

**Centro Paula Souza**  
**Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba**

**PROPOSTA DE FERRAMENTA MULTIPLICADOR DE  
TORQUE AJUSTÁVEL PARA TROCADOR DE CALOR**

**Alan Santos da Silva**  
**Alisson Amorim Silva**

**Pindamonhangaba - SP**  
**2023**

**Centro Paula Souza**  
**Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba**

**PROPOSTA DE FERRAMENTA MULTIPLICADOR DE  
TORQUE AJUSTÁVEL PARA TROCADOR DE CALOR**

Alan Santos da Silva

Alisson Amorim Silva

Monografia apresentada à Faculdade de  
Tecnologia de Pindamonhangaba como  
requisito parcial para a conclusão do  
Curso Superior de Tecnologia em  
Manutenção Mecânica.

Orientador(a): Prof. Me. Carlos Eduardo  
Figueiredo dos Santos

Coorientador (a): Prof. Me. Laercio Ferreira

**Pindamonhangaba - SP**  
**2023**

# Ficha Catalográfica

S586p Silva, Alan Santos da.  
Proposta de Ferramenta Multiplicador de Torque Ajustável para Trocador de Calor / Alan Santos da Silva; Alisson Amorim Silva / FATEC Pindamonhangaba, 2023.  
41f.; il.

Orientador: Prof. Me.: Carlos Eduardo Figueiredo dos Santos  
Co-orientador Professor Me.: Laércio Ferreira  
Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. 2023

1. Manutenção Industrial. 2. Trocador de Calor. 3. Multiplicador de Torque. 4. Setup de Máquina. I. Silva, Alan Santos da. II. Silva, Alisson Amorim. III. Santos, Carlos Eduardo Figueiredo dos. IV. Ferreira, Laercio. V. Título.

CDD 670

**Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba**

**“PROPOSTA DE FERRAMENTA MULTIPLICADOR  
DE TORQUE AJUSTÁVEL PARA TROCADOR DE  
CALOR”.**

**Alan Santos da Silva  
Alisson Amorim Silva**

Monografia apresentada à Faculdade de  
Tecnologia de Pindamonhangaba, para  
graduação no Curso Superior de  
Tecnologia em Manutenção Industrial.

Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Orientador – Prof. Me. Carlos Eduardo Figueiredo dos Santos

  
\_\_\_\_\_  
Membro – Prof. Me. Laércio Ferreira

  
\_\_\_\_\_  
Membro – Prof. Me. Amir Rivaloli Junior

**Pindamonhangaba, 23 de junho de 2023.**

## **DEDICATÓRIA**

### **Alan Santos da Silva**

A professora e amiga Dra. Lúcia de Almeida Ribeiro, por depositar sua confiança em mim a minha esposa Dra. Myriam Daniele Giunta dos Santos que foi dedicada e paciente comigo nesses três anos minha fonte de energia, a minha Mãe Raimunda dos Santos que me incentivava a crescer cada dia mais, aos meus colegas de curso que assim como eu se dedicaram e se esforçaram para concluir essa etapa tão longa e difícil de nossas vidas acadêmica. Dedico este trabalho a todo corpo docente da Fatec de Pindamonhangaba pois, apesar das dificuldades estão ali para oferecer que eles têm de melhor para nosso crescimento.

Dedico todos meus esforços a estes relatados acima, pois não há expressões que definam meu sentimento nesse momento, para aqueles que conhecem da minha história sabem bem do que estou falando, tem uma noção onde Deus me levou e está me levando. Espero que este seja o início de uma trajetória de conquistas na minha vida, fico lisonjeado de ter pessoas como elas na minha vida. A todos que colaboraram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

### **Alisson Amorim Silva**

Aos meus pais, Lislei Raimundo Da Silva e Maria Ovidia Cruvinel Amorim Silva, por me incentivar a caminhar cada dia a mais e por depositar toda a confiança em min. Dedico este trabalho a todo corpo docente da Fatec de Pindamonhangaba.

Dedico todos meus esforços e agradeço a Deus por me capacitar cada vez mais em meio de várias dificuldades, por reconciliar serviço a escola, espero que seja o início de uma trajetória.

## **AGRADECIMENTO**

### **Alan Santos da Silva**

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Aos meus pais João Lobo da Silva e Raimunda dos Santos, que proporcionaram toda condição necessária para a conclusão desta faculdade, e aos meus irmãos Alisson Amorim Silva, Evandro Domingo Da Costa e Diego Andrade Dias, pela amizade.

Ao professor Carlos Eduardo Figueiredo Dos Santos, pelo inestimável apoio na orientação deste trabalho.

Aos colegas de classe, com quem nesses anos de estudo tive a felicidade de conviver.

A minha amada esposa Myriam Daniele Giunta dos Santos que me deu forças quando decidi parar que foi paciente e amorosa comigo.

A todo corpo docente da faculdade Fatec de Pindamonhangaba.

### **Alisson Amorim Silva**

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Aos meus pais Lislei Raimundo Da Siva e Maria Ovidia Ovidia Cruvinel Amorim Silva, que proporcionaram toda condição necessária para a conclusão desta faculdade, e aos meus irmãos Wesley Amorim Silva e Ana Flavia Amorim Silva, pelo apoio e conselhos ao longo da minha jornada acadêmica.

Aos professores Carlos Eduardo Figueiredo Dos Santos e Laércio Ferreira, pelo inestimável apoio na orientação deste trabalho.

Aos colegas de classe, Evandro Domingo Da Costa, Alan Santos da Silva, Diego Andrade Dias e Edenilson Machado Barro com quem nesses anos de estudo tive a felicidade de conviver. A todo corpo docente da faculdade Fatec de Pindamonhangaba.

*A razão precisa de um outro amor. Precisa do encantamento de um outro amor. De uma conversão. Uma conversão ética, de amor e respeito pela vida. Reverência pela vida. Respeito e admiração pela vida, pela diversidade e pela unidade. Ideias educam ideias. Para educar pessoas, é preciso mais que ideias. É preciso encantamento. Sem encantamento, as ideias não se convertem, não se transformam, não se tornam carne e sangue do vivido. Para dar esse salto vital, para além do seu desencantamento, e para além de sua instrumentalização manipuladora, a razão, para atravessar seus abismos, a razão precisa de encantamento. Precisamos dela, inclusive, porque nós precisamos nos salvar de nós mesmos. Precisamos ser salvos de ficarmos abandonados a nós mesmos. A razão é imprescindível. Mas, sozinha, não é capaz de nos salvar da desumanidade.*

*Severino Antônio*

SILVA, A. S.; SILVA, A. A. **PROPOSTA DE FERRAMENTA MULTIPLICADOR DE TORQUE AJUSTÁVEL PARA TROCADOR DE CALOR**. 2022. 36p. Trabalho de Graduação (Curso de Manutenção mecânica). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2022.

## **RESUMO**

Os trocadores de calor são equipamentos que efetuam a troca térmica, com o objetivo de aquecer ou resfriar determinado ambiente. Possuem modelos e tamanhos variados. Frente ao seu papel na indústria, sua manutenção deve ser eficiente, para tal, o multiplicador de torque se torna uma ferramenta capaz de auxiliar a atividade dos profissionais, uma vez que reduzirá seu esforço empregado nas atividades de manutenção mecânica. Contudo, evidencia-se a necessidade de vários elementos no momento da manutenção, o que motiva este estudo. Dessa forma, este trabalho objetiva propor o desenvolvimento de um multiplicador o torque, que seja ajustável à diâmetros variados. Por meio de uma pesquisa bibliográfica qualitativa. Resultando que, este trabalho é pioneiro no sentido de propor o desenvolvimento uma ferramenta multiplicadora de torque que seja ajustável ao tamanho da porca. Evidencia-se a necessidade de desenvolver um protótipo físico com mesmo material e dimensões do multiplicador de torque usado como base e modelo para o desenvolvimento desta proposta. Assim como, nota-se a necessidade de maiores estudos e materiais na literatura com propostas de otimização do processo de manutenção mecânica.

