

## Monitoramento da estabilidade de uma célula de torque através de carta de controle

### Monitoring the stability of a torque cell through control chart

Davi Anderson Gadelha de Sena <sup>1</sup>, José Eduardo Ferreira de Oliveira <sup>1</sup>, Mateus de Melo Silva Freitas <sup>1</sup>, João José de Souza Marques<sup>2</sup>, Claudio Sales<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Pernambuco – Campus Recife; <sup>2</sup> Instituto de Tecnologia de Pernambuco

E-mail: joseferreira@recife.ifpe.edu.br

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo experimental realizado em uma célula de torque com faixa nominal de 100 N.m, com o objetivo de se verificar e ajustar o seu intervalo de calibração. Para tal, foram utilizadas cartas de controle da amplitude, além do coeficiente de capacidade  $C_g$ . Os resultados obtidos possibilitaram não apenas a realização do ajuste do intervalo de calibração para a célula, mas também a indicação de possíveis problemas ocorridos entre uma calibração atual e outra.

**Palavras-chave:** Intervalo de calibração, ajuste, carta de controle, capacidade, célula de torque.

**Abstract:** The objective of this work is to present an experimental study performed in a torque cell with a nominal range of 100 N.m in order to verify and to make the correct adjustment of its calibration interval. For that, amplitude control charts were used, besides the capability coefficient  $C_g$ . The results obtained enabled not only the adjustment of the calibration interval, but also the indication of possible problems that occurred between one current calibration and another.

**Keywords:** Calibration interval, adjustment, control chart, capability, torque cell.

## 1. INTRODUÇÃO

Existem vários procedimentos para o estabelecimento dos intervalos de calibração. Infelizmente, muitos são complicados e bastante pesados [1]. Para a escolha do intervalo inicial de

calibração deve-se alinhar a experiência técnica de quem manuseia e entende do equipamento de medição a quatro fatores fundamentais [2, 3, 4, 5]:

- As recomendações do fabricante do equipamento;
- A severidade de uso;
- A influência das condições ambientais e
- A exatidão, repetitividade e incerteza de medição pretendidas.

Este trabalho apresentará um estudo desenvolvido em uma célula de torque com faixa nominal de 0 - 100 N.m, visando o monitoramento da estabilidade da mesma com o propósito de se otimizar o seu intervalo de calibração. Este estudo é baseado na utilização de cartas de controle e na capacidade de processo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos experimentos foi utilizada uma célula de torque digital, disposta em uma bancada, conforme figura 1. Para o acompanhamento das variações da célula foi utilizado um torquímetro com as seguintes características: Torquímetro analógico (horário e anti-horário); Faixa nominal 0 – 16 kgf.m; Menor divisão 0,5 kgf.m. O referido torquímetro é utilizado única e exclusivamente para o acompanhamento da célula de torque, sendo inclusive armazenado e acondicionado de maneira que se evitem choques, vibrações, acúmulo de poeira, manuseio inadequado e em um ambiente onde a temperatura pode oscilar entre 18 e 22°C. Assim, por se tratar de um torquímetro mecânico que não possui influência de corrente elétrica, não se apresenta susceptível a problemas eletrônicos e, fundamentalmente, por não ser utilizado em nenhuma outra aplicação, a não ser a de acompanhamento da célula de torque, e sendo operado sempre pelo mesmo metrologista, pode-se atribuir, com razoável confiança, que variações expressivas nos pontos

verificados são oriundas da célula e não do torquímetro.

Por sua vez, a célula de torque possui as seguintes características: Indicação digital; Sentido horário e anti horário; Faixa nominal 0 – 100 N.m; Menor divisão 0,1 N.m.

É importante salientar que o referido torquímetro é utilizado única e exclusivamente para as verificações intermediárias desta célula de torque, sendo o mesmo devidamente armazenado e manuseado apenas pelos técnicos do laboratório.



Figura 1 - Bancada de torque utilizada nos experimentos.

Para o acompanhamento da célula foram considerados os seguintes pontos: 20, 40, 60 e 80 N.m. O valor de fundo de escala foi preservado com o intuito de não se correr risco de aplicar sobrecarga na célula. Para cada ponto citado foram realizadas quatro medições em um total de 20 amostras, sendo tomada uma única amostra por dia. Para o caso de  $n < 10$ , deve-se utilizar como carta de controle para variabilidade, a carta da amplitude ao invés da carta do desvio padrão.

