

Questão 1 – Engenharia da Qualidade (2 pontos)

Com a assinatura do acordo comercial entre o Mercosul e a União Europeia, uma grande empresa de produção de commodities no segmento de produtos de proteína animal pretende adequar-se ao novo cenário comercial. A empresa é uma das maiores produtoras mundiais nesse segmento, é líder de mercado em âmbito nacional e também já é uma grande exportadora para diversos países. Entretanto a União Europeia faz exigências bastante rigorosas quanto a rastreabilidade da origem dos rebanhos e no controle de qualidade do processamento da carne. O principal desafio é manter a garantia da qualidade dos produtos provenientes de diversos criadores e desenvolver um novo segmento de produtos especialmente voltada para esse mercado muito exigente. Provavelmente também será estratégica a fusão com empresas que já comercializam no mercado europeu.

Você é contratado para propor uma estratégia na área da qualidade para esse novo desafio, pede-se:

- a) Propor uma estratégia de ampliação do sistema de controle estatístico da qualidade para essa empresa.
- b) Construir um fluxograma para representar as diversas etapas da implementação do novo sistema da qualidade, a sequência de adoção das ferramentas da qualidade e os pontos de controle da implementação do sistema da qualidade.
- c) Fazer uma argumentação crítica, defendendo e justificando a estratégia proposta.

Questão 2 – Filosofias da Qualidade (2 pontos)

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

- (i) PDCA versus DMAIC
- (ii) Ferramenta *Poka-Yoke*
- (iii) FMEA
- (iv) Análise de risco
- (v) Árvore de falhas
- (vi) *Lean Manufacturing*
- (vii) Qualidade na Indústria 4.0
- (viii) Estudo de caso

Questão 3 – CEP e Capacidade de Processo (2 pontos)



Figura 1 Bico Dosador para uso Médico

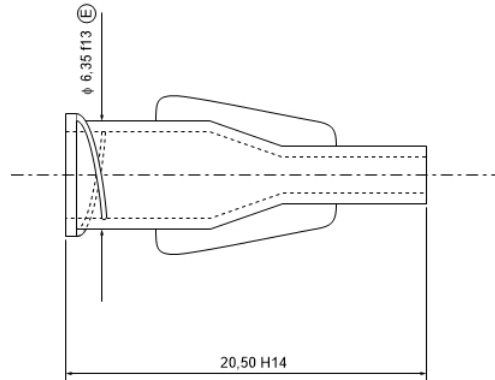


Figura 2 Dimensões dos Bicos Dosadores

Uma linha de injeção de peças para equipamentos médicos produz bicos plásticos para dosadores de líquidos, conforme pode ser visto na Figura 1. Os bicos têm as principais dimensões mostradas na Figura 2.

Para analisar a produção, foram tiradas $k = 80$ amostras de tamanho $n = 4$ de turnos consecutivos da produção, totalizando 320 peças analisadas. Foram feitas as medições da massa das peças. A massa das peças é crítica para qualidade porque detecta falhas de injeção, como não preenchimento completo dos moldes e existência de bolhas no produto.

A especificação dessa medida é dada pelo valor nominal $m_n = 450 \text{ mg}$ e o limite inferior da tolerância $e_i = -40 \text{ mg}$. Não existe limite superior para a massa da peça, já que os defeitos que se pretende evitar sempre produzem peças mais leves que o aceitável.

Os gráficos de controle são mostrados na Figura 3 e Figura 4. A avaliação de capacidade do processo é mostrada na Figura 5.