**Palavras-chave:** Trocador de calor. Manutenção Industrial. Multiplicador de torque. Setup de máquina.



SILVA, A. S.; SILVA, A. A. **PROPOSTA DE FERRAMENTA MULTIPLICADOR DE TORQUE AJUSTÁVEL PARA TROCADOR DE CALOR**. 2022. 36p. Trabalho de Graduação (Curso de Manutenção mecânica). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2022.

### **ABSTRACT**

Heat exchangers are equipment that carry out thermal exchange, with the aim of heating or cooling a certain environment. They have different models and sizes. In view of its role in the industry, its maintenance must be efficient, for such, the torque multiplier becomes a tool capable of assisting the activity of professionals, since it will reduce their effort used in mechanical maintenance activities. However, the need for several elements at the time of maintenance is evident, which motivates this study. Thus, this work aims to propose the development of a torque multiplier, which is adjustable to different diameters. Through qualitative bibliographic research. As a result, this work is a pioneer in the sense of proposing the development of a torque multiplier tool that is adjustable to the size of the nut. It is evident the need to develop a physical prototype with the same material and dimensions of the torque multiplier used as a basis and model for the development of this proposal. Likewise, there is a need for further studies and materials in the literature with proposals for optimizing the mechanical maintenance process.

**Keywords:** Heat exchanger; industrial maintenance; Torque multiplier; machine setup.

## **LISTA DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Unidades para conversão da empresa Gedore.....                           | 17 |
| Tabela 2: Relação de informações de alguns modelos de multiplicador de torque...26 |    |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Ilustração da aplicação de torque em uma porca.....                    | 14 |
| Figura 2: Torquímetro com relógio e ponteiro de arraste. ....                    | 15 |
| Figura 3: Torquímetro de estalo. ....  | 16 |
| Figura 4: TC casco tubo. ....  | 18 |
| Figura 5: TC de placa.....   | 18 |
| Figura 6: Elementos do TC de placa. ....   | 19 |
| Figura 7: Manutenção nos trocadores de calor .....                               | 20 |
| Figura 8: Adaptadores para multiplicadores de torque.....                        | 25 |
| Figura 9: Variados multiplicadores de torque .....                               | 26 |
| Figura 10: Ferramenta Atual.....   | 27 |
| Figura 11: Medição da ferramenta atual.....                                      | 28 |
| Figura 12: Ferramenta Atual.....   | 28 |
| Figura 13: Peso da Ferramenta atual.....   | 29 |
| Figura 14: Estrutura do multiplicador de torque usada como base do projeto. .... | 30 |
| Figura 15: Estrutura externa do multiplicador proposto.....                      | 30 |
| Figura 16: Maior abertura do multiplicador de torque proposto.....               | 31 |
| Figura 17: Proposta com menor abertura acionada. ....                            | 31 |
| Figura 18: Sistema de trava .....  | 33 |
| Figura 19: Ilustração de parcela do mecanismo interno da proposta. ....          | 35 |
| Figura 20: Torque e força.....   | 36 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                  | <b>11</b> |
| <b>1.1 PROBLEMA.....</b>                   | <b>12</b> |
| <b>1.2 OBJETIVOS .....</b>                 | <b>12</b> |
| <b>1.2.1 OBJETIVO GERAL .....</b>          | <b>12</b> |
| <b>1.3 JUSTIFICATIVA .....</b>             | <b>12</b> |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>       | <b>13</b> |
| <b>2.1 MANUTENÇÃO .....</b>                | <b>13</b> |
| <b>2.2 DEFINIÇÃO DE SETUP .....</b>        | <b>13</b> |
| <b>2.3 TORQUE .....</b>                    | <b>13</b> |
| <b>2.1.1 TIPOS DE TORQUÍMETROS.....</b>    | <b>15</b> |
| <b>2.4 TROCADOR DE CALOR .....</b>         | <b>17</b> |
| <b>2.5 MULTIPLICADORES DE TORQUE .....</b> | <b>20</b> |
| <b>3. METODOLOGIA .....</b>                | <b>27</b> |
| <b>4. RESULTADOS ESPERADOS .....</b>       | <b>34</b> |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>        | <b>37</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS .....</b>                | <b>38</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, a humanidade passou por eventos que marcaram seu desenvolvimento social, cultural, político e tecnológico, entre outros segmentos (SILVA e ERROBIDART, 2019). Entre as transformações tecnológicas ocorridas, que alteraram o curso da história, destacam-se as revoluções industriais e seus reflexos. Considerando que, até o momento deste trabalho, a revolução industrial é compreendida em 4 momentos (PASQUINI, 2020).

Neste sentido, a indústria passou a dispor de ferramentas e equipamentos cada vez mais eficientes, em função da cadeia produtiva (SILVA e ERROBIDART, 2019). Contudo, a produção e consumo energético, envolve geração e dissipação de calor. Tal processo necessita uma troca de calor feita eficientemente, executada pelo trocador ou permutador de calor (NEVES et al, 2019).

Tal equipamento, possui uma estrutura que pode variar, em forma cilíndrica, placa retangular única ou placas dispostas de forma intercalar, para a dissipação do calor. Porém, apesar de sua relevância, a manutenção deste, pode envolver uma série de ferramentas, isto, considerando a proporção do trocador de calor, as peças, brocas, porcas e demais elementos (GAMBONI et al, 2021).

Além da quantidade e variedade das peças, é evidente o esforço para sua manutenção, no caso, a força aplicada para o manejo de tais elementos, motivo que levou ao desenvolvimento de ferramentas como o multiplicador de torque, capaz de reduzir o esforço aplicado pelo operador da ferramenta, existindo uma série de diâmetros, compatíveis com cada necessidade (SANTANA, 2019).

Porém, apesar de sua utilidade e funcionalidade, para cada peça de tamanho e diâmetro específico, se faz necessário um multiplicador próprio, que seja compatível, de forma que, se discute e busca formas de otimizar tal processo (NEVES et al, 2019; SANTANA, 2019).

Observando a dificuldade em tempo e ergonomia na execução das limpezas em trocadores de calor e também na dificuldade por ferramentas apropriadas, decidimos então elaborar um trabalho que propusesse uma ferramenta que pudesse facilitar tal atividade, colaborando com o setup de máquina.

## **1.1 Problema**

Portanto, neste trabalho, questiona-se: Uma ferramenta ajustável com função de multiplicar o torque em peças de tamanhos diferentes, aplicada ao trocador de calor seria viável?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Apresentar uma proposta de melhoria de setup na utilização de ferramenta de multiplicação de torque e a construção de um dispositivo intercambiável de medidas para os parafusos e porcas.

### **1.3 justificativa**

Apresentar uma proposta de uma ferramenta ajustável com função de multiplicar o torque em peças de tamanhos diferentes, aplicada ao trocador de calor. Gerando material técnico e científico em busca da otimização da manutenção mecânica dos trocadores de calor e desenvolvimento de uma ferramenta viável a tal operação.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O avanço da indústria está diretamente associado ao desenvolvimento tecnológico aplicado ao setor, que passou por uma série de transformações operacionais em função das novas demandas e necessidades de mercado (GOETTEMS; BRAGA; REGULY, 2018). De forma que este capítulo apresentará e discutirá conceitos referentes a manutenção, setup, trocadores de calor e multiplicadores de torque.

### **2.1 MANUTENÇÃO**

Com a finalidade básica de manter os equipamentos funcionando a maior parte do tempo a custos mais baixos, a manutenção, dependendo da forma como é executada, pode ser dividida em corretiva, preventiva e preditiva.

- Corretiva: É a mais conhecida e baseia-se na ocorrência da falha do equipamento, para não executar o reparo. implica perda de produção e danos consideráveis à máquina, constituindo-se no método mais dispendioso.
- Preventiva: Consiste em exercer um controle sobre o equipamento, de modo a reduzir a probabilidade de falhas, baseado em intervalos regulares de manutenção.
- Preditiva: Consiste em programar a parada no momento necessário, tanto para a máquina ou equipamento como para o processo produtivo. Isto é possível através do acompanhamento das condições da máquina e como estas condições variam com o tempo (Santos; Valdir; Aparecido dos, 2010).

