

Estudo e proposição de periodicidade de manutenção preventiva em parafusadeira hidropneumática

Edson Sidnei Maciel Teixeira (IFSC / UFPR) edson.teixeira@ifsc.edu.br

Rafael Simeoni (IFSC) rafael.simeoni@yahoo.com

Gerson Ulbricht (IFSC) gerson.ulbricht@ifsc.edu.br

Resumo:

Este estudo de caso apresenta a identificação do melhor método de análise para determinar a periodicidade de manutenção preventiva de uma parafusadeira hidropneumática utilizada em uma linha de montagem de uso intensivo. Para isso, foram coletados dados durante o período de um mês e analisados segundo critérios estatísticos para identificar correlações que demonstrassem tendências. Na análise realizada identificou-se que o critério que se torna mais adequado para fins dos controles propostos é a precisão do equipamento onde a mesma afasta-se dos valores aceitáveis por volta dos 37.000 ciclos de apertos, o que representa uma média de seis meses de produção na aplicação analisada após o estudo. Sendo assim, sugeriu-se que a cada dois meses de uso fosse executada uma medição na precisão e que este valor fosse monitorado até que aproximasse do limite dos valores aceitáveis, para deste modo planejar a manutenção preventiva no equipamento.

Palavras chave: Parafusadeiras; Manutenção Preventiva; Controle Estatístico

Study and proposition of preventive maintenance intervals in hydropneumatic screwdriver

Abstract

This case study presents the identification of the best method of analysis to determine the frequency of preventive maintenance in a hydropneumatic screwdriver used in an intensive assembly line. For this, data were collected during a one month and analyzed using statistical correlations to identify trends that demonstrate criteria. On analysis it was found that the criterion becomes more suitable for the proposed controls is the accuracy of the equipment where it deviates from the acceptable values at around 37,000 cycles grips, which represents an average of six months of production in analyzed applying after the study. Thus, it was suggested that every two months of use were performed a measurement accuracy, and this value was monitored until approaching the limit of acceptable values, thereby to plan preventive maintenance on the equipment.

Key-words: Screwdriver; Preventive Maintenance; Statistical Control

1. Introdução

Atualmente, linhas de montagem estão sendo cada vez mais pressionadas a garantir seus processos de forma completa, eliminando erros. Deste modo, seus equipamentos devem possuir características de aplicabilidade que realizem o processo de forma correta e dentro de parâmetros pré-estabelecidos. Exige-se de atividades que envolvem torque em montagens, cada vez mais precisão e garantia de repetibilidade. Montagens com torque fora do especificado

podem significar produtos de baixa qualidade. Porém, para garantir aplicações de torque em montagens com o grau de exigência adequado, é necessário manter manutenções de forma intensa e monitorada, pois variações podem acontecer e, se estas fugirem aos parâmetros de qualidade, podem causar produtos defeituosos. Há de se verificar que uma linha de montagem possui necessidade de cumprir metas intensas de qualidade e produtividade, o que torna complexo o ato de monitorar uma quantidade de parafusadeiras e seus resultados de aplicação de torque. Além disso, sabendo-se do aumento da vida útil das parafusadeiras, torna-se necessário estudar e identificar pontos de manutenção preventiva que sejam estratégicos em função de sua aplicação e uso. Pode-se, no cotidiano de uma linha de montagem optar-se por monitorar parafusadeiras e registrar seus apertos de forma intensiva. Porém este processo em linhas de montagens com grandes quantidade de parafusadeiras torna-se uma atividade complexa e cara. A proposta de monitorar os apertos realizados por uma parafusadeira e realizar uma análise estatística que possa prever manutenções vem ao encontro da possibilidade de implantar um método mais acessível de controle para estruturar um planejamento de manutenção preventiva.

Neste trabalho, tem-se como objetivo demonstrar uma análise de monitoramento e relação das respostas com o número de apertos que uma parafusadeira hidropneumática realizada diariamente numa aplicação específica de uma linha de montagem, de modo a identificar os valores de precisão e média dos torques extrapolando estes dados para identificar um ponto onde se deva realizar a manutenção preventiva e evitar que a mesma venha a perder a qualidade dos apertos realizados. Complementa-se esta análise com a busca por um método de controle para encontrar uma periodicidade de manutenção preventiva sem que a mesma apresente uma fuga dos parâmetros de torque pré-definidos na aplicação de uma linha de montagem.

