



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

LICENCIATURA EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Relatório do Estágio Profissional

**Melhoramento de manutenção de dispositivo de baldeação de carga
a granel (Tippler) no Porto de Maputo-MPDC**

Discente:

Nhantumbo, Gerson Alberto David

Supervisor UEM:

Prof. Eng^o. Suleimane Cassamo

Supervisor MPDC:

Eng^o. Stélio Salatiel

Maputo, Novembro de 2022



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

LICENCIATURA EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Relatório do Estágio Profissional

**Melhoramento de manutenção de dispositivo de baldeação de carga
a granel (Tippler) no Porto de Maputo-MPDC**

Discente:

Nhantumbo, Gerson Alberto David

Supervisor UEM:

Prof. Eng^o. Suleimane Cassamo

Supervisor MPDC:

Eng^o. Stélio Salatiel

Maputo, Novembro de 2022

Declaração de Honra

Declaro por minha honra que este trabalho nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer Grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu estágio profissional na empresa Porto de Maputo. Esta dissertação é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, Novembro de 2022

(Gerson Alberto David Nhantumbo)



TERMO DE ENTREGA DO RELATORIO
UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA

Departamento de Engenharia Mecânica

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante 20161796 entregou no dia __/__/____ as ____ cópias do relatório de Estágio profissional, intitulado Melhoramento de manutenção de dispositivo de baldeação de carga a granel (*Tippler*) no Porto de Maputo, província de Maputo

Maputo, Novembro de 2022

A Chefe da Secretária

Dedicatória

Dedico aos meus Pais David Tomas Nhantumbo e Ana Tembe Nhantumbo pela educação e sacrifício durante a minha jornada académica e em especial a minha esposa Carol Sharon De Monteiro Goche pelo apoio e contribuição para que esta etapa da minha vida seja concluída com sucesso.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus sem ele nada seria possível, pela sabedoria, paciência e fé para conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, esposa e irmãos pelo apoio incondicional na minha jornada acadêmica e motivação para que sempre enfrente os desafios de forma positiva e confiante.

Aos meus supervisores Prof.Eng^o. Suleimane Cassamo e Eng^o. Stélio Salatiel , pela dedicação, orientação e paciência na elaboração deste trabalho.

Agradecer a Sociedade do desenvolvimento do porto de Maputo (sigla em inglês: MPDC) pelo suporte e assistência na disponibilização de recursos para a concretização deste trabalho. Agradecer a Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, em especial aos docentes e colegas que muito contribuíram para a minha formação.

Resumo

As actividades de manutenção executadas na empresa Porto de Maputo - MPDC são um dos factores que determinam a disponibilidade, segurança e confiabilidade dos equipamentos e desta forma permitem que a empresa seja mais rentável e competitiva nos serviços prestados ao nível nacional e da região da África Austral.

A busca pela qualidade e maior produtividade levou a manutenção dos equipamentos a tornar-se uma das funções importantes e estratégicas do Porto de Maputo. O trabalho do sector de manutenção desta empresa permite reduzir o numero de paragens não programadas, o que resulta na redução de perdas associadas às mesmas.

O presente trabalho tem como objectivo propor o melhoramento da manutenção do dispositivo e baldeação de carga a granel (*tippler*) no Porto de Maputo.

Conclui-se que para reduzir a probabilidade de falhas ou desgaste prematuro das peças é necessário, que se introduza uma manutenção baseada nas análises que compõem o processo da manutenção preditiva e preventiva, as quais auxiliam na detecção de anomalias nos equipamentos, como o seu estado de desgaste.

Palavras-chaves: Tippler, RCM, RCA, Manutenção preditivo, Manutenção preventiva, Avarias.

Lista de símbolos

Símbolo	Designação	Unidade
P_t	Peso do taque	<i>KN</i>
P_m	Peso do motor eléctrico	<i>KN</i>
P_o	Peso do óleo	<i>KN</i>
P_b	Peso do bloco de válvulas	<i>KN</i>
σ_e	Limite de escoamento do material da tampa	<i>MPa</i>
[n]	Coeficiente de segurança	-
$[\sigma_{adm}]$	Tensão admissível	<i>MPa</i>
q_0	Carga distribuída	<i>N/mm</i>
Q	Carga concentrada	<i>N</i>
L	Comprimento total do tanque	<i>mm</i>
M_{p_m}	Momento do peso do motor (translação do peso)	<i>KN.mm</i>
M_{p_b}	Momento do peso do bloco de válvulas	<i>KN.mm</i>
l_m	Distancia entre o eixo X e o peso do motor	<i>mm</i>
l_b	Distancia entre o eixo X e o peso do bloco	<i>mm</i>
V	Esforço cortante	<i>KN</i>
M_f	Momento flector	<i>KN.mm</i>
K_f	Coeficiente de concentrador de tensões	-
h, s	Espessura da tampa ou altura	<i>mm</i>
W_x	Momento de resistência axial	<i>mm³</i>
$[\sigma_{esm}]$	Tensão admissível de esmagamento	<i>MPa</i>
d_1	Diâmetro nominal	<i>mm</i>
F	Força	<i>KN</i>
l	Comprimento do parafuso	<i>mm</i>
MTBF	Tempo médio entre avarias	<i>horas</i>
MTTR	Tempo médio de reparação	<i>horas</i>
Disp	Disponibilidade do equipamento	%
k_{irr}	Coeficiente de irregularidade	-

Índice	
Dedicatória.....	I
Agradecimentos	II
Resumo	III
Lista de símbolos	IV
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação da empresa.....	2
1.2. Introdução	6
1.3. Formulação do problema	7
1.4. Justificativa	9
1.5. Metodologia	12
1.6. Objectivos	12
1.6.1. Objectivo Geral	12
1.6.2. Objectivo específico.....	12
CAPITULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2. Revisão de literatura	14
2.1. Conceito de manutenção.....	14
2.2. Tipos de manutenção executadas no Porto de Maputo (MPDC).....	15
2.2.2. Manutenção correctiva.....	15
2.2.3. Manutenção preventiva.....	16
2.2.3. Manutenção preditiva.....	17
2.3. Manutenção centrada na confiabilidade (sigla em inglês RCM).....	17
2.4. Análise de causa raiz (RCA- root cause analysis)	18
2.5. Indicadores de desempenho	18
2.5.1. Tempo médio entre avarias (MTBF- Mean time between failures).....	19
2.5.2. Tempo médio de reparação (MTTR- Mean time to repair)	19
2.5.3. Disponibilidade de equipamento Disp	19
CAPITULO III: DESENVOLVIMENTO	21
3. Análise do desempenho do dispositivo de baldeação de carga a granel (Tippler)	22
3.1. Calculo dos indicadores de desempenho	22
3.1.1. Cálculo de MTTR	22

3.1.2. Cálculo do MTBF	23
3.1.3. Cálculo de disponibilidade.....	23
3.2. Implementação do RCM nas tipplers.....	24
3.2.1. Passos para implementação do RCM.....	24
3.3. Otimização da realização do RCA	26
3.3.1. Resolução do problema de rachas na tampa do tanque da tippler	27
3.3.1.1. Identificação das causas do surgimento das rachas na tampa.....	28
3.3.1.2. Dimensionamento do aumento da resistência da tampa do tanque da Tippler	36
CAPITULO IV: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	38
4.1. Conclusão.....	39
4.2. Recomendações.....	40
4.3. Bibliografia	41
Anexo I.....	42
Apêndice I.....	43

Índice de figuras

Figura 1: Estrutura administrativa do Porto de Maputo (Fonte: Flow Centric MPDC).....	2
Figura 2: Organograma do Departamento de Manutenção (Fonte: base de dados Flow Centric MPDC)....	5
Figura 3: Gráfico de número de paragens e tempo de reparação (Fonte: base de dados do Flow centric MPDC).....	8
Figura 4: Proposta do plano de manutenção preditiva para tipplers.....	25
Figura 5: Tanque da tippler.....	28
Figura 6: Viga com carregamento (representação da tampa do tanque pela vista lateral).....	31
Figura 7: Diagrama do corpo livre.....	31
Figura 8: trecho da viga, secção C-C.....	32
Figura 9: trecho da viga, secção D-D.....	33
Figura 10: Diagrama de esforço cortante.....	34

Índice de imagem

Imagem 1: Ilustração do conjunto Tippler banheira e hook da grua.	7
Imagem 2: Roscas do parafuso e base danificadas	10
Imagem 3: Bush e Twistlock apresentando desgaste excessivo	11
Imagem 4: Ilustração da tampa do tanque com racha	27
Imagem 5: Ilustração de desgaste acentuado do apoio B	35
Imagem 6: Ilustração da tampa do tanque com a chapa de emenda.	37

Índice de tabela

Tabela 1: Tabela de ilustração de número de intervenções, tempo de reparação e tonelagem perdida.....	9
Tabela 2: Tabela detalhado dos tempos de avaria e número de avarias para os meses de junho a agosto.	22
Tabela 3: Tabela de apresentação de disponibilidade sem e com paragem para os meses de junho a agosto	23

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação da empresa

A Companhia de Desenvolvimento do Porto de Maputo (MPDC) é uma empresa privada, nacional, que resulta da parceria entre Caminhos de Ferro e a Portus Indico, constituída pela Grindrod, DP World e a empresa Moçambicana Mozambique Gestores. A 15 de Abril de 2003 foi atribuída á MPDC a concessão do Porto de Maputo por um período de 15 anos. Em Junho de 2010 o período de concessão foi estendido por mais 15 anos, com opção de mais 10 anos para operações após 2033.

