

TORQUEAMENTO PARA GARANTIA DE INTEGRIDADE NO SISTEMA INDUSTRIAL (CRITÉRIOS NA UTILIZAÇÃO E ESCOLHA DE FERRAMENTAS COM CONTROLE DE TORQUE)

Wilson Antunes Junior (1)

Eli Luís Dallalibera (2)

RESUMO

No início da indústria e até os dias atuais, todo tipo de aperto em parafusos era efetuado sem controle de torque, mas com a necessidade de aumento da confiabilidade e garantia do “vazamento zero”, houve uma evolução no ferramental com controle de torque. A busca continua acentuada pois além da garantia do não vazamento outro critério a se adotar é que a ferramenta apresente segurança, ou seja, não cause acidentes aos operadores.

Surgem então alguns tipos de ferramentas para torqueamento como:

- Torqueadeira Manual;
- Torqueadeira Elétrica;
- Torqueadeira Pneumática;
- Torqueadeira Eletro-hidráulico.

Porém existem alguns cuidados que devem ser tomados na escolha dos equipamentos. Deve-se haver a preocupação com a ergonomia e risco de acidente ao operador, além de outros critérios que devem ser atentados conforme a área de utilização.

Deve-se ainda ter um controle escrito (planilha), de forma a tornar o executante comprometido com o processo. Para isso é importante que o mesmo tenha subsídios para a execução correta do aperto (torque a ser aplicado).

A planilha calculada para o executante terá o valor do torque recomendado considerando tipo de junta, quantidade, tipo e bitola de parafuso, temperatura e pressão do fluido e método de aperto.

⁽¹⁾ Não Sócio da ABRAMAN, Engenheiro Mecânico, Empresa Petrobras, cargo de Engenheiro de Equipamentos.

⁽²⁾ Não Sócio da ABRAMAN, Técnico Mecânico, Empresa Petrobras, cargo de Técnico de Manutenção.

Para isso foi criado um software pela Petrobras baseado no ASME para efetuar o cálculo do torque, o qual faz todas as considerações de variáveis.

Mas o que é Torque?

Torque é uma quantidade **física vetorial**. O **torque** é uma medida de quanto uma **força** que age em um objeto faz com que o mesmo **gire**. O objeto gira sobre um ponto central, conhecido como **ponto pivô**. A distância do ponto do pivô ao ponto onde atua uma força '**F**' é chamada **braço do momento** e é denotada por '**r**'. Note que esta distância '**R**' é também um **vetor**.

O torque é definido pela relação:

$$\vec{T} = \frac{d}{dt} (\vec{r} \times m \vec{v})$$

Ou de uma forma bem simplificada, torque é a resultante de uma força aplicada em um determinado braço de alavanca. Sua fórmula é: (T = F X L) sendo, T = torque, F = força e L = comprimento da alavanca.

As unidades de torque são deste modo a multiplicação de uma distância com a força aplicada. As unidades utilizadas são: N.m (Newton metro), lbf.ft (Libra pé), kgf.m (Kilograma força metro).

Nos equipamentos existentes no mercado, muitos deles trabalham referenciado a unidade de pressão, isto porque os equipamentos são acionados por unidades hidráulicas. As unidades utilizadas são: PSI ou lb/pol² (Power Square Inch ou Libra por polegada quadrada que são a mesma coisa), BAR (Atmosfera Padrão) e Pa ou kgf/cm² (Pascal ou Kilograma força por centímetro quadrado que são a mesma coisa).

Onde se aplica o torque?

Em parafusos e prisioneiros que fixam peças, componentes, conjuntos, etc.

Que efeito produz o torque num parafuso?

A aplicação de torque no parafuso produz uma tensão linear (esticamento) e, conseqüentemente, um alongamento do mesmo (deformação elástica). A elasticidade do material do parafuso faz com que esse pretenda voltar a sua forma original fixado, assim, o conjunto.

A que tensão podemos sujeitar um parafuso?

Vários fatores são levados em consideração na fabricação de um parafuso. São eles:

1. matéria prima (latão, alumínio, aço carbono, aço ligado, aço inoxidável, etc.);
2. tratamento térmico aplicado no parafuso. Exemplo: têmpera, revenimento;
3. tipo e passo da rosca;
4. acabamento superficial;

5. coeficiente de atrito.