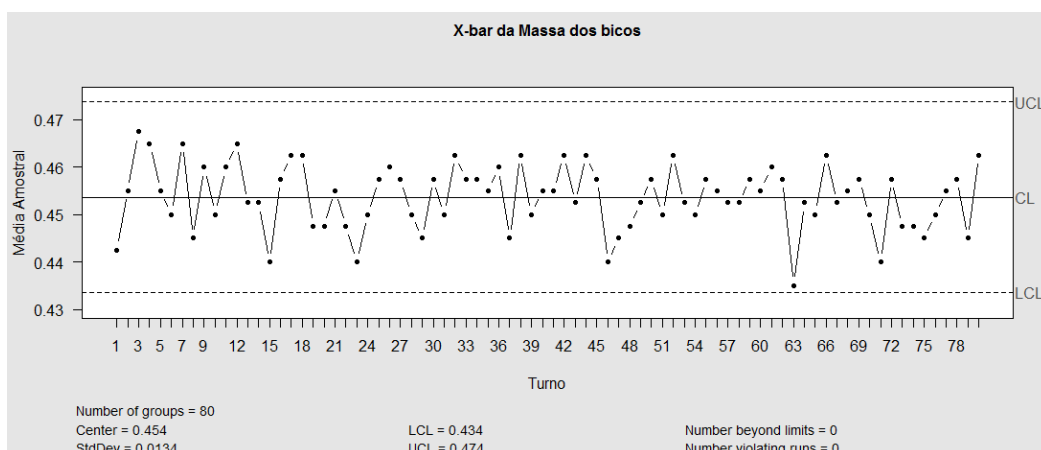


Figura 3 Gráfico de Controle da Média

PME-3463 Introdução à Qualidade
 Prof. Walter Ponge-Ferreira
 Prova Substitutiva– 1/07/2019 - Duração: 120 minutos

