



**Universidade  
Eduardo Mondlane**



**Faculdade de Engenharia**

**Departamento de Engenharia Mecânica**

**Licenciatura em Engenharia Mecânica**

**Estágio Profissional**

**OPTIMIZAÇÃO ESTRUTURAL DO SISTEMA DE  
CHANFRAGEM DE TUBOS DA CAPITAL STAR STEEL**

**Discente:**

KULIPOSSA, Romão da Ressurreição

**Supervisores:**

Eng.º Roberto Luciano David

(Docente da Universidade Eduardo Mondlane)

Johannes J. J. Bronkhorst

(Supervisor de Manutenção Mecânica – Capital Star Steel)

**Maputo, Junho de 2022**



**Universidade  
Eduardo Mondlane**



**Faculdade de Engenharia**

**Departamento de Engenharia Mecânica**

**Licenciatura em Engenharia Mecânica**

**Estágio Profissional**

**OPTIMIZAÇÃO ESTRUTURAL DO SISTEMA DE  
CHANFRAGEM DE TUBOS DA CAPITAL STAR STEEL**

**Discente:**

KULIPOSSA, Romão da Ressurreição

**Supervisores:**

---

(Eng.º Roberto Luciano David)

---

(Sup. Johannes J. J. Bronkhorst)

**Maputo, Junho de 2022**

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha família, amigos, colegas, professores e todos que estiveram envolvidos activamente na minha formação profissional.

## Agradecimentos

À minha família, de modo especial aos meus pais, Fernando Pius Kulipossa e Cacilda Rafael Moisés Nhamba, por seu amor incondicional, pela sua disponibilidade em ajudar no que for necessário, pela assistência financeira, motivação, votos de sucesso e por suas orações, vai o meu eterno agradecimento.

Agradeço aos meus colegas de turma e da residência universitária estudantil nº 8, a destacar o Hernane Rodriguês, António Marques, Zeferino Mate Júnior, Francisco Mugunda, Braiton Madança, Daniel Senzécua, Senzécua Andicene, Elias Massaua e Miguel Amade, amigos e companheiros de “trincheira”, a família que a vida me apresentou, indivíduos com os quais partilhei experiências de vida, conhecimento e cujos laços de irmandade levarei comigo para sempre.

Ao Engenheiro Varci Horácio Micaço Mortar e à outros ilustres colegas “veteranos” que conheci no Departamento de Engenharia Mecânica, pela sua generosidade no que concerne a partilha de experiências, materiais e fontes didáticas, sem os quais seria mais difícil o meu percurso de formação, vai o meu muitíssimo obrigado.

Aos Professores e outros colaboradores do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, homens e mulheres que dedicam o seu tempo e canalizam as suas energias cuidando da formação de futuros profissionais da nação moçambicana, vai o meu maior apreço por sua performance dedicada e rigorosa no sentido de zelar pela qualidade dos engenheiros do amanhã.

Agradeço à *Capital Star Steel* e todos seus colaboradores que, por meio do programa *Mimi Niko Kazi*, me concedeu um estágio profissional, uma oportunidade ímpar de aprender mais e crescer na carreira, que me colocou de frente aos desafios que o ambiente industrial apresenta e onde adquiri competências e habilidades que me permitem superar barreiras, inovar na resolução de problemas e melhorar soluções já concebidas.

Agradeço, de modo particular, aos meus supervisores, Eng.º Roberto Luciano David e Sup. Johannes J. J. Bronkhorst, pelo apoio e assistência imprescindíveis na execução deste trabalho. O meu muito obrigado, do fundo da alma, por dedicarem parte do seu tempo e se servirem de sua experiência e conhecimentos para me orientarem.

## **Declaração de honra**

Eu, Romão da Ressurreição Kulipossa, declaro por minha honra que o presente Projecto Final do Curso é exclusivamente de minha autoria, não constituindo cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

Assinatura: \_\_\_\_\_

## Índice

|  |      |
|--|------|
| Dedicatória .....  | I    |
| Agradecimentos .....   | II   |
| Declaração de honra .....  | III  |
| Lista de figuras.....  | VI   |
| Lista de tabelas.....  | VII  |
| Resumo .....   | VIII |
| CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO .....   | 1    |
| 1.1. Introdução .....  | 1    |
| 1.2. Objectivos .....  | 2    |
| Geral .....  | 2    |
| Específicos .....  | 2    |
| 1.3. Metodologia.....  | 3    |
| 1.4. Relevância do projecto.....   | 4    |
| CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 6    |
| 2.1. Revisão de conceitos da Manutenção Industrial .....   | 6    |
| 2.1.1. Conceitos e objectivos.....   | 7    |
| 2.1.2. Serviços de rotina e serviços periódicos .....  | 8    |
| 2.1.3. Tipos de manutenção.....  | 9    |
| 2.1.4. Recursos necessários para manutenção.....   | 10   |
| 2.1.5. Planeamento, programação e controle.....  | 11   |
| 2.1.6. Organização e administração .....   | 11   |
| 2.2. Desmontagem e Montagem de elementos mecânicos .....   | 12   |
| 2.2.1. Técnicas de desmontagem de elementos mecânicos .....  | 12   |
| 2.2.2. Técnicas de montagem de elementos mecânicos.....  | 14   |
| 2.2.2.1. Recomendações para a montagem .....   | 14   |
| CAPÍTULO III: CONTEXTUALIZAÇÃO.....  | 16   |
| 3.1. Apresentação da Capital Star Steel .....  | 16   |
| 3.1.1. Processo de fabricação de tubos .....   | 17   |
| 3.1.1.1. <i>Slitting line</i> (Secção de corte).....   | 18   |
| 3.1.1.2. <i>Mill entry</i> (Preparação).....   | 18   |
| 3.1.1.3. <i>ERW pipe manufacturing process</i> (Processo de fabricação de tubos por soldadura por indução de alta frequência)..... | 18   |
| 3.1.1.4. <i>Beveler section</i> (Secção de chanfragem de tubos) .....  | 18   |
| 3.1.1.5. Controle de qualidade .....   | 18   |

|  |  |    |
|--|--|----|
| 3.1.1.6.   | Protecção por revestimento externo dos tubos .....   | 19 |
| 3.1.1.7.   | Protecção por revestimento interno de tubos .....  | 19 |
| 3.2.   | Princípio de funcionamento do sistema de chanfragem de tubos .....                                     | 20 |
| 3.3.   | O fenómeno de flexão das barras circulares do mecanismo de elevação de tubos .....                     | 23 |
| CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA .....  |  | 26 |
| 4.1.   | Proposta de solução .....  | 26 |
| 4.2.   | Plano e programa de manutenção que visa a optimização estrutural do sistema de elevação de tubos ..... | 27 |
| 4.3.   | Avaliação de riscos associados às actividades previstas no plano e programa de manutenção .....        | 26 |
| 4.4.   | Sequência e técnicas de desmontagem.....   | 27 |
| 4.5.   | Actividades pós-desmontagem .....  | 28 |
| 4.6.   | Sequência e técnicas de montagem .....   | 29 |
| 4.7.   | Actividades posteriores à montagem.....  | 30 |
| CAPÍTULO V: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS, SERVIÇOS DE ROTINA E SERVIÇOS PERIÓDICOS DE MANUTENÇÃO..... |  | 31 |
| 5.1.   | Apresentação dos resultados, serviços de rotina e serviços periódicos de manutenção ...                | 31 |
| CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....  |  | 32 |
| 6.1.   | Considerações finais.....  | 32 |
| 6.2.   | Recomendações .....  | 32 |
| CAPÍTULO VII: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   |  | 33 |
| Anexos.....  |  | 34 |

## Lista de figuras

Figura 2.1: Ciclo de vida de um componente

Figura 3.1: Logotipo da Empresa de estágio

Figura 3.2: Quadro ilustrativo dos tubos fabricados para o transporte de água

Figura 3.3: Quadro ilustrativo dos tubos fabricados para o transporte de combustíveis (petróleo e gás natural) e vapor d'água.

Figura 3.4: Processo de fabricação de tubos na *Capital Star Steel*

Figura 3.5: Vista aérea da *Capital Star Steel*

Figura 3.6: Máquina de chanfrar

Figura 3.7: Sistema de chanfragem de tubos da *Capital Star Steel*

Figura 3.8: Accionamento dos transportadores de cadeias

Figura 3.9: Cilindros, barras circulares e rolos cónicos transportadores (elementos do sistema de elevação de tubos)

Figura 3.10: Alavanca e peça de união com a barra circular (elementos do sistema de elevação de tubos)

Figura 3.11: Fenómeno de flexão nas barras – 1

Figura 3.12: Fenómeno de flexão nas barras – 2

Figura 3.13: Barra danificada por efeito da flexão

Figura 3.14: Barra reforçada sofrendo flexão

Anexo 1: Torno usado na *Capital Star Steel*

Anexo 2: Serrote mecânico usado na *Capital Star Steel*

Anexo 3: Prensa manual usada na *Capital Star Steel*

Anexo 4: Esmerilhadora dupla usada na *Capital Star Steel*

Anexo 5: Bancada para trabalhos de reparação

Anexo 6: Carrinho para transporte de peças e equipamentos

Anexo 7: Desengordurante e Spray multiuso lubrificante (Q20) usados na *Capital Star Steel*

Anexo 8: Barra unida por soldadura após romper por flexão



### **Lista de tabelas**

Tabela 4.1: Plano e programa de manutenção

Tabela 4.2: Avaliação de riscos

Tabela 4.3: Sequência e técnicas de desmontagem

Tabela 4.4: Actividades pós-desmontagem das barras

Tabela 4.5: Actividades pós-desmontagem dos pinos

Tabela 4.6: Actividades pós-desmontagem das peças de união

Tabela 4.7: Actividades pós-desmontagem de porcas e parafusos

Tabela 4.8: Sequência e técnicas de montagem

## **Resumo**

O presente trabalho foi executado no âmbito da disciplina de Estágio Profissional realizado na *Capital Star Steel*, e se propõe a resolver um problema que acarreta paragens no processo de produção de tubos devido ao fenómeno da flexão experimentado por barras circulares que impulsionam a elevação dos tubos na secção de chanfragem.

Para a prossecução da resolução do problema em questão foi necessário um entendimento profundo do princípio de funcionamento do sistema como um todo por forma a se avaliar as solicitações que a barra sofre durante as operações e encontrar a causa principal do fenómeno da flexão que esta experimenta.

Encontrada a causa do problema, procede-se o estudo rigoroso que consiste em encontrar uma forma de eliminá-la ou reduzir o seu impacto ao mínimo admissível (reduzir o seu grau de significância).

Especificamente, no presente trabalho apresentam-se os erros cometidos e que impactam no problema em questão e que se pretende resolver, bem como as tentativas de soluções que se aplicaram e ainda se aplicam para contornar o problema, embora sem sucessos, e a proposta de solução mais viável que passa, necessariamente, por eliminar todos os erros que resultam na sobrecarga da barra.

Palavras-chave: Flexão, chanfragem, barra.

## CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

### 1.1.Introdução

O estudo detalhado e rigoroso das solicitações do meio em que as peças desempenham suas funções é extremamente importante e determinante da sua eficácia, pois somente com a real noção dos esforços presentes pode se fazer um projecto adequado das dimensões necessárias para a resistência das peças.

Contudo, a elaboração de um projecto atento à todas solicitações que as peças sofrem durante o funcionamento não é, por si só, uma garantia inequívoca da eficácia de um conjunto mecânico. Erros de fabricação, de montagem, a operação e manutenção incorrectas são factores que determinam e muito no funcionamento adequado de um conjunto mecânico.

