

Questão 1 – Engenharia da Qualidade (2 pontos)

Construir um diagrama de relações para organizar as diversas filosofias e estratégias da *Engenharia da Qualidade*, indicando o parentesco entre elas e suas principais características.

Questão 2 – Filosofias da Qualidade (2 pontos)

Escolha um (e somente um) dos conceitos a seguir e explique-o (identifique claramente qual é o conceito escolhido, defina, exemplifique, descreva, contextualize, apresente suas principais características):

- (i) Ferramenta Poka-Yoke
- (ii) Qualidade na Indústria 4.0
- (iii) Produção Just-in-time
- (iv) Seis Sigma
- (v) Business Intelligence
- (vi) Total Quality Management
- (vii) Lean Manufacturing
- (viii) PDCA
- (ix) Zero Defeitos
- (x) Melhoria contínua - Kaizen

Questão 3 – Incerteza de Medição (2 pontos)

Para avaliar a incerteza de medição de um mensurando segundo procedimento do ISO GUM foi realizada uma série de $n = 6$ medidas com um paquímetro cujos resultados são apresentados na tabela abaixo.

#	Medida	Fonte de Incerteza	Valor Medido	Unidade	Tipo de Incerteza	Distribuição de Probabilidade	Incerteza Padrão da Componente	Coefficiente de Sensibilidade	Contribuição para Incerteza	Número de Graus de Liberdade
i	Designação	Descrição	x_i	$[x_i]$	(A/B)	pdf	$U(x_i)$	C_i	$U_i(y)$	ν_i
1	diâmetro	repetição	20,2	mm		Normal	0,3	1		
2	diâmetro	calibração	20,2	mm		Retangular	0,02	1		
3	diâmetro	resolução	20,2	mm		Retangular	0,05	1		
4	temperatura	dilatação	24,2	°C		normal	0,5	0,0004		

Pede-se:

- a) Completar a tabela de cálculo de incerteza de medição com o tipo de estimativa de incerteza (A ou B), a contribuição para incerteza do mensurando e o número de graus de liberdade de cada fonte de incerteza.
- b) Calcular a incerteza combinada e o número de graus de liberdade efetivo.
- c) Determine o coeficiente de abrangência e a incerteza combinada expandida para um nível de confiança de 95%.
- d) Expressar a grandeza e sua incerteza de medição segundo recomendação do ISO GUM.

Distribuição t-Student com 95% de grau de confiança

$\nu = n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	50	80	∞
k	12,71	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23	2,09	2,04	2,01	1,99	1,96

São dadas as seguintes expressões:

$$U_y = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot U_{x_i} \right)^2} \quad \frac{U_y^4}{v_{ef}} = \sum_{i=1}^m \frac{U_{x_i}^4}{v_i} \quad \sigma^2 = \frac{(2a)^2}{12}$$

Questão 4 – Avaliação de Sistemas de Medição – R&R (2 pontos)

Para avaliar a capacidade de medição do diâmetro interno dos anéis foram selecionados aleatoriamente dez anéis de aço. O diâmetro de cada anel foi medida duas vezes, refazendo as medições por três instrumentos de medição diferentes. Ao final foram totalizadas 60 medições do mensurando. Na tabela são apresentadas as médias e as amplitudes amorstrais de duas medidas do diâmetro interno das dez peças realizadas com os três instrumentos de medição.