A MPDC detém os direitos de financiamento, reabilitação, construção, operação, gestão, manutenção, desenvolvimento e optimização de todas as áreas de concessão. A empresa tem também poder de autoridade portuária, sendo responsável pelas operações marítimas, reboque, estiva, operações nos terminais e armazéns, bem como planeamento e desenvolvimento portuário.

O Porto de Maputo está em condições de receber navios com um calado de 16 metros, tendo beneficiado de reabilitação e construção de novas infra-estruturas (cais, vias de acesso, bancas e edifícios) e dos trabalhos de dragagem visando aumentar o calado e largura do canal de acesso á infra-estrutura portuária.

O Porto de Maputo tem actualmente uma capacidade de manusear 21 milhões de toneladas de cargas diversas por ano, tendo como principal actividade o manuseio de carga como **minério** (Ferro, Clinquer, Cromo e Níquel), sendo este o maior contribuinte de manuseio de carga no Porto de Maputo. A administração do porto de Maputo (MPDC) apresenta a seguinte estrutura:

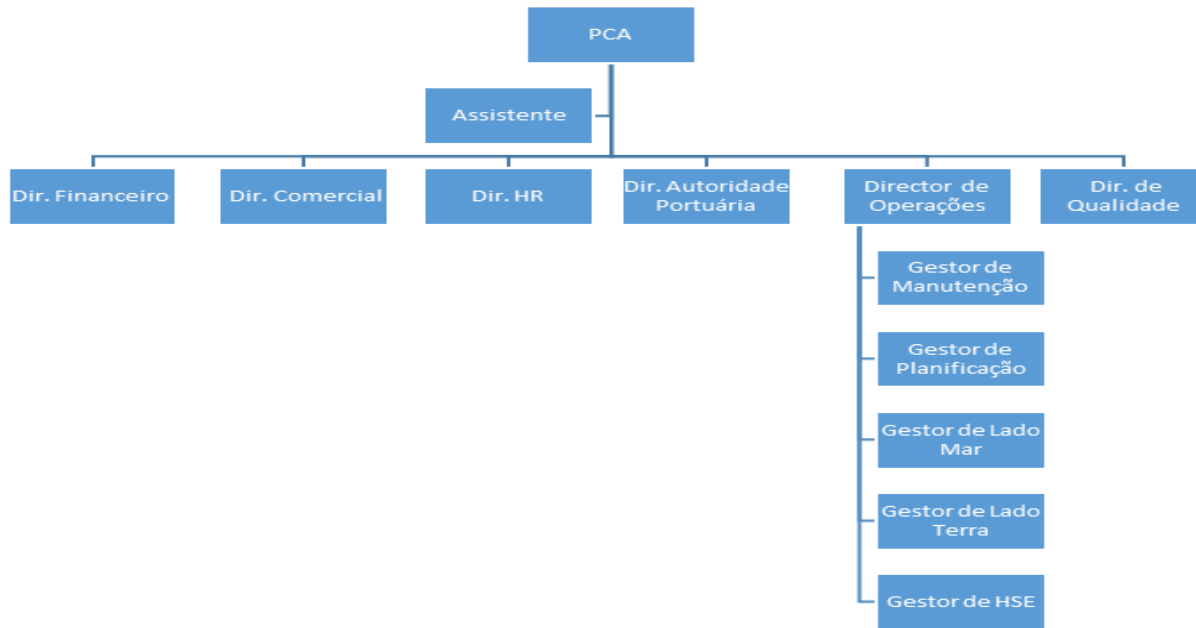


Figura 1: Estrutura administrativa do Porto de Maputo (Fonte: Flow Centric MPDC)

Direcção de Operações

A Direcção de Operações é responsável pelas operações de manuseio e gestão das diversas cargas no Porto de Maputo. As operações no Porto de Maputo são de natureza ininterrupta devido as políticas Portuárias, para garantir a continuidade das operações, as equipas obedecem a um horário de trabalho em turnos contínuos de 12 horas por dia por 2 (dois) dias seguido de 1 (um) dia de folga, das 6:30-19:30 hrs, e das 19:30 – 6:30 hrs, para efeitos de rendição alocou-se 30 minutos antes do início de turno onde os supervisores fazem a passagem do relatório de produção e as condições do equipamento e para efeitos de almoço ou jantar alocou-se 30 minutos. Para responder a esta este horário de trabalho, a equipa de manutenção foi estruturada de modo a ter uma equipa que responda pelas avarias a todo momento.

Departamento de lado mar- responsável pelas operações no cais, de toda carga exportada e importada (embarque e desembarque de carga).

Departamento de lado terra- responsável pelas operações de recebimento, estocagem e fornecimento de minérios vindo por via rodoviária e ferroviária e marítima.

Departamento de Planificação- responsável pela planificação das operações dos navios, cargas e meios, vindo do lado mar ou terra.

Departamento de Logística- responsável pela gestão das básculas, isto é a pesagem das cargas provenientes de via ferroviária, rodoviária e marítima, bem como da exportada.

Departamento de HSE- responsável por garantir a implementação dos procedimentos de segurança durante as actividades, o provimentos de equipamentos de protecção individual e colectiva, e bem como o seu cumprimento por parte dos trabalhadores.

Departamento de Manutenção

O Departamento de Manutenção é responsável pela manutenção de todos os equipamentos pertencentes a MPDC. O departamento de manutenção é responsável também na gestão dos contratos adjudicados a empresas de prestação de serviços de manutenção. Encontra-se dividido em três (3) secções: Secção de Planificação, secção de contratos e oficinas de reparação, cada área é gerida por um superintendente, que por sua vez reporta ao gestor de manutenção. A secção da oficina encontra-se dividida em três (3) sectores, nomeadamente: sector das gruas moveis, sector da oficina e sector da serralharia, estando ao cargo de cada supervisor que por sua vez respondem ao superintendente da oficina.

O supervisor de manutenção é responsável em garantir a segurança de todas as pessoas envolvidas no trabalho a desenvolver, aprova as medidas de controlo dos riscos para prevenir acidentes, faz a coordenação das actividades e garante que os trabalhos planificados são executados na qualidade prevista e faz o controlo da execução das actividades não planificadas (avarias).

Cada técnico de manutenção tem em sua posse o plano das actividades das quais ele é responsável em executar, após a conclusão de cada tarefa, o técnico de manutenção faz a respectiva confirmação ao supervisor que por sua vez transite a informação ao superintendente.

Cada equipa de turno é composto por 2 técnicos, 1 electricista e 1 mecânico responsáveis em dar assistência as avarias durante o turno, o processo de reportar as avarias é iniciado pelo operador

da máquina para o supervisor das operações através do aparelho de rádio existente na máquina e este por sua vez notifica a equipa de manutenção em serviço, por sua vez os técnicos fazem a análise do tipo de avaria em causa pois, algumas avarias não podem ser atendidas na linha de operações.

O atendimento das avarias deve ser feito de forma contínua, isto é, os técnicos devem estar sempre disponíveis, se eventualmente acontecer muitas avarias ou a avaria ser grossa que necessita de mais recursos, o supervisor de manutenção acciona a equipa de standby para assistir.

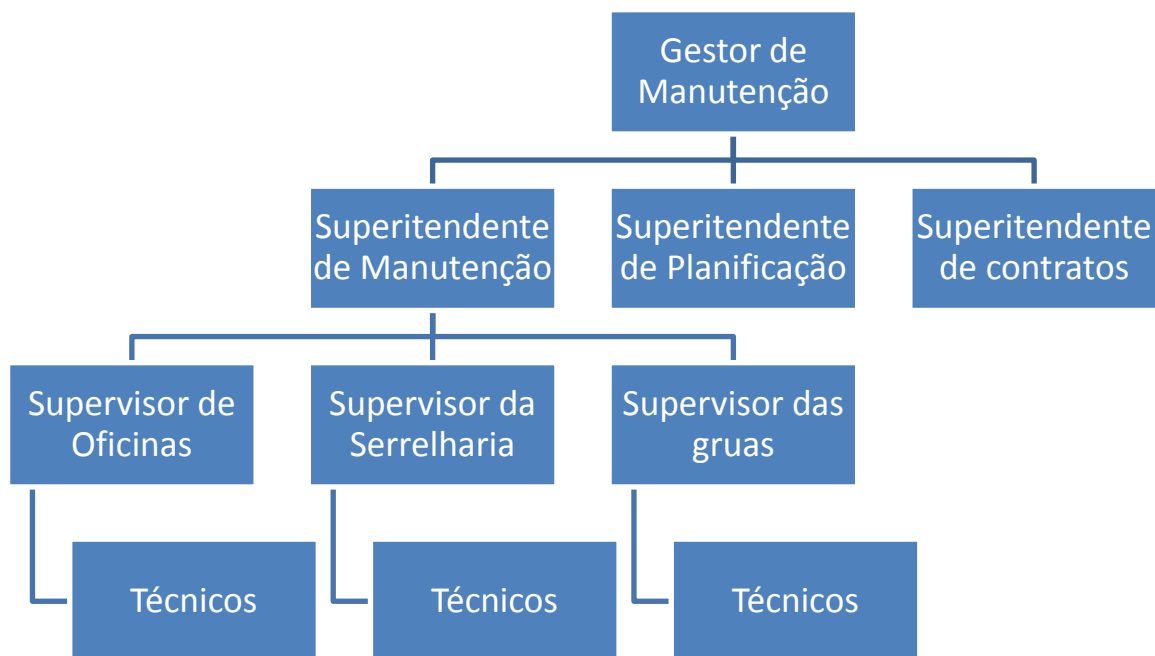


Figura 2: Organograma do Departamento de Manutenção (Fonte: base de dados Flow Centric MPDC)

1.2. Introdução

O presente trabalho é feito no âmbito da disciplina de Estágio profissional, com o tema melhoramento de manutenção de dispositivo de baldeação de carga a granel (*Tippler*) no Porto de Maputo (MPDC), concretamente no sector das Gruas do departamento de manutenção, composto pelos seguintes equipamentos, gruas e *tipplers*, onde estes são responsáveis por uma parte do embarque da carga nos navios.