O presente trabalho foi executado no âmbito da disciplina de Estágio Profissional realizado na *Capital Star Steel*, e se propõe a resolver um problema que acarreta paragens no processo de produção de tubos devido ao fenómeno da flexão experimentado por barras circulares que impulsionam a elevação dos tubos na secção de chanfragem.

De salientar que as barras em questão são os únicos elementos estruturais que sofrem os impactos dos esforços que se fazem sentir no conjunto mecânico também formado por: rolos cónicos transportadores, alavancas interfixas, peças de união, pinos e chapas de fixação dos pinos.

## **1.2.Objectivos**

### **Geral**

- Optimizar a conjugação entre os elementos estruturais do mecanismo de elevação de tubos

### **Específicos**

- Apresentar as causas da flexão experimentada pelas barras
- Propor um método de eliminação das causas ou de redução do grau de significância de seus efeitos.
- Apresentar os cuidados de manutenção necessários para a continuidade de operação segura e eficaz.

### **1.3. Metodologia**

- Análise dos fenômenos mecânicos decorrentes do funcionamento do sistema de chanfragem de tubos;
- Coleta de informações e de dados por meio da troca de impressões entre o estudante estagiário e os técnicos colaboradores da empresa;
- Consultas aos supervisores, à literatura indicada nas referências bibliográficas e à fontes da *Internet*.

#### **1.4.Relevância do projecto**

Em Moçambique, a indústria energética (petróleo e gás) e extrativa (minérios) tem experimentado um crescimento notável nos últimos tempos, devido à descoberta de hidrocarbonetos, prevendo-se um crescimento ainda maior nas próximas décadas.

O facto descrito no parágrafo anterior, coloca a *Capital Star Steel*, em particular, numa posição privilegiada por constituir uma oportunidade de alargar sua lista de clientes. Uma lista cada vez maior de clientes demanda fornecimento de quantidades cada vez maiores de tubos e com exigências maiores em termos de qualidade.

Por forma a se fabricar tubos na quantidade e qualidade desejada, atendendo ao cumprimento dos prazos de entrega, é necessário se garantir a disponibilidade, sempre que necessário, do equipamento de produção com parâmetros padrão de funcionamento, evitando interrupção da produção, tubos com defeitos de fabricação, atrasos nas entregas, insatisfação dos clientes e perda de mercado.

Este trabalho apresenta uma proposta de solução de um problema que resulta em paragens no processo de fabricação de tubos. Paragens que, com as exigências da disponibilidade de equipamento e continuidade de produção que a *Capital Star Steel* potencialmente terá nos próximos tempos, podem comprometer sua reputação por atrasos em cronogramas e pode resultar na insatisfação de clientes e perda de mercado.

O estado actual do mecanismo de elevação de tubos é ineficaz e inaceitável para uma empresa com o potencial da *Capital Star Steel*. Nas condições actuais do referido mecanismo não se pode garantir fielmente o fornecimento de tubos sem atraso aos clientes. Clientes precisam de certezas e garantias inequívocas de que suas encomendas chegarão de acordo com seus cronogramas. Falhar prazos de entregas influencia uma série de eventos nas empresas que confiam sua sobrevivência noutras.

Os resultados da implementação deste projecto eliminam as deficiências da solução actual no mecanismo de elevação de tubos na secção de chanfragem e preparam a *Capital Star Steel* para uma nova era de oportunidades de negócios que demandará fornecimento rigoroso em termos de qualidade e quantidade de tubos à tempo.

De salientar que outras secções e etapas de produção precisam ser igualmente optimizadas para a garantia de ininterrupção da fabricação de tubos. A secção de teste hidrostático, a etapa de corte de tubos, a secção de revestimento interno, entre outros precisam de atenção e acções especiais para que se tenha uma produção cada vez mais contínua e precisa.

A *Capital Star Steel* precisa estar atenta às oportunidades de negócio que o contexto actual do País apresenta e pronta aos desafios e demandas dos novos tempos. Por isso que o conceito de qualidade total deve fazer parte da sua pauta.

## CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo abordar-se-ão conceitos da Manutenção Industrial e sua relação com os princípios e técnicas de montagem e desmontagem de máquinas / equipamentos industriais e elementos mecânicos.

### 2.1.Revisão de conceitos da Manutenção Industrial

Com a globalização da economia, a busca da qualidade total em serviços e produtos passaram a ser a meta de todas as empresas.

A manutenção se relaciona com a qualidade total a medida que dela dependem a disponibilidade das máquinas, aumento da competitividade, aumento da lucratividade, satisfação dos clientes, produtos com “defeito zero”. (SOUSA, Muller de Almeida – Manutenção Industrial, Pós-graduação, IDDAM)

Para um melhor entendimento, considere-se a empresa de estágio *Capital Star Steel*, que se dedica a produção de tubos de aço de alta frequência. Pois bem, para que esta empresa mantenha seus clientes e conquiste outros, precisa tirar o máximo rendimento de suas máquinas para oferecer tubos com “defeito zero” à preços competitivos, para além de estabelecer um rigoroso cronograma de fabricação e de entrega do seu produto.

Se não tiver um bom programa de manutenção, os prejuízos serão inevitáveis, pois máquinas com defeitos causarão:

- Diminuição ou interrupção da produção;
- Atrasos nas entregas;
- Perdas financeiras;
- Aumento dos custos;
- Tubos com possibilidades de apresentar defeitos de fabricação;
- Insatisfação dos clientes;
- Perda de mercado.

Assim, para evitar o colapso da empresa em questão deve-se, obrigatoriamente, definir um programa de manutenção com métodos preventivos a fim de obter tubos nas quantidades previamente estabelecidas e com qualidade.



Também deve-se incluir, no programa, as ferramentas a serem utilizadas e a previsão da vida útil de cada elemento das máquinas. Todos esses aspectos mostram a importância que se deve dar à manutenção.

### **2.1.1. Conceitos e objectivos**

Pode-se entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção. (SOUSA, Muller de Almeida – Manutenção Industrial, Pós-graduação, IDDAM)

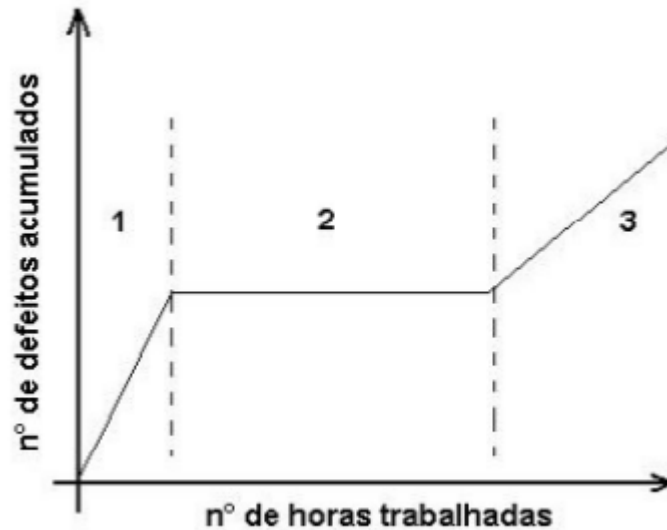
Por exemplo, quando mantem-se as engrenagens lubrificadas, procura-se conservá-las. Quando se retifica uma mesa de desempenho, o objectivo é restaurá-la. Uma engrenagem com os dentes danificados precisa ser substituída. De modo geral, a manutenção em uma empresa tem como objectivos:

- Manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos;
- Prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas.

Alcançar esses objectivos requer manutenção diária em serviços de rotina e de reparos periódicos programados. A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.

Outros conceitos:

- a) Manutenção ideal - é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.
- b) Vida útil de um componente - é o espaço de tempo que este componente desempenha suas funções com rendimento e disponibilidade máximas. A medida que a vida útil se desenvolve, desenvolve-se também um desgaste natural (crescente), que após um certo tempo inviabilizará seu desempenho, determinando assim o seu fim.
- c) Ciclo de vida de um componente – representado no gráfico à seguir.



Fonte: (SOUSA, Muller de Almeida – Manutenção Industrial, Pós-graduação, IDDAM)

Figura 2.1: Ciclo de vida de um componente

- 1) Fases de amaciamento - os defeitos internos do equipamento se manifestam pelo uso normal e pelo auto-ajuste do sistema. Normalmente estes defeitos estão cobertos pela garantia de fábrica.
- 2) Vida útil do componente - esta é a fase de pouquíssimas quebras e/ou paradas e é a fase de maior rendimento do equipamento;
- 3) Envelhecimento - os vários componentes vão atingindo o fim da vida útil e passam a apresentar quebras e/ou paradas mais frequentes. É a hora de decidir pela reforma total ou sucateamento.

### 2.1.2. Serviços de rotina e serviços periódicos

Os serviços de rotina constam de inspeção e verificação das condições técnicas das unidades das máquinas. A deteção e a identificação de pequenos defeitos dos elementos das máquinas, a verificação dos sistemas de lubrificação e a constatação de falhas de ajustes são exemplos dos serviços da manutenção de rotina. (SOUSA, Muller de Almeida – Manutenção Industrial, Pós-graduação, IDDAM)

A responsabilidade pelos serviços de rotina não é somente do pessoal da manutenção, mas também de todos os operadores de máquinas. De salientar que há, também, manutenção de emergência ou correctiva que será tratada adiante.

Os serviços periódicos de manutenção consistem de vários procedimentos que visam manter a máquina e equipamentos em perfeito estado de funcionamento. Esses procedimentos envolvem várias verificações de operações:

- Monitorar as partes da máquina sujeitas a maiores desgastes;
- Ajustar ou trocar componentes em períodos predeterminados;
- Exame dos componentes antes do término de suas garantias;
- Replanear, se necessário, o programa de prevenção;
- Testar os componentes elétricos e mais.

Os serviços periódicos de manutenção podem ser feitos durante paradas longas das máquinas por motivos de quebra de peças (o que deve ser evitado) ou outras falhas, ou durante o planeamento de novo serviço ou, ainda, no horário de mudança de turnos.

As paragens programadas visam à desmontagem completa da máquina para exame de suas partes e conjuntos. As partes danificadas, após exame, são recondicionadas ou substituídas. A seguir, a máquina é novamente montada e testada para assegurar a qualidade exigida em seu desempenho.

Reparações não programadas também ocorrem e estão inseridos na categoria conhecida pelo nome de manutenção correctiva. Por exemplo, se um engenho de furar estiver em funcionamento e a correia romper, ela deverá ser substituída de imediato para que a máquina não fique parada.

O acompanhamento e o registro do estado da máquina, bem como dos reparos feitos, são factores importantes em qualquer programa de manutenção.

### **2.1.3. Tipos de manutenção**

Há dois tipos de manutenção: a planeada e a não planeada.

A manutenção planeada classifica-se em quatro categorias: preventiva, preditiva, TPM e Terotecnologia.

- a) A manutenção preventiva consiste no conjunto de procedimentos e acções antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento.
- b) A manutenção preditiva é um tipo de acção preventiva baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos. Esses dados são

obtidos por meio de um acompanhamento do desgaste de peças vitais de conjuntos de máquinas e de equipamentos. Testes periódicos são efectuados para determinar a época adequada para substituições ou reparos de peças. Exemplos: análise de vibrações, monitoramento de mancais.