Todos estes fatores irão determinar a classificação de resistência a que pertence o parafuso, conforme normas internacionais. Veja abaixo o exemplo para um parafuso sextavado M10 conforme DIN 267.

Classes de Qualidade Conforme DIN 267 Nominal, Sextavado.

Como determinar o tamanho do parafuso a ser utilizado?

O tamanho do parafuso deve ser determinado pelo total de tensão necessária para fixar o conjunto de peças, dentro dos limites seguros de tensão para dado parafuso, conforme especificação do projeto.

Porque devemos controlar o torque a ser aplicado num parafuso?

O torque quando excessivo pode:

- 1 – espanar os fios de rosca do parafuso;
- 2 – quebrar o parafuso;
- 3 – empenar um conjunto fixado por parafusos, impedindo seu funcionamento normal;
- 4 – esmagar juntas ou gaxetas, provocando assim vazamento de gases e líquidos;
- 5 – trincar o parafuso, fazendo-o falhar mais tarde, pondo em risco vidas humanas e patrimônio.

O torque quando insuficiente pode:

- 1 – fazer cair o parafuso devido a vibrações da máquina ou do equipamento;
- 2 – alterar a vedação (junta), o que provoca o vazamento de gases e líquidos entre componentes de máquinas, etc;
- 3 – comprometer o desempenho da máquina ou equipamento em função da falta de alinhamento e suporte dos seus componentes entre si;
- 4 – causar acidentes e danos ao patrimônio.

Somente através de uma ferramenta denominada “torquímetro” é que conseguiremos aplicar o torque especificado. Todos os torquímetros são construídos conforme prescrições rigorosas de usinagem e montagem. São fabricados com maquinário específico e mão-de-obra especializada que asseguram a qualidade. A escolha correta da ferramenta para aperto significa segurança, rapidez, facilidade e qualidade para seu trabalho. Cada torquímetro foi desenvolvido para uma diferente aplicação.

Existem alguns tipos de torquímetros: torquímetro de estalo com escala / sem escala; torquímetro de relógio; torquímetro de relógio com ponteiro de arraste; torquímetro de escape ou giro livre; torquímetro com cabeça intercambiável; torquímetro axial; torquímetro de vareta; torquímetro tipo “T”; torquímetro digital; torquímetro pneumático; torquímetros especiais para áreas médicas (esterilizáveis); torquímetros para tampas de embalagens; transdutores de torque estáticos e rotativos., torquímetros hidráulicos.

1. Introdução

A indústria preocupada com a segurança e procurando aumentar a confiabilidade da planta industrial vem buscando alternativas de modo a atender tais necessidades. Neste sentido estaremos explorando um pouco sobre a necessidade de aperto controlado em flanges e bocas de visita.

É sabido que o mais importante para a indústria em geral é a produção, porém os dirigentes das mesmas entenderam que acidentes e paradas para manutenção emergencial prejudicam muito a operação produtiva.

A qualidade intrínseca que é introduzida ao sistema através do torque controlado vem trazendo grandes benefícios para a indústria em geral, aumentando a confiabilidade do sistema.

Na Petrobras, especificamente, estamos em implantação do torque controlado, abolindo a utilização de ferramentas manuais do tipo chave de impacto (aperto com marreta, sem controle do torque aplicado), pois este tipo de técnica além de apresentar alto risco na execução torna não confiável o processo de aperto. Historicamente existem vários casos de acidentes com a aplicação desta técnica de aperto. Entendendo o alto risco, tornou-se uma diretriz corporativa a aplicação de técnicas de aperto com controle, e abolindo a chave de impacto. É evidente que as ferramentas com controle, não atendem a todas as necessidades das empresas, deste modo, caso seja necessário à utilização da chave de impacto, só poderá ser executado mediante o acompanhamento/autorização da fiscalização o qual irá efetuar um DDS (Diálogo Diário de Segurança) com toda a equipe envolvida.

Na REPAR (Refinaria Presidente Getúlio Vargas) o setor de manutenção, está aplicando a diretriz corporativa mesmo antes dela ser lançada.

Nos contratos atuais de prestação de serviços de manutenção, esta exigência passou a ser cláusula contratual, obrigando as empresas a fornecerem equipamentos compatíveis ao atendimento da diretriz.