2. Teorias de torque e parafusadeira

Existem várias definições para torque e suas aplicações. Considerou-se nesta análise que o torque ou momento da força é a grandeza utilizada para medir a força de união de uma junta parafusada, conforme Figura 1. Para especificar o torque, se faz necessário considerar as exigências de qualidade da junta em questão (ATLAS COPCO, 2003a).

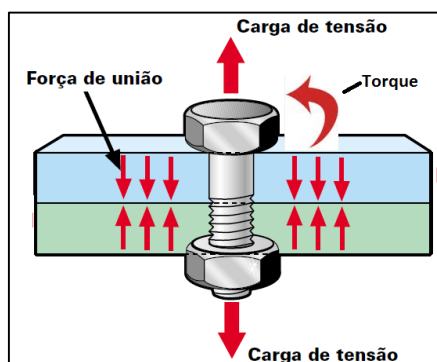


Figura 1. Caracterização do torque
Fonte: Adaptado de Atlas Copco (2003a)

Deste modo, existem várias maneiras de efetuar a união de peças, sendo algumas permanentes outras semipermanentes. Segundo Lima, Abrão e Pertence (2011), os parafusos são os tipos de

união mais utilizados para fabricar máquinas e componentes. Para que os parafusos cumpram a sua principal função, a de fixação dos elementos que compõem as juntas, estes devem resistir aos esforços a que são submetidos. Vários fatores influenciam na vida, desempenho e integridade das juntas parafusadas, sendo que um dos que mais influência é o método de parafusamento.

Juntas rígidas são caracterizadas pela Norma Internacional ISO 5393 (1994), como uma junta onde o parafuso gira até 30° após o encosto do mesmo, tendo como exemplo um parafuso curto que une componentes planos de metal e acaba alcançando o torque nominal em apenas uma fração de volta do parafuso. Já as juntas flexíveis são caracterizadas por um parafuso que depois de encostado gira mais de 650° tendo como exemplo um parafuso longo que em sua junta terá componentes macios tais como arruelas e arruelas de pressão e que possivelmente dará mais de duas voltas até atingir o torque nominal.

Em geral existem dois tipos básicos de parafusadeiras, sendo estas as parafusadeiras rotativas e as parafusadeiras pulsativas. As rotativas podem ter um acionamento pneumático ou elétrico. São equipadas com um modelo de embreagem mecânica e um sistema de mola que permite o desligamento do motor rotativo quando o torque pré-determinado pela mola é alcançado. No momento em que a força da mola é vencida a mesma desloca um batente que por sua vez desliga o motor imediatamente. Este método gera uma curva de torque linear onde o torque alvo é alcançado em apenas um pulso (DEPRAG SCHULZ GMBH U. CO, 2008). Já as parafusadeiras pulsativas geralmente denominadas de hidropneumáticas, completam o aperto aplicando pulsos que incrementam o torque pouco a pouco. Um reservatório hidráulico é responsável pelos pulsos aplicados ao parafuso e à medida que é mais comprimido, o torque aumenta. Uma das principais vantagens da parafusadeira hidropneumática é a diminuição da reação na mão do operador o que permite utilizar este modelo para maiores torques, porém sua precisão gira em torno de 15% pelo fato do torque ser aplicado em pulsos (MACCO MÁQUINAS E ACESSÓRIOS LTDA, 2010).

2.1 Medição do torque

O torque pode ser medido estaticamente após o aperto ou dinamicamente no momento do aperto. A medição do torque estático ou residual é necessária quando se quer saber o torque remanescente na fixação após o aperto. Aplica-se um sobre-torque na junta e se avalia o comportamento da mesma. O torque deve ser capturado no momento em que a inércia do parafuso é rompida. Esta medição chama-se torque de reinício e utiliza-se uma chave de torque para realizá-la (ASI DATAMYTE DO BRASIL, 2009).

De acordo com Atlas Copco (2003a), a medição do torque dinâmico é realizada durante o ciclo de aperto e tem a significativa vantagem de fornecer dados que condizem com o desempenho da ferramenta sem que a influência do relaxamento e do atrito das juntas comprometam os resultados. Este tipo de medição é realizado através de um transdutor de torque composto por células de carga que sentem a deformação gerada pela aplicação de um torque e convertem este sinal, repassando a um coletor de dados que mostra o torque exato. Este coletor de dados pode ser programado para armazenar os apertos e, a partir destes, realizar análises estatísticas. Segundo Asi DatamYTE do Brasil (2009), um transdutor de torque também consegue ler e contar o número de pulsos aplicados pela parafusadeira.

2.2 Análises estatísticas

A partir do momento em que se coleta dados e se quer analisá-los, se faz necessário o uso de ferramentas estatísticas. Com o auxílio delas, é possível verificar como um processo de montagem se desenvolve com o tempo.