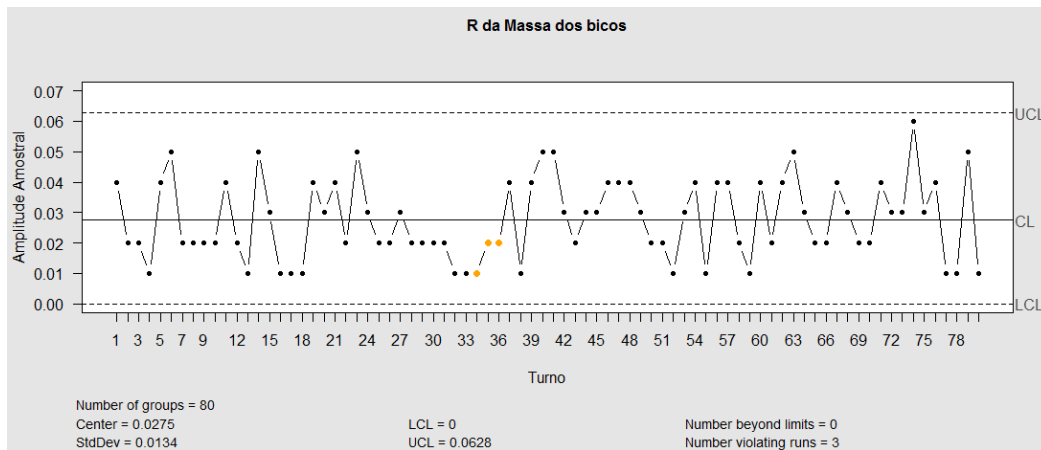


Figura 4 Gráfico de Controle da Amplitude

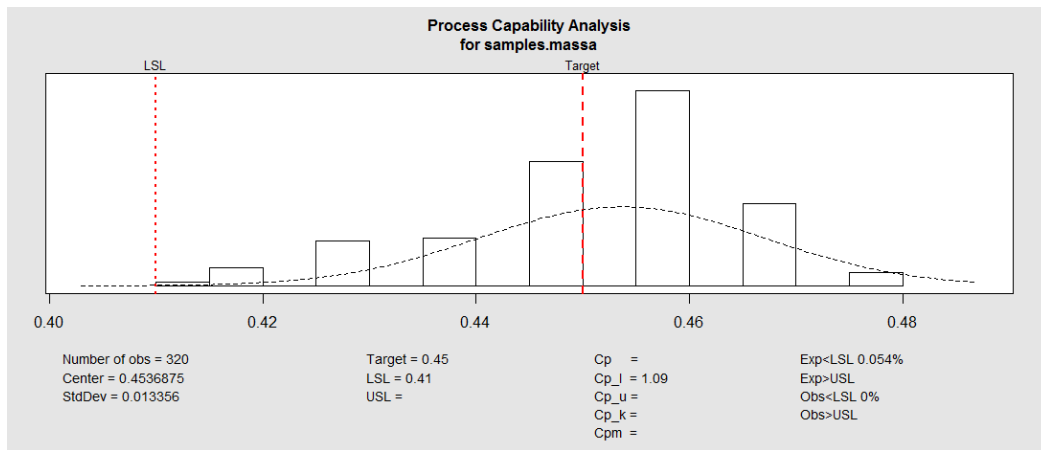


Figura 5 Avaliação de Capacidade do Processo

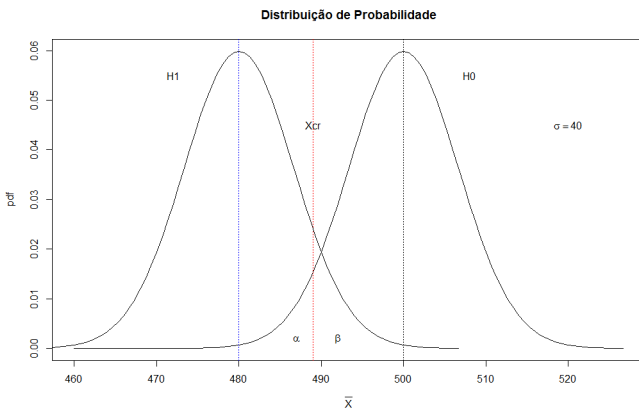
Sabe-se que a massa dos bicos desse processo de fabricação apresentam um desvio padrão de $\sigma = 15 \text{ mg}$. Pede-se:

- a) Quais são os valores dos limites de especificação do processo?
- b) Quais são os valores da $CL_{\bar{X}}$, $UCL_{\bar{X}}$ e $LCL_{\bar{X}}$ do gráfico de controle da média?
- c) Quais são os valores da CL_R , UCL_R e LCL_R do gráfico de controle da amplitude?
- d) O que é possível dizer sobre a estabilidade do processo? Justifique!
- e) Porque existem limites superiores nos gráficos de controle de processo se não há limite superior para especificação dessa medida?
- f) O que é possível dizer sobre a capacidade e o desempenho do processo? Justifique!
- g) Há algum problema no histograma do processo? Qual alteração no sistema de medição deve ser feita? Esse problema afeta a análise da capacidade do processo? Esse problema também pode limitar a interpretação dos resultados dos gráficos de controle?

Questão 4 – Inspeção por amostragem (2 pontos)

Um lote de $N = 10.000$ peças é adquirido de um produtor de parafusos que produz parafusos com desvio-padrão da carga de ruptura conhecido de $\sigma = 40$ N. Deseja-se que:

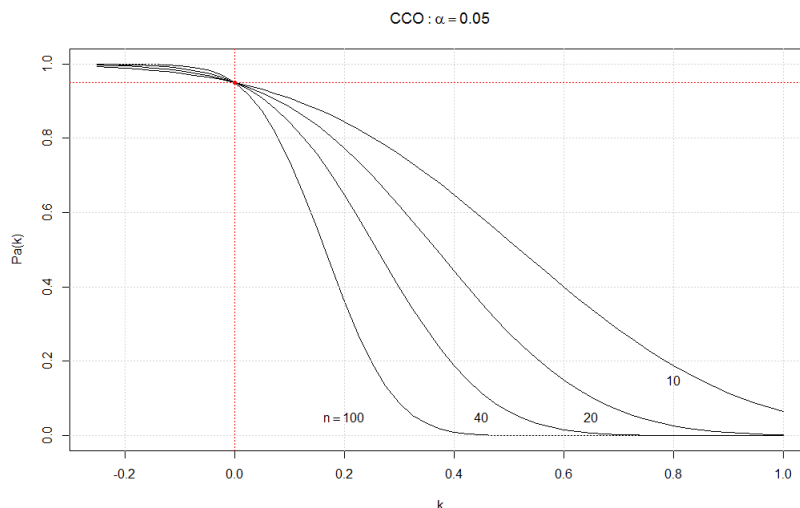
- i. A carga de ruptura dos parafusos seja $\mu_0 = 500$ N.
- ii. Se o lote satisfaz à especificação, o comprador deseja limitar a 5% a probabilidade de concluir que o lote é insatisfatório.
- iii. Se o lote tiver uma resistência média ligeiramente menor que 500 N, tal fato não causa preocupação, porém deseja-se que, se a verdadeira resistência média for inferior a 480 N, tal fato seja identificado com pelo menos 90% de probabilidade.