Como o objetivo deste trabalho é monitorar a estabilidade de uma célula de torque, utilizou-se a carta de controle das amplitudes, cuja função é analisar a repetitividade das amostras coletadas, ou seja, verificar se o sistema de medição está sob controle estatístico. Por sua vez, para este caso específico, a carta de controle da média foi desprezada, pois a mesma realiza a análise de reprodutibilidade, medindo a

influência dos metrologistas sob o controle das medições. As cartas geradas a partir destas vinte amostras serviram como carta de referência para o modelo estudado. A partir daí, é realizada uma coleta semanal de apenas uma amostra para cada ponto e o mesmo é confrontado na carta de controle de referência. Caso o ponto se apresente fora dos limites de controle, uma nova coleta é realizada. Caso o ponto ainda se apresente fora dos limites de controle, a célula de torque é retirada de serviço para manutenção e recalibração. Tal procedimento vale para qualquer um dos pontos analisados na faixa nominal do sistema de medição. A figura 2 apresenta o fluxograma desta metodologia proposta.

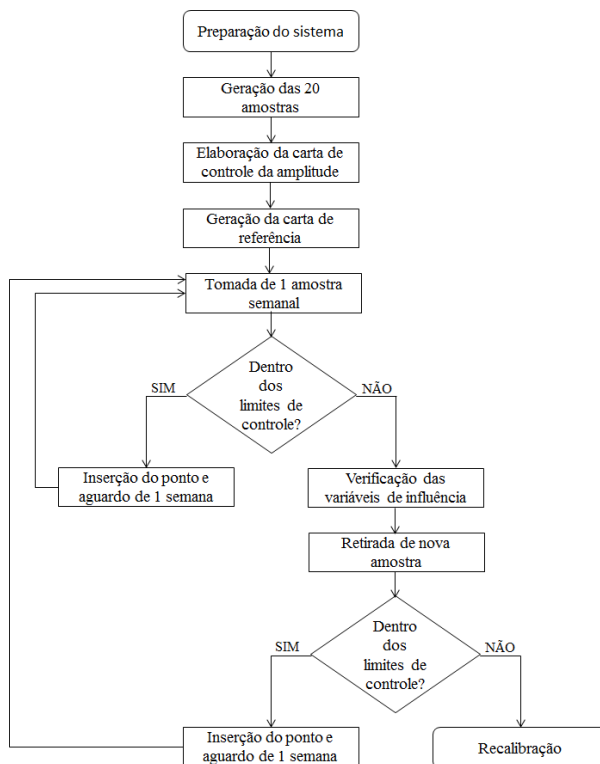


Figura 2 - Fluxograma da metodologia proposta.

### 3. RESULTADOS

As figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam as cartas de controle da amplitude para os pontos de 20, 40, 60 e 80 N.m, respectivamente. Analisando-se estas cartas, pode-se constatar que todos os

pontos se encontram dentro dos limites de controle. A amostra 15 do ponto de 40 N.m, a amostra 14 no ponto de 60 N.m e a amostra 6 no ponto de 80 N.m apresentaram valores da amplitude próximos do limite superior de controle, no entanto, verifica-se que se trataram de pontos isolados, uma vez que as amostras seguintes ficaram mais próximas da linha central.

Com relação ao estudo de capacidade, tabela 1 apresenta os valores do  $C_g$  médio para os pontos analisados, considerando-se as 20 amostras. A tolerância adotada foi igual a 8N.m, o que representa dez vezes a incerteza máxima admissível do padrão. O valor ideal para o  $C_g$  é acima de 1,33, porém, valores entre 1 e 1,33 poderão ser aceitos para o sistema de medição ser considerado estável, mas despertando o alerta. Neste caso, ao invés de se coletar 1 amostra semanal, deverão ser coletadas 2 amostras, sendo também montadas as cartas de amplitude para fins de comparação. Pode-se verificar, através da análise da tabela 1, que o ponto de 80 N.m apresentou valor igual a 0,85. Como o valor foi inferior a 1, foi retirada uma nova amostra, cujos valores estão mostrados na tabela 2. O valor de  $C_g$  neste caso foi 1,14.