Segundo Atlas Copco (2003b), aplicando-se apertos em juntas idênticas ou até mesmo juntas de simulação identifica-se que os apertos, se medidos, não terão os valores idênticos. Portanto os valores se desviam da média e este desvio pode ser medido através do desvio padrão. Por definição entende-se por desvio padrão o cálculo de uma porcentagem de distribuição que retoma a cair dentro da média e este é representado pela letra grega σ (sigma). Já a precisão de um equipamento caracteriza parte do seu desempenho, porém é necessário relacionar a sua aplicação, média e a faixa de tolerância que o processo permite. Relacionando-se a média e o desvio-padrão ao valor-alvo e aos limites de tolerância de uma aplicação, pode-se dizer como uma ferramenta está se comportando onde realmente interessa, em sua aplicação. (ATLAS COPCO, 2003b)

O cálculo da precisão de um equipamento é similar ao cálculo de capacidade que é a capacidade de um determinado processo realizar operações de fabricação dentro de uma faixa de tolerância. Entre outros critérios de análise de capacidade pode-se utilizar o C_m (Capabilidade potencial de uma máquina) e C_{mk} (Capabilidade centrada de uma máquina). Enquanto nos cálculos de capacidade os valores de variação normal são comparados com as demandas de tolerância na aplicação, para o cálculo de precisão os valores de variação normais são comparados ao valor médio das amostras coletadas.

Assim, a precisão (P) de um equipamento pode ser calculada pela Equação 1, sendo, σ (desvio padrão) e μ (média das amostras).

$$P = \frac{3 \times \sigma}{\mu} \quad (1)$$

Esta equação toma 50% da variação natural e a divide pela média dos dados coletados, permitindo comparar diferentes ferramentas em relação à média dos valores sem relacionar a qualquer aplicação específica e mantendo as tolerâncias dos processos sem utilização.

Considera-se também que um modelo de comparação de dados coletados adequado para a aplicação em parafusadeiras é a teoria dos ajustamentos. De acordo com Milone (2009), a teoria dos ajustamentos permite que se construam modelos matemáticos que cruzem informações de duas ou mais variáveis e verifiquem se há alguma relação entre elas, normalmente em gráficos do tipo de dispersão em dois eixos (x e y). Deste modo, definindo a função de ajustamento é possível fazer previsões sobre valores futuros. A partir do momento em que se estudam dados, cria-se um diagrama de dispersão e para se definir uma função de ajustamento deve-se observar a nuvem de pontos gerada pelo gráfico. A linha de tendência ou função de ajustamento deve ser tomada como a mais simples e a que mais se aproxima da nuvem de pontos. Quanto à correlação dos dados, estas podem variar de -1 até +1 e são denominadas mais fortes quando se aproximam de um dos dois valores. Quanto maior for a correlação entre os dados, maior será a variação de uma variável em relação à outra analisada e mais os valores se aproximarão da curva de ajustamento.

Com a análise voltada para os dados coletados tratada por Milone (2009), como fenômeno,

identifica-se a aplicação de encontrar possíveis regularidades ou simetrias que se repetem por várias vezes, ou seja, dados probabilísticos.

O modelo probabilístico é o modelo matemático prescrito aos universos recheados de eventos aleatórios, onde há incerteza quanto a ocorrência de dado fato ou àqueles cujos resultados exatos em cada experimento futuro são desconhecidos ou imprevisíveis. (MILONE, 2009)

2.3 Estudos de manutenção preventiva

De acordo com Xavier e Pinto (2013), a manutenção preventiva procura evitar a ocorrência de falhas, ou seja, preveni-las. Este tipo de manutenção é efetuada em intervalos pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Sob esta definição, identifica-se que geralmente os fabricantes indicam o período de manutenção preventiva em seus manuais, porém o usuário deve verificar e adequar os prazos de intervenções de acordo com as suas condições operacionais no ambiente de trabalho. A conveniência de implantação da manutenção preventiva se torna cada vez maior quando a simplicidade de reposição de peças for maior ou quanto maiores forem os custos causados por falhas, além de quanto estas falhas prejudicam a produção. Numa manutenção preventiva de parafusadeiras hidropneumáticas deve-se realizar um teste de capacidade e uma checagem das RPM (rotações por minuto) antes de qualquer intervenção. Após esta verificação o filtro de entrada e saída de ar devem ser limpos e averiguados, o óleo da unidade de pulsação hidráulica deve ser substituído e uma análise completa do funcionamento da parafusadeira deve ser realizada. Depois disso o teste de capacidade e a checagem do RPM devem ser realizados novamente para certificar-se que o equipamento ficou em perfeito funcionamento.