2. Ferramentas de Torqueamento

Muitas empresas são fornecedoras de ferramentas com controle de torque, e existe uma gama grande de tipos e modelos. Cada ferramenta opera em uma determinada faixa de aperto, por isso é importante o conhecimento amplo dos equipamentos na planta e a necessidade de torque que os mesmos necessitam. Estes equipamentos geralmente são de alto custo de aquisição e uma escolha certa trará grandes benefícios.

A REPAR possui equipamentos para aperto com controle de torque e está em processo de aquisição de novos equipamentos, de forma a possuir um determinado número para atender suas necessidades emergenciais, já que as prestadoras de serviço devem fornecer seus equipamentos para o dia a dia.

2.1 Ferramentas

Dentre os modelos existentes, exemplificaremos alguns deles.

- **Torqueadeira Manual** – O acionamento é feito pelo usuário aplicando a força diretamente em sua haste/alavanca. Há várias bitolas de drive (quadrado 1/2, 3/4, 1pol) para encaixe dos soquetes sextavados ou estriados. A regulagem de aplicação de aperto é feita diretamente no regulador localizado na haste.



Figura 01 – Torqueadeira Manual Tipo Estalo

- **Torqueadeira Elétrica** – O acionamento é feito por um equipamento elétrico que envia o sinal para a ferramenta. O controlador elétrico funciona como um comando geral e informa a velocidade de avanço, a força a aplicar entre outras variáveis disponíveis no software embutido. Uma restrição deste equipamento deve-se a ele não ser intrinsecamente seguro.



Figura 02 – Torqueadeira Elétrica e Central de Acionamento

- **Torqueadeira Pneumática** – O acionamento é feito por sistema de ar industrial. A restrição deste tipo de equipamento é que a pressão do ar não pode ser inferior a 5 kgf/cm². O dispositivo é uma combinação de controlador de pressão calibrado e a ferramenta aferida. Para a regulagem do sistema de aperto, cada ferramenta vem com uma tabela de regulagem de pressão convertendo a unidade de torque em unidade de pressão.



Figura 03 – Torqueadeira Pneumática, Central de Acionamento e acessórios

- **Torqueadeira Eletro-hidráulico** – O acionamento é feito por um equipamento hidráulico acionado eletricamente. A pressão é conduzida até a ferramenta a qual irá efetuar o aperto. O dispositivo é uma combinação de controlador de pressão calibrado e a ferramenta aferida. Para a regulagem do sistema de aperto, cada ferramenta vem com uma tabela de regulagem de pressão convertendo a unidade de torque em unidade de pressão. Uma restrição deste equipamento deve-se a ele não ser intrinsecamente seguro.

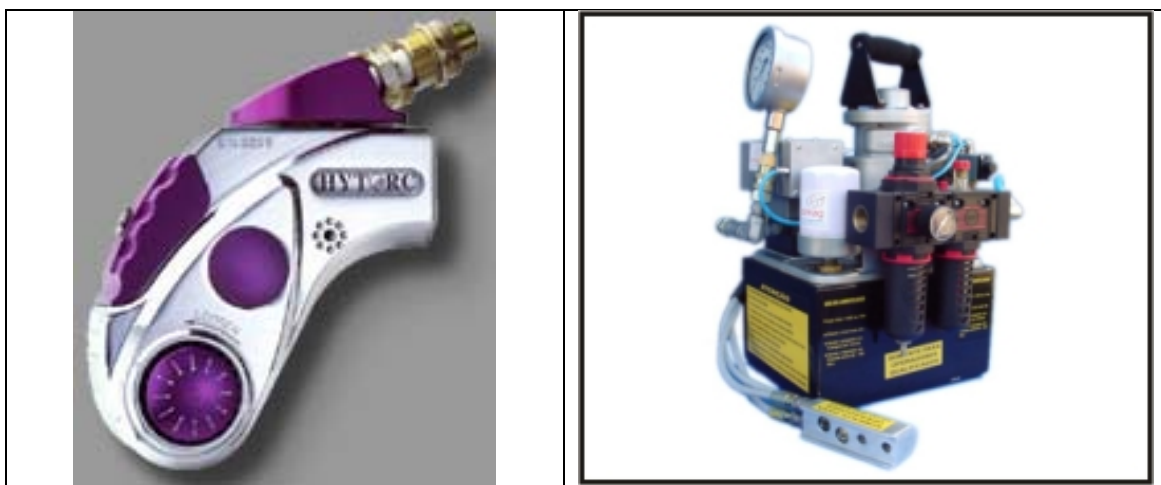


Figura 04 – Torqueadeira e Central Eletro-hidráulico

2.2 Acessórios

Acessórios são os dispositivos nos quais são utilizados para que a ferramenta possa exercer sua função. São utilizados quando necessários e dependem de cada ferramenta.