### **2.2 DEFINIÇÃO DE SETUP**

Todas as tarefas necessárias desde o momento em que se tenha completado a última peça do lote anterior até o momento em que, dentro do coeficiente normal de produtividade, se tenha feita a primeira peça do lote posterior (Moura, Reinaldo aparecido,1951).

### **2.3 TORQUE**

Apesar dos elementos relacionados a cadeia produtiva, destaca-se o papel que o operador e seu manejo das peças que permitem a união e montagem, conforme cita

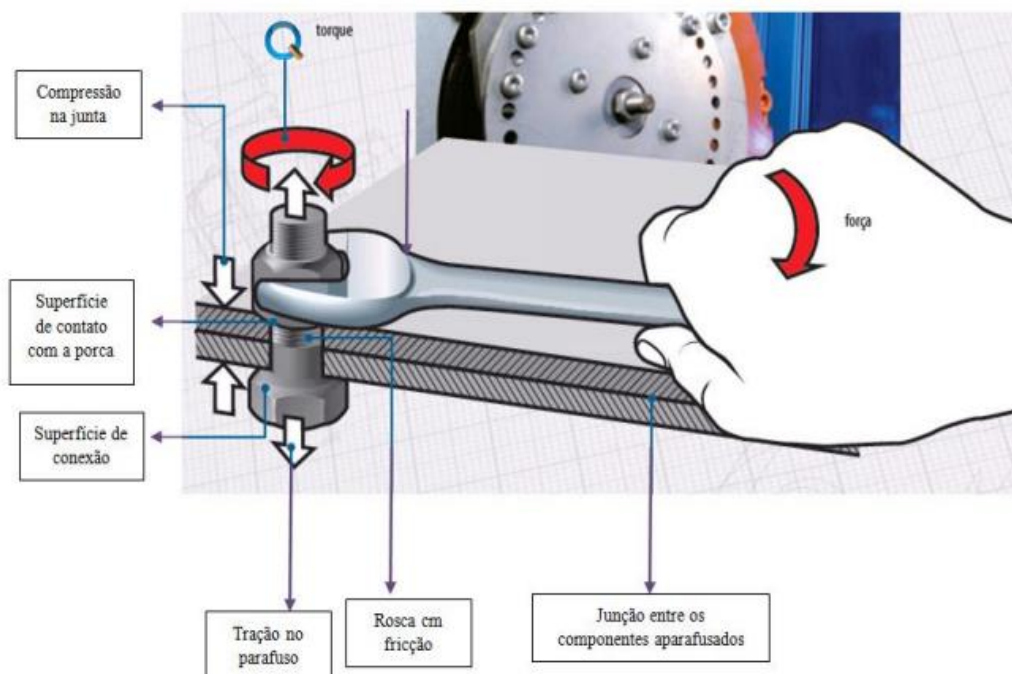
HIROTA (2016):

Na montagem de uniões aparafusadas, a variável que um operador tem mais controle é o torque de montagem do parafuso. Ele é o que irá gerar toda a seqüência de induções de cargas nos elementos envolvidos na fixação. Saber qual o valor máximo de torque aplicado ao parafuso para o conjunto pode determinar se um equipamento irá falhar. A falha de um único parafuso pode gerar o colapso de toda uma estrutura ou máquina (HIROTA, 2016, p. 11).

Como visto, mesmo sendo elemento relativamente pequenos, comparados à outras peças, os parafusos e porcas desempenham papel fundamental para o objeto como um todo. Para tal, sua conexão deve ser feita de forma adequada, ou seja, respeitando-se suas definições de uso (SILVA et al, 2019).

Em relação a fixação de porcas na superfície de contato, evidencia-se que é necessário a aplicação de força para o ajuste da peça para que ela cumpra sua função. A força aplicada é nomeada como torque e seu papel está ilustrado na Figura 1 (HIROTA, 2016; VENDRAMIN, 2018).

Figura 1: Ilustração da aplicação de torque em uma porca.



Fonte: HIROTA (2016).

Como visto na imagem 1, para que o objetivo do conjunto de peças associadas à porca seja atendido, é necessário a ação humana e aplicação de força nesta atividade, mas, para cada situação e tipo de aparafusamento, se faz necessário uma intensidade de força que seja suficiente para garantir a firmeza da conexão (GALDINO, 2014).



### 2.1.1 TIPOS DE TORQUÍMETROS

Para tal, se faz cálculos considerando o diâmetro e denteção das peças, além de outros critérios, resultando em uma quantidade específica de torque que deve ser aplicado. Para assegurar que a quantidade de torque foi adequada a necessidade, é possível usar o Torquímetro.

Segundo KENNEDY (2022a), o Torquímetro é um equipamento que auxilia as atividades de manutenção e montagem mecânica, é utilizado nas operações de ajustes e apertos de porcas e parafusos, além de possuir a função de medição de torque, ou seja, o esforço ou força aplicados na rotação da peça.

Em relação a sua estrutura, é uma ferramenta esteticamente simples, com formato de haste, com um braço (empunhadura) que permite o manejo da ferramenta, além de uma abertura de encaixe de um extensor externo e uma chave de encaixe. Apesar de possuir uma estrutura base, pode-se encontrar torquímetros de variados tipos no mercado, como de relógio e de estalo, conforme ilustra a Figura 2 e Figura 3.

Figura 2: Torquímetro com relógio e ponteiro de arraste.



Fonte: HIROTA (2016).

Conforme a imagem 2, evidencia-se a presença de um relógio, sendo este o responsável pela medição do torque, já na Figura 3, a estrutura que atuará para aferir o torque é uma reta contendo os valores de torque.

Figura 3: Torquímetro de estalo.



Fonte: HIROTA (2016).

Conforme visto, os torquímetros podem apresentar modelos diferentes, mas, sua funcionalidade é mantida. Segundo KENNEDY (2022<sup>a</sup>), para que seja possível tal medição, é aplicado as seguintes unidades de medidas e cálculos.:

- Newton. Metro (N.m);
- Quilograma-força. Metro (kgf.m);
- Libra-força. Polegada (lbf.In);
- $1\text{Nm} = 0.10197\text{ Kgfm} = 0.7375\text{ lbf.ft.}$

Além dessas unidades, deve ser considerado que cada fabricante pode apresentar informações próprias em suas tabelas, conforme a empresa Gedore apresenta, na Tabela 1.

Tabela 1: Unidades para conversão da empresa Gedore.

| Unidade<br>Conhecida | Unidade de Medição |         |         |         |         |         |
|----------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                      | N.cm               | N.m     | Kgf.cm  | Kgf.m   | lbf.pol | lbf.pé  |
| N.cm                 | 1                  | 0.01    | 0.10197 | 0.00102 | 0.0885  | 0.00738 |
| N.m                  | 100                | 1       | 10.197  | 0.10197 | 8.851   | 0.7376  |
| Kgf.cm               | 9.807              | 0.09807 | 1       | 0.01    | 0.868   | 0.0723  |
| Kgf.m                | 980.7              | 9.807   | 100     | 1       | 86.796  | 7.233   |
| lbf.pol              | 11.298             | 0.11298 | 1.152   | 0.01152 | 1       | 0.0833  |
| lbf.pé               | 135.58             | 1.3558  | 13.825  | 0.13825 | 12      | 1       |

Fonte: KENNEDY (2022).

Como visto, há variações relacionadas às propriedades da matéria que influenciam nos cálculos para a obtenção do torque adequado, para evitar riscos relacionados ao torque inadequado, conforme cita SANTANA (2019):

A tensão no parafuso deve ser grande o suficiente para evitar vazamentos e o desaperto quando exposto a vibrações, ciclos térmicos e impactos. Altas tensões também tornam o parafuso menos susceptível à fadiga. Por outro lado, tensões elevadas demais podem fazer o parafuso escoar/fraturar, além de torná-lo mais susceptível à fratura assistida pelo hidrogênio e corrosão sob tensão. Além disso, essas elevadas tensões podem danificar os elementos da junta ou vedação (SANTANA, 2019, p. 4).