A fim de avaliar o lote, deseja-se realizar uma inspeção por amostragem da resistência média de uma amostra de tamanho igual a n , a ser determinado. As Curvas Características de Operação – CCO para o plano de inspeção por amostragem de variáveis com $\alpha = 5\%$ para diversos tamanhos de amostra n são mostradas na figura abaixo, considerando-se que a distribuição de probabilidade da resistência obedeça à distribuição normal. Na CCO foi utilizada a abscissa normalizada dada por:

$$k = \frac{\mu_0 - \mu}{\sigma}$$

onde μ_0 e σ são respectivamente o valor nominal da média e o desvio padrão da variável resistência à ruptura do parafuso.



Pede-se:

- a) Para as condições propostas, quanto valem o risco do produtor α e risco do consumidor β ? Qual é a probabilidade de aceitação de um lote cuja resistência média seja igual ao valor nominal ideal?

- b) Analisando-se as Curvas Características de Operação – CCO, determine o tamanho aproximado da amostra n para atender aos critérios de inspeção propostos.
- c) Para o tamanho da amostra n , obtido no item anterior, qual é o valor crítico da resistência médio da amostra que limita a faixa de rejeição do lote?
- d) Mantendo-se os mesmos valores para o nível de qualidade aceitável – AQL e do nível de qualidade inaceitável – QL, caso o tamanho da amostra seja aumentado, o que ocorrerá com o risco do produtor α e com o risco do consumidor β ?

Questão 5 – Projeto Estatístico de Experimento (2 pontos)

Foram realizados ensaios de resistência em juntas soldadas para avaliar o melhor tratamento a ser utilizado. Foram estudados dois métodos de resfriamento, em água e em óleo. Também foi estudado o efeito do teor de antimônio no material da solda, com três porcentagens em peso, 3%, 5% e 10%. Cada tratamento foi replicado três vezes. Os resultados dos ensaios são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 - Resultados de Ensaio de Resistência das Juntas Soldadas

Tratamento	Resfriamento A	% antimônio B	Limite de Resistência Y (kN)			Média \bar{y} (kN)	Desvio Padrão s_y (kN)
1	água	3	18,6	19,5	19,0	19,033	0,451
2	água	5	22,3	19,5	20,5	20,767	1,419
3	água	10	15,2	17,1	16,6	16,300	0,985
4	óleo	3	20,0	20,9	20,4	20,433	0,451
5	óleo	5	20,9	22,9	20,6	21,467	1,250
6	óleo	10	16,4	19,0	18,1	17,833	1,320

Em primeiro lugar foi estudado o comportamento estatístico dos resultados dos ensaios. Com base nos 18 ensaios realizados, construíram-se os gráficos da Figura 6 e Figura 7.

PME-3463 Introdução à Qualidade
 Prof. Walter Ponge-Ferreira
 Prova Substitutiva– 1/07/2019 - Duração: 120 minutos