- **Soquete** – Dispositivo que é o elo de ligação entre a ferramenta e a porca.



Figura 05 – Soquete

- **Cabos** – Dispositivo que une a unidade elétrica à ferramenta. É ele que envia os sinais para a ferramenta executar sua função.



Figura 06 – Cabos de Interligação

- **Mangueiras** – Dispositivo transmissor do fluido líquido/ar que conduz do equipamento/sistema até a ferramenta que irá aplicar o torque.

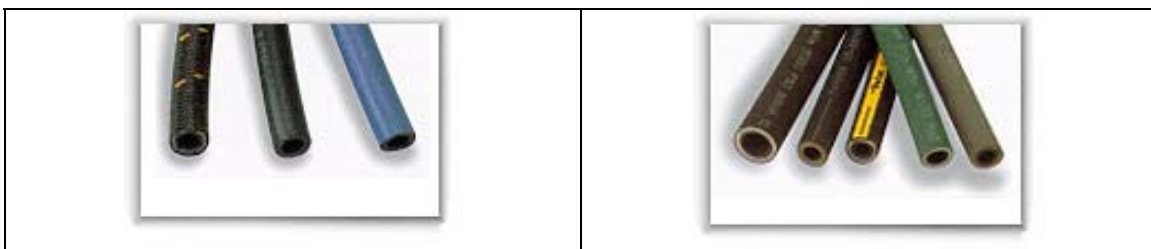


Figura 07 – Mangueiras hidráulicas

- **Prolongador** – Prolongador é um dispositivo que serve para ampliar as distâncias. Existem vários tipos de prolongadores. Alguns servem como ampliador de braço de reação, outro para ampliar a distância do equipamento, existem ainda os do tipo para extração de polias entre outros.



Figura 08 – Prolongador

2.3 Aferição e Calibração

Hoje as ferramentas de torque tem necessidade de serem aferidos e calibrados, porém existe uma deficiência no que tange a calibração. Existem empresas que fazem este serviço, que nem sempre são os fabricantes, porém fica a dúvida de se as ferramentas que necessitam de uma tabela de conversão ficam reguladas como de fábrica.

Existem equipamentos de aferição que podem ser adquiridos por quem possui este tipo de equipamento. Emprega-se na aferição de torqueadeiras pneumáticas, elétricas ou hidráulicas. Encontra aplicações em empresas de autopeças, eletrônicas e montadoras.



Figura 09 – Aferidor

3. Critérios na Utilização das Ferramentas

Alguns critérios na utilização das ferramentas existem para que o operador do equipamento tenha segurança. Deste modo e para que seja efetiva a segurança é necessário o treinamento da equipe que efetua o aperto controlado. Deve-se atentar para a seqüência de aperto e o número de passes na utilização da ferramenta. Outro ponto que deve ser analisado é o cálculo do torque para que seja garantida a integridade dos equipamentos industriais. A forma de acondicionar as ferramentas de torque controlado é muito importante,

pois dela depende a eficácia da ferramenta. Outro ponto a ser analisado é a manutenção das ferramentas de torque.