- c) A TPM (manutenção produtiva total) foi desenvolvida no Japão. É um modelo calcado no conceito “de minha máquina, cuido eu”.
- d) A Terotecnologia é uma técnica inglesa que determina a participação de um especialista em manutenção desde a concepção do equipamento até sua instalação e primeiras horas de produção. Com a terotecnologia, obtêm-se equipamentos que facilitam a intervenção dos profissionais de manutenção.

Modernamente há empresas que aplicam o chamado *retrofitting*, que são reformas de equipamentos com actualização tecnológica. Por exemplo, reformar um torno mecânico convencional transformando-o em torno CNC é um caso de *retrofitting*.

A manutenção não planeada classifica-se em duas categorias: a correctiva e a de ocasião.

- a) A manutenção correctiva tem o objetivo de localizar e reparar defeitos em equipamentos que operam em regime de trabalho contínuo.
- b) A manutenção de ocasião consiste em fazer consertos quando a máquina se encontra parada.

#### **2.1.4. Recursos necessários para manutenção**

Para que possa ocorrer manutenção, há necessidade que existam à disposição desta os seguintes recursos:

- a) Recursos materiais - equipamentos de teste e de medição, ferramentas adequadas, espaço físico satisfatório, entre outros;
- b) Recursos humanos - dependendo do tamanho da empresa e da complexidade da manutenção aplicada, há a necessidade de uma equipa formada por profissionais qualificados em todos os níveis;
- c) Recursos financeiros - necessários para uma maior autonomia dos trabalhos;

- d) Recursos de informação - responsável pela capacidade de obter e armazenar dados que serão a base dos planos de manutenção.

### **2.1.5. Planeamento, programação e controle**

Nas instalações industriais, as paradas para manutenção constituem uma preocupação constante para a programação da produção. Se as paradas não forem previstas, ocorrem vários problemas, tais como: atrasos no cronograma de fabricação, indisponibilidade da máquina, elevação dos custos, entre outros.

Para evitar esses problemas, as empresas introduziram, em termos administrativos, o planeamento e a programação da manutenção. A função planejar significa conhecer os trabalhos, os recursos para executá-los e tomar decisões. A função programar significa determinar pessoal, dia e hora para execução dos trabalhos.

Um plano de manutenção deve, portanto, responder às seguintes perguntas:

- Como?
- O quê?
- Em quanto tempo?
- Quem?
- Quando?

As três primeiras perguntas são essenciais para o planeamento e as três últimas, imprescindíveis para a programação. O plano de execução deve ser controlado para se obter informações que orientem a tomada de decisões quanto a equipamentos e equipes de manutenção.

### **2.1.6. Organização e administração**

Por organização do serviço de manutenção podemos entender a maneira como se compõem, se ordenam e se estruturam os serviços para o alcance dos objetivos visados.

A administração do serviço de manutenção tem o objectivo de normalizar as actividades, ordenar os factores de produção, contribuir para a produção e a produtividade com eficiência, sem desperdícios e retrabalho.

O maior risco que a manutenção pode sofrer, especialmente nas grandes empresas, é o da perda do seu principal objectivo, por causa, principalmente, da falta de organização e de uma administração excessivamente burocratizada.

## **2.2.Desmontagem e Montagem de elementos mecânicos**

A desmontagem e montagem de máquinas e equipamentos industriais faz parte das actividades dos mecânicos de manutenção e são tarefas que exigem muita atenção e habilidade, devendo ser desenvolvidas com técnicas e procedimentos bem definidos. (Fonte: <http://essel.co.br.material> – aula 15 e 16)

### **2.2.1. Técnicas de desmontagem de elementos mecânicos**

Em geral, uma máquina ou equipamento industrial instalado correctamente, funcionando nas condições especificadas pelo fabricante e recebendo cuidados periódicos do serviço de manutenção preventiva é capaz de trabalhar, sem problemas, por muitos anos.

Entretanto, quando algum dos componentes falha, seja por descuido na operação, seja por deficiência na manutenção, é necessário identificar o defeito e eliminar suas causas.

No caso de máquinas mais simples, é relativamente fácil identificar o problema e providenciar sua eliminação, porém, quando se trata de máquinas mais complexas, a identificação do problema e sua remoção exigem, do mecânico de manutenção, a adopção de procedimentos sequenciais bem distintos.

O primeiro facto a ser considerado é que não se deve desmontar uma máquina antes da análise dos problemas. A análise deve ser baseada no relatório do operador, no exame da ficha de manutenção da máquina e na realização de testes envolvendo os instrumentos de controlo.

Se a desmontagem precisar ser feita, há uma sequência de procedimentos a ser observada:

- Desligar os circuitos eléctricos;
- Remover as peças externas, feitas de plástico, borracha ou couro;
- Limpar a máquina;
- Drenar os fluidos;
- Remover os circuitos eléctricos;
- Remover alavancas, mangueiras, tubulações, cabos;
- Calçar os componentes pesados.

Essa sequência de procedimentos fundamenta-se nas seguintes razões:

- a) É preciso desligar, antes de tudo, os circuitos eléctricos para evitar acidentes. Para tal, basta desligar a fonte de alimentação eléctrica.

- b) A remoção das peças externas consiste na retirada das protecções de guias, barramentos e raspadores de óleo. Essa remoção é necessária para facilitar o trabalho de desmonte.
- c) A limpeza preliminar da máquina evita interferências de sujidade ou resíduos que podem contaminar componentes importantes e delicados.
- d) É necessário drenar reservatórios de óleos lubrificantes e refrigerantes para evitar possíveis acidentes e o espalhamento desses óleos no chão ou na bancada de trabalho.
- e) Os circuitos eléctricos devem ser removidos para facilitar a desmontagem e limpeza do sector. Após a remoção, devem ser revistos pelo sector de manutenção eléctrica.
- f) Os conjuntos mecânicos pesados devem ser calçados para evitar o desequilíbrio e a queda de seus componentes, o que previne acidentes e danos às peças.

Obedecida a sequência desses procedimentos, o operador deverá continuar com a desmontagem da máquina, efetuando as seguintes operações:

1. Colocar desoxidantes nos parafusos, pouco antes de removê-los. Os desoxidantes actuam sobre a ferrugem dos parafusos, facilitando a retirada deles. Se a acção dos desoxidantes não for eficiente, pode-se aquecer os parafusos com a chama de um aparelho de solda oxiacetilénica.
2. Identificar a posição do componente da máquina antes da sua remoção. Assim, não haverá problema de posicionamento.
3. Remover e colocar as peças na bancada, mantendo-as na posição correcta de funcionamento. Isto facilita a montagem.
4. Lavar as peças, usando querosene. Essa limpeza permite identificar defeitos ou falhas nas peças como trincas, desgastes, entre outros.

Após a desmontagem, a lavagem, a secagem e a separação das peças em lotes, deve-se dar início à correcção das falhas ou defeitos.

As actividades de correcção mais comuns são as seguintes:

- Confecção de peças;
- Substituição de elementos mecânicos;
- Substituição de elementos de fixação;

- Rasqueteamento – processo manual de acabamento superficial aplicado em mancais de deslizamento, barramentos e carros de máquinas, por forma a proporcionar melhor lubrificação.
- Recuperação de roscas;
- Correção de erros de projecto;
- Recuperação de chavetas.

### **2.2.2. Técnicas de montagem de elementos mecânicos**

A montagem tem por objectivo maior a construção de um todo, constituído por uma série de elementos que são fabricados separadamente. Esses elementos devem ser colocados em uma sequência correcta, isto é, montados segundo normas pré-estabelecidas, para que o todo seja alcançado e venha a funcionar adequadamente.

Em manutenção mecânica, esse todo é representado pelos conjuntos mecânicos que darão origem às máquinas e equipamentos.

A montagem de conjuntos mecânicos exige a aplicação de uma série de técnicas e cuidados por parte do mecânico de manutenção.

Além disso, o mecânico de manutenção deverá seguir, caso existam, as especificações dos fabricantes dos componentes a serem utilizados na montagem dos conjuntos mecânicos.

Outro cuidado que o mecânico de manutenção deve ter, quando se trata da montagem de conjuntos mecânicos, é controlar a qualidade das peças a serem utilizadas, sejam elas novas ou recondiçionadas. Nesse aspecto, o controle de qualidade envolve a conferência da peça e suas dimensões.

Sem controlo dimensional ou sem conferência para saber se a peça é realmente a desejada e se ela não apresenta erros de construção, haverá riscos para o conjunto a ser montado. De facto, se uma peça defeituosa em termos de suas dimensões ou com falhas de construção for colocada em um conjunto mecânico, poderá produzir outras falhas e danos em outros componentes.

#### **2.2.2.1.Recomendações para a montagem**

1. Verificar se todos os elementos a serem montados encontram-se perfeitamente limpos, bem como o ferramental.
2. Examinar os conjuntos a serem montados para se ter uma ideia exata a respeito das operações a serem executadas.
3. Consultar planos ou normas de montagem, caso existam.



4. Examinar em primeiro lugar a ordem de colocação das diferentes peças antes de começar a montagem, desde que não haja planos e normas relativas à montagem.
5. Verificar se nos diferentes elementos mecânicos há pontos de referência. Se houver, efetuar a montagem segundo as referências existentes.
6. Evitar a penetração de impurezas nos conjuntos montados, protegendo-os adequadamente.
7. Fazer testes de funcionamento dos elementos, conforme a montagem for sendo realizada, para comprovar o funcionamento perfeito das partes. Por exemplo, verificar se as engrenagens estão se acoplando sem dificuldade. Por meio de testes de funcionamento dos elementos, é possível verificar se há folgas e se os elementos estão adequados em termos dimensionais os e colocados nas posições corretas.
8. Lubrificar as peças que se movimentam para evitar desgastes precoces causados pelo atrito dos elementos mecânicos.

## CAPÍTULO III: CONTEXTUALIZAÇÃO

### 3.1. Apresentação da Capital Star Steel



Fonte: <https://capitalstarsteel.co.za/products-processes-2/electric-resistance-welded-pipe/>

Figura 3.1: Logotipo da Empresa de estágio

A *Capital Star Steel* é uma subsidiária da empresa sul-africana *LionSteel*. Localizada no Parque Industrial de Beluluane, Distrito de Boane, Província de Maputo, sua actividade principal é a fabricação de tubos de aço de secção circular, destinados a indústria nacional e internacional de gás, petróleo e mineração.