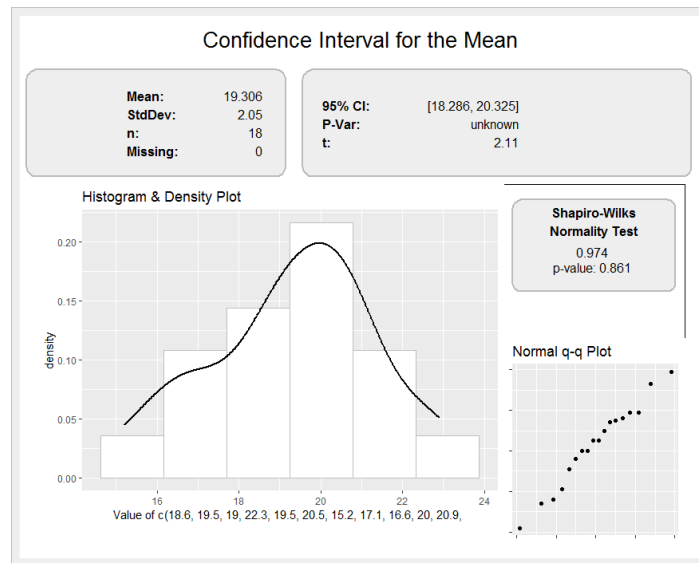


Figura 6 - Análise dos Resultados de Resistência das Juntas Soldadas

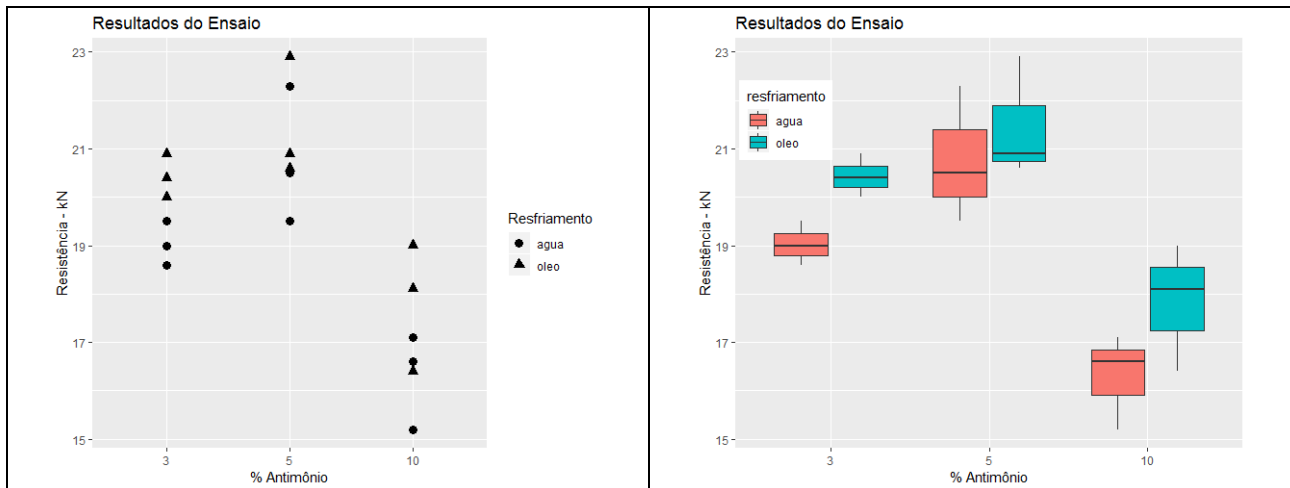


Figura 7- Comparação dos Seis Tratamentos

Em seguida foi construído um modelo de regressão linear de ajuste dos resultados, para estudar o efeito de cada tratamento nos resultados de resistência. Os resultados desse estudo são mostrados na Tabela 3. A condição de referência em relação à variável qualitativa resfriamento é dada pelo refreamento com água.

Tabela 2 – Modelo e ANOVA dos Resultados de Ensaio

```
> modelo <- lm(resultados ~ resfriamento + antimonio + resfriamento*antimonio, data = dados)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table

Response: resultados
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
resfriamento  1  6.601   6.601   2.9568 0.107538
antimonio     1 33.508  33.508  15.0103 0.001685 **
resfriamento:antimonio  1  0.088   0.088   0.0393 0.845684
Residuals    14 31.253   2.232
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

PME-3463 Introdução à Qualidade
Prof. Walter Ponge-Ferreira
Prova Substitutiva– 1/07/2019 - Duração: 120 minutos

```
> summary(modelo)

Call:
lm(formula = resultados ~ resfriamento + antimonio + resfriamento * antimonio, data = dados)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.7521 -1.0787 -0.1017  0.4990  3.1128

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    21.62308    1.13064   19.125 1.97e-11 ***
resfriamento  0.92650    1.59897    0.579  0.5715
antimonio     -0.48718    0.16917   -2.880  0.0121 *
resfriamento:antimonio 0.04744    0.23925    0.198  0.8457
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.494 on 14 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5626, Adjusted R-squared:  0.4689
F-statistic: 6.002 on 3 and 14 DF, p-value: 0.007557
```

Com base no estudo realizado pede-se:

- Quantos fatores, níveis e replicações foram utilizados nos ensaios? Quais foram os níveis e os fatores?
- Considerando-se o resultado das 18 medições, expresse o valor da resistência da junta soldada segundo procedimento do ISO GUM.
- Quais fatores tem influência significativa sobre a resistência? Justifique!
- Da análise realizada, foi possível verificar se existe interação entre os fatores estudados? Justifique!
- A regressão linear utilizada é adequada para estudar o efeito dos dois fatores? Justifique!