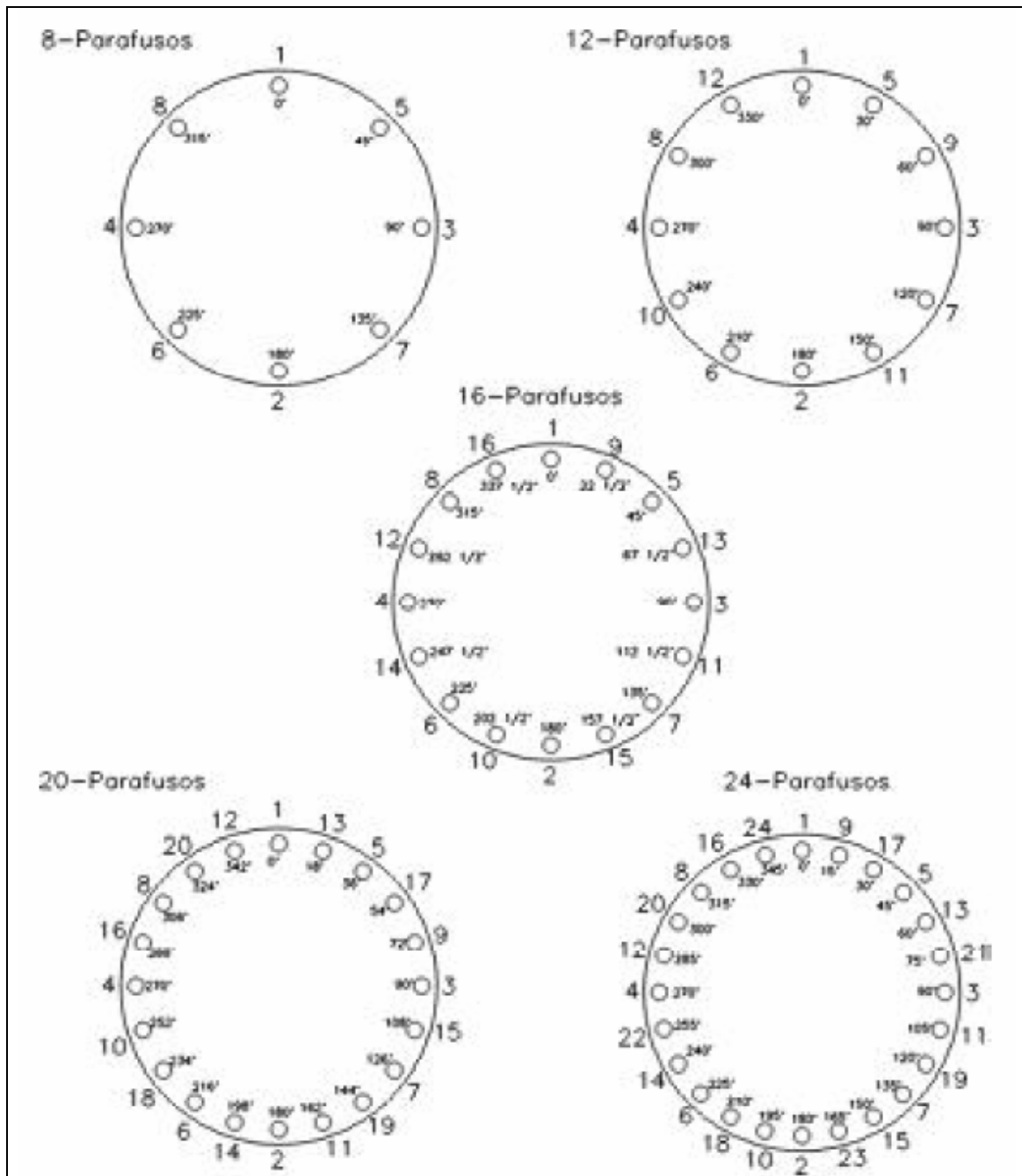


Figura 10 – Seqüência de aperto

3.1 Segurança

Para a aplicação de qualquer novo método de trabalho a equipe deve conhecer plenamente o funcionamento dos equipamentos que serão aplicados no desenvolvimento de sua atividade. Somente deste modo é que se pode embutir segurança na tarefa.

3.2 Treinamento de Pessoal

O Treinamento para a equipe é o diferencial que deve existir quando se aplica ferramenta nova nas atividades corriqueiras.

3.3 Seqüência de aperto e número de passes

Quando se calcula o torque deve-se prever qual a seqüência de aperto de modo a garantir que sistema seja torquado corretamente. Deve prever ainda o percentual de torque que será aplicado a cada passe de aperto. Por exemplo, no primeiro passe deve ser aplicado 50% do torque calculado. No próximo passe deve aplicar 75% do torque calculado até que a seqüência indique 100%.

3.4 Cálculo do torque.

O cálculo deve considerar o tipo de junta de vedação e a área de esmagamento que será aplicada. A quantidade de parafusos, e tipo de material do parafuso, Classe de aperto e método.

3.5 Manutenção das Ferramentas

Quando percebe-se que a ferramenta não está atendendo ou coloca em dúvida o aperto controlado, estas devem ser aferidas ou comparadas com outra ferramenta, para perceber o diferencial de medida e poder assim analisar se o erro está dentro das tolerâncias ou não. Caso não seja aprovada nesta aferição ou comparação, o equipamento deverá ser mantido. Esta manutenção deve ser efetuada em órgão certificado que emita um relatório de manutenção.