Conforme visto, caso seja aplicado um torque abaixo do valor necessário, haverá o risco de soltura da conexão e acidentes poderão ocorrer. Quando ocorre aplicação de um torque acima do valor necessário, ocorre o risco de danificar as peças e comprometer seu tempo de vida útil.

## 2.4 TROCADOR DE CALOR

Sobre o trocador de calor (TC) ou permutador de calor, evidencia-se que é um equipamento presente em empresas de segmentos variados da indústria (FARIA, 2015). Possui função de controle térmico, resfriando ou aquecendo, ou seja, manipula a troca energética de calor em fluidos para proporcionar a temperatura necessária a empresa. Seu funcionamento pode variar conforme seu modelo, tal variação de modelo é representada nas Figura 4 e Figura 5 (GONTIJO *et al*, 2017; INCASE, 2022).

Figura 4: TC casco tubo.



Fonte: INCASE (2022).

Como visto na imagem acima, a estrutura é cilíndrica e extensa em seu comprimento. Já o modelo de TC de placa possui uma estrutura e funcionamento diferentes, porém, com a mesma funcionalidade de troca de calor (BERMO, 2022; AMADO, 2018).

Figura 5: TC de placa.

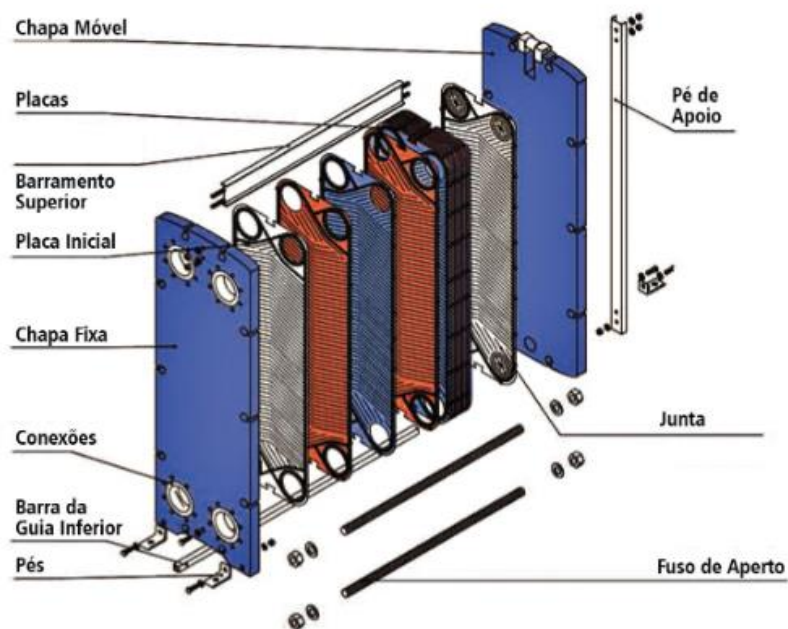


Fonte: BERMO (2022).

A imagem 5 ilustra um TC de placa, como visto, em relação ao TC de casco

tubo, sua composição estrutural consome menos espaço, contudo, é para uma demanda inferior, os elementos que o compõem estão ilustrados na Figura 6 (INCASE, 2022; SCHENKEL, 2015).

Figura 6: Elementos do TC de placa.



Fonte: BERMO (2022).

A imagem 6 aponta a relação entre as peças, destaca-se que, a união destes elementos é feita por meio de aparafusamento, logo, há uma grande quantidade de porcas e parafusos aplicados no TC, estes podem apresentar numeração (diâmetro e denteção) diferente conforme a necessidade, sendo o caso de uso de ferramentas diferentes para a manutenção dos trocadores de calor (INCASE, 2022)

Trocadores de calor (TC) é um equipamento presente em empresas de segmentos variados da indústria, possui uma função de controle térmico, resfriando ou aquecendo, ou seja, manipula a troca energética de calor em fluidos para proporcionar a temperatura necessária. A manutenção nesses equipamentos hoje em dia é muito importante para que sua eficiência seja atingida, a manutenção consiste no afastamento das duas juntas de vedação para que possa ter acesso as placas de alumínio assim começam a manutenção, colocando as placas em local limpo e com a ajuda de uma máquina “wap” fazendo a lavagem das placas, por fim trocando todas as vedações das placas posicionando-as no trilho para que assim pode – se fechar as duas juntas. Essa manutenção é executada mensalmente é considerada uma

manutenção muito morosa e desgastante por conta do tamanho dos elementos de fixação das juntas com isso o peso e tamanho da ferramenta antiga não facilita para o operador na soltura dos elementos de fixação, conforme a imagem abaixo.

Figura 7: Manutenção nos trocadores de calor



Fonte: Dos Autores (2023)

## 2.5 MULTIPLICADORES DE TORQUE

O torque aplicado pelo operador, no caso, o esforço e força usado pelo profissional que maneja a fixação e soltura de parafusos, porcas e demais peças podem ser facilitadas e potencializadas por meio de um multiplicador de torque. Em relação aos tipos de torque, cita-se o Torque Dinâmico, Torque Estático e o Torque Falso (BARBOSA *et al*, 2014).

Sobre o Torque Dinâmico, pode ser compreendido como um valor de torque que é medido durante a aplicação na apertadeira elétrica ou eletrônica, isto é, é necessário acompanhar durante a execução do aperto, sendo então coletados automaticamente e apresentados, mas não é possível verificar após a operação. Já o Torque Estático ou residual, se refere ao valor aferido de torque quando não é feito seu controle, sendo conhecido como “*set-up*” da apertadeira. (BARBOSA *et al*, 2014; CAVALCA, 2015).

Em relação ao Torque Falso, evidencia-se que ocorre quando o torque é definido no equipamento, mas, não exerce a força de tensão necessária, tal situação ocorre quando há elementos que alteram a natureza ou propriedade da rosca (CAVALCA, 2015).

Segundo SANTANA (2019), relata que as peças permanecem unidas em função da força de tensão entre elas. Para verificar tal força, se faz necessário calcular o torque. Acrescentando que, a norma ISO 16047:2005 (2005) traz uma equação que pode ser usada para o cálculo do torque, isto, considerando os parâmetros geométricos e coeficientes de atrito. 2.4.1 Determinação do coeficiente de torque,  $K$ .

O coeficiente de torque  $K$  é determinado a partir da relação de torque/força de aperto usando a seguinte formula:

$$K = T / F \cdot d \quad (1)$$

[ISO 16047: 2005]

Onde  $T$  é o torque total aplicado,  $F$  a força de aperto da junta e do diâmetro nominal do elemento de fixação. A menos que especificado de outra forma, o ensaio deve incluir o ponto com a força de aperto igual a 75% da carga de prova ( $0,75 F_p$ ) do componente de teste ou do componente a ser testado, o que for menor.

### 1.3.1 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ATRITO TOTAL

O coeficiente de atrito total é calculado a partir de uma simplificação da equação de Kellermann e Klein [1] para o torque de aperto  $T$ .

$$T = F \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{P + 1,15\pi\mu_{th}d_2}{\pi - 1,15\mu_{th}\frac{P}{d_2}} \right) + \mu_b \left( \frac{D_0 + d_h}{4} \right) \right] \quad (2)$$

[ISO 16047: 2005]

Onde SANTANA (2019, p. 9-10) define que:

- $d$ : diâmetro nominal do parafuso;
- $P$ : passo da rosca;
- $d_2$ : diâmetro primitivo da rosca do parafuso;

- $d_h$ : diâmetro do furo de passagem do parafuso nas juntas;
- $D_o$ : diâmetro externo da superfície da face de apoio da cabeça do parafuso ou porca;
- $\mu_{th}$ : coeficiente de atrito da rosca;
- $\mu_b$ : coeficiente de atrito entre as superfícies de apoio;
- $T$ : Torque aplicado;
- $F$ : Força de aperto do parafuso (pré-carga).

