertainty  $u(v)/v$  of 2 % in the interval 50 km/h to 150 km/h.

The speed limit on a motor way might be set to 100 km/h. Because of the principle “in dubio pro reo” (Latin for “when in doubt, for the accused”) a level of significance of  $(1 - \alpha) = 0,999$  is used.

$$G_U = y = 100 + 2 \cdot [\Phi^{-1}(0,999)] = 100 + 2 \cdot 3,09 \approx 107 \text{ km/h}$$

Thus the guard band is  $[100 \text{ km/h} \leq v \leq 107 \text{ km/h}]$ . If the measured value is 107 km/h or greater, the probability that the speed limit has been exceeded is at least 99.9 %.



## 5 | Referências (parte 1)

ASME B89.7.3.1-2001 Guidelines for Decision Rules: considering Measurement Uncertainty in Determining Conformance with Specifications.

Carbone, P., Macii, D., Petri, D. – Measurement uncertainty and metrological confirmation in quality-oriented organizations, Measurement 34 (2003) 263–271.

EURACHEM/CITAC Guide: use of uncertainty information in compliance assessment, 2007.

Forbes, A. B. – Measurement uncertainty and optimized conformance assessment. Measurement 39 (2006) 808–14

ILAC-G8:03 Guidelines on the Reporting of Compliance with Specification, 2009.

ISO/IEC 17025:2005 – General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

ISO/IEC 17000: Conformity assessment – Vocabulary and general principles.

ISO/IEC 17043:2010 – Conformity assessment – General requirements for proficiency testing.

ISO 14253-1:1998 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications, International Organization for Standardization (ISO).

JCGM 106:2012 – Evaluation of Measurement Data — The role of measurement uncertainty in Conformity Assessment Joint Committee on Guides in Metrology (BIPM).

JCGM 200:2012 – International Vocabulary of Metrology—Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) Joint Committee on Guides in Metrology (JCGM)



## 5 | Referências (parte 2)

Pendrill, L. R. Optimised measurement uncertainty and decision-making when sampling by variables or by attribute. *Measurement* 39 (2006), 829–840.

Pendrill, L. R., and Källgren, H. Exhaust gas analysers and optimised sampling, uncertainties and costs. *Accred. Qual. Assur.* 11 (2006), 496–505.

Pendrill, L. R. Optimised measurement uncertainty and decision-making in conformity assessment. *NCSLI Measure* 2, 2 (2007), 76–86.

Pendrill, L. R. – Using measurement uncertainty in decision-making and conformity assessment. *Metrologia* 51 (2014), S206–S218.

Possolo, A., and Toman, B. Assessment of measurement uncertainty via observation equations. *Metrologia* 44 (2007), 464–475.

Rossi, G. B., and Crenna, F. A probabilistic approach to measurement-based decisions. *Measurement* 39 (2006), 101–19.

Sommer, K.-D., and Kochsiek, M. Role of measurement uncertainty in deciding conformance in legal metrology. *OIML Bulletin XLIII*, 2 (April 2002), 19–24.

WADA Technical Document – TD2010DL: decision limits for the confirmatory quantification of threshold substances, 2010.

Weitzel, M. L. J.; Johnson, W. M. – Using target measurement uncertainty to determine fitness for purpose, *Accred. Qual. Assur.* 17 (2012) 491– 495.





[www.relacre.pt](http://www.relacre.pt)



[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)



**Obrigado pela atenção.**

*A. Silva Ribeiro (asribeiro@lnec.pt)*  
*Diretor da Qualidade do LNEC-EM*  
*Chefe do Núcleo de Qualidade Metrológica*  
Centro de Instrumentação Científica  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P.