Segundo Macco Máquinas e Acessórios LTDA (2010), uma parafusadeira hidropneumática pode, com o decorrer do tempo, apresentar variações no torque final. Isto ocorre devido à viscosidade do fluido hidráulico da unidade de aplicação de torque diminuir com o aumento do número de ciclos realizados pela parafusadeira, ou seja, o fluido hidráulico perde suas propriedades químicas. Para os modelos de parafusadeiras UL e ULT de acordo com o fabricante Uryu Seisaku Ltd. (2005), é recomendado que as intervenções ocorram a cada 120.000 ciclos de apertos se a máquina estiver instalada e operando corretamente sem esforços excessivos. O número de apertos entre as manutenções pode variar de acordo com a aplicação que o usuário utiliza. Se a junta em que a parafusadeira está aplicando o torque é flexível, a parafusadeira tende a realizar maior número de pulsos até atingir o torque alvo, causando uma diminuição da vida útil do equipamento.

De acordo com Uryu Seisaku Ltd. (2005), em seu guia para soluções dos problemas, a perda de torque ou o não atendimento do torque especificado pode acontecer por dois motivos onde o primeiro se refere à instalação do equipamento, ou seja, pressão e vazão do ar comprimido não estarem de acordo com as especificações e o segundo motivo se refere à parte da unidade hidráulica onde esta pode estar com o nível de óleo baixo ou o óleo pode ter perdido as suas propriedades químicas iniciais. Como solução para o primeiro motivo deve-se verificar a instalação do equipamento para que os valores de pressão e vazão atendam aos requisitos necessários exigidos nos manuais. Já para o segundo motivo podem ser realizadas duas ações, sendo a primeira apenas um reabastecimento do óleo da unidade pulsativa e a segunda a substituição completa do óleo. Segundo Macco Máquinas e Acessórios (2010), a perda das propriedades químicas do óleo é normal e deve ser acompanhada para que não haja problemas na qualidade de apertos desempenhados pelas parafusadeiras.

3. Materiais e método de pesquisa

De acordo com o objetivo de demonstrar um estudo de busca de uma periodicidade de manutenção preventiva para uma parafusadeira hidropneumática em uma aplicação de montagem, e sabendo que ao longo do tempo de funcionamento um equipamento tende a perder seus valores-padrão e sua repetibilidade, desenvolveu-se um método de análise específico para o estudo de caso.

Numa primeira decisão, escolheu-se um equipamento do tipo parafusadeira hidropneumática que estivesse em uso numa aplicação de montagem de relevância. Este equipamento deveria ter um uso intenso e em condições reais. Após isso, identificou-se a parafusadeira e iniciou-se a coleta de dados de utilização. Por referência bibliográfica, optou-se por coletar a quantidade de apertos realizados no intervalo, os valores de torque, o número de pulsos, a pressão do sistema de ar e a pressão real de trabalho em cada aplicação. A variação significativa nestes dois últimos valores poderia indicar condições de uso diferentes ao longo da coleta de dados e consequentemente, resultados diferentes e não-adequados à comparação. Como tempo de coleta de dados escolheu-se o período de um mês e a análise dos dados realizada diariamente, sendo que todo o dia de uso deveria haver um número mínimo de verificação de torques. Neste caso, ajustou-se o estudo ao seu uso real, sendo que a utilização da parafusadeira seria em uma indústria e somente em dias úteis (segunda a sexta-feira), seguindo a utilização do equipamento. Os resultados coletados deveriam ser comparados em função do cálculo das médias dos torques em cada intervalo de uso, com o cálculo de dados de capacidade (C_m e C_{mk}), torque médio encontrado e média de número de pulsos. Com o cruzamento dos dados seria possível encontrar as funções de ajustamento e identificar o tempo de manutenção preventiva mais adequado para o equipamento estudado.