A unidade fabril da Capital Star Steel no Parque Industrial de Beluluane possui a capacidade de produzir cerca de 200,000 toneladas de tubos por ano, com diâmetros externos variando entre 219 mm e 610 mm (valores aproximados), como ilustram as figuras abaixo:

| SABS719: Outside Pipe Diameter |       |           |                |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------|-----------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dimensions                     |       |           | Wall Thickness |       |       |       |       |       |
|                                |       |           | mm             | 4.5   | 6     | 8     | 10    | 12.7  |
| NB<br>(Nominal Bore)           | mm    | Inches    | Inches         | 0.177 | 0.236 | 0.315 | 0.394 | 0.500 |
| 200                            | 219.1 | 8 - 5/8"  |                |       |       |       |       |       |
| 250                            | 273.1 | 10 - 3/4" |                |       |       |       |       |       |
| 300                            | 323.9 | 12 - 3/4" |                |       |       |       |       |       |
| 350                            | 355.6 | 14"       |                |       |       |       |       |       |
| 400                            | 406.4 | 16"       |                |       |       |       |       |       |
| 450                            | 457.2 | 18"       |                |       |       |       |       |       |
| 500                            | 508.0 | 20"       |                |       |       |       |       |       |
| 550                            | 558.8 | 22"       |                |       |       |       |       |       |
| 600                            | 609.6 | 24"       |                |       |       |       |       |       |

Fonte: <https://capitalstarsteel.co.za/products-processes-2/electric-resistance-welded-pipe/>

Figura 3.2: Quadro ilustrativo dos tubos fabricados para o transporte de água

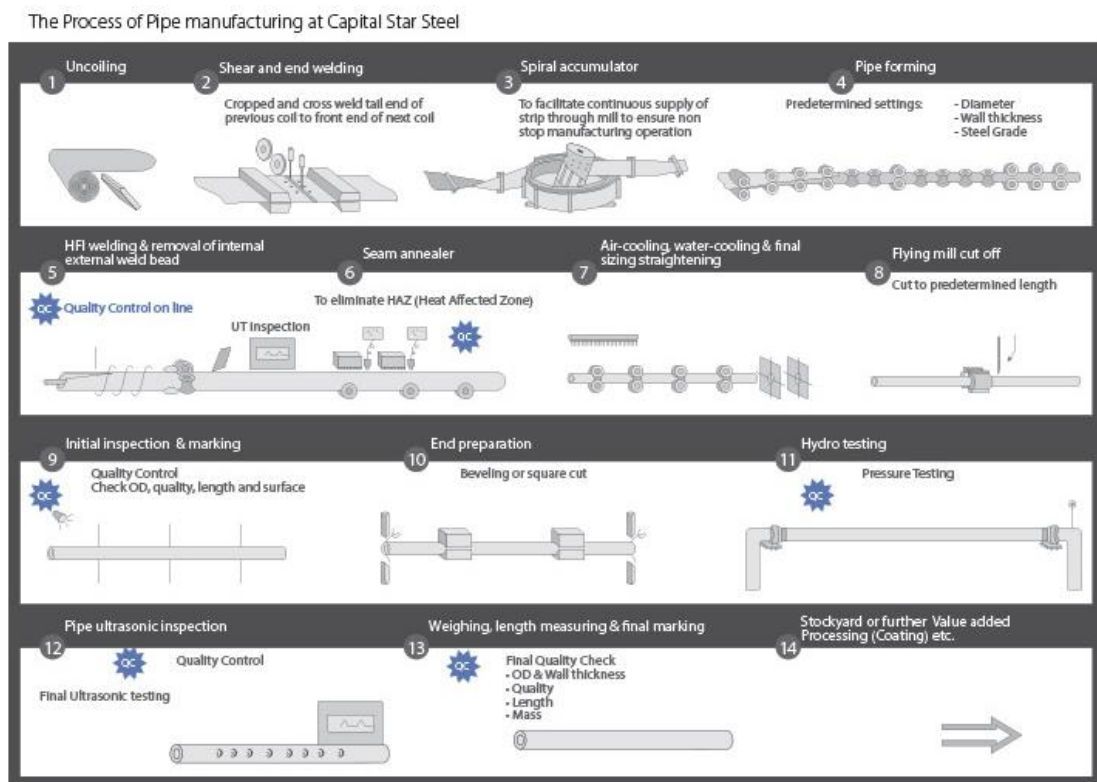
| API: Outside Pipe Diameter |            |           | Wall Thickness |       |       |       |       |       |       |     |       |
|----------------------------|------------|-----------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| NB<br>(Nominal Bore)       | Dimensions |           | Inches         | 0.188 | 0.203 | 0.219 | 0.250 | 0.375 | 0.469 | 0.5 | 0.563 |
|                            | mm         | Inches    |                |       |       |       |       |       |       |     |       |
| 200                        | 219.1      | 8 - 5/8"  |                |       |       |       |       |       |       |     |       |
| 250                        | 273.1      | 10 - 3/4" |                |       |       |       |       |       |       |     |       |
| 300                        | 323.9      | 12 - 3/4" |                |       |       |       |       |       |       |     |       |
| 350                        | 355.6      | 14"       |                |       |       |       |       |       |       |     |       |
| 400                        | 406.4      | 16"       |                |       |       |       |       |       |       |     |       |
| 450                        | 457.2      | 18"       |                |       |       |       |       |       |       |     |       |
| 500                        | 508.0      | 20"       |                |       |       |       |       |       |       |     |       |
| 550                        | 558.8      | 22"       |                |       |       |       |       |       |       |     |       |
| 600                        | 609.6      | 24"       |                |       |       |       |       |       |       |     |       |

Fonte: <https://capitalstarsteel.co.za/products-processes-2/electric-resistance-welded-pipe/>

Figura 3.3: Quadro ilustrativo dos tubos fabricados para o transporte de combustíveis (petróleo e gás natural) e vapor d'água.

### 3.1.1. Processo de fabricação de tubos

A matéria-prima para a fabricação dos tubos é um rolo da chapa de aço, que deverá passar por uma sequência de processos estritamente determinada, como se apresentam a seguir:



Fonte: <https://capitalstarsteel.co.za/products-processes-2/electric-resistance-welded-pipe/>

Figura 3.4: Processo de fabricação de tubos na *Capital Star Steel*

#### **3.1.1.1. *Slitting line* (Secção de corte)**

Nesta primeira fase, o rolo da chapa de aço tem a sua largura reduzida por forma a corresponder ao diâmetro solicitado pelo cliente.

#### **3.1.1.2. *Mill entry* (Preparação)**

O rolo da chapa cortada, anteriormente, é colocado no “desenrolador”. Aqui, o rolo é desenrolado, achatado e cortado antes de ser soldado a extremidade traseira do rolo anterior.

Nesta fase, a tira contínua é alimentada à um acumulador espiral, que garante uma operação de fabricação ininterrupta dos tubos, uma vez que a tira é continuamente alimentada às secções de processos subsequentes.

#### **3.1.1.3. *ERW pipe manufacturing process* (Processo de fabricação de tubos por soldadura por indução de alta frequência)**

O acumulador permite que a tira de aço seja continuamente alimentada a secção de conformação. A conformação dos tubos ocorre longitudinalmente por meio de rolos que apresentam configurações e dimensões diferentes conforme o diâmetro e espessura do tubo a se produzir.

Após o processo de conformação, os tubos são soldados por indução de alta frequência (HFI). Após a soldagem, o tubo é recozido usando aquecimento por indução de média frequência e, em seguida, resfriado a ar.

Os tubos são então cortados no comprimento solicitado por meio de uma plataforma móvel de corte.

#### **3.1.1.4. *Beveler section* (Secção de chanfragem de tubos)**

Os tubos têm suas extremidades chanfradas por forma a evitar a ocorrência de lesões por corte durante o seu manuseamento.

#### **3.1.1.5. Controle de qualidade**

Todos tubos são testados hidrosticamente de acordo com os requisitos de especificação. As costuras de solda são testadas por ultrassom para garantir que nenhuma rachadura tenha sido formada durante o processo de teste por pressão hidrostática.

### **3.1.1.6. Protecção por revestimento externo dos tubos**

As superfícies externas dos tubos devem passar por um processo de limpeza abrasiva antes que qualquer aplicação de revestimento seja feita. Este processo consiste em jactamento externo de substâncias abrasivas granulares, utilizando rotores mecânicos.

Os tubos jacteados são então revestidos externamente. Primeiro, os tubos são aquecidos por um processo de indução de média frequência, onde depois, os tubos entram numa cabine de pulverização e o pó epóxi ligado por fusão é aplicado electrostaticamente à superfície do tubo.

Os tubos então passam pela aplicação de duas camadas de polímeros extrudados de duas extrusoras consecutivas separadas. A primeira extrusora aplica uma camada de adesivo copolímero e a segunda aplica uma camada de polietileno de alta densidade.

Os tubos são então resfriados em um banho de têmpera para garantir que o revestimento esteja bem curado antes do manuseio. As extremidades dos tubos são então escovadas mecanicamente para remover parte do revestimento de polietileno por forma a garantir que o mesmo não seja afectado quando os tubos forem unidos por soldadura ou para reservar um espaço de montagem da flange de união.

### **3.1.1.7. Protecção por revestimento interno de tubos**

Revestimentos de epóxi líquidos podem ser usados para atender a requisitos de serviços específicos, tais como sistemas de transporte de água, esgoto, produtos químicos e petroquímicos.

Também pode ser usado o revestimento de argamassa de cimento / revestimento de concreto, que é o preferido pelos projectistas para canalização de água potável, pois oferece um equilíbrio adequado entre desempenho e considerações económicas em relação a corrosão, protecção contra desgaste, facilidade de instalação e custo final.



Fonte: <https://clubofmozambique.com/news/news-hot-dip-galvanising-plant-at-capital-star-steel-will-enable-local-engineering-contractors-to-bid-for-Ing-projects-146789/>

Figura 3.5: Vista aérea da *Capital Star Steel*

### 3.2. Princípio de funcionamento do sistema de chanfragem de tubos

O sistema de chanfragem de tubos da *Capital Star Steel* é constituído por máquinas de chanfrar, propriamente ditas, instaladas em lados opostos uma da outra, de forma que cada uma delas efectua o chanfro numa extremidade determinada do tubo.



Fonte: autoria própria

Figura 3.6: Máquina de chanfrar



O sistema em questão apresenta também transportadores de cadeias (correntes), accionados por um veio único (na verdade muitos veios unidos por acoplamentos) acoplado a um motor, cuja função é movimentar os tubos desde a entrada do sistema até a sua saída após tratados.



Fonte: autoria própria

Figura 3.7: Sistema de chanfragem de tubos da *Capital Star Steel*



Fonte: autoria própria

Figura 3.8: Accionamento dos transportadores de cadeias

Além dos transportadores de correntes, pode-se observar transportadores de rolos cónicos que permitem o movimento longitudinal dos tubos em direcção às máquinas de chanfrar. Com relação aos transportadores de rolos cónicos, há um mecanismo que permite elevar os tubos até a altura do eixo de rotação da árvore principal da máquina de chanfrar.

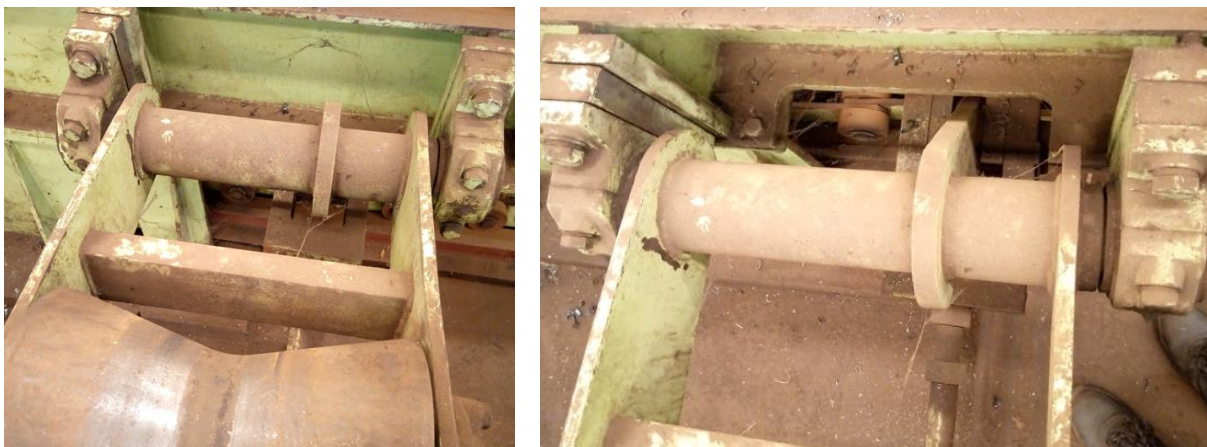
Este mecanismo é basicamente composto por cilindros hidráulicos de dupla acção, barras circulares, alavancas, peças de união entre as alavancas e as barras circulares e os rolos cónicos referidos anteriormente.