O coeficiente de atrito total  $\mu_{tot}$  é determinado a partir da relação de torque/força de aperto pela fórmula aproximada abaixo.

$$\mu_{tot} = [(T F - P 2\pi) / (0,577d_2 + 0,5 Db)] \quad (3)$$

[ISO 16047: 2005]

Onde  $T$  é o torque aplicado,  $F$  a força de aperto,  $P$  o passo da rosca,  $d_2$  o diâmetro primitivo da rosca e,  $Db$  é dado pela fórmula:

$$Db = D_o + d_h / 2 \quad (4)$$

[ISO 16047: 2005]

Onde  $D_o$  é o diâmetro do contato da cabeça do parafuso ou porca com a superfície aparafusada,  $d_h$  é o diâmetro do furo e,  $Db$  é o diâmetro médio da superfície de contato parafuso/porca e superfície aparafusada.

O coeficiente de atrito total só é útil para comparação de diferentes condições de atrito em juntas aparafusadas. A fórmula para o coeficiente de atrito total é baseada na suposição de que os coeficientes de atrito entre as roscas e entre as superfícies de rolamento são equivalentes.

A menos que especificado de outra forma, o ensaio deve incluir o ponto com a força de aperto igual a 75% da carga de prova ( $0,75 F_p$ ) do componente de teste ou do componente a ser testado, o que for menor.

### 1.3.2 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ATRITO ENTRE AS ROSCAS, $\mu_{th}$



O coeficiente de atrito entre as roscas é determinado a partir da relação de torque na rosca e a força de aperto na junta usando a seguinte fórmula aproximada:

$$\mu_{th} = [(T_{th}/F + P/2\pi)/(0,577 d_2)] \quad (5)$$

[ISO 16047: 2005]

Onde o  $T_{th}$  é o torque nos fios de rosca. E a relação entre os torques é definida pela equação abaixo:

$$T = T_{th} + T_b \quad (6)$$

[ISO 16047: 2005]

A menos que especificado de outra forma, o ensaio deve incluir o ponto com a força de aperto igual a 75% da carga de prova ( $0,75 F_p$ ) do componente de teste ou do componente a ser testado, o que for menor.

### **1.3.3 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ATRITO ENTRE AS SUPERFÍCIES DE APERTO, $\mu_b$**

O coeficiente de atrito entre as superfícies de aperto é determinado a partir da relação de torque na cabeça do parafuso/porca e a força de aperto da junta, usando a seguinte fórmula aproximada:

$$\mu_b = T_b / (0,5 \cdot D_b \cdot F) \quad (7)$$

[ISO 16047: 2005]

Onde  $T_b$  é o torque entre a superfície aparafusada e o elemento de fixação.  $D_b$  é dado pela equação 4.

### **1.3.4 DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE ESCOAMENTO, $F_y$**

A força de escoamento deve ser determinada a partir da força de aperto em relação, por exemplo, com o ângulo de aperto ou qualquer outra relação, como torque total, torque na rosca etc.

### **1.3.5 DETERMINAÇÃO DO TORQUE DE ESCOAMENTO, $T_y$**

O torque de escoamento deve ser determinado pela leitura do torque de aperto no ponto em que a força de aperto atingida é igual a força de escoamento. Existem vários métodos para determinar o torque de escoamento de elementos de fixação roscados e o método a ser utilizado deve ser acordado entre as partes contratantes.

### **1.3.6 DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE RUPTURA, $F_u$**

A força de ruptura deve ser determinada pela leitura da força máxima de aperto alcançada durante o ensaio. O teste deve ser continuado até que elemento roscado falhe.

### **1.3.7 DETERMINAÇÃO DO TORQUE DE RUPTURA, $T_u$**

O torque de ruptura é determinado a partir do torque de aperto no ponto em que a força de ruptura é obtida. O teste deve ser continuado até que o fixador roscado falhe.

Além dos cálculos necessários, deve-se considerar que a operação de aperto ou soltura dos parafusos ou porcas pode ser facilitado pela ferramenta de multiplicação de torque, sendo este seu objetivo, reduzir a força ou esforço aplicado pelo operador. (KENNEDY, 2022b).

Destaca-se que, há diferentes tamanhos e medidas de porcas e parafusos, o que leva a necessidade de ferramentas específicas para o manejo de cada uma destas, segundo sua compatibilidade de tamanho. Neste sentido, se faz necessário os adaptadores para que os multiplicadores de torque se conectem com os soquetes, frente a variedade de tamanhos, conforme a Figura 7 demonstra (KENNEDY, 2022b).

Figura 7: Ilustração dos tamanhos de soquetes sextavados.



Fonte: KENNEDY (2022b).

Como visto, há, de fato, variedade considerável em relação aos tamanhos e variedades de soquetes sextavados, sendo necessário que peças intermediárias se encaixem entre o soquete e o multiplicador de torque, uma ilustração de adaptador pode ser vista na Figura 8.

Figura 8: Adaptadores para multiplicadores de torque.



Fonte: NORWOLF (2015).

Dessa forma, os diferentes modelos de multiplicadores de torque podem atender aos soquetes e promover maior amplitude de compatibilidade sem a obrigatoriedade de haver vários multiplicadores específicos, conforme presente na Figura 9 e Figura 10.

Figura 9: Variados multiplicadores de torque



Fonte: NORWOLF (2015).

Como a figura 9 aponta, além da diferença entre modelos, empresas, materiais, há a diferença entre o diâmetro da abertura que conecta a peça com a porca.

Tabela 2: Relação de informações de alguns modelos de multiplicador de torque.

| MISSING LINK 1/2" DRIVE, 4:1 RATIO                     |       |      |      |     |     |     |     |
|--|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| MAX.: 340 NEWTON METERS IN / 1360 NEWTON METERS OUTPUT |       |      |      |     |     |     |     |
| PART NO.   | HEX   | "A"  | "B"  | "C" | "D" | "E" | "F" |
| TC-050-4-1-22MM  | 22 MM | 13.5 | 15.1 | 151 | 70  | 222 | 32  |
| TC-050-4-1-24MM  | 24 MM | 12.0 | 13.5 | 151 | 70  | 222 | 32  |
| TC-050-4-1-27MM  | 27 MM | 11.1 | 12.7 | 151 | 70  | 222 | 32  |
| TC-050-4-1-30MM  | 30 MM | 12.0 | 13.5 | 151 | 70  | 226 | 32  |
| TC-050-4-1-32MM  | 32 MM | 11.1 | 12.7 | 151 | 70  | 226 | 32  |
| TC-050-4-1-36MM  | 36 MM | 11.1 | 12.7 | 151 | 70  | 228 | 32  |
| TC-050-4-1-41MM  | 41 MM | 11.1 | 12.7 | 151 | 70  | 231 | 32  |
| TC-050-4-1-46MM  | 46 MM | 11.1 | 12.7 | 151 | 70  | 234 | 32  |
| TC-050-4-1-50MM  | 50 MM | 11.1 | 12.7 | 151 | 70  | 236 | 32  |
| TC-050-4-1-55MM  | 55 MM | 11.1 | 12.7 | 151 | 70  | 239 | 32  |
| TC-050-4-1-60MM  | 60 MM | 11.1 | 12.7 | 151 | 70  | 242 | 32  |

Fonte: NORWOLF (2015).

Como visto, há modelos e diâmetros variados, contudo, a compatibilidade com os soquetes depende de o adaptador estar conectado, o que aumenta a quantidade de peças necessárias na manutenção mecânica (PEREIRA, 2017. LEITE *et al*, 2008).

### 3. METODOLOGIA

Atualmente a ferramenta utilizada para o auxílio na manutenção dos trocadores de calor é fabricada em aço inox, possui uma alavanca com o tamanho de 1,12 metros e um peso de 9 quilos, totalmente incompatível com o espaço que os trocadores de calor estão para que seja feito a manutenção. Pois a uma necessidade que o operador executa o aperto dos elementos de fixação em diagonal para que não ocorra uma mordedura nas vedações das placas. Com isso a atividade ela fica muito morosa e desgastante para o operador no final da manutenção. Conforme as imagens abaixo.