3.1 Metodologia e aplicação

A aplicação do estudo foi realizada numa empresa de grande porte do norte de Santa Catarina que possui linhas de montagem de alta produtividade. A coleta de dados foi realizada durante trinta dias úteis, sendo 25 medições de torque por dia. Os apertos foram realizados diretamente na linha de montagem no período de 30 dias úteis em uma junta de simulação rígida cujo fabricante é a empresa Atlas Copco, que aceita simulações de torque na faixa de 0 até 5Nm. A parafusadeira utilizada foi do fabricante Uryu, modelo ULT-30SD. A sua faixa de torque é de 2,5 a 5,5Nm e este equipamento estava regulado para atingir um torque de 4,5Nm. A parafusadeira utilizada foi selecionada aleatoriamente na linha de montagem, por esse motivo a situação anterior à coleta de dados foi desprezada e os prazos de manutenção preventiva buscados seriam a partir do término do estudo. Para o registro dos torques e do número de pulsos foi utilizado um coletor de torque da marca AsyDatamate em conjunto com um transdutor de torque da Crane Electronics, com fundo de escala de 5Nm. Este coletor estava programado para capturar o torque dinâmico entre 3,825 e 5,175Nm, ou seja, aproximadamente 15% de tolerância no torque alvo de 4,5Nm, e registrar os valores de 25 apertos por dia. Os valores de torque encontrados e registrados pelo coletor, foram utilizados para calcular os valores de média, desvio padrão, C_m , C_{mk} e precisão do equipamento. A Figura 2 mostra a planilha de cálculo com o gráfico de repetibilidade dos valores.

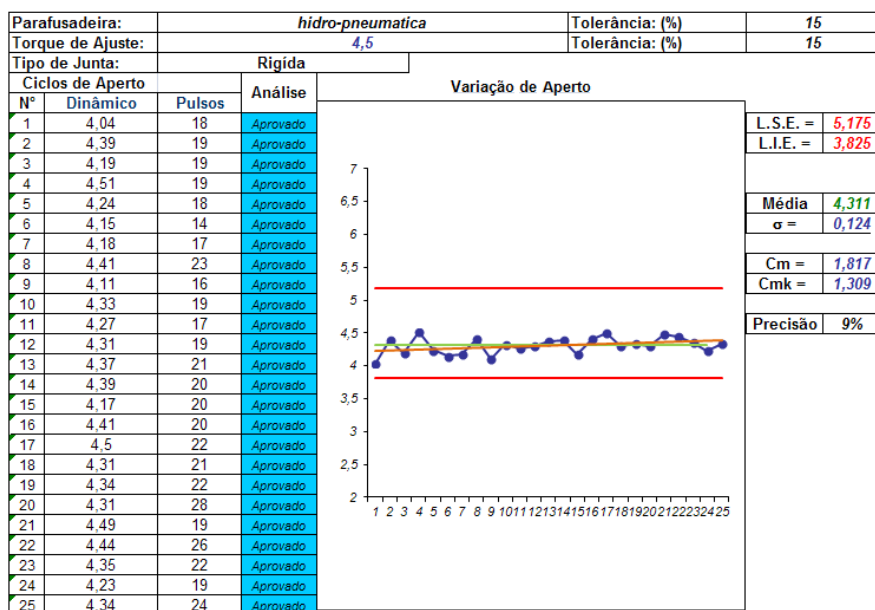


Figura 2. Planilha de cálculo de valores coletados
Fonte: Os autores (2015)

O número de apertos realizados pela parafusadeira analisada entre as medições foi monitorado com o objetivo de mapear e relacionar a variação dos valores coletados com o número de apertos realizados pelo equipamento a cada dia de medição, ou seja, na medida em que o número de apertos vai aumentando procurou-se encontrar uma tendência ao erro. No final dos trinta dias úteis chegou-se a um total de 8832 apertos realizados pela parafusadeira, ou seja, uma média de aproximadamente 300 apertos por dia. Todos os dados coletados e calculados foram lançados em uma só planilha eletrônica com o objetivo de poder analisá-los. Assim, comparativamente seria possível chegar-se a um valor médio de uso e seus devidos cálculos com os dados coletados diariamente. A Tabela 1 mostra a média dos valores coletados e calculados em cinco dias de medições.

Data	Nº	Qtd. apertos por dia	Nº de apertos acumulados	Média de Torque (Nm)	Cm	Cmk	Media Nº Pulsos	Precisão	Pressão (bar)	Pressão Trabalho (bar)
01/10	1	412	412	4,39	2,43	2,03	28	6,0%	6,2	6
02/10	2	441	853	4,47	1,73	1,67	29	9,0%	6,3	6,1
03/10	3	289	1142	4,35	1,76	1,37	32	9,0%	6,3	6
04/10	4	263	1405	4,55	2,57	2,37	27	6,0%	6,3	6
05/10	5	431	1836	4,66	1,66	1,27	77	9,0%	6,2	5,8

Tabela 1. Resumo dos dados
Fonte: Os autores (2015)