Fonte: autoria própria

Figura 3.9: Cilindros, barras circulares e rolos cónicos transportadores (elementos do sistema de elevação de tubos)

Os cilindros hidráulicos, através do movimento para fora de suas hastes, empurram as alavancas resultando na elevação dos rolos. Solidárias e sempre entre as alavancas, as barras circulares permitem a transmissão do movimento das hastes dos cilindros para a elevação de outros rolos.



Fonte: autoria própria

Figura 3.10: Alavanca e peça de união com a barra circular (elementos do sistema de elevação de tubos)



Após a chanfragem, os cilindros são comandados a efectuar o movimento de retorno de suas hastes, resultando no assentamento do tubo na corrente transportadora. A altura máxima de elevação de um tubo depende do seu diâmetro e se garante por meio de um actuador de fim-de-curso.

### **3.3. O fenómeno de flexão das barras circulares do mecanismo de elevação de tubos**

Quando o tubo é elevado à altura desejada, a barra circular experimenta uma força axial de tracção por meio do movimento para fora da haste do cilindro hidráulico. A força axial do cilindro hidráulico deve superar a força axial resultante do peso combinado do tubo, dos rolos cónicos e alavancas que se faz sentir no sentido oposto e tem efeito no retorno do tubo à posição inicial (assentamento das cadeias transportadoras). (Ver anexo: TCC – SE – CSS – 001)

As barras são fixas às peças de união com as alavancas por meio das roscas que apresentam em suas extremidades.

Quando a haste do cilindro hidráulico faz um movimento de retorno, o sistema cede aos efeitos do peso combinado do tubo, dos rolos cónicos transportadores e alavancas, assim como aos da força axial de retorno do cilindro.

O efeito notório é a flexão observada nas barras que ocorre pelo desalinhamento entre os rolos transportadores, bem como a aplicação de barras de grandes comprimentos. (Ver anexo: TCC – SE – CSS – 002)



Fonte: autoria própria

Figura 3.11: Fenómeno de flexão nas barras – 1



Fonte: autoria própria

Figura 3.12: Fenómeno de flexão nas barras – 2

Numa situação em que os rolos estão desalinhados o que procede é que, no momento de descida do tubo, um dos rolos atinge a posição de repouso antes dos outros; resultando que a barra, na posição do rolo específico, atinja o seu “ponto morto”. Contudo, como os outros rolos continuam a fazer o movimento de retorno a posição de repouso, a barra sofrerá compressão que resultará na sua flexão.

A maior solicitação da barra seria observada na hipótese em que último rolo atingisse a posição de repouso enquanto todos os outros rolos estivessem na altura máxima. (Ver anexo: TCC – SE – CSS – 003)

Para contornar o fenómeno da flexão, são soldadas barras de secção rectangular na superfície das barras circulares. Contudo, esse estratagemas tem-se mostrado ineficaz para a eliminação total do problema, como se pode observar nas figuras abaixo.



Fonte: autoria própria

Figura 3.13: Barra danificada por efeito da flexão



Fonte: autoria própria

Figura 3.14: Barra reforçada sofrendo flexão

As barras roscadas apresentam o inconveniente de quando roscadas num sentido elevar os rolos dum lado e baixar os do outro lado. Portanto, mesmo que se pretenda alinhar dois rolos próximos usando a barras roscadas o problema de desalinhamento permanecerá. (Ver anexo: TCC – SE – CSS – 004)

Acredita-se que o desalinhamento tenha ocorrido na montagem / instalação primária do sistema e pode ter-se agravado após a substituição de barras danificadas. Não se seguiu uma sequência de montagem apropriada às solicitações consideradas no projecto; o impacto disso foi o surgimento de esforços adicionais na barra (não consideradas no projecto) cujo efeito visível é a flexão. O erro cometido na montagem foi a instalação da barra em último lugar.

A instalação de barras com comprimento maior que o recomendado (erro de fabricação) também se agrega aos factores que contribuem para a ocorrência do fenómeno da flexão.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

### 4.1. Propostas de solução

Conjuntos mecânicos são combinações ou conjugações de dois ou mais elementos mecânicos (peças) com dimensões e formas rigorosamente determinadas e convenientes para o desempenho de uma determinada função.

Tais conjuntos mecânicos estão sempre sujeitos a falhas; referidas falhas podem ter origem nos seguintes factores:

- Erros de projecto: um estudo não rigoroso das solicitações do meio em que as peças desempenham suas funções, do qual dependem as dimensões e geometria necessárias para a resistência das peças.
- Erros de fabricação: resultam da não observância rigorosa das exigências de construção requeridas para o desempenho adequado das funções estabelecidas no projecto.
- Erros de montagem: inclui sequências incorrectas de montagens, apertos incorrectos, entre outras causas derivadas da falta de análise e organização das tarefas de montagem.
- Operação incorrecta: operação fora dos parâmetros pré-estabelecidos no projecto.
- Manutenção incorrecta: a falta de serviços de rotina e serviços periódicos de manutenção.

Tendo sido apontado o desalinhamento dos rolos como a causa principal do problema que este trabalho se propõe a resolver, é óbvio que a solução do mesmo passa, necessariamente por eliminar o desalinhamento (ou reduzi-lo ao mínimo) e, assim, assegurar uma operação segura e eficaz do mecanismo de elevação de tubos para a sua chanfragem.

Já que o desalinhamento tem origem em erros de montagem e de fabricação como se mencionou anteriormente, a solução proposta consiste em apresentar:

- As operações de desmontagem de alguns elementos estruturais;
- O tratamento pós-desmontagem de tais elementos; e
- As operações de remontagem na sequência correcta.

#### 4.2. Plano e programa de manutenção que visa a otimização estrutural do sistema de elevação de tubos

| <b>Plano de manutenção</b>   |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <b>Tipo de actividade</b>  | <b>Recursos humanos necessários</b>                          | <b>Quando / Duração</b>   | <b>Meios necessários</b>  |
| Desmontagem de alguns elementos do conjunto mecânico                         | Técnicos de manutenção                                       | Sábado (dia da semana geralmente sem produção) / 8 horas (7:30 – 15:30) | - Chave mista (boca-luneta) 17 mm;<br>- Chave mista 48 mm;<br>- Chave de fenda;<br>- Martelo;<br>- Parafuso descartado capaz de resistir ao impacto do martelo;<br>- Chave de tubo;<br>- Spray multiuso lubrificante e repelente de água (Q20). |
| Verificação dos parâmetros dimensionais e de forma dos elementos estruturais | Técnicos de manutenção e técnicos de processos de fabricação |   | - Instrumentos de medição e de verificação: fita métrica, paquímetro, régua graduada, esquadro, entre outros.   |
| Correcção de falhas, fabricação de novas peças e limpeza                     | Técnicos de processos de fabricação                          |   | - Máquinas-ferramentas: torno, Serrote mecânico e esmerilhadora dupla.<br>- Prensa hidráulica manual;<br>- Desengordurante.   |
| Remontagem   | Técnicos de manutenção                                       |   | - Chave mista (boca-luneta) 17 mm;<br>- Chave mista 48 mm;<br>- Massa lubrificante;<br>- Martelo;<br>- Parafuso descartado capaz de resistir ao impacto do martelo;<br>- Chave de tubo.   |

Fonte: autoria própria

Tabela 4.1: Plano e programa de manutenção

Outros meios que podem se fazer necessários para a desmontagem em casos extremos são:

- Maçarico de corte e berbequim: para cortar e furar (destruir) pinos cuja retirada se mostre extremamente difícil;
- Tubo de 0.5 m pelo menos para aumentar o braço e facilitar a abertura de porcas que apresentem apertos extremos.

### 4.3. Avaliação de riscos associados às actividades previstas no plano e programa de manutenção

| Actividade                                     | Perigos  | Riscos associados  | Consequências                                     | Medidas de controlo  |
|--|--|--|---|--|
| Desmontagem                                    | Posicionamento do rolo transportador acima da zona de intervenção      | Impacto com a cabeça no momento de baixar e se levantar  | De ferimentos ligeiros à lesões graves e desmaios | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar EPI completo (capacete);</li> <li>- Fazer movimentos cuidadosos.</li> </ul>  |
|  | Forte impacto do martelo e parafuso descartado sobre o pino de fixação | Entalamento dos dedos (mão)  | Ferimentos ligeiros                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar o spray lubrificante por forma a facilitar a retirada do pino;</li> <li>- Segurar o parafuso com firmeza para evitar que este escorregue quando golpeado;</li> <li>- Procurar sempre aplicar o golpe no centro do parafuso.</li> </ul>        |
|  | Adopção de posições de trabalho incorrectas                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dores musculares;</li> <li>- Desconforto (mal-estar);</li> <li>- Fadiga precoce.</li> </ul> | Problemas de saúde ocupacional à longo prazo      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Procurar sempre manter a coluna recta;</li> <li>- Procurar tomar posições de trabalho que permitem o fluxo sanguíneo normal;</li> <li>- Alternar, Sempre que possível, as mãos durante os trabalhos.</li> </ul>                                       |
| Correcção de falhas, fabricação de novas peças | Levantamento de aparas / limalhas                                      | Projecção de aparas para o rosto (olhos)   | Ferimentos ligeiros a graves (Problemas de visão) | Usar EPI completo (óculos)   |
|  | Movimento rotativo da bucha do torno                                   | Movimento conjunto indesejado  | Lesões graves (Fracturas ósseas)                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar colocar a mão sobre a bucha;</li> <li>- Colocar o torno em emergência sempre que terminar alguma fase de tratamento e precisar parar a máquina para inspecção;</li> <li>- Evitar trabalhar com luvas e camisas de mangas compridas.</li> </ul> |

|            |  |  |                                  |  |
|------------|--|--|----------------------------------|--|
|            |  | Projecção da chave de fixação de peças | Lesões graves                    | Certificar-se sempre que a chave de fixação foi retirada da bucha antes de ligar a máquina |
|            | Movimento rotativo da pedra esmeril                    | Movimento conjunto indesejado          | Lesões graves (Fracturas ósseas) | Permanecer com as mãos firmes ao aproximar as peças na pedra esmeril para o acabamento     |
|            | Escape da barra na prensa durante o seu endirectamento | Impacto com o operário                 | Lesões graves                    | Procurar imobilizar totalmente a barra por meio de calços ou outras estratégias            |
| Remontagem | Mesmos que na desmontagem                              | Mesmos que na desmontagem              | Mesmos que na desmontagem        | Mesmas que na desmontagem  |

Fonte: autoria própria

Tabela 4.2: Avaliação de riscos

Note-se que se necessário o uso de maçarico de corte, o operador deste deve se fazer equipado com EPI completo, incluindo óculos escuros e luvas de couro. Ao operar o berbequim deve-se equipar com óculos também. Para evitar calos e arranhões nas mãos, os técnicos de manutenção precisam usar luvas de protecção.