A *tippler* é um dispositivo de baldeação de carga a granel que tem como finalidade minimizar o tempo de carregamento de navios automatizando o processo, isto é no processo antigo eram necessários dois (2) trabalhadores para engatar a banheira (aparelho que contém a carga) e um operador para operar a grua, sendo que este processo por hora embarca 180 toneladas. E o processo actual (uso da *tippler*) não necessita dos dois (2) trabalhadores para engatar a banheira visto que o processo é automatizado mas sim somente necessita do operador para operar a grua e este processo por hora embarca 360 toneladas. Por tanto o uso deste aparelho para o embarque da carga tornou-se indispensável para a maximização do manuseamento de carga a granel nas operações do Porto de Maputo. Desta forma surge a necessidade do melhoramento da manutenção, aumentando a taxa de produtividade e contribuindo na redução dos custos de manutenção.



Imagem 1: Ilustração do conjunto *Tippler* banheira e hook da grua (Fonte: Manual técnico da *tippler*)

1.3. Formulação do problema

O elevado numero de avarias das *tipplers* durante as operações, tem afectado o processo de carregamento de carga nos navios. Por outro lado, isto implica no tempo elevado de reparação, custo elevado de manutenção, menor disponibilidade dos equipamentos.

As *tipplers* afectam directamente o carregamento de carga nos navios, pois ela optimizam as operações sendo que o não uso deste aparelho reduz o carregamento em 45%, oque compromete a eficiência das operações. As imagens abaixo apresentam o numero de intervenções, tempo gasto na reparação e tipo de avaria das *tipplers* 3, 4, 5, 6, 8, e 9 do últimos 3 meses de 2022, nomeadamente junho, julho e agosto.

Desta forma pode-se verificar a tendência crescente do número das avarias, oque origina a necessidade do melhoramento de manutenção das *tipplers*, através da implementação de metodologias estruturadas que se adequam ao ambiente e natureza da actividade executada. A tabela em baixo apresenta o tempo de paragem e número de intervenções por cada turno no período de 3 meses, nomeadamente Junho, julho e agosto.

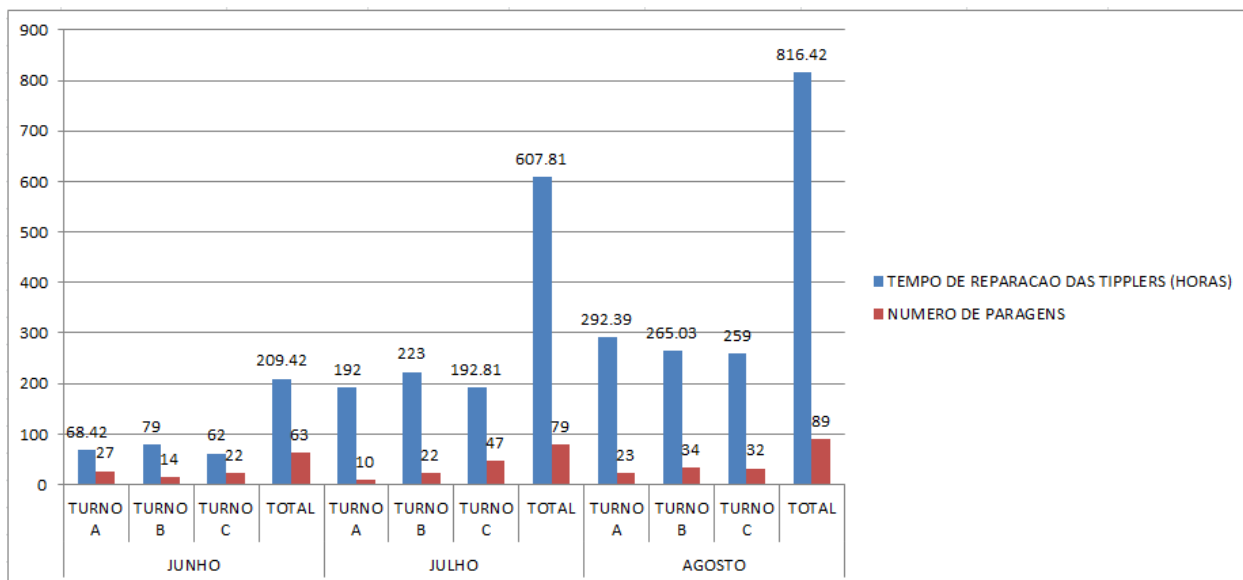


Figura 3: Gráfico de número de paragens e tempo de reparação (Fonte: base de dados do Flow centric MPDC)

As avarias das *tipplers* encontram-se divididas em 3 categorias, nomeadamente: controle de sistema (tranca amarela e falha elétrica), parte estrutural e parte hidráulica, sendo que de acordo com o gráfico e base de dados abaixo pode-se constatar que o controle de sistema das *tipplers* tem apresentado maior número de ocorrência de avarias e consumido maior tempo de reparação.

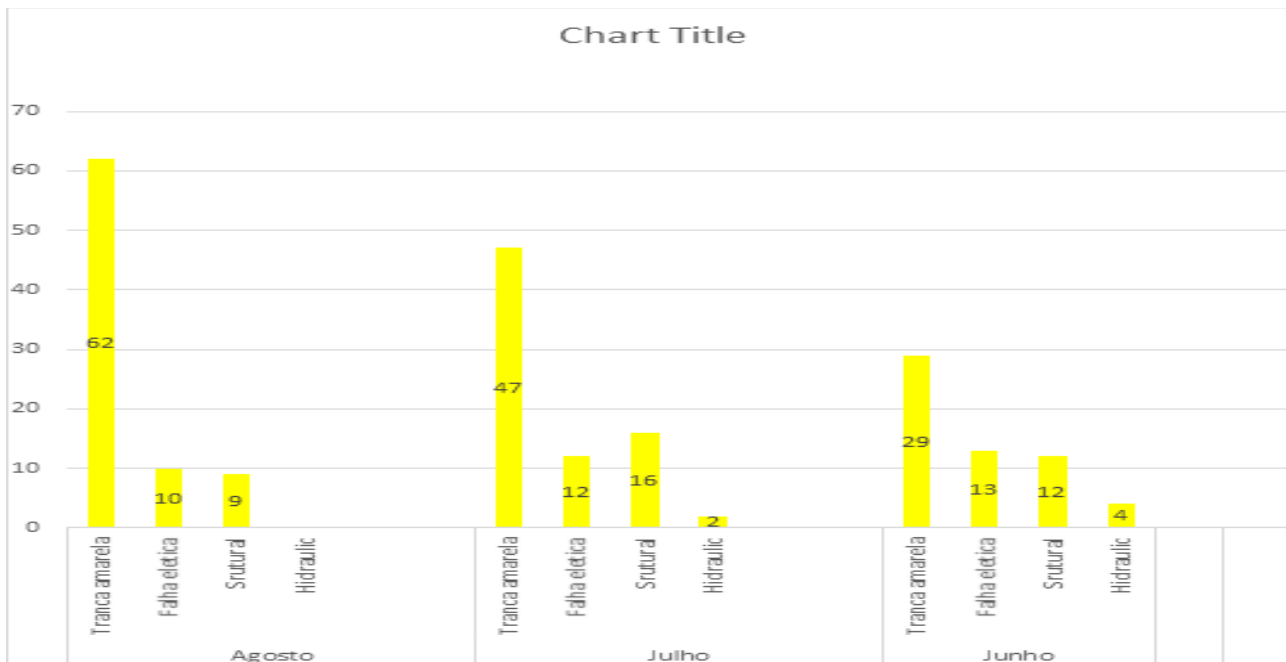



Figura 4: Gráfico de número de paragens em função do tipo de avaria (Fonte: base de dados do Flow centric MPDC)