Como foram coletados muitos valores, optou-se por realizar um cálculo prévio de correlação para verificar quais dados tinham mais chance de ter relação direta um com o outro. Assim, seria possível economizar tempo e recursos se já fossem identificados previamente quais os valores possuíam mais condições de serem cruzados e correlacionados. Seguindo a proposta de identificar o tempo que pudesse ser usado como referência para a manutenção ou o controle da

parafusadeira, a análise foi feita com base no número de apertos acumulados. Os dados que mais apresentaram variação em relação ao aumento do número de apertos foram a precisão e a média dos torques. Desta forma direcionou-se o estudo para a análise destes dois valores e começou-se a relacionar os dados que foram obtidos em busca da função de ajustamento de cada delas.

4. Análise de dados e resultados

Ao lançar-se os valores da precisão encontrados em um dos eixos de um gráfico de dispersão e os valores dos números de apertos realizados pela parafusadeira acumulados a cada dia em outro eixo, criou-se uma relação entre os valores e pode-se perceber uma tendência ao aumento da precisão. Percebeu-se que, para que a correlação tivesse condições claras de apresentação em seu gráfico de dispersão, seria necessário traçar uma linha de tendência que melhor representasse a nuvem de pontos apresentados, encontrando-se assim uma previsão média de comportamentos, ou seja, na medida em que o número de apertos realizados pela parafusadeira vai aumentando a tendência da média dos dados coletados é seguir esta linha traçada. Para prever com consciência o ponto em que a precisão sairia de um valor aceitável na aplicação analisada foi necessário encontrar a equação que rege esta linha de tendência, a sua função de ajustamento. Assim, quando se introduz o valor aceitável de precisão na função de ajustamento, a mesma encontra o número médio de apertos que segundo a tendência causaria esta precisão.

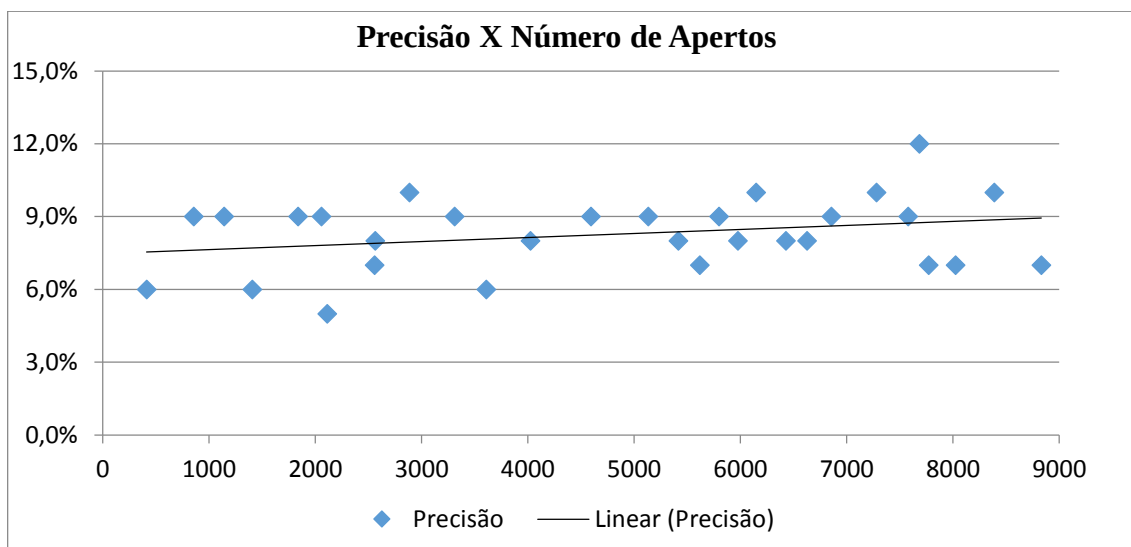


Figura 3. Correlação Precisão x Número de apertos
Fonte: Os autores (2015)

Na Figura 3 pode-se perceber que de acordo com o aumento do número de apertos realizados no decorrer dos dias, a precisão da parafusadeira tem uma variação e com uma tendência de sair da faixa de precisão aceitável.

Com esta linha de tendência traçada encontrou-se a Equação 2 como função de ajustamento, sendo x (número de dias de uso) e y (precisão do equipamento).

$$y = 0,000002x + 0,0747 \quad (2)$$

Tomando o valor de 15% aceitável como limite de precisão para parafusadeiras pulsativas como critério definido pelo próprio fabricante, pode-se prever que nas condições de trabalho em que os dados foram coletados, a parafusadeira não estaria mais apta a continuar executando os apertos com a precisão requerida a partir dos 37650 apertos. Em relação à média de apertos diários (300), chega-se ao valor de 125 dias de aplicação o que representa aproximadamente 6 meses de apertos realizados para que o equipamento perca as suas condições de uso a partir do período de análise, lembrando que o equipamento possui uso somente nos dias úteis da semana.