#### 4.4. Sequência e técnicas de desmontagem

| <b>Sequência e técnicas de desmontagem</b> |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>Nº</b>                                  | <b>Operações / acções</b>  | <b>Ferramentas a utilizar (meios)</b>                            | <b>Técnicas especiais se necessárias</b>  |
| 05   | Desapertar os parafusos que fixam as chapas imobilizadoras dos pinos | Chave mista 17 mm  | -   |
| 10   | Retirar as chapas imobilizadoras dos pinos                           | Chave de fenda e martelo   | -   |
| 15   | Retirar os pinos de fixação  | Martelo, Parafuso descartado e Spray multiuso lubrificante (Q20) | Caso seja difícil a retirada do pino usando os meios mencionados, pode se proceder o corte e furação do mesmo |
| 20   | Transportar o subconjunto desmontado para a bancada                  | Carrinho apropriado para o efeito                                | -   |
| 25   | Desapertar as porcas de fixação                                      | Chave mista de 48 mm   | Em caso de demasiado aperto pode se usar um tubo por forma a aumentar o braço e, assim, facilitar o desaperto |

|    |  |               |   |
|----|--|---------------|---|
| 30 | Desmontar as peças de união ainda solidárias às barras | Chave de tubo | Em caso de demasiado aperto pode se usar um tubo por forma a aumentar o braço e, assim, facilitar o desaperto |
| 35 | Peças separadas  | -             | -   |

Fonte: autoria própria

Tabela 4.3: Sequência e técnicas de desmontagem

#### 4.5. Actividades pós-desmontagem

| <b>Actividades pós-desmontagem das barras</b> |   |                          |   |
|---|---|--------------------------|---|
| <b>Nº</b>                                     | <b>Operações</b>                                  | <b>Meios</b>             | <b>Técnicas especiais se necessárias</b>  |
| 05  | Verificação da rectidão                           | Fita métrica             | Verifica-se a rectidão por meio da fita métrica, estendendo esta por todo comprimento da barra e encostando as duas extremidade desta última. Caso não se verifique paralelismo entre a barra e a fita métrica, a barra necessitará ser endirectada |
| 10  | Endirectamento (se necessário)                    | Prensa hidráulica manual | -   |
| 15  | Verificação do comprimento                        | Fita métrica             | -   |
| 20  | Redução do comprimento (se necessário)            | Serrote mecânico         | A barra deve ser reduzida por forma a respeitar o comprimento máximo admissível (L=2545 mm))  |
| 25  | Verificação final                                 | Fita métrica             | -   |
| 30  | Limpeza da barra (principalmente a parte roscada) | Desengordurante e panos  | -   |

Fonte: autoria própria

Tabela 4.4: Actividades pós-desmontagem das barras

| <b>Actividades pós-desmontagem dos pinos</b> |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Nº</b>                                    | <b>Operações</b>  | <b>Meios</b>                           | <b>Técnicas especiais se necessárias</b> |
| 05   | Limpeza   | Desengordurante e panos                | -  |
| 10   | Verificação do estado   | Inspeção visual                        | -  |
| 15   | Fabricação de novos pinos (se necessário)                                     | Torno                                  | -  |
| 20   | Corte da peça produzida e acabamento da face por onde passou o plano de corte | Serrote mecânico e esmerilhadora dupla | -  |
| 25   | Verificação de parâmetros dimensionais e de forma                             | Paquímetro                             | -  |

Fonte: autoria própria

Tabela 4.5: Actividades pós-desmontagem dos pinos



| <b>Actividades pós-desmontagem das peças de União</b> |   |                  |  |
|---|---|------------------|--|
| <b>Nº</b>   | <b>Operações</b>                                | <b>Meios</b>     | <b>Técnicas especiais se necessárias</b> |
| 05  | Limpeza (principalmente os seus furos e roscas) | Panos            | -  |
| 10  | Verificação da limpeza                          | Inspecção visual | -  |

Fonte: autoria própria

Tabela 4.6: Actividades pós-desmontagem das peças de união

| <b>Actividades pós-desmontagem de porcas e parafusos</b> |                        |                         |  |
|--|------------------------|-------------------------|--|
| <b>Nº</b>  | <b>Operações</b>       | <b>Meios</b>            | <b>Técnicas especiais se necessárias</b> |
| 05   | Limpeza da rosca       | Desengordurante e panos | -  |
| 10   | Verificação da limpeza | Inspecção visual        | -  |

Fonte: autoria própria

Tabela 4.7: Actividades pós-desmontagem de porcas e parafusos

#### 4.6. Sequência e técnicas de montagem

| <b>Sequência e técnicas de montagem</b> |   |                                       |   |
|---|---|---------------------------------------|---|
| <b>Nº</b>                               | <b>Operações / acções</b>   | <b>Ferramentas a utilizar (meios)</b> | <b>Técnicas especiais se necessárias</b>  |
| 05                                      | Lubrificação das roscas das barras                                | Massa lubrificante                    | -   |
| 10                                      | Conjugação das porcas internas nas barras                         | Chave mista 48 mm, fita métrica       | As duas porcas devem estar posicionadas de tal forma que a distância entre suas faces mais distantes seja igual 2225 mm. O ideal é aplicar o mesmo número de giros em cada porca enquanto se fazem verificações contínuas até se estabelecer a distância desejada.  |
| 15                                      | Conjugação das barras às peças de união                           | Manualmente (ou com chave de tubo)    | -   |
| 20                                      | Conjugação das porcas externas nas barras                         | Chave mista 48 mm, fita métrica       | -   |
| 25                                      | Transporte dos subconjuntos montados para a secção de chanfragem  | Carrinho apropriado para o efeito     | -   |
| 30                                      | Lubrificação dos pinos  | Massa lubrificante                    | -   |
| 35                                      | Posicionamento dos subconjuntos para a sua união com as alavancas | Manualmente                           | Se se verificar que os furos das peças de união que devem conjugar com os pinos não coincidem com os das alavancas, será necessário fazer o reajuste do posicionamento das peças de união quer no sentido mais próximo à extremidade da barra ou no sentido contrário; é crucial que as alavancas permaneçam na posição de repouso nesse processo |

|    |  |  |   |
|----|--|--|---|
| 40 | Instalação dos pinos                                     | Martelo e parafuso descartado                | - |
| 45 | Instalação e fixação das chapas imobilizadoras dos pinos | Martelo, chave de fenda, e chave mista 17 mm | - |
| 50 | Conjunto montado   | -  | - |

Fonte: autoria própria

Tabela 4.8: Sequência e técnicas de montagem

#### 4.7. Actividades posteriores à montagem

- a) Na secção de chanfragem de tubos
  - Recolha e limpeza das ferramentas (meio) utilizadas;
  - Limpeza de massa lubrificante que por ventura tenha se despejado no pavimento;
  - Deposição dos panos utilizados na limpeza em recipientes apropriados;
  - Recolha dos pinos destruídos e a sua conversão em peças brutas na secção de máquinas-ferramentas.
- b) Na bancada do departamento de manutenção
  - Limpeza da bancada – sua superfície provavelmente terá desengordurante usado para limpar roscas das barras, parafusos e porcas, para além de massa lubrificante aplicada sobre as roscas das barras;
  - Recolha e deposição em locais apropriados dos panos usados para limpeza no geral;
  - Verificação e acondicionamento do pavimento da oficina (local onde a bancada está instalada) – varrer o espaço se necessário.
- c) Na prensa hidráulica manual
  - Recolha dos calços e suportes e o seu retorno para a secção de máquinas-ferramentas.
- d) No serrote mecânico
  - Desligar a máquina e colocar em emergência (estado no qual a máquina não se move mesmo sendo ligada);
  - Limpeza das limalhas (aparas) resultantes do corte de peças específicas (pinos) e sua deposição em locais apropriados.
- e) No torno
  - Desligar a máquina e colocar em emergência (estado no qual a máquina não se move mesmo sendo ligada);
  - Limpeza das aparas resultantes da fabricação de pinos e sua deposição em locais apropriados.

## **CAPÍTULO V: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS, SERVIÇOS DE ROTINA E SERVIÇOS PERIÓDICOS DE MANUTENÇÃO**

### **5.1. Apresentação dos resultados, serviços de rotina e serviços periódicos de manutenção**

As tarefas emanadas do plano e programa de manutenção apresentado por meio da tabela 1 e as sequências de acções descritas por meio das tabelas de 3 à 8 têm por intuito a eliminação ou redução do desalinhamento dos rolos cónicos transportadores e do fenómeno da flexão experimentada pelas barras. O esboço TCC – SE – CSS – 005 mostra o resultado que se pretende com a intervenção que se propõe neste relatório, por meio da comparação dos esforços que a barra experimenta actualmente e os que sofrerá após os trabalhos de manutenção.

Algo que deve ser monitorado rotineiramente é o aperto das porcas que se conjugam com as barras e garantem a total fixação destas às peças de união. No caso de ocorrência de desaperto dessas porcas, há possibilidade de cisalhamento dos filetes das roscas das barras e das peças de união quando as barras estiverem a experimentar esforços de tracção no momento de levantamento dos tubos.

Portanto, é necessário efectuar reapertos sempre que se verificar um desaperto das porcas. Isso garantirá a integridade das roscas e o comprimento nominal (óptimo) das barras cujo desvio contribui na magnitude da flexão que as barras sofrem.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1. Considerações finais

A realização do estágio profissional por parte do estudante, que culminou com a elaboração do presente trabalho com o auxílio crucial de seus supervisores, serviu de uma rica fonte de extracção de recursos cognitivos, no que concerne à manutenção industrial e a sua relação com as técnicas de montagem e desmontagem, a avaliação do estado de peças que compõe um conjunto mecânico e os processos de fabricação usados para recuperação de peças danificadas.

Com as habilidades citadas no parágrafo acima, o presente trabalho apresentou as actividades que devem ser levadas a cabo para corrigir sequências incorrectas de montagens derivadas da falta de análise e de organização das tarefas de montagem, bem como para a observância rigorosa das exigências de construção requeridas para o desempenho adequado das funções estabelecidas no projecto.

Outro aspecto de importância vital que se aperfeiçoou durante os seis meses de estágio, e que mereceu alguma consideração no presente trabalho, é a observância das regras de Higiene e Segurança no Trabalho (HST). Como é sabido, o ambiente industrial é bastante perigoso (propenso a acidentes); e por forma a garantir a sustentabilidade dos recursos humanos industriais há que se considerar a avaliação de riscos sempre que se for efectuar alguma actividade. Desse modo pode se tomar as precauções necessárias que eliminem os perigos ou reduzam seus efeitos.

### 6.2.Recomendações

Os pinos retirados da secção de chanfragem de tubos que se verificarem danificados devem ser alocados a secção de máquinas-ferramentas onde servirão de matéria-prima para fabricação de outras peças. O mesmo tratamento poderá ser dado ao excesso das barras que for retirado para cumprir com as exigências de comprimento das barras apresentado neste trabalho.

Por fim, para o sucesso das actividades que visam a optimização estrutural do Sistema de chanfragem de tubos da *Capital Star Steel*, recomenda-se a convocação de indivíduos com boas habilidades de comunicação e de trabalho em equipa.