Equipamento	Fleet	Tipo de avaria	Avaria	Intervenção
tippler	Tippler 8	Control System	Sensores aliviados	Aperto dos sensores
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela dentro do porão	Retirada do porão usando remote, ajuste do sensor
tippler	Tippler 8	Frame/Structural	Sem sinal de lock e um sensor unlock danificado	Reajuste da base de sensor de lock, troca de sensor de unlock
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela dentro do porão, não completa o ciclo da tranca	Acionamento manual
tippler	Tippler 8	Hydraulic system	Fuga de óleo hidráulico no cilindro do bale	Investigação da fuga, montagem de power supply
tippler	Tippler 8	Frame/Structural	Base de sensor de lock desapertado	Reaperto da base de lock
tippler	Tippler 8	Control System	Fonte de alimentação de 320 avariada	Troca da fonte de alimentação
tippler	Tippler 8	Hydraulic system	Cilindro do balde partido	Substituição de cilindro
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela devido a ficha de sensor unlock solto	Conexão da ficha solta
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela, sensor de destranca aliviado	Ajuste de sensor
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela dentro de porão, cilindro da tranca nr.2 com problema	Acionamento manual
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela dentro de porão, cilindro da tranca nr.2 com problema	Acionamento manual
tippler	Tippler 8	Frame/Structural	Parafuso de uma das tampas partido	Soldagem das tampas
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela dentro de porão, não completou o ciclo de tranca	Acionamento manual
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela não completou o ciclo de tranca	Retirada da tippler com ajuda de remote
tippler	Tippler 8	Frame/Structural	Partiu-se a base de lock	Soldagem
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela devido a base de sensor de lock e sensor de distância	Reaperto da base e reajuste de sensor
tippler	Tippler 8	Control System	Tampa do cilindro da base de balde com dobradiças empenadas	Troca da tippler
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela devido rele terico aliviado	
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela devido dijuntor 24v que estava baixo	
tippler	Tippler 8	Hydraulic system	Montagem da tampa do cilindro grande	
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela no porão, não completou o ciclo da tranca	Retirada da tippler com ajuda de remote
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela no porão, deslocou o curso no cilindro de lock	Retirada da tippler com ajuda de remote
Tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela dentro do porão, porca de fixação de sensor de lock aliviada	
tippler	Tippler 8	Control System	Tranca amarela no porão, não completou o ciclo da tranca	Retirada com remote, tranca usando rele

Figura 5: Descrição do tipo de avaria da Tippler 8 (Fonte: base de dados de registo das *Tipplers* do MPDC)

1.4. Justificativa

A realização deste trabalho é motivada pela necessidade de reduzir o número de intervenções e tempo de reparações durante as operações de embarque. Desta forma pode se verificar o número de intervenções, tempo de paragem e tonelagem perdida durante a reparação da *tippler* assumindo um embarque de 360 toneladas por hora, através da tabela abaixo:

Mês	Nº de intervenções	Tempo de reparação (Hora)	Tonelagem perdida (Ton)
Junho	58	209.42	81,673.8
Julho	77	607.86	237,065.4
Agosto	81	816.42	318,403.8
Total	216	1633.7	637,143

Tabela 1: Tabela de ilustração de número de intervenções, tempo de reparação e tonelagem perdida (Fonte: Do autor com base nos dados fornecidos pelo Porto de Maputo-MPDC).

Pode se constatar que a realização de manutenção preditiva e preventiva na manutenção é bastante fraca, isto devido a não existência de planos de manutenção das *tipplers*. Por outro lado ao não liberar-se o equipamento por parte das operações para realização das manutenções também leva ao aumento das avarias (ver imagens 2 e 3), obrigando a reparações rápidas e voltadas a disponibilidade imediata e não eliminação do problema. Desta forma surge a necessidade de propor o melhoramento de manutenção com base nos seguintes aspectos:

- Implementação da manutenção centrada na confiabilidade RCM, com foco na implementação efectiva e rigorosa das inspecções, sendo esta ferramenta que ira possibilitar identificar uma possível ocorrência de falha e conseqüente melhor programação.
- Realização frequente da análise raiz de avarias RCA de modo a permitir identificar as causas das avarias e possibilitar sua reparação ou sugerir aos fabricantes a modificação de modo que o problema seja eliminado. Com base na implementação do RCM e RCA espera-se uma redução significativa e melhor controle dos equipamentos, aumentando desta forma a sua disponibilidade e tempo de vida útil.



Imagem 2: Roscas do parafuso e base danificadas (Fonte: Do autor).



Imagem 3: Bush e Twistlock apresentando desgaste excessivo (Fonte: Do autor).

1.5. Metodologia

A realização do presente trabalho foi baseada no:

- Levantamento bibliográfico, pesquisas e análise, descrevendo de modo abrangente informações técnicas, critérios e práticas;
- Coleta de informações e conhecimentos técnico-científicos através de intercâmbio entre estudante e técnicos da empresa;
- Consulta aos supervisores e superintendentes do Porto de Maputo e docentes da Faculdade de Engenharia UEM.

1.6. Objectivos

1.6.1. Objectivo Geral

- Melhorar a manutenção do dispositivo de baldeação de carga a granel (*tipler*) de modo a aumentar sua disponibilidade e confiabilidade.

1.6.2. Objectivo específico

- Analisar a frequência das avarias e seu impacto na produtividade;
- Propor a implementação do RCM de modo a aumentar a confiabilidade das *tipler* ;
- Optimizar a realização da análise de causa raiz (RCA sigla em inglês);

CAPITULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. Revisão de literatura

2.1. Conceito de manutenção

A manutenção é definida por Mirshawka (1991), como o conjunto de actividades e recursos aplicados aos sistemas e equipamentos, visando garantir a continuidade de sua função dentro dos parâmetros de disponibilidade, qualidade, prazo, custos e de vida útil.

Podemos observar que aspectos como qualidade, função, custos e de vida útil, e outros, são mencionados na definição de manutenção, o que faz concluir que deixa de ser abordada simplesmente como acção de manter, mas abre espaço para perceber que as máquinas mantidas produzem por mais tempo e com qualidade desejada de uma forma segura. Nesta condição, a manutenção que antes concertava o que avariava, isto é, as intervenções eram de uma forma reactiva, passando a ser de uma forma proactiva e programada, garantindo um período maior de operação, reduzindo desse modo as avarias e custos associados as mesmas.

Um profissional de manutenção qualificado e bem equipado é fundamental para que uma empresa consiga atingir seus objectivos, obter qualidade nas suas operações e ter prestígio no mercado. Além disso o sucesso ou fracasso de uma empresa depende do trabalho de equipe de seus colaboradores em qualquer actividade. Na manutenção este factor é mais do que crítico, tanto internamente entre seus membros, quanto entre o seu relacionamento com a área de operação.

É importante que o profissional de manutenção, além de otimizar o custo da manutenção tenha uma visão de quanto representa de ganho ou perda para a empresa, a maior ou menor disponibilidade dos equipamentos produtivos. Em qualquer empresa possuidora de activos como máquinas, equipamentos e acessórios com finalidade de transformar matéria- prima em produto acabado ou prestar um determinado serviço, a manutenção é considerada estratégica, pois a ausência da função manutenção nesses activos tem como consequência a diminuição ou paralisação da produção, resultando em perdas e redução de lucros afectando negativamente os clientes, investidores, funcionários, sociedade no geral e em última análise o estado.

A ausência da manutenção condiciona ao aparecimento de avarias, porém é muito importante definir o conceito avaria ou estado avaria. A avaria é definida como o não cumprimento da função para qual o equipamento foi concebido, segundo Tavares (1999), avaria é definida como perda das funções específicas o que faz com que o equipamento esteja a desempenhar abaixo dos padrões esperados.

2.2. Tipos de manutenção executadas no Porto de Maputo (MPDC)

Actividades de manutenção diferem segundo o modelo de acção, embora haja divergência de ideias, certa escola de pensamento defende existência de dois tipos de manutenção, a correctiva e a preventiva, considerando os demais tipos como sendo derivados das duas principais categorias.

Para este caso concreto os tipos de manutenção executados no Porto de Maputo são:

- Manutenção correctiva;
- Manutenção preventiva;
- Manutenção preditiva (Apresenta défice de planos de manutenção bem como da própria execução).

2.2.2. Manutenção correctiva

Manutenção correctiva é tida como a estratégia mais antiga de restauração de estado de conservação de um equipamento, é “ a manutenção efectuada após a ocorrência de uma avaria, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida ” (Tavares 1996). Quando o uso da manutenção correctiva é praticada de forma inadequada, pode se ter as seguintes consequências: perda de produção, destruição catastrófica, planeamento ineficiente de mão-de-obra, excesso de peças em estoque, baixa disponibilidade dos equipamentos, riscos de segurança e queda da qualidade. Essa abordagem ainda se subdivide em duas categorias: *Correctiva planeada e correctiva não-planeada*.

- **Manutenção correctiva não- planeada:** a ocorrência da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada sempre após a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planeamento anterior, aleatoriamente. Implica em altos custos e baixa confiabilidade de produção, já que gera ociosidade e danos maiores aos equipamentos, muitas vezes irreversíveis (OTANI&MACHADO, 2008).

- **Manutenção correctiva planeada:** quando a manutenção é preparada. Ocorre, por exemplo, pela decisão da gerência de operar até a falha ou em função de um acompanhamento preditivo.

2.2.3. Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é toda acção sistemática de controlo, monitoramento e concertação de equipamento com objectivo de reduzir ou impedir avarias no seu desempenho. Segundo SLACK et al. (2002, p. 645), “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) dos equipamentos em intervalos de tempo pré-planeado”.

Este exercício, obedece certos artifícios para determinação de frequência, estudos estatísticos elaborados com ajuda de dados históricos ou estudos laboratoriais fornecidos pelos fabricantes.