A mesma verificação com a precisão apresentada pela parafusadeira no decorrer dos dias foi realizada com a média dos 25 torques encontrados a cada dia, pois o torque assim como a precisão do equipamento também necessita se manter estável para garantir a qualidade e a confiabilidade dos apertos. Além da precisão, já havia se identificado que houve elevada correlação com o aumento do número de apertos realizados para os valores médios de torque, sendo este um critério de análise que poderia trazer melhores respostas. A Figura 4 mostra a relação entre o aumento do número de apertos com a média do torque encontrado a cada dia, seguindo os mesmos critérios de análise já apresentados.

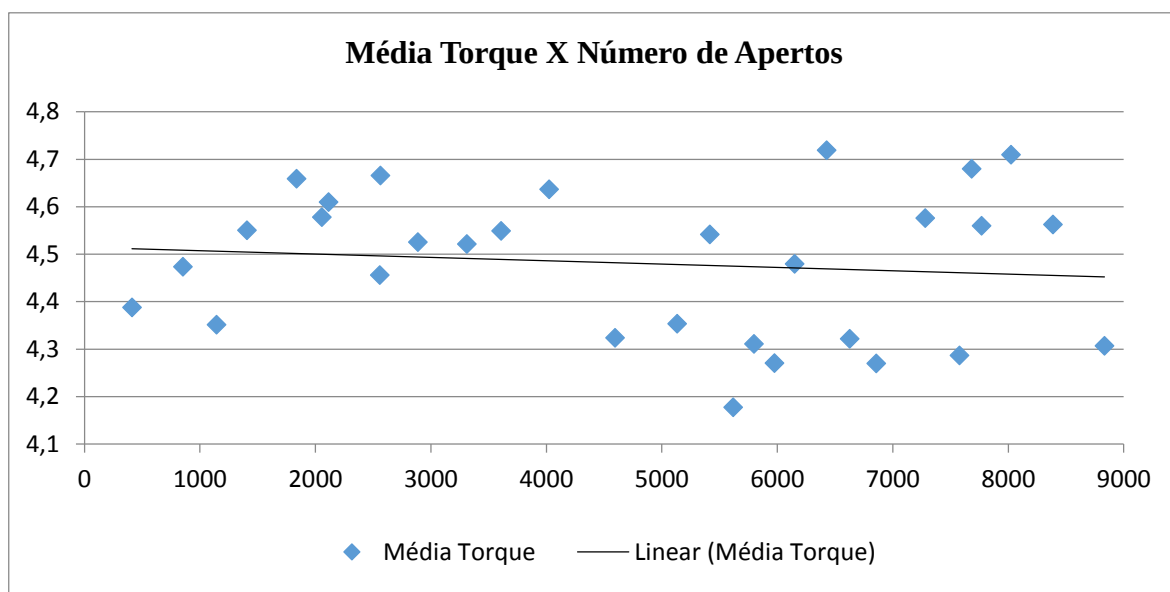


Figura 4. Correlação Média dos torques x Número de apertos
Fonte: Os autores (2015)

Observando-se o gráfico de dispersão, pode-se perceber a tendência do torque estar diminuindo o seu valor de acordo com o aumento do número de apertos realizados pela parafusadeira. Com a linha de tendência encontrada chegou-se a Equação 3.

$$y = -0,000007x + 4,5142 \quad (3)$$

Pelo fato da linha de tendência estar no sentido decrescente substitui-se na equação o valor de 3,82Nm que é o torque ajustado da máquina (4,5Nm) menos 15% de tolerância e tomando este

valor com aceitável mínimo que a parafusadeira pode entregar de torque, tem-se o número de 99171 apertos o que representa o número de apertos que a parafusadeira poderia realizar garantindo o menor valor de torque de sua tolerância. Os 99171 apertos representam 330 dias uteis de apertos, ou seja, aproximadamente 15 meses de produção no contexto em que os dados foram coletados. Para agrupar os dados e facilitar a análise final, apresenta-se a Tabela 2:

<i>Forma de Correlação</i>	<i>Nº de apertos</i>	<i>Dias Uteis</i>	<i>Meses</i>
Precisão Aceitável (15%)	37650	125	6
Toque Mínimo Aceitável (3,82Nm)	99172	330	15