## **CAPÍTULO VII: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1) BOYLESTAD, Robert et al. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. Trad. Alberto Gaspar Guimarães et al. 5 ed. Rio de Janeiro, Prentice-Hall do Brasil, 1994.
- 2) CAPUANO, Francisco Gabriel et al. Laboratório de Eletricidade e Eletrônica. São Paulo, Érica, 1988.
- 3) CAVICHIOLI, Carlos Aparecido. Supervisor de 1ª Linha: Elementos e Conjuntos Mecânicos de Máquinas. São Paulo, SENAI, 1990.
- 4) CAVICHIOLI, Carlos Aparecido. Supervisor de 1ª linha: Planejamento e Administração da Manutenção. São Paulo, SENAI, 1990.
- 5) DRAPINSKI, Janusz. Manutenção Mecânica Básica: Manual Prático de Oficina. São Paulo, McGraw-Hill, 1997
- 6) MIRSHAWKA, Victor. Manutenção Preditiva: Caminho para o Zero Defeito. São Paulo, Macgraw-Hill, 1991.
- 7) MOBIL. Fundamentos da Lubrificação. São Paulo, Mobil, 1979.
- 8) MOTTER, Osir. Manutenção Industrial. São Paulo, Hemus, 1992.
- 9) NOVAES, Regina Célia Roland e CONDE, Maurício. Mecânico de Manutenção. São Paulo, SENAI, 1987.
- 10) SACRISTAN, Francisco Rey. Gestão Industrial, Manutenção Mecânica na Indústria e Oficinas. Portugal, Cetop, 1992. [coleção Gestão].
- 11) SOUSA, Muller de Almeida – Manutenção Industrial, Pós-graduação, IDDAM

### **Outras referências:**

- 1) <https://capitalstarsteel.co.za/products-processes-2/electric-resistance-welded-pipe/>
- 2) <https://clubofmozambique.com/news/news-hot-dip-galvanising-plant-at-capital-star-steel-will-enable-local-engineering-contractors-to-bid-for-Ing-projects-146789/>
- 3) <http://essel.co.br/material> – aula 15, 16 e 24

## Anexos



Anexo 1: Torno usado na *Capital Star Steel*



Anexo 2: Serrote mecânico usado na *Capital Star Steel*



Anexo 3: Prensa hidráulica manual usada na *Capital Star Steel*



Anexo 4: Esmerilhadora dupla usada na *Capital Star Steel*





Anexo 5: Bancada para trabalhos de reparação



Anexo 6: Carrinho para transporte de peças e equipamentos

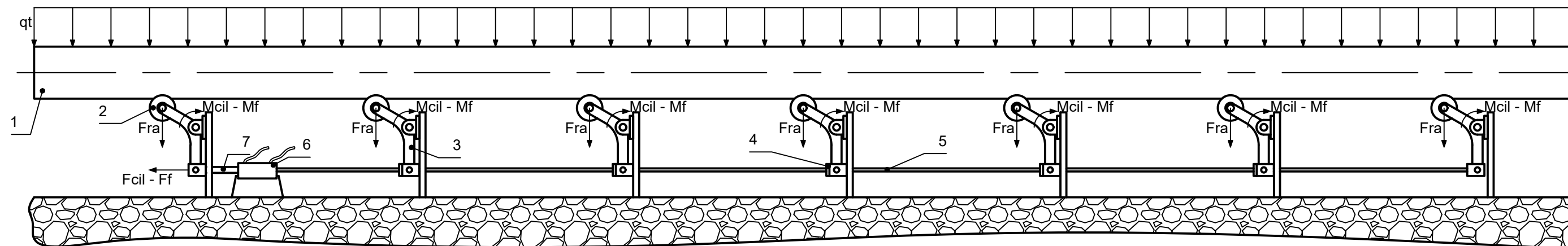




Anexo 7: Desengordurante e Spray multiuso lubrificante (Q20) usados na *Capital Star Steel*



Anexo 8: Barra unida por soldadura após romper por flexão



**Legenda:**

qt: peso do tubo em função do comprimento

Fcil: força axial do cilindro

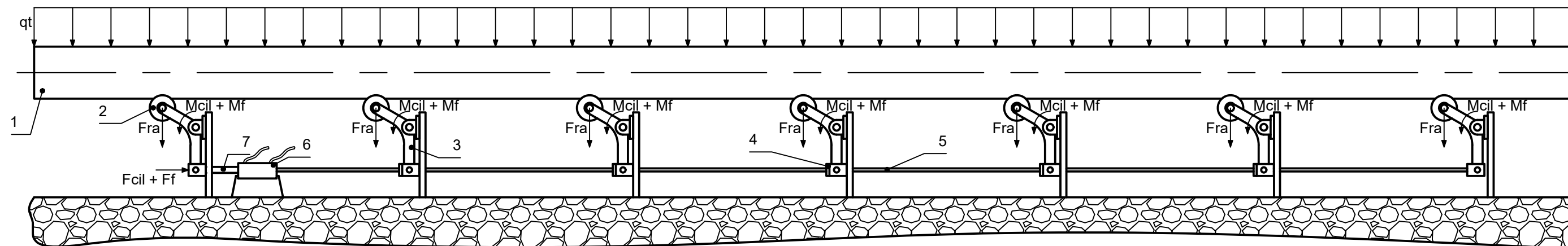
Ff: força axial resultante do peso combinado do tubo, rolos e alavancas

Fra: Peso do rolo adicionado ao da alavanca

Mcil: Momento causado pela força axial do cilindro

Mf: momento causado pelo peso combinado do tubo, rolos e alavancas

|           |      |                     |                      |                                    |   |                    |        |        |
|-----------|------|---------------------|----------------------|------------------------------------|---|--------------------|--------|--------|
|           |      | 7                   |                      | Haste do cilindro                  | 1   |                    |        |        |
|           |      | 6                   |                      | Cilindro hidráulico de dupla acção | 1   |                    |        |        |
|           |      | 5                   |                      | Barra circular                     | 6   |                    |        |        |
|           |      | 4                   |                      | Peça de união                      | 13  |                    |        |        |
|           |      | 3                   |                      | Alavanca                           | 7   |                    |        |        |
|           |      | 2                   |                      | Rolo cónico transportador          | 7   |                    |        |        |
|           |      | 1                   |                      | Tubo (Φ610 x 1800) mm              | 1   |                    |        |        |
|           |      |                     |                      | <b>Peças</b>                       |   |                    |        |        |
| A3        |      |                     | TCC - SE - CSS - 001 | Esboço                             |   |                    |        |        |
|           |      |                     |                      | Documentação                       |   |                    |        |        |
| Formato   | Zona | Ref.                | Designação           | Nome                               | Quant.  | Observação         |        |        |
|           |      |                     |                      | <b>TCC - SE - CSS - 001</b>        |   |                    |        |        |
| Alt.      | Fol. | Num. Doc.           | Assin.               | Data                               | Forças e momentos actuantes<br>no mecanismo de elevação de<br>tubos | Código             | Peso   | Escala |
| Desen.    |      | KULIPOSSA           | Romão                | 04/22                              |   |                    |        | 1:50   |
| Verificou |      | Eng.º Roberto David |                      |                                    |   | Folha              | Folhas |        |
| Verificou |      | Johannes Bronkhorst |                      |                                    |   | <b>UEM-FE-DEMA</b> |        |        |
| Aprovou   |      | Eng.º Roberto David |                      |                                    |   |                    |        |        |
| Aprovou   |      | Johannes Bronkhorst |                      |                                    |   |                    |        |        |



**Legenda:**

qt: peso do tubo em função do comprimento

Fcil: força axial do cilindro

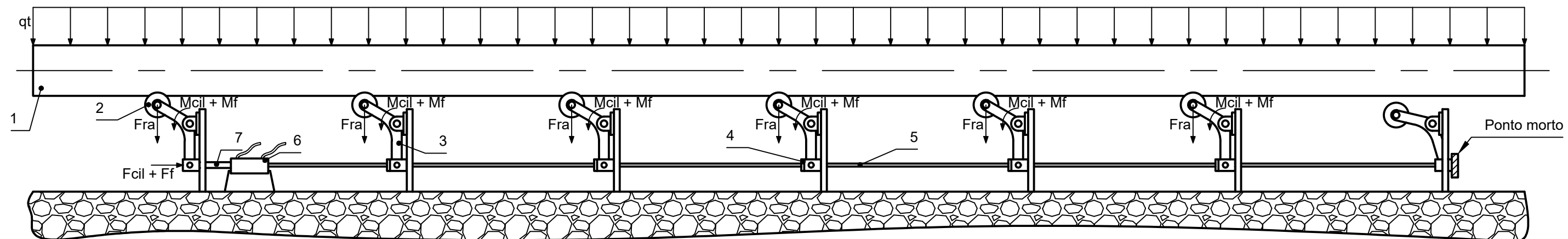
Ff: força axial resultante do peso combinado do tubo, rolos e alavancas

Fra: Peso do rolo adicionado ao da alavanca

Mcil: Momento causado pela força axial do cilindro

Mf: momento causado pelo peso combinado do tubo, rolos e alavancas

|           |      |                     |                      |                                    |                    |            |        |
|-----------|------|---------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|------------|--------|
|           |      | 7                   |                      | Haste do cilindro                  | 1                  |            |        |
|           |      | 6                   |                      | Cilindro hidráulico de dupla acção | 1                  |            |        |
|           |      | 5                   |                      | Barra circular                     | 6                  |            |        |
|           |      | 4                   |                      | Peça de união                      | 13                 |            |        |
|           |      | 3                   |                      | Alavanca                           | 7                  |            |        |
|           |      | 2                   |                      | Rolo cónico transportador          | 7                  |            |        |
|           |      | 1                   |                      | Tubo (Φ610 x 1800) mm              | 1                  |            |        |
|           |      |                     |                      | <b>Peças</b>                       |                    |            |        |
| A3        |      |                     | TCC - SE - CSS - 002 | Esboço                             |                    |            |        |
|           |      |                     |                      | Documentação                       |                    |            |        |
| Formato   | Zona | Ref.                | Designação           | Nome                               | Quant.             | Observação |        |
|           |      |                     |                      | <b>TCC - SE - CSS - 002</b>        |                    |            |        |
| Alt.      | Fol. | Num. Doc.           | Assin.               | Data                               | Código             | Peso       | Escala |
| Desen.    |      | KULIPOSSA           | Romão                | 04/22                              |                    |            | 1:50   |
| Verificou |      | Eng.º Roberto David |                      |                                    |                    |            |        |
| Verificou |      | Johannes Bronkhorst |                      |                                    | Folha              | Folhas     |        |
| Aprovou   |      | Eng.º Roberto David |                      |                                    | <b>UEM-FE-DEMA</b> |            |        |
| Aprovou   |      | Johannes Bronkhorst |                      |                                    |                    |            |        |



**Legenda:**

qt: peso do tubo em função do comprimento

Fcil: força axial do cilindro

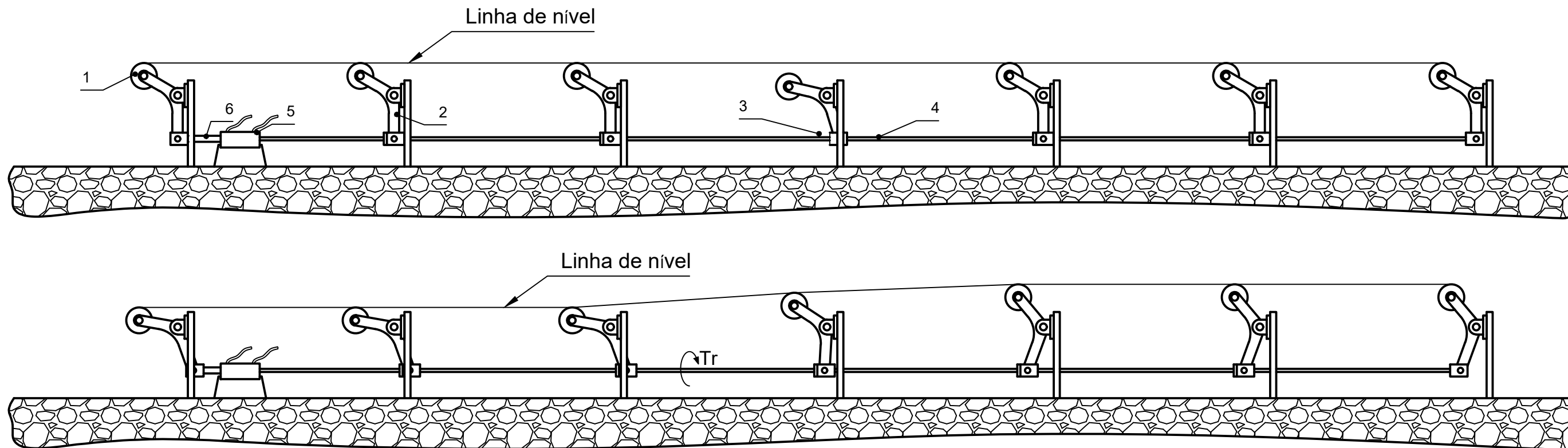
Ff: força axial resultante do peso combinado do tubo, rolos e alavancas