Segundo Cabral (1998), dentro da manutenção preventiva existe os seguintes tipos:

- **Manutenção preventiva sistemática** - consiste em realizar intervenções da manutenção em intervalos de tempo predefinidos pelos fabricantes, o objectivo central é a substituição dos componentes que segundo o fabricante já atingiram o fim da sua vida útil.
- **Manutenção condicional** – recorre a meios de inspecções sistemáticas para determinar a oportunidade certa para intervir de modo que o equipamento não registre uma avaria inesperada, este tipo de manutenção é destinada a identificar início da avaria de equipamento por meio de avaliação do seu estado de conservação e funcionamento.
- **Manutenção de melhorias** – compreende modificações ou alterações que tem por objectivo melhorar o desempenho dos equipamentos, as necessidades de modificar o desempenho dos equipamentos podem ter como motivação questões de segurança, ergonómicas, tornar as máquinas de fácil utilização em termos de higiene e segurança no trabalho bem como a necessidade de responder a demanda do mercado, isto é, aumento da produtividades com recurso a introdução de elementos automáticos, geralmente são trabalhos executados através de estudos de investigação e desenvolvimento, este tipo de manutenção é numa perspectiva de projecto de melhoramento.

Ao optar-se pela manutenção de melhoria, recomenda-se que as alterações ou modificações executadas sejam documentadas, recomenda-se ainda o envolvimento dos fabricantes de modo a reduzir riscos de incompatibilidades técnicas e de segurança, ou assegurar que as modificações sejam incorporadas nas gerações futuras desses equipamentos.

2.2.3. Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é também conhecida como manutenção baseada na condição, com a utilização de técnicas de inspecção, é possível monitorar a evolução do estado do equipamento e actuar no momento mais adequado. É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas, visando definir o instante correto da intervenção, com o máximo de aproveitamento do activo (OTANI&MACHADO,2008).

Este tipo de manutenção, permite programar a paragem no momento necessário, tanto para equipamento como para o processo de produção, e é possível através de monitoramento do desempenho da máquina em função do tempo.

2.3. Manutenção centrada na confiabilidade (sigla em inglês RCM)

A RCM é um processo utilizado para determinar requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional, estudando as diversas formas pelas quais um componente pode falhar e realizando acções para evitar essas falhas. A RCM pode ser considerada uma ferramenta para tomada de decisão sobre quais políticas de manutenção devem ser adoptadas. Para Siqueira (2009, p. 17), as principais expectativas deste serviço de manutenção são baseadas na preservação da eficácia do funcionamento do sistema, dando ênfase aos dados com documentação obrigatória e sistemática, combatendo as consequências das falhas, seguindo normalizações e priorizando as funções.

Todos equipamentos utilizados na indústria estão susceptíveis a defeitos e falhas que podem gerar paradas inesperadas durante sua operação. Estas paragens podem trazer perda de eficiência

no processo produtivo e também prejuízos financeiros para organização. Portanto, é muito importante que a área de manutenção conheça os equipamentos e os seus modos de falha, para que possa realizar de forma preventiva e eficiente a intervenção necessário e no momento oportuno para a produção não seja interrompida de forma inesperada. Segundo a Souza e Lima (2003) afirmam que a RCM identifica e mensura a confiabilidade de um sistema (equipamentos, máquinas e processos) e de maneira científica propõe meios para aumentar essa confiabilidade.

2.4. Análise de causa raiz (RCA- root cause analysis)

O RCA é um termo guarda-chuva para diferentes métodos que permitem analisar falhas e resolve-las ou pelo menos entender a causa da sua raiz. Por tanto não se refere a um método específico, mas sim a um conjunto de ferramentas que podemos usar para analisar falhas de segurança, de produção, de processos, equipamentos ou sistemas. Há pelo menos uma dezena de ferramentas para fazer uma análise de causa raiz, cada uma com as suas vantagens, desvantagens e aplicações, de salientar que o RCA não só é aplicado na manutenção mas sim em outras áreas com objectivo de identificar a causa raiz de uma falha.

O processo RCA usa a análise de 5 porquês, sendo que é preciso perguntar “porque?” no máximo 5 vezes ate chegar a causa raiz. Por exemplo: *peça defeituosa* → **Porquê?** → *Houve um problema na produção* → **Porquê?** → *A máquina de produção avariou* → **Porquê?** → *A manutenção preventiva falhou* → **Porquê?** → *Não foi executada este semestre* → **Porquê?** → *As recomendações do manual do fabricante não foram seguidas ao delinear o plano de manutenção.* (Causa raiz).

2.5. Indicadores de desempenho

Todas as indústrias ou empresas adoptam a utilização dos indicadores de desempenho da manutenção, pois é através deles que melhorias podem surgir com objectivo de garantir boa manutenção. Segundo Kardec e Nascif, (2002), indicadores são medidas ou dados numéricos sobre os processos que queremos controlar, os indicadores dão clara ideia da qualificação e acompanhamento do processo sem subjectividade e com firmeza nas correcções adoptadas.

A manutenção que antes era tida como prejuízo financeiro, hoje é visto como algo de muito valor para uma empresa tendo como objectivo a redução dos custos de produção, encontrar melhorias nos processos bem como na qualidade do produto final, tornando dessa forma o equipamento livre de avarias, maior produtividade e a empresa torna-se mais competitiva.

2.5.1. Tempo médio entre avarias (*MTBF- Mean time between failures*)

Este indicador expressa o nível de confiabilidade de uma determinada máquina, expressa-se em horas, o que significa a quantidade de horas que a máquina operou sem ter registado avaria, quanto maior for este valor será a confiabilidade do equipamento, por outro lado este indicador classifica a qualidade da manutenção preventiva. O tempo médio entre avarias MTBF pode ser calculado segundo a equação abaixo:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo de operacoes}}{\text{Numero de Paragens}} = [\text{horas}]$$

2.5.2. Tempo médio de reparação (*MTTR- Mean time to repair*)

O MTTR é um indicador de manutenção, ou seja é o tempo médio de manutenção correctiva expresso em horas e representa o tempo médio necessário para reparar um dano, repondo o equipamento em um estado totalmente funcional. O tempo médio de reparação MTTR pode ser expresso pela seguinte equação:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo de reparacao}}{\text{Numero de paragem}} = [\text{horas}]$$

2.5.3. Disponibilidade de equipamento Disp

A disponibilidade de equipamento é o tempo em que o equipamento esteve disponível para produção, e o cálculo da disponibilidade do equipamento é relacionado com dois dados básicos, que são o tempo disponível para a produção e o tempo de paragem da máquina devido a avarias durante o período em causa, ou seja, o cálculo pode ser expresso em tempo médio entre avarias

(MTBF), e o tempo médio para reparação (MTTR). A expressão a baixo apresenta o cálculo da disponibilidade:

$$Disp = \frac{MTBF \times 100\%}{MTBF + MTTR} = [\%]$$

O cumprimento do plano de manutenção é de capital importante na prevenção de avarias a posterior, de entre as várias causas que possam influenciar o não cumprimento do plano de manutenção, destaca-se a falta de disponibilização do equipamento por parte das operações para a manutenção com objectivo de recuperar a produção perdida por outros motivos. Esta abordagem de cancelar a manutenção para recuperar a produção perdida tem resultados muito pouco sustentável, pois, em cadeia os problemas vão se acumulando e acabam resultando em avarias que necessitam de grande intervenção. A manutenção que antes era tida como prejuizo financeiro, hoje é visto como algo de muito valor para uma empresa tendo como objectivo a redução dos custos de produção, encontrar melhorias nos processos bem como na qualidade do produto final, tornando dessa forma o equipamento livre de avarias, maior produtividade, a empresa torna-se mais competitiva.

CAPITULO III: DESENVOLVIMENTO

3. Análise do desempenho do dispositivo de baldeação de carga a granel (*tippler*)

Para análise de desempenho do dispositivo de baldeação de carga a granel (*tippler*) tomou-se de base o cálculo dos seguintes indicadores de desempenho MTBF, MTTR e DISP. De salientar que também irá se analisar os tipos de manutenção praticada e a forma de recolha de dados para análise de desempenho.

3.1. Calculo dos indicadores de desempenho

3.1.1. Cálculo de MTTR

Tabela de dados de avarias e numero de avarias de cada <i>tippler</i> de Junho a Agosto								
Nº de Frota	Avaria das <i>tipplers</i> (horas)				Numero das avarias das <i>tipplers</i>			
	Junho	Julho	Agosto	Total	Junho	Julho	Agosto	Total
Tippler 3	11.47	374.88	240.02	626.37	11	5	13	29
Tippler 4	3.84	14.08	57.42	75.34	9	13	12	34
Tippler 5	3.02	124.52	60.5	188.04	11	15	21	47
Tippler 6	180.66	17.82	23.76	222.24	10	18	13	41
Tippler 8	4.4	72.38	342.76	419.54	13	21	11	45
Tippler 9	6.03	4.18	91.96	102.17	4	5	11	20
Somatório	209.42	607.86	816.42	1633.7	58	77	81	216

Tabela 2: Tabela detalhado dos tempos de avaria e número de avarias para os meses de junho a agosto (Fonte: Do autor com base nos dados fornecidos pelo Porto de Maputo).

