



### 19 Congresso de Iniciação Científica

## UTILIZAÇÃO DAS CARTAS DE CONTROLE DE MÉDIA PARA CONTROLE DAS MÁQUINAS DE ENSAIOS DE TRAÇÃO DO LABORATÓRIO DE MATERIAIS DA UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

#### Autor(es)

---

DANIEL DE FARIA

#### Orientador(es)

---

RODOLFO LIBARDI

#### Apoio Financeiro

---

FAPIC/UNIMEP

### 1. Introdução

---

Foram construídas cartas de controle de média para duas máquinas de ensaios de tração do laboratório de materiais da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) onde foram obtidos valores da força máxima suportada pelos materiais ensaiados, sendo realizado semanalmente um auto-teste do ensaio de tração de um corpo-de-prova de aço carbono ABNT1020 segundo a norma ASTM (ASTM E8M-00b, 2001), e um corpo-de-prova retirado de um rolo de arame comercial de aço baixo carbono. Segundo Ramos (2000) há vários modelos de carta por variáveis, por exemplo, a da média e amplitude, média e desvio padrão, valor individual e amplitude móvel, média e amplitude móvel, esses modelos podem ser combinados formando novos tipos de cartas. Dentro das cartas de controle por variáveis as mais utilizadas costumam ser a carta de média por amplitude e a carta de valor único por amplitude móvel sendo a primeira utilizada para processos com subgrupos onde os dados contidos variam de 2 a 10 unidades, já a segunda é utilizada para processos onde os subgrupos contem apenas um dado específico (RAMOS, 2000). Os dois modelos de carta necessitam de 10 subgrupos para o desenvolvimento da carta de controle preliminar e de 25 subgrupos para a carta de controle definitiva. Após a construção da carta definitiva os limites devem ser recalculados a cada 25 subgrupos analisados, garantindo a eficiência da ferramenta (HIRATA, 2002). Os limites superior e inferior da carta se localizam a três desvios padrão da linha central, dessa forma tem-se uma probabilidade onde 99,7% dos dados estão possivelmente alocados dentro dos limites estipulados nas cartas de controle. A carta de controle para uma máquina de ensaios de tração é um procedimento de garantia da qualidade que permite verificar se os valores estão com desempenho esperado ou se está saindo de controle, para que medidas corretivas sejam tomadas.

### 2. Objetivos

---

O objetivo foi a construção das cartas de controle para as máquinas de tração utilizadas na universidade, sendo elas a máquina Kratos de 300 KN e Emic de 20 KN. Essas máquinas não são calibradas anualmente e para garantir que os resultados obtidos sejam verdadeiros o controle será feito por meio das cartas de controle desenvolvidas.