Figura 10: Ferramenta Atual



Fonte: Dos Autores (2023)

Figura 11: Medição da ferramenta atual



Fonte: Dos Autores (2023)

Figura 12: Ferramenta Atual



Fonte: Dos Autores (2023)

Figura 13: Peso da Ferramenta atual



Fonte: Dos Autores (2023)

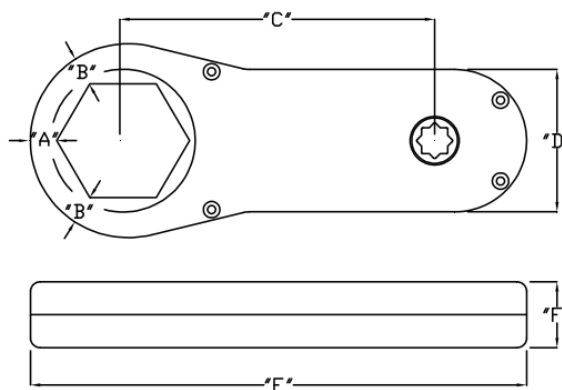
Foi visto que, de fato, há uma variedade de modelos de multiplicador de torque da empresa NORWOLF (2015), como é mostrado na figura 8, assim cada tipo atende somente uma medida, onde os cálculos de torque são relevantes.

Como na prática as dimensões das porcas dos equipamentos tem variedades de medidas, não é viável adquirir um jogo grande de multiplicadores, de forma que, durante a manutenção mecânica de equipamentos de grande porte que possuam porcas e parafusos de tamanhos diversos. Assim podemos ver um exemplo de soquetes de chave catraca conforme mostra a figura 9 e adaptadores conforme mostra a figura 10, que também poderia ser aplicado nos multiplicadores.

No modo atual de manutenção a quantidade de esforço empregado e quantidade de ferramentas necessárias, torna a atividade exaustiva e morosa.

Propõe-se o desenvolvimento de um multiplicador de torque que conceda a possibilidade de reduzir a quantidade de peças e torque, envolvidos no processo de manutenção mecânica de trocadores de calor. Para a proposta, foi adotado o modelo de multiplicador de torque apresentado por NORWOLF (2015), cuja estrutura está apresentada na Figura 10.

Figura 14: Estrutura do multiplicador de torque usada como base do projeto.



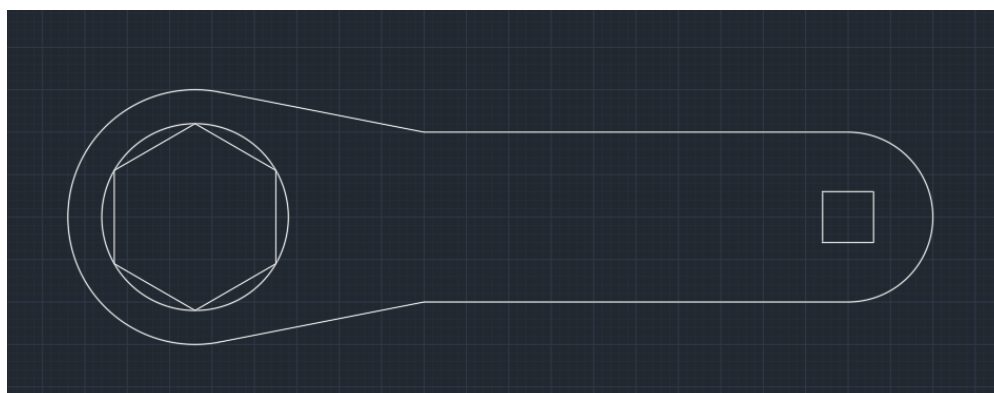
Fonte: NORWOLF (2015).

Assim as dimensões citadas no desenho, representa as medidas relacionada com a carga aplicada em cada componente de união. Conforme mostra a figura 10, existem um grupo de medidas que podem ser atendidas.

- A – Espessura de parede da vértice longitudinal;
- B – Espessura da parede dos vértices de 60°. Em relação ao eixo;
- C – Distância entre eixo;
- D – Largura do braço;
- E – Comprimento total em relação a carga
- F – Espessura em relação a carga

Dessa forma, a proposta idealiza uma estrutura base de formato de cone, com as extremidades arredondadas, com uma destas maior que a outra com uma abertura em cada extremidade, conforme indica a Figura 11.

Figura 15: Estrutura externa do multiplicador proposto

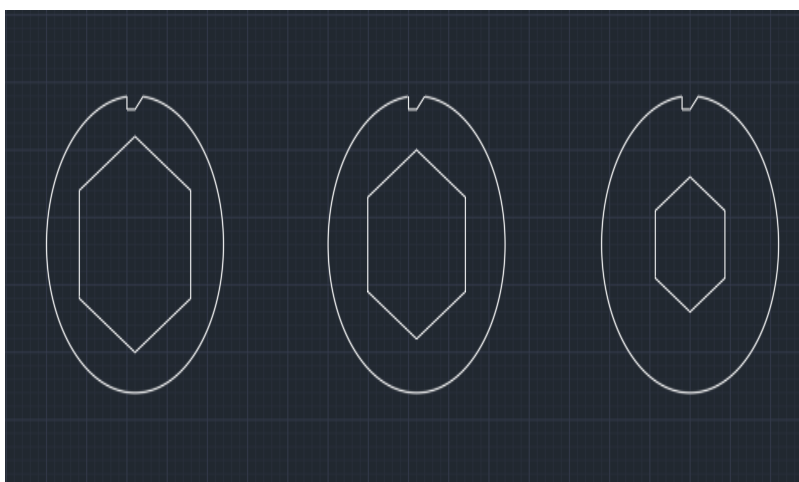


Fonte: Próprio autor (2022).



No interior da estrutura deverá conter um sistema de articulado de peças que permita ao multiplicador de torque ajustar seu diâmetro interno para se encaixar nas porcas, destaca-se que, frente a natureza experimental desta proposta, adota-se 3 níveis de ajuste, indo da menor abertura à maior abertura, isto é, do encaixe compatível com a menor porca ao encaixe compatível com a maior porca. A maior abertura, terá uma estrutura semelhante ao multiplicador de torque convencional, conforme mostra a Figura 12.

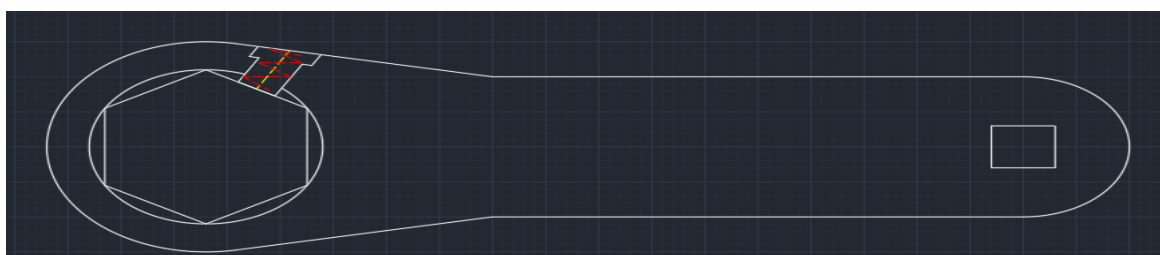
Figura 16: Maior abertura do multiplicador de torque proposto.



Fonte: Próprio autor (2022).

O multiplicador de torque já vem com as medidas específicas conforme a tabela. Para o trabalho do trocador de calor por placas a função de torque não é necessário, e sim a dimensão do comprimento de aperto. Para esse trabalho sugerimos desenvolver soquete adaptáveis para uma gama de medidas variadas. Após acionar o sistema para reduzir a abertura, até chegar na menor abertura, a proposta terá a estrutura conforme a Figura 13 apresenta.