Para o cálculo do MTTR fica:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo de reparacao}}{\text{Numero de paragem}} = \frac{1633.7}{216} = 7.56 \text{ horas}$$

3.1.2. Cálculo do MTBF

Dados de disponibilidade de Junho a Agosto (horas)	
Disponibilidade sem paragem	12144
Disponibilidade com paragens	10510.3

Tabela 3: Tabela de apresentação de disponibilidade sem e com paragem para os meses de junho a agosto (Fonte: Do autor com base nos dados fornecidos pelo Porto de Maputo).

Para o cálculo do MTBF fica:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo de operacoes}}{\text{Numero de Paragens}} = \frac{10510.3}{216} = 48.66 \text{ horas}$$

3.1.3. Cálculo de disponibilidade

$$Disp = \frac{MTBF \times 100\%}{MTBF + MTTR} = \frac{48.66 * 100\%}{48.66 + 7.56} = 86.55\%$$

Com base nos dados retirados dos relatórios de trabalho, conclui-se que o desempenho das timplers para os meses de Junho, Julho e Agosto foi de 86.55% contra os 95% estabelecido pela empresa para equipamentos com até 5 anos de aquisição e 90% para equipamento para mais de 5 anos. O desempenho das timplers tem sido afectado pelos seguintes aspectos:

- Não existência de um plano de manutenção preditiva e preventiva, sendo que no manual do fabricante não vem especificado a periodicidade da realização das actividades, bem como os parâmetros de controlo de desgaste ou substituição das peças;

Vide o checklist do fabricante no anexo I.

- Falta da realização de inspecção nas *tipplers* pela não existência de um período estabelecido para realização da mesma, o que tem gerado paragens não programadas;
- Não realização consistente do RCA para avarias frequentes, com objectivo de perceber a origem das mesmas, estando somente limitado a reparação momentânea;

3.2. Implementação do RCM nas *tipplers*

A realização do RCM possibilita a empresa (manutenção) alcançar resultados satisfatórios, permitindo um controlo das falhas do equipamento, melhor programação da manutenção do mesmo e avaliação dos padrões de desempenho do equipamento. Os padrões de desempenho são indicadores que asseguram uma melhor performance do equipamento, reduzindo o número de paragens e custos de manutenção não programada.

3.2.1. Passos para implementação do RCM

1) Onde aplicar?

O primeiro passo para a implementação do RCM é delimitar o campo de actuação, sendo que o RCM pode ser aplicado para varias situações de acordo com as necessidades. Para este caso concreto o RCM será implementado nos dispositivos de baldeação de carga a granel (*Tippler*).

2) Elaboração de um plano de manutenção preditiva (inspecção)

O plano de manutenção preditiva ira permitir a manutenção programar as datas de realização da manutenção preditiva (inspecção) do equipamento sem contudo comprometer as operações, bem como evitar que o mesmo equipamento seja o único a ser inspeccionada visto que terá maior controlo da execução no seu todo. Para a efectividade do plano é necessário a leitura diária das horas de funcionamento das *tipplers*, sendo esta variável que permite a realização do plano. O plano de manutenção preditiva proposto é apresentado abaixo:



Plano de manutenção preditiva (inspeção) das <i>tipplers</i> (Horas)												
Tippler	Leitura actual		Ultima inspeção			Proxima inspeção			Tempo de utilização	Tempo de execucao da tarefa	Data da realização	Observação
	Horas	Data	Horas	Data	Tipo	Horas	Data	Tipo				
3					250			250				
4					250			250				
5					250			250				
6					250			250				
8					250			250				
9					250			250				

Figura 4: Proposta do plano de manutenção preditiva para *tipplers* (Fonte: Do autor).

3) Proposta de inspeção estruturada

O ideal é ter uma inspeção bem implementada e de acordo com as necessidades do RCM para que seja executada da melhor forma possível. Sendo que o técnico responsável devera responder as principais funções desse tipo de manutenção. De salientar que neste passo a organização é fundamental para se estabelecer o que realmente é prioridade com base no registo das avarias. Desta forma apresento a proposta de inspeção das *tipplers*, que carece de avaliação, implementação e verificação dos resultados após sua implantação.

Vide a proposta de inspeção das *tipplers* no apêndice I.

4) Elaboração de um plano de manutenção preventiva das *tipplers*

A manutenção preventiva tem como objectivo impedir ou prevenir falhas no equipamento oque pode originar uma parada não programada, desta forma a elaboração e execução desta manutenção ira permiti a manutenção controlar a ocorrência de falhas no seu equipamento visto que nem por parte do fabricante bem como da manutenção do Porto de Maputo não existe um plano de manutenção preventiva das *tipplers*.

Assim sendo sugiro que com base no histórico de avarias e em comunicação com o fabricante elabore-se um guia com parâmetros (limite de desgaste ou tempo de uso) de substituição ou intervenção em certos componentes da *tippler*, de modo que este não seja usado acima do seu tempo de vida útil, o que pode comprometer a segurança do equipamento e dos demais intervenientes na operação. De salientar que o plano de manutenção preventiva deve estar directamente ligado ao modo ou a natureza de tipo de avarias que tem acontecido, de modo que a sua efectividade seja mais realística e adequada a natureza da actividade exercida.

5) Executar a análise do RCM

A implementação do RCM visa trazer melhorias na manutenção, pela melhor disponibilidade do equipamento bem como pela redução de custos de manutenção. Nesta senda torna-se imprescindível a análise dos resultados após a implementação da manutenção preditiva e preventiva acima sugeridos nos passos da implementação do RCM, de modo a aferir a sua confiabilidade bem como permitir o seu ajusto caso necessário.

De salientar que após a implementação e uso destas ferramentas é preciso fazer uma avaliação periódica (período por se estabelecer ao longo do uso) para aferir o grau de satisfação dos planos, visto que ela pode se tornar não aplicável para o novo tipo de falhas ou avarias que o equipamento possa desenvolver.

3.3. Optimização da realização do RCA

Como anteriormente já definido, o root cause analysis em português significa análise de causa raiz é um método de solução de problemas usado para identificar as causas raiz de falhas ou problemas. Desta forma o uso frequente desta ferramenta torna-se imprescindível para o equipamento em causa (*tippler*) pois o Porto de Maputo é o único e pioneiro no uso deste tipo de equipamento para suas operações, o que lhe remete ao desafio de vivenciar e lidar com certas avarias que os fabricantes não tenham previsto e junto ao fabricante propor soluções. Assim sendo passo a citar duas situações em que se fez o uso deste método de resolução de problema.

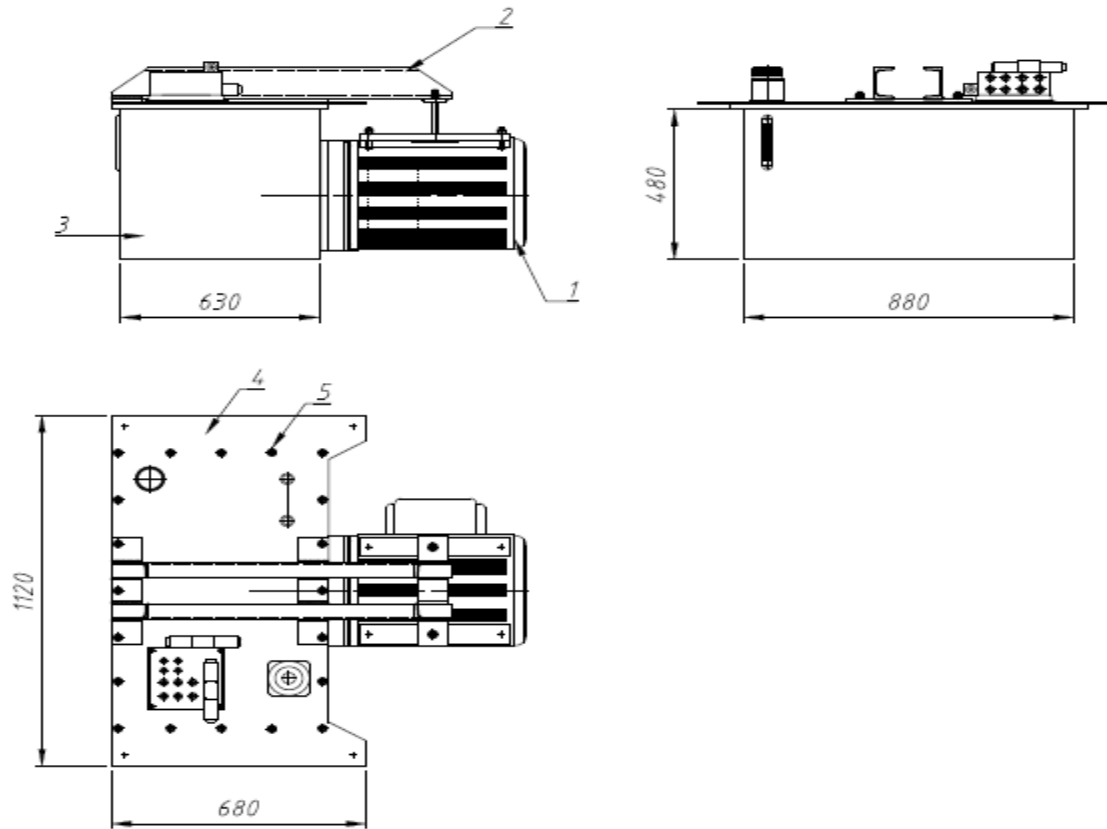
3.3.1. Resolução do problema de rachas na tampa do tanque da *tipler*

A tampa do tanque da *tipler* apresentava de forma recorrente e prematura rachas, como se ilustra na imagem 4. Trata-se duma avaria difícil de reparar e que paralisava o equipamento por um longo período, com perdas de produção por parte da empresa. Na busca das causas do problema e de medidas para a sua solução, usou-se a ferramenta RCA.