### 3. Desenvolvimento

---

Foram construídas cartas de controle de média por amplitude e valor único por amplitude móvel utilizando na máquina Emic três ensaios semanais a partir do rolo de arame e na máquina Kratos apenas um ensaio semanal a partir do corpo-de-prova usinado. O corpo de prova da máquina Kratos foi obtido a partir de uma barra de aço SAE 1020 onde foram cortados tarugos do material os quais foram submetidos ao tratamento térmico de recozimento e posteriormente usinados no torno CNC de acordo com a norma ASTM (ASTM E8M-00b, 2001). Para a máquina Emic foi definido como corpo de prova um pedaço de arame comercial de aço baixo carbono (SAE1010/1020) recozido, de diâmetro 3,8mm e comprimento de 100 mm entre marcas. Para a construção das cartas de controle preliminares foram realizados ensaios semanalmente onde se calculou o Limite de Resistência (LR) e o alongamento dados pelas equações (1) e (2), sendo o limite de resistência uma constante do aço.  $LR = F_{m\acute{a}x} / A_i$  (1) onde: LR= Limite de resistência,  $F_{m\acute{a}x}$  = Força máxima no ensaio,  $A_i$  = área inicial do corpo de prova e do arame ( $A_i = (\pi D_i^2)/4$ ),  $D_i$  = comprimento inicial.  $AL = [(L_f - L_i)/L_i] * 100\%$  Onde: AL = Alongamento total,  $L_f$  = Comprimento final,  $L_i$  = Comprimento inicial. No início do desenvolvimento da carta os limites de controle preliminares foram calculados a partir de 10 (dez) semanas sendo estabelecidos os limites superior (LCS) e inferior (LCI) do gráfico, em seguida foram obtidos valores de mais 15 semanas para a construção da carta de controle definitiva. Essas cartas foram analisadas de acordo com 8 critérios de controle estatístico segundo HIRATA (2000). Após verificar que o processo analisado estava sobre controle foi desenvolvida a carta de controle definitiva com base nos dados das 25 semanas, sendo recalculadas suas médias, amplitudes, desvios padrões e limites dos gráficos. Com a finalização das cartas de controle definitivas foi possível monitorar o desempenho das máquinas de tração. Para calcular os limites das cartas de controle foram utilizados os valores da tabela de fatores para gráfico de controle e as fórmulas descritas a seguir (MONTGOMERY, 2000): Limites da carta de controle de média e amplitude:  $LC = \bar{X} \pm A_2 R_{m\acute{e}d}io$  Limites da carta de controle de valor único e amplitude móvel:  $LC = \bar{X} \pm E_2 R_{m\acute{m}e}d}io$   $\bar{X}$  é a média dos valores obtidos,  $\bar{X}$  a média das médias, R a amplitude,  $R_{m\acute{e}d}io$  a média das amplitudes,  $R_m$  a amplitude móvel,  $R_{m\acute{m}e}d}io$  é a média das amplitudes móveis,  $A_2$  é um fator para o cálculo dos limites com  $n = 3$  e  $E_2$  é um fator para o cálculo dos limites com  $n = 2$ . Após definir a média da carta e seus limites, os dados coletados durante o processo devem ser corretamente analisados, para que se possa ter uma avaliação precisa, ou seja, deve-se analisar se eles estão estáveis ou fora de controle. Os seguintes itens devem ser verificados para ter esse controle: - 1 Ponto a mais do que 3 desvios padrão a partir da linha central; - 9 Pontos consecutivos acima ou abaixo da linha central; - 6 Pontos consecutivos, ascendentes ou descendentes; - 14 Pontos consecutivos, alternando acima e abaixo da linha central; - 2 de 3 pontos consecutivos acima de 2 desvios padrão a partir da linha central; - 4 de 5 pontos consecutivos acima de 1 desvio padrão a partir da linha central; - 15 pontos consecutivos dentro de 1 desvio padrão da linha central; - 8 pontos consecutivos maiores que 1 desvio padrão a partir da linha central.

#### 4. Resultado e Discussão

---

Os valores obtidos nas vinte e cinco semanas que foram utilizadas para o desenvolvimento das cartas de controle preliminares e definitivas para as máquinas Emic e Kratos são mostradas na tabela 1. Após o desenvolvimento das cartas de controle definitivas os valores obtidos nos ensaios posteriores foram inseridos nas cartas de controle e analisados de acordo com os critérios de controle estatístico do processo. As cartas de controle definitivas das máquinas Emic e Kratos, são mostradas nas figuras 2 e 3.

#### 5. Considerações Finais

---

A construção das cartas de controle finais mostraram que os valores analisados apresentam pouca variação em função dos dados obtidos para os limites de resistência das máquinas, as médias situaram-se nas zonas C e B, ou seja, 1 e 2 desvios padrões, os valores não apresentaram qualquer indicação de perda de controle estatístico garantindo alto nível de confiabilidade nos resultados fornecidos pelas máquinas de ensaios. Devido o elevado custo as máquinas do laboratório não são calibradas anualmente, logo as cartas de controle podem ser utilizadas como ferramenta de garantia de qualidade das máquinas, permitindo a utilização da mesma sem correr o risco de trabalhar com dados incorretos.