Tabela 1 – Médias e amplitudes de duas repetições de cada mensurando (mm)

Peça	Instrumento 1		Instrumento 2		Instrumento 3	
	X _{med}	R	X _{med}	R	X _{med}	R
1	20,85	0,70	21,48	0,75	20,50	1,00
2	20,40	0,80	20,83	0,55	20,60	0,80
3	20,10	0,20	20,28	0,45	20,10	0,00
4	20,45	0,10	20,50	0,10	20,65	0,30
5	20,50	0,40	20,65	0,20	20,45	0,10
6	21,60	1,20	21,38	0,05	21,15	0,70
7	20,00	0,40	20,10	0,30	19,95	0,10
8	20,55	0,10	20,78	0,05	20,50	0,40
9	20,30	0,40	19,85	0,30	19,65	0,30
10	20,05	0,10	20,53	0,45	19,95	0,10
Médias	20,48	0,44	20,64	0,32	20,35	0,38

Pede-se:

- Estimar a variância total das medições, σ_{total}^2 .
- Estimar a variância de repetitividade do processo de medição, σ_{repe}^2 .
- Estimar a variância de reprodutibilidade do processo de medição, σ_{repro}^2 .
- Estimar a variância inerente à medição, σ_{med}^2 .
- Estimar a variância do processo de fabricação, $\sigma_{processo}^2$.
- Estime o índice R&R do processo de medição.

São fornecidas as seguintes expressões:

$$\begin{aligned} \sigma_{total}^2 &= \sigma_{processo}^2 + \sigma_{med}^2 \\ \sigma_{med}^2 &= \sigma_{repe}^2 + \sigma_{repro}^2 \\ \hat{\sigma}_{repe} &= \frac{\bar{R}}{d_2} \\ \hat{\sigma}_{repro} &= \sqrt{\left(\frac{R_{\bar{x}}}{d_2}\right)^2 - \frac{(\hat{\sigma}_{repe})^2}{nr}} \\ R_{\bar{x}} &= \bar{X}_{max} - \bar{X}_{min} \end{aligned}$$

$$R\&R = 6\hat{\sigma}_{med}$$

$$\%R\&R = \frac{R\&R}{6\hat{\sigma}_{total}} 100$$

$$\hat{\sigma}_{total} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^o \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r (X_{ijk} - \bar{\bar{X}})^2}{onr - 1}}$$

e a seguinte tabela:

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d ₂	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Questão 5 – Inspeção por amostragem (2 pontos)

Um lote de 300 peças deve ser inspecionado por amostragem.

Deseja-se que:

- i. O lote tenha no máximo 1% peças defeituosas (não conformes).
- ii. Se o lote satisfaz à especificação, o comprador deseja limitar a 5% a probabilidade de concluir que o lote é insatisfatório.
- iii. Se o lote tiver até 5% de peças defeituosas, tal fato não causa grande preocupação, porém deseja-se que tal fato seja identificado com pelo menos 90% de probabilidade.

Adotou-se uma inspeção por amostragem simples com critério de aceitação de até 1 peça defeituosa por amostra aleatória de tamanho $n = 10$. A distribuição de probabilidade do número de peças defeituosas por amostra deve ser modelada pela distribuição Hipergeométrica. Pede-se:

- a) Para as condições desejadas, quais seriam os valores do risco do produtor α e do risco do consumidor β ?
- b) Para o procedimento de amostragem adotado, esboçar a Curva Característica de Operação – CCO, i.e., a probabilidade de aceitação do lote em função da proporção de peças defeituosas no lote. Indique o nível de qualidade aceitável – AQL e o tolerância para porcentagem de defeitos do lote – LTPD.
- c) Segundo essa CCO, qual é a probabilidade de aceitação de um lote que tenha 1% de peças defeituosas? E qual é a probabilidade de aceitação de um lote que tenha 5% de peças defeituosas?
- d) Analisando a Curva Característica de Operação, verifique se o plano de amostragem adotado consegue atender ao critério de aceitação desejado? Justifique. Caso você julgue que o critério não seja adequado, deve-se aumentar ou reduzir o tamanho da amostra n e o número de aceitação Ac ?

Obs.: Na distribuição Hipergeométrica a probabilidade de se obter k sucessos é dada por:

$$P(X = k) = \frac{\binom{r}{k} \binom{N-r}{n-k}}{\binom{N}{n}}$$

com um amostra de n peças retirada sem reposição de um lote de N peças das quais r tem a característica desejada.