Imagem 4: Ilustração da tampa do tanque com racha (Fonte: Do autor).

Apresentação do tanque da *tipler*



Legenda:

- 1- Motor Eléctrico;
- 2 - Haste de suporte do motor;
- 3- Tanque;
- 4- Tampa do tanque;
- 5- Parafuso.

Figura 5: Tanque da *tipler* (Fonte: Do autor).

3.3.1.1. Identificação das causas do surgimento das rachas na tampa

As rachas na tampa do tanque da *tipler* tem surgido de forma recorrente o que obriga a necessidade de identificação das suas causas com vista á propor melhor solução para sua eliminação. Para estes cálculos tomam-se como base de partida as solicitações que o tanque é imposto. Na figura 6 são ilustradas as forças que actuam sobre a tampa.

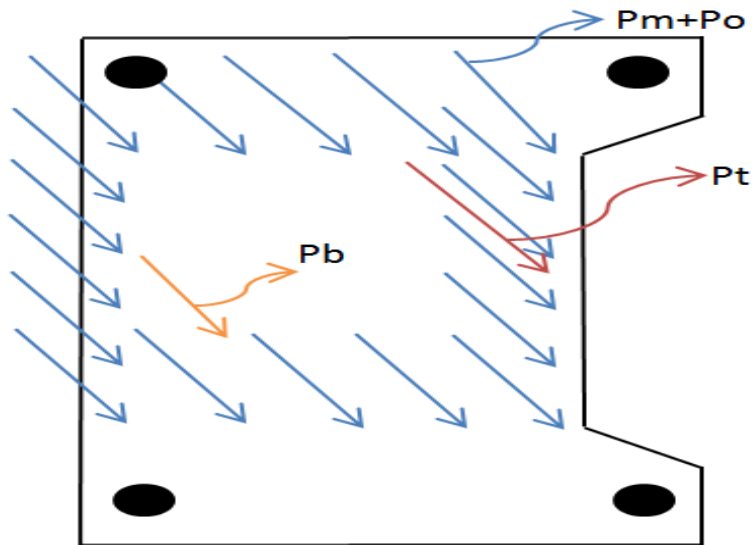


Figura : Representação das cargas que actuam sobre a tampa (Fonte: Do autor).

Dados de partida

Os dados de partida são as forças que actuam sobre a tampa do tanque, nomeadamente o peso do tanque em vazio, o peso do óleo hidráulico, o peso do motor eléctrico e o peso do bloco de válvulas. De salientar que também consta o limite de escoamento correspondente ao material da tampa, sendo o aço de média resistência A36.

$$P_t = Q = 375 \text{ Kg} = 3,677 \text{ KN}$$

$$P_m = 125 \text{ Kg} = 1,226 \text{ KN}$$

$$P_o = 230 \text{ kg} = 2,256 \text{ KN}$$

$$P_b = 30 \text{ kg} = 0,29 \text{ KN}$$

$$\sigma_e = 230 \text{ MPa}$$

Cálculo da tensão admissível

Para o cálculo da tensão admissível tomou-se de base o tipo de material, sendo este o aço de media resistência A36 variando o valor de limite de escoamento de 195-260MPa, tendo se escolhido a media de 230MPa e um coeficiente de segurança de acordo com a solicitações impostas a estrutura, sendo de 1,75. (MANUAL DE ÓRGÃOS DE MAQUINAS I-RUI VASCO SITO E)

$[n]=1,75$ Coeficiente de segurança para materiais dúcteis com carregamento estático e choques.

$$[\sigma_{adm}] = \frac{\sigma_e}{[n]} = \frac{230}{1,75} = 131,43 \text{ MPa}$$

Cálculo da carga distribuída do tanque

Da carga concentrada, sendo o peso do tanque em vazio e o peso do óleo hidráulico surgiu a necessidade de calcular a carga distribuída que nos permitira avaliar a estrutura na vista escolhida.

$$L = 2840 \text{ mm}$$

$$Q = q_0 * L$$

$$q_0 = \frac{Q}{L} = \frac{3677}{2840} = 1,3 \text{ N/mm}$$

Cálculo do momento concentrado da carga P_m com a distancia $l_m = 560 \text{ mm}$ ate ao eixo X.

Segundo a disposição do peso do motor em relação ao eixo escolhido para o calculo das reacções dos apoios (X), surgiu a necessidade de transladar o peso para o nosso eixo de coordenadas calculando desta forma o momento concentrado, com base na distância L_m verificada acima na figura 6.

$$M_{P_m} = P_m * l_m = 1,226 * 560 = 686,56 \text{ KN.mm}$$

Cálculo do momento concentrado da carga P_b com a distancia $l_b = 180 \text{ mm}$ ate ao eixo X.

Segundo a disposição do peso do bloco em relação ao eixo escolhido para o calculo das reacções dos apoios (X), surgiu a necessidade de transladar o peso para o nosso eixo de coordenadas calculando desta forma o momento concentrado, com base na distância L_m verificada acima na figura 6.

$$M_{P_b} = P_b * l_b = 0,29 * 180 = 52,2 \text{ KN.mm}$$

Esquema dimensional da tampa e respectivos apoios

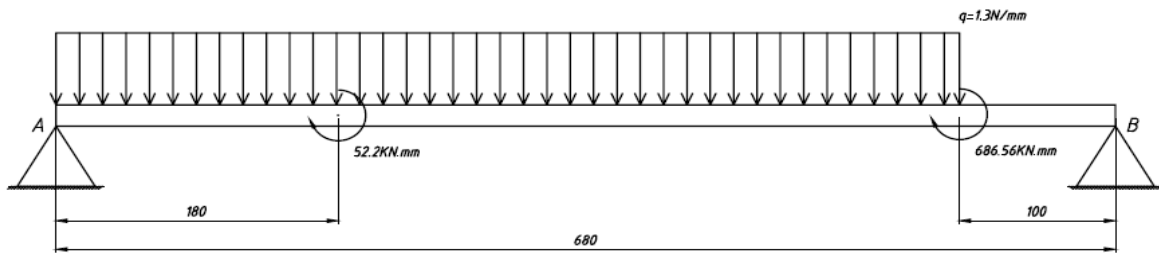


Figura 6: Viga com carregamento (representação da tampa do tanque pela vista lateral), (Fonte: Do autor).

Calculo das reacções dos apoios

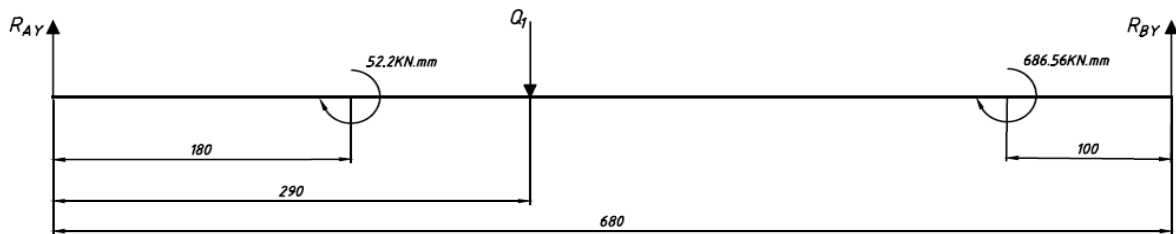


Figura 7: Diagrama do corpo livre (Fonte: Do autor).

$$\uparrow : R_{Ay} + R_{By} - Q_1 = 0 \quad (1)$$

$$\curvearrowright : M_A = 0 ; R_{By} * 680 - Q_1 * 290 - M_{P_b} - M_{P_m} = 0 \quad (2)$$

$$R_{Ay} = -0,66 \text{ KN}$$

$$R_{By} = 1,41 \text{ KN}$$

Calculo dos esforços internos (esforço cortante e momento flector)

1^o trecho:

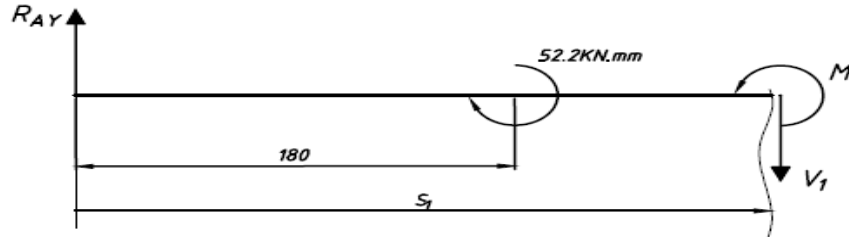


Figura 8: Trecho da viga, secção C-C (Fonte: Do autor).