**Tabela 1.** Dados referentes ao coeficiente de capacidade  $C_g$ .

Pontos	$C_g$
20 N.m	1,46
40 N.m	1,24
60 N.m	1,23
80 N.m	0,85

**Tabela 2.** Dados referentes à amostra adicional para o ponto de 80 N.m.

Ponto	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$C_g$
80 N.m	80,6 N.m	79,9 N.m	80,6 N.m	80,6 N.m	1,14

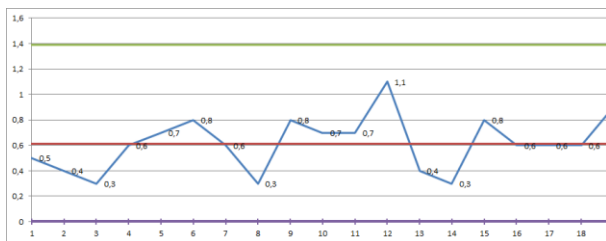


Figura 3 – Carta de controle da amplitude para o ponto de 20 N.m.

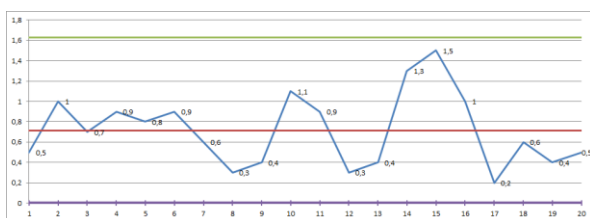


Figura 4 – Carta de controle da amplitude para o ponto de 40 N.m.

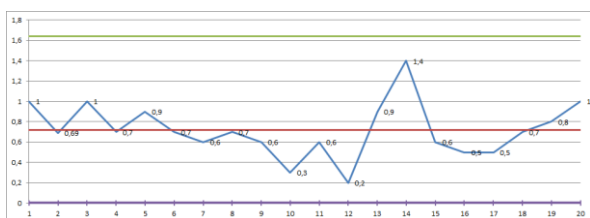


Figura 5 – Carta de controle da amplitude para o ponto de 60 N.m.

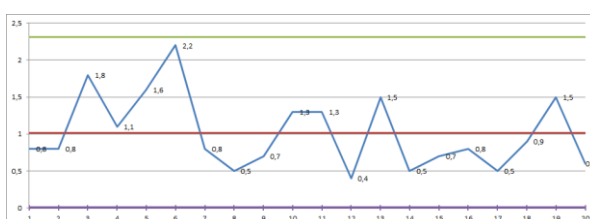


Figura 6 – Carta de controle da amplitude para o ponto de 80 N.m.

#### 4. CONCLUSÕES

A metodologia proposta está sendo utilizada atualmente para a grandeza torque, porém, alguns experimentos estão sendo concomitantemente realizados para as grandezas dimensional e temperatura. Além

disto, os dados gerados estão sendo comparados à aplicação do Método de Schumacher, ao método A1, método A2 e com o erro normalizado.

Através das verificações realizadas semanalmente, está sendo possível se acompanhar o estado e o comportamento da célula de torque, que até o momento apresentou variações dentro dos limites de controle, além dos coeficientes de capacidade se apresentarem dentro dos valores esperados. Visando a realização do controle dos intervalos de calibração de forma automatizada, e aplicando a metodologia aqui proposta, está sendo desenvolvido no âmbito deste projeto, o software ACIC – Ajuste e Controle dos Intervalos de Calibração.

Por fim, é importante salientar que mesmo que os valores de amplitude se apresentem sempre dentro dos limites de controle, a célula de torque não permanecerá sem calibração. Para este caso específico, considerar-se-á, inicialmente, 24 meses como sendo um prazo razoável para a recalibração.

#### 7. REFERÊNCIAS

- [1] BARE, A. Simplified Calibration Interval Analysis. NCSL International Workshop and Symposium, 2006.
- [2] ISO/ABNT NBR 10012-1. Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição – Parte 1: Sistema de comprovação metrológica para equipamentos de medição. ABNT, Rio de Janeiro, 1993.
- [3] ILAG - G 24 - Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments. OIML D 10. International Organization of Legal Metrology, 2007.
- [4] NCSL Recommended Practice RP-1, Establishment and Adjustment of Calibration Intervals, 15, November 1989.
- [5] CASTRUP, H. & JOHNSON, K. M. Techniques for Optimizing Calibration Intervals. Presented at the ASNE Test & Calibration Symposium, Arlington, December 1994.