4. Programa de Cálculo de Torque

Existem no mercado alguns programas de cálculo de torque disponíveis, porém optamos por desenvolver um programa próprio. Em parceria com outra refinaria desenvolvemos e aperfeiçoamos nosso software pois algumas variáveis (método de aperto, tipo da junta, lubrificado ou não) não constavam na maioria existente.

A necessidade de calcularmos o torque é grande e o volume também, e ficarmos verificando estes valores manualmente tornava o processo muito lento, com o desenvolvimento deste software facilitou bastante nossa rotina.

A maior vantagem da propriedade do software é que podemos modificá-lo conforme outras demandas surgirem, além da facilidade de gerarmos os relatórios como necessitamos.

Outro ponto forte é que temos o histórico do equipamento.



UN-REPAR - MI-EE/ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO

CÁLCULO DO TORQUE DE APERTO DOS PARAFUSOS

Número
Equipamento:
Posicao:

Condição de projeto

Pressão : kgf/cm²

Temperatura: °C

Flange

Face

Junta

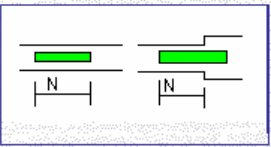
Material

Área de esmagamento

Diametro externo: mm

Diametro interno: mm

Superfície vedação



w mm N mm

Parafusos/Estojos

Quantidade:

Diam paraf

Material

Lubrif

Aperto

Classe

Método

Torques calculados

	N-m	Lb-pé	Kgf-m
Torque mínimo	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>
Torque maximo	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>
Torque recomen.	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>

Hytorc

MAQ 1 MAQ 3 MAQ 5

Torque recomendado - PSI

Largura efetiva (b): mm

Sm0: MPa

Wm: N

Sys: MPa

🔍 👤 📄

Flange RF ↕

Figura 11– Tela do programa de cálculo de torque

5. Conclusões

Com a aplicação das ferramentas de torque controlado, percebemos um ganho considerável em questões de segurança de equipamentos e pessoas. Desta forma a utilização de ferramentas de impacto (marretas), que historicamente tem alto índice de acidentes e incidentes, está sendo minimizada.

Houve uma redução de reserviço pois o torque controlado é calculado em cima das diversas variáveis que estão embutidas entre as partes a serem torqueadas, e como os equipamentos são regulados por este calculo, a certeza do aperto aumenta consideravelmente.

Outra vantagem percebida é que houve grande redução do reaperto a quente, diminuindo custos de manutenção e aumentando a segurança a pessoas e meio ambiente por reduzir os vazamentos.

Uma desvantagem nos equipamentos de torque controlado eletro-hidráulico ou pneumo-hidráulico ou ainda pneumático, é que os mesmos necessitam de um ponto de energia para se conectarem. Este ponto de energia pode ser elétrico ou pneumático que nem sempre estão disponíveis próximos aos locais de execução do aperto.

Especificamente para os eletro-hidráulicos é que as unidades disponíveis no mercado não são intrinsecamente seguras para a utilização em ambientes com atmosfera explosiva.

Outra desvantagem destes equipamentos é que possuem um grande volume em sua maioria trazendo assim uma aversão em sua utilização em campo por parte dos executantes.

É necessário a aplicação de um relatório de aperto o qual mostre para o executante apenas o valor de torque que deve ser aplicado, e um campo que o mesmo preencha após o aperto informando qual o valor final do torque aplicado.

6. Bibliografia

Sites de Internet

www.gedore.com.br → FREIRES, José, “A importância de controlar o torque”.

www.gedore.com.br → Prolongadores

www.hytorc.com → Máquina Eletro Hidráulica e Pneumáticas

www.mackena.com.br → Calibrador de Torque

www.phol.net → Mangueiras Hidráulicas

Catálogos de Empresas – Hytorc, Gedore, Maxitorc, Benets, Sumake e Torvel.

SILVA, Enedino Vieira Neto. Estudo da Solução de Problemas pelo Método PDCA para Melhoria do Desempenho nas Ferramentas Eletrônicas da Linha de Produção de Manufatura Automotiva. Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização pelo Curso de Pós-Graduação em Gestão Industrial do Departamento de Economia, Contabilidade, Administração - ECA - da Universidade de Taubaté.

VEIGA, José Carlos. Juntas Industriais, TEADIT.