#### Referências Bibliográficas

---

ASTM E8M-00b. Metals Test Methods and Analytical Procedures. V 03.01, 2001 p. 77-98 HIRATA, Y. S. Gráficos de Controle para Laboratórios de Ensaios, São Paulo, v.64, n.2, jul./dez., 2002, p.183-185. Disponível em: [http://www.biologico.sp.gov.br/docs/bio/v64\\_2/hirata.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/docs/bio/v64_2/hirata.pdf). Acesso em 07 Fev. 2011. MONTGOMERY, D.C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 4 ed., Rio de Janeiro, 2004, 513 p. RAMOS, A. W. CEP para Processos Contínuos e em Bateladas. 1 ed., São Paulo, 2000, 130 p.

#### Anexos

---

Tabela 1: Valores das médias e amplitudes obtidas em 25 semanas nas máquinas Emic e Kratos

Planilha da Média e Amplitude			Planilha da Média e Amplitude Móvel		
Maquina: EMIC	Local: UNIMEP		Maquina: KRATOS	Local: UNIMEP	
Dia	Média L.R. (Mpa)	Média R.L.R. (Mpa)	Dia	Média N.L.R. (Mpa)	Rm L.R. (Mpa)
1/8/2010	294,7	7	1/8/2010	382,1	8
8/8/2010	296,5	5,6	8/8/2010	377,1	5
15/8/2010	294,7	3,7	15/8/2010	378,4	3,7
22/8/2010	295,2	3,6	22/8/2010	377,9	4,3
29/8/2010	299,2	6,4	29/8/2010	376,7	1,2
6/10/2010	296,1	4,8	6/10/2010	377,9	1,2
13/10/2010	295,2	2,9	13/10/2010	378,2	0,4
20/10/2010	297,2	1,4	20/10/2010	376,8	1,4
27/10/2010	296,1	3,3	27/10/2010	378,4	1,6
3/11/2010	297,8	1	3/11/2010	381,3	3
10/11/2010	295,6	3,3	10/11/2010	376,6	4,9
17/11/2010	293,9	3,6	17/11/2010	378,3	1,7
24/11/2010	296,1	2,1	24/11/2010	379,3	3
1/12/2010	298,9	3,2	1/12/2010	377,9	1,4
8/12/2010	299,3	0,8	8/12/2010	380,4	2,3
15/12/2010	297,2	4,6	15/12/2010	377,3	3
22/12/2010	297,6	6,7	22/12/2010	380,2	2,7
10/2/2011	297,9	6,6	10/2/2011	375,7	4,3
17/2/2011	297,4	4,3	17/2/2011	377,4	1,7
24/2/2011	296,8	3,8	24/2/2011	376,7	2,7
03/03/2011	296,9	2,1	3/3/2011	375,4	0,6
10/3/2011	296,2	4,2	10/3/2011	377,4	2
14/3/2011	297,5	4,4	14/3/2011	381,6	4,2
21/3/2011	297,1	3,9	21/3/2011	375,6	8
31/3/2011	293,2	6,2	31/3/2011	377,2	1,6
<b>XX</b>	<b>297,1</b>	—	<b>XX</b>	<b>377,8</b>	—
<b>Rm</b>	—	<b>4,3</b>	<b>Rm</b>	—	<b>2,6</b>

Figura 1: Carta de controle definitiva da máquina Emic

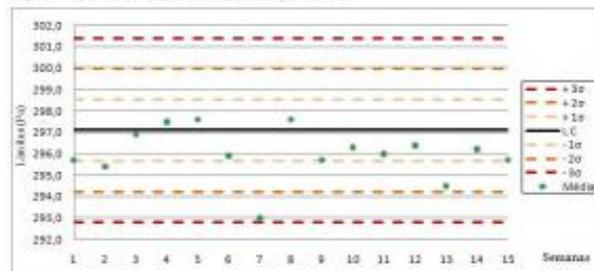


Figura 2: Carta de controle definitiva da máquina Kratos