Figura 17: Proposta com menor abertura acionada.



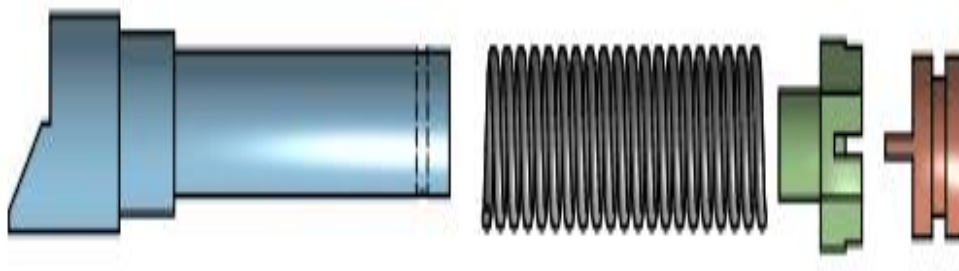
Fonte: Próprio autor (2022).

A proposta permitirá que os soquetes de determinadas medidas sejam alocados na extremidade com raio maior da chave, tornando uma peça sólida e firme,

ao reduzir a abertura, quando o soquete de abertura menor se dirige ao centro da mesma.

O mecanismo de aumento e redução da abertura que se conecta com a porca é idealizado que seja feito com travas que assegurem que, quando estiver na menor medida, esta não retroceda, aumentando imediatamente a abertura.

Figura 18: Sistema de trava



Fonte: Próprio autor (2022).

Após acionar o sistema de pino trava pode-se efetuar a troca de soquetes ajustando as medidas conforme a necessidade.

No interior da estrutura deverá conter um sistema de articulado de peças que permita ao multiplicador de torque a troca de soquetes para ajustar seu diâmetro interno para se encaixar nas porcas.

#### 4. RESULTADOS ESPERADOS

Como visto, a proposta permitirá que as peças de ferro arredondadas sejam alocadas nas peças maiores, tornando uma peça sólida e firme, ao reduzir a abertura, quando a peça menor se dirige ao centro da abertura, formando um hexágono menor, até o limite inferior da peça.

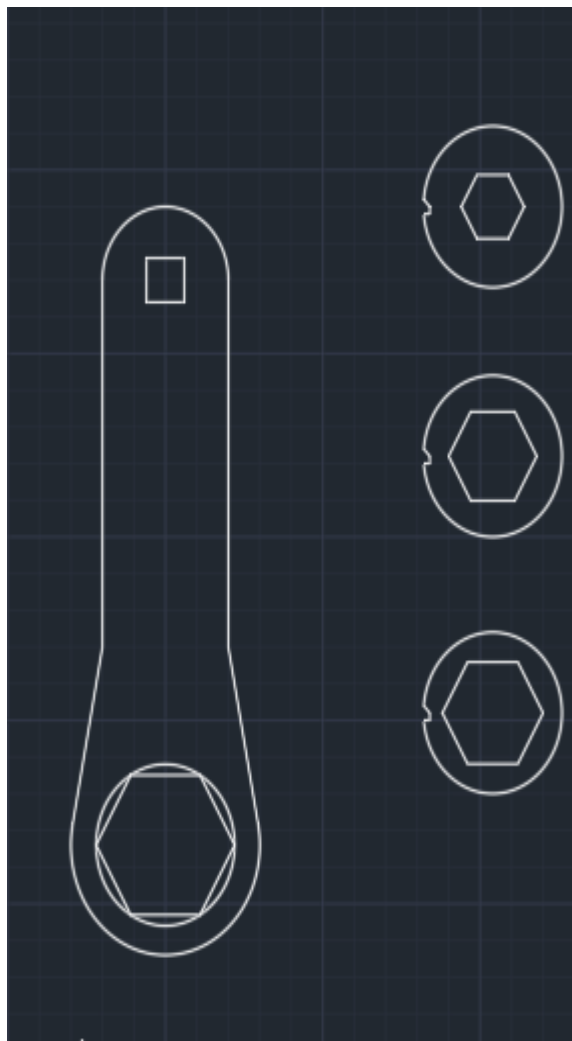
Destaca-se que, frente a gama de peças, adaptadores e soquetes disponíveis, este trabalho propõe que o modelo idealizado possua compatibilidade com as ferramentas disponíveis, no caso, em relação à suas propriedades e medidas, sendo feito com base no modelo já descrito.

O mecanismo de aumento e redução da abertura que se conecta com a porca é idealizado que seja feito com travas que assegurem que, quando estiver na menor medida, esta não retroceda, aumentando imediatamente a abertura.

Tais travas devem ser vinculadas aos botões de acionamento, que indicam o momento de permitir ou não a retração das peças menores, uma vez que a maior é imóvel. Ou seja, quando a ferramenta estiver na maior amplitude, implica que todas as peças menores estão recolhidas, preenchendo completamente a peça maior, simulando uma peça única e inteira.

Em relação ao acionamento das peças menores, propõe-se que, sejam feitos por meio de ação mecânica, o botão de reduzir a abertura, causará que a primeira peça interior seja empurrada para o centro da abertura, sendo exposta, como é visível na ilustração presente na Figura 17.

Figura 19: Ilustração de parcela do mecanismo interno da proposta.



Fonte: Próprio autor (2022).

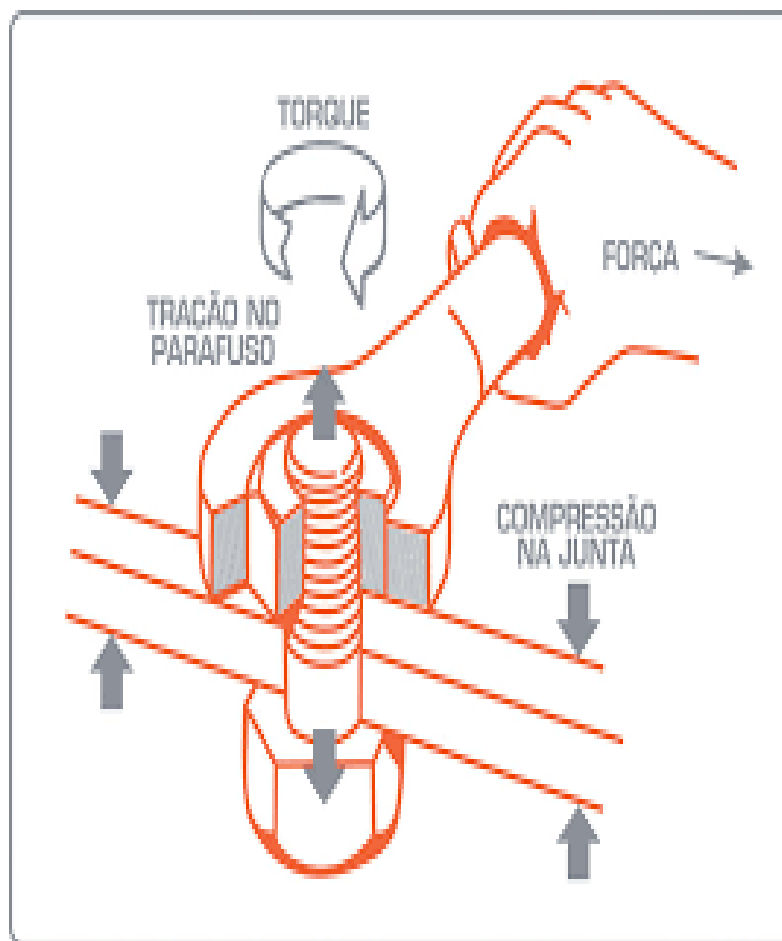
As peças se unirão no centro, estabilizando a ferramenta, então o sistema de travas poderá ser acionado, impedindo qualquer retorno. Contudo, após a utilização da ferramenta, ou ainda, caso seja necessário aumentar novamente a abertura, basta retroceder com a trava, que permitirá o retrocesso das peças, tencionadas por meio de molas em cada uma das barras, forçando que o acionamento das peças tencione as molas para que, ao ser retirada tal tensão, voltem imediatamente a posição inicial.