Fra: Peso do rolo adicionado ao da alavanca

Mcil: Momento causado pela força axial do cilindro

Mf: momento causado pelo peso combinado do tubo, rolos e alavancas

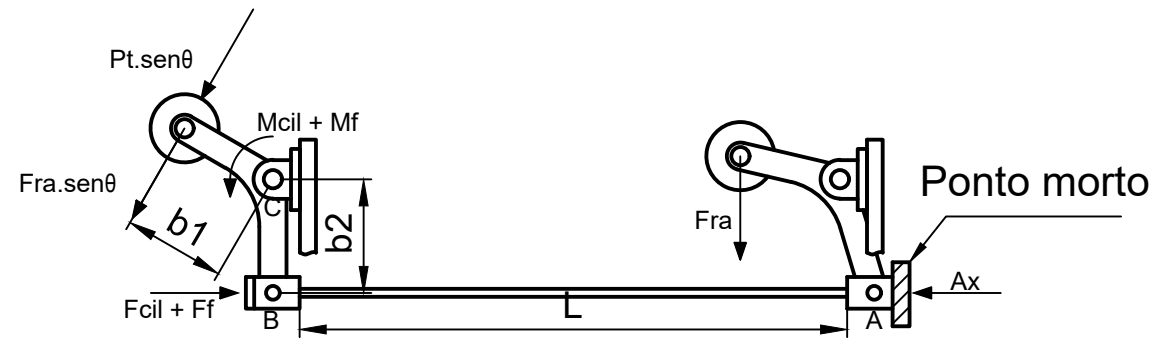
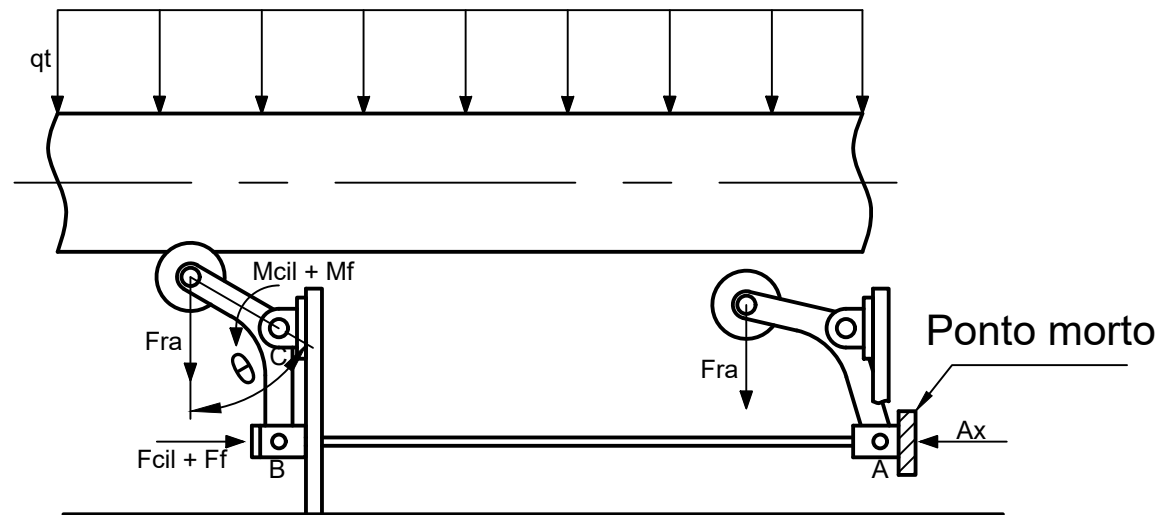
|           |      |                     |                      |                                    |  |            |        |                    |
|-----------|------|---------------------|----------------------|------------------------------------|--|------------|--------|--------------------|
|           |      | 7                   |                      | Haste do cilindro                  | 1  |            |        |                    |
|           |      | 6                   |                      | Cilindro hidráulico de dupla acção | 1  |            |        |                    |
|           |      | 5                   |                      | Barra circular                     | 6  |            |        |                    |
|           |      | 4                   |                      | Peça de união                      | 13   |            |        |                    |
|           |      | 3                   |                      | Alavanca                           | 7  |            |        |                    |
|           |      | 2                   |                      | Rolo cónico transportador          | 7  |            |        |                    |
|           |      | 1                   |                      | Tubo (Φ610 x 1800) mm              | 1  |            |        |                    |
|           |      |                     |                      | <b>Peças</b>                       |  |            |        |                    |
| A3        |      |                     | TCC - SE - CSS - 003 | Esboço                             |  |            |        |                    |
|           |      |                     |                      | Documentação                       |  |            |        |                    |
| Formato   | Zona | Ref.                | Designação           | Nome                               | Quant.                                     | Observação |        |                    |
|           |      |                     |                      | <b>TCC - SE - CSS - 003</b>        |  |            |        |                    |
| Alt.      | Fol. | Num. Doc.           | Assin.               | Data                               | Situação de solicitação<br>máxima da barra | Código     | Peso   | Escala             |
| Desen.    |      | KULIPOSSA           | Romão                | 04/22                              |  |            |        | 1:50               |
| Verificou |      | Eng.º Roberto David |                      |                                    |  | Folha      | Folhas |                    |
| Verificou |      | Johannes Bronkhorst |                      |                                    |  |            |        |                    |
| Aprovou   |      | Eng.º Roberto David |                      |                                    |  |            |        |                    |
| Aprovou   |      | Johannes Bronkhorst |                      |                                    |  |            |        | <b>UEM-FE-DEMA</b> |



**Legenda:**  
Tr: Torque de roscagem

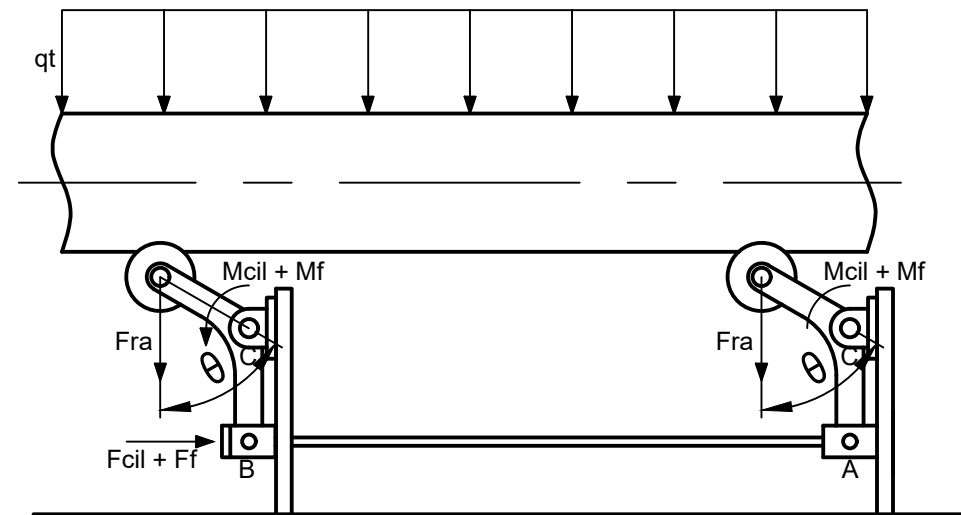
|           |      |                     |                      |                                    |                                   |                    |        |        |
|-----------|------|---------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------|--------|
|           |      | 6                   |                      | Haste do cilindro                  | 1                                 |                    |        |        |
|           |      | 5                   |                      | Cilindro hidráulico de dupla acção | 1                                 |                    |        |        |
|           |      | 4                   |                      | Barra circular                     | 6                                 |                    |        |        |
|           |      | 3                   |                      | Peça de união                      | 13                                |                    |        |        |
|           |      | 2                   |                      | Alavanca                           | 7                                 |                    |        |        |
|           |      | 1                   |                      | Rolo cónico transportador          | 7                                 |                    |        |        |
|           |      |                     |                      | <b>Peças</b>                       |                                   |                    |        |        |
| A3        |      |                     | TCC - SE - CSS - 004 | Esboço                             |                                   |                    |        |        |
|           |      |                     |                      | Documentação                       |                                   |                    |        |        |
| Formato   | Zona | Ref.                | Designação           | Nome                               | Quant.                            | Observação         |        |        |
|           |      |                     |                      | <b>TCC - SE - CSS - 004</b>        |                                   |                    |        |        |
| Alt.      | Fol. | Num. Doc.           | Assin.               | Data                               | Inconveniente das barras roscadas | Código             | Peso   | Escala |
| Desen.    |      | KULIPOSSA           | Romão                | 04/22                              |                                   |                    |        | 1:50   |
| Verificou |      | Eng.º Roberto David |                      |                                    |                                   | Folha              | Folhas |        |
| Verificou |      | Johannes Bronkhorst |                      |                                    |                                   | <b>UEM-FE-DEMA</b> |        |        |
| Aprovou   |      | Eng.º Roberto David |                      |                                    |                                   |                    |        |        |
| Aprovou   |      | Johannes Bronkhorst |                      |                                    |                                   |                    |        |        |

Antes da manutenção



O rolo a esquerda continua fazendo o movimento de descida devido ao peso proprio, da alavanca e do tubo que sustenta.

Após a manutenção



Ambos rolos atingem o ponto morto no mesmo instante.

Legenda:

- Pt: Peso do tubo [N];
- Fra: Peso dos rolos e alavancas [N];
- Fcil: Força axial do cilindro no retorno da sua haste [N];
- Ff: Força axial resultante do peso dos rolos, alavancas e tubo [N];
- Mcil: Momento causado pela força Fcil [N.m];
- Mf: Momento causado pela força Ff [N.m];
- MA: Momento reactivo no ponto A [N.m];
- Ax: Reacção axial no ponto A [N];
- b1: Braço da força Fra.senθ e de Pt.senθ [m];
- b2: Braço da força Ff [m];
- L: Comprimento da barra [m].

|           |      |                     |        |       | TCC - SE - CSS - 005                              |             |        |        |
|-----------|------|---------------------|--------|-------|---|-------------|--------|--------|
| Alt.      | Fol. | Num. Doc.           | Assin. | Data  | Comparação do mecanismo antes e após a manutenção | Código      | Peso   | Escala |
| Desen.    |      | KULIPOSSA           | Romão  | 04/22 |   |             |        |        |
| Verificou |      | Eng.º Roberto David |        |       |   |             |        |        |
| Verificou |      | Johannes Bronkhorst |        |       |   | Folha       | Folhas |        |
| Aprovou   |      | Eng.º Roberto David |        |       |   | UEM-FE-DEMA |        |        |
| Aprovou   |      | Johannes Bronkhorst |        |       |   |             |        |        |