Tabela 2. Comparação entre análises
Fonte: Os autores (2015)

Deste modo, entende-se que a verificação da precisão do equipamento é o critério que deve ser melhor analisado para identificar o ponto em que o mesmo sai de sua boa condição de uso. A precisão do equipamento tende a ultrapassar os limites de utilização antes da variação do torque. Porém, salienta-se que outras indicações devem ser consideradas para a manutenção preventiva. Seguindo as orientações do manual do equipamento o óleo da unidade hidráulica deve ser trocado a cada 120.000 ciclos de aperto, isto é, 19 meses na aplicação analisada, porém esta periodicidade deve ser adequada às condições de trabalho em que a parafusadeira se encontra.

Assim, de acordo com os cálculos realizados e utilizando-se a equação que rege a linha de tendência dos dados coletados de precisão do equipamento em análise, a parafusadeira não teria condições de garantia de torque por volta dos 37.000 apertos. Deste modo a medição da precisão do equipamento pode ser realizada a cada 2 meses até que os valores se aproximem do limite aceitável e então planejar a manutenção preventiva do equipamento para o período imediatamente anterior à sua saída da melhor condição de uso.

5. Considerações finais

Verificando os dados pesquisados para a fundamentação deste artigo, percebeu-se que os estudos de torque utilizando parafusadeiras ainda estão concentrados nos documentos de fabricantes. Basicamente, a literatura encontrada necessitou de uma forte exploração de manuais e guias de empresas que fabricam parafusadeiras. Entretanto, a análise prática não utilizou instrumentos e equipamentos de um único fabricante, pois explora as possibilidades numa aplicação industrial, independente do fabricante. Em relação à aplicação prática, com a análise dos dados coletados, posteriormente trabalhados e transformados em gráficos, conseguiu-se encontrar relações com o aumento do número de apertos realizados pela parafusadeira analisada. Considerando-se as condições de trabalho em que os dados foram coletados, pode-se afirmar que tanto a precisão como a média dos torques encontrados possuem um comportamento tendencioso e que devem ser acompanhados, monitorados e se possível registrados para manter a qualidade dos apertos e a melhor condição de funcionamento das parafusadeiras. Porém, a precisão mostrou-se um critério mais crítico e passível de uma avaliação mais criteriosa. Tomando estas variações tendenciosas como verdadeiras, os dados coletados servem para a identificação de pontos que a parafusadeira sairá dos valores aceitáveis de utilização. Sendo assim, sugere-se medir e acompanhar os valores da precisão das parafusadeiras periodicamente, demonstrando ser este o melhor critério para definir pontos de manutenção preventiva. Quanto a periodicidade, as coletas de dados de monitoramento podem

ser realizadas a cada dois meses, sendo uma condição bem mais adequada para uma aplicação em linha de montagem de uso intenso. Ainda assim, qualquer mudança na linha de tendência por outro motivo poderá ser identificada, pois as medições estarão sendo realizadas em período mais adequado à aplicação e as manutenções preventivas podem ser melhor planejadas.

Referências

ASI DATAMYTE DO BRASIL. *Medição de Torque Residual*. São Paulo, 2009.

ATLAS COPCO. *Guia de Bolso: Tecnologia de Aperto*. Estocolmo, 2003a.

ATLAS COPCO. *Guia de Bolso: Técnicas de Análise Estatística*. Estocolmo, 2003b.

DEPRAG SCHULZ GMBH U. CO. *MINIMAT Control Screwdrivers: The basic solution for almost all screwdriving tasks straight handle design - torque from 0.2 - 20 Nm*. Amberg, 2008.

ISO 5393: *Rotary tools for threaded fasteners - Performance test method*. 2 ed. Genebra, 1994.

LIMA, Rodrigo Jerber de; ABRÃO, Alexandre Mendes; PERTENCE, Antonio de Melo. *Desenvolvimento de um sistema de torqueamento mecanizado contínuo de uniões aparafusadas*. In: 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2011.

MACCO MÁQUINAS E ACESSÓRIOS LTDA. *Manutenção de Operação SÉRIE ULT*. São Paulo, 2010.

MILONE, Giuseppe. *Estatística Geral e Aplicada*. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

URYU SEISAKU LTD. *Manual de Instruções: Modelos Série ULT30D - ULT150*. Osaka: Macco Máquinas e Acessórios, 2005.

XAVIER, Julio de Aquino Nascif; PINTO, Alan Kardec. *Manutenção: Função Estratégica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.