Idealizar a confecção de um protótipo com base em cálculos de torque conforme cita a norma "ISO16047", levando em consideração ao trocador de calor tipo placa sendo assim vislumbrando facilitar redução de tempo e esforços físicos.

Conforme visto, caso seja aplicado um torque abaixo do valor necessário, haverá o risco de soltura da conexão e acidentes poderão ocorrer. Quando ocorre aplicação de

um torque acima do valor necessário, ocorre o risco de danificar as peças e comprometer seu tempo de vida útil conforme ilustra a figura.

Figura 20: Torque e força



Fonte:

Evidencia-se que, o multiplicador de torque auxilia e possui papel fundamental na otimização do processo de manutenção do trocador de calor, mas, frente a quantidade e variedade de tamanhos e dimensões das porcas disponíveis no mercado, se faz necessário adaptadores e soquetes específicos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidencia-se que, o multiplicador de torque auxilia e possui papel fundamental na otimização do processo de manutenção dos trocadores de calor, mas, frente a quantidade e variedade de tamanhos e dimensões das porcas disponíveis no mercado, se faz necessário adaptadores e soquetes específicos. Neste caso, foi visto que não há evidências de trabalhos na literatura que apontem ferramentas ajustáveis de multiplicação de torque, reduzindo a quantidade de ferramentas que o operador deve transportar e manejar.

Portanto, este trabalho é pioneiro no sentido de propor o desenvolvimento uma ferramenta multiplicadora de torque que seja ajustável ao tamanho da porca. Sendo elaborado e apresentado um modelo conceitual da proposta que atende ao objetivo traçado de fornecer a multiplicação do torque, assim como, permite que seja alterado o diâmetro da abertura da ferramenta que será conectada na porca.

Evidencia-se a necessidade de desenvolver um protótipo físico com mesmo material e dimensões do multiplicador de torque usado como base e modelo para o desenvolvimento desta proposta. Assim como, nota-se a necessidade de maiores estudos e materiais na literatura com propostas de otimização do processo de manutenção mecânica.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Alan Sulato de. **MÁQUINAS TÉRMICAS AT-101**. Universidade Federal do Paraná. 2013

AMADO, Luís Filipe Quintas. **Medidas de eficiência energética no setor industrial**. 2018. Tese de Doutorado.

BARBOSA, Theylor Moreira et al. **Dimensionamento de Juntas Aparafusadas e Aplicação de Torque em Peças Automotivas**. Resende: Associação Educacional Dom Bosco, 2014.

BERMO, Válvulas e Equipamentos Industriais Ltda. **BP250 - Trocador de Calor a Placas Gaxetado**. Disponível em: <https://bermo.com.br/produtos/detalhes/bp250-trocador-de-calor-a-placas-gaxetado/>. Acesso em: 08/11/2022.

CAVALCA, Tiago Ferraz. **Avaliação da influência do formato da porca e da pré-carga em juntas aparafusadas em tração**. 2015.

FARIA, Alexandre Martuscelli. **Utilização de trocadores de calor de placas em espiral em processos da indústria siderúrgica**. 2015.

GALDINO, Luciano. **Cálculo da rotação, do torque e da potência de motores elétricos para transmissão por parafusos de potência**. Augusto Guzzo Revista Acadêmica, n. 14, p. 215-227, 2014.

GAMBONI, Otávio Contart et al. **ANÁLISE DE FALHA EM TUBO RETO UTILIZADO EM TROCADOR DE CALOR APLICADO NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA**. SITEFA-Simpósio de Tecnologia da Fatec Sertãozinho, v. 4, n. 1, p. 166-175, 2021.

GOETTEMS, Felipe Samuel; BRAGA, Rubem Manoel de; REGULY, Afonso. **Controle da pré-carga em parafusos: Correlação entre o método do torque e o alongamento medido por ultrassom**. Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração, v. 15, n. 1, p. 43-48, 2018.



GONTIJO, Tiago Silveira et al. **Consumo industrial de energia elétrica: um estudo comparativo entre métodos preditivos**. Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE, p. 31-45, 2017.

SANTOS, Valdir Aparecido dos. **Prontuário para manutenção mecânica**. Valdir Aparecido dos Santos. 1. Ed. São Paulo: Ícone, 2010.

HIROTA, Sergio Massao. **Análise do torque de aperto de uma união aparafusada com diferentes porcas, parafusos e arruelas**. 2016. 41 f. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/155429>>.

INCASE, Indústria Mecânica de Equipamentos. **Trocador de calor casco e tubo**. Disponível em: <https://www.incase.com.br/trocador-calor-casco-e-tubo>. Acesso em: 08/11/2022.

KENNEDY, Ferramentas Kennedy. **Torquímetro: saiba mais sobre essa ferramenta e como usar corretamente**. Disponível em: <https://www.ferramentaskennedy.com.br/blog/torquimetro-saiba-mais-sobre-essa-ferramenta-e-como-usar-corretamente>. Acesso em: 08/11/2022a.

KENNEDY, Ferramentas. **Soquete sextavado: o que é e para que serve?**. Disponível em: <https://www.ferramentaskennedy.com.br/blog/soquete-sextavado-o-que-e-e-para-que-serve>. Acesso em: 08/11/2022b.

LACERDA, George AM; BACCARINI, Lane MR; AMARAL, Gleison FV. **Método para a Obtenção de Torque de Motores de Indução Trifásicos de Fácil Aplicação Industrial**. In: XXI Congresso Brasileiro de Automática, Vitória-ES. 2016.

LEITE, Vânia Custódio et al. **Estudo da influência do torque de inserção na resistência ao arrancamento dos parafusos pediculares**. Acta Ortopédica Brasileira, v. 16, p. 214-216, 2008.

NEVES, André Delecrodi et al. **MELHORIA EM TROCADOR DE CAA PLACAS EM UMA INDUSTRIA SUCROALCOOLEIRA**. In: VIII JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica. 2019.

NORWOLF, Tool Works Inc. **MISSING LINK: The gearless offset torque multiplier for all industries**. 2015. Disponível em: [https://norwolf.com/wp-content/uploads/2015/08/NORWOLF\\_BOLTING\\_cat-2015web.pdf](https://norwolf.com/wp-content/uploads/2015/08/NORWOLF_BOLTING_cat-2015web.pdf). Acesso em: 08/11/2022.

Moura, Reinaldo Aparecido, 1951. **REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP:(troca rápida de ferramenta e ajuste de máquinas)** /São Paulo: **IMAM**, 1996.

PASQUINI, Nilton Cesar. **Revoluções Industriais: uma abordagem conceitual**. Revista Tecnológica da Fatec Americana, v. 8, n. 01, p. 29-44, 2020.

PEREIRA, Alessandro Sanches. **Ecologia industrial**. Senac, 2017.

SANTANA, Lucas Viana. **Aprimoramento do projeto de uma máquina de torque e tensão para avaliar coeficientes de atrito de fixadores**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2019. 76 f.

SANTOS, FERNANDA GONÇALVES. **CÁLCULO MECÂNICO DE UM TROCADOR DE CALOR DO TIPO CASCO E TUBO (SHELL AND TUBE)**. UFRB. Cruz das Almas, Bahia. 2019.

SCHENKEL, Kelvin Alex. **Monitoramento da efetividade térmica de trocadores de calor**. 2015.

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. **Termodinâmica e Revolução industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência**. História da Ciência e Ensino: construindo interfaces, v. 19, p. 71-97, 2019.

SILVA, Fernando de Azevedo et al. **Análise do torque de aperto em uniões**

**parafusadas. 2019.**

**SOUZA, Andre Luis Lermen de. Implementação de um sistema de monitoramento energético em um sistema de climatização industrial. 2022. Tese de Doutorado.**

**VENDRAMIN, Gabriel. Análise de torque prevalente em juntas parafusadas com mecanismo de travamento. 2018.**