$$\uparrow : R_{Ay} - q_0 * S_1 - V_1 = 0 \quad (1)$$

$$V_1 = -0,66 - q_0 * S_1$$

$$\curvearrowleft : M_1 = 0; M_1 - M_{pb} - R_{Ay} * S_1 + \frac{q_0 * S_1^2}{2} = 0 \quad (2)$$

$$M_1 = 52,2 - 0,66 * S_1 - \frac{q_0 * S_1^2}{2}$$

Quando o $S_1 = 0$, temos:

$$V_1 = -0,66 \text{ kN}$$

$$M_1 = 52,2 \text{ kN.m}$$

Quando o $S_1 = 580 \text{ mm}$, temos:

$$V_1 = -1,41 \text{ kN}$$

$$M_1 = -549,26 \text{ kN.m}$$

2^o trecho:

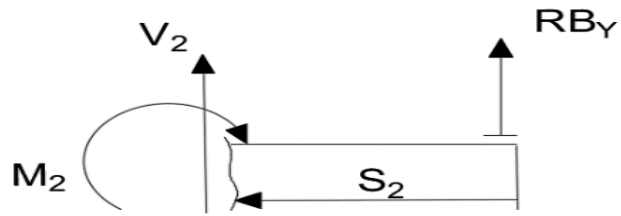


Figura 9: trecho da viga, secção D-D (Fonte: Do autor).

$$\uparrow : V_2 + R_{B_y} = 0 \quad (1)$$

$$V_2 = -R_{B_y} = -1,41 \text{KN}$$

$$\curvearrowright : M_2 = 0; -M_2 + R_{B_y} * S_2 = 0 \quad (2)$$

$$M_2 = R_{B_y} * S_2 = 1,41 * S_2$$

Quando o $S_2 = 0$, temos:

$$V_2 = -1,41 \text{KN}$$

$$M_2 = 0 \text{KN.mm}$$

Quando o $S_2 = 100 \text{mm}$, temos:

$$V_2 = -1,41 \text{KN}$$

$$M_2 = 141 \text{KN.mm}$$

Construção dos diagramas da força cortante e momento flector

Diagrama de força cortante V

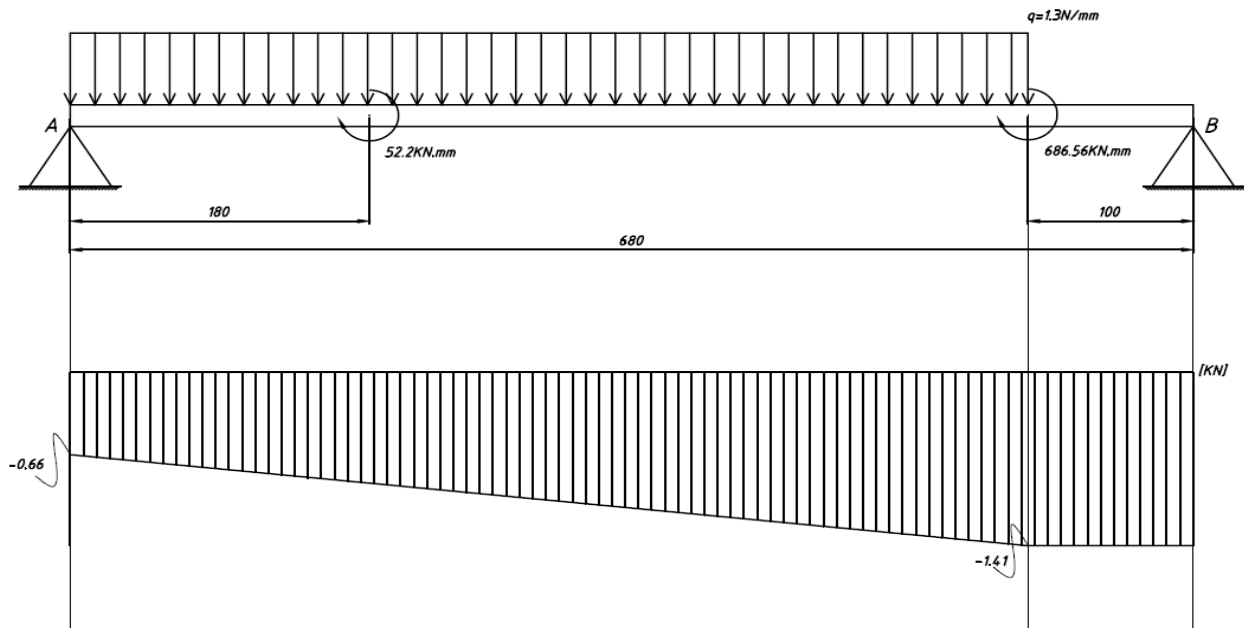


Figura 10: Diagrama de esforço cortante (Fonte: Do autor).

Diagrama de momento flector Mf

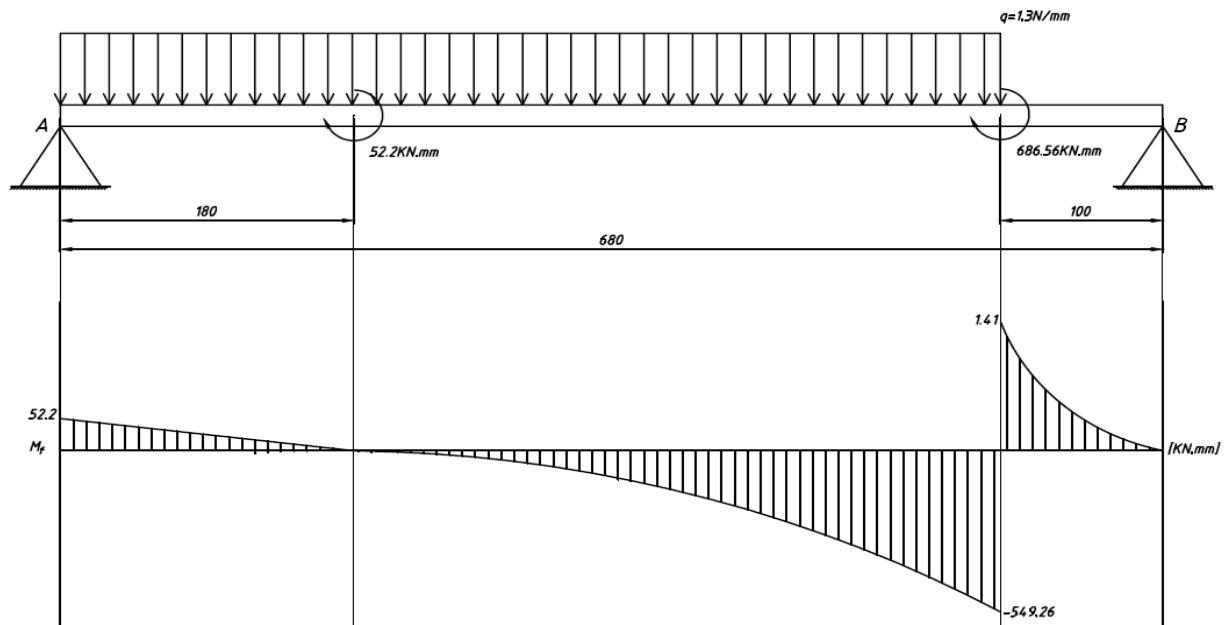


Figura 11: Diagrama do momento flecto (Fonte: Do autor)

Calculo do momento resultante

$$M_{res} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$M_{res} = \sqrt{(-549260)^2 + (0)^2}$$

$$M_{res} = 549260N.mm$$

Interpretação dos resultados obtidos das reacções dos apoios e dos diagramas

De acordo com os resultados obtidos, o apoio do ponto B sofre maior carregamento ($R_{B,y}=1,37KN$) em relação ao apoio do ponto A ($R_{A,y}=0,61KN$), oque origina um desnivelamento do tanque (como ilustra a imagem a baixo). A força cortante e o momento flector máximo verifica-se a 100mm do ponto B (mais próximo do apoio com maior carregamento), oque origina maior probabilidade de ruptura neste local.



Imagem 5: Ilustração de desgaste acentuado do apoio B (Fonte: Do autor).

Verificação da resistência da tampa do tanque da *tipler*

A verificação da resistência da tampa do tanque vai nos permitir saber se a tampa resiste as solicitações impostas a ela ou não, sendo que me caso de não resistência será necessário redimensionar a uma espessura que possa resistir.

$$[\sigma_{adm}] = 131,43MPa$$

$K_f = 1,3$ para materiais dúcteis com mudança brusca de geometria

$$\sigma = \frac{M_f}{W_x} * K_f \leq [\sigma_{adm}]$$

$$\sigma = \frac{M_f * 6 * y}{b * h^2} * K_f \leq [\sigma_{adm}]$$

$$\sigma = \frac{549260 * 6 * 5}{1120 * 10^2} * 1,3 \leq 131,43MPa$$

$$\sigma = 191,3MPa \leq 131,43MPa$$

Desta forma verifica-se que a tampa com a espessura de 10mm não resiste as tensões locais.

3.3.1.2. Redimensionamento da tampa do tanque da *tipler*

Dimensionamento da espessura da tampa

O dimensionamento irá consistir no cálculo de uma nova espessura que possa resistir as solicitações impostas com base na tensão admissível calculada anteriormente.

$$\frac{M_f * 6 * y}{b * h^2} * K_f \leq [\sigma_{adm}]$$

$$\frac{M_f * 6 * y}{b * [\sigma_{adm}]} * K_f \leq h^2$$

$$h^2 \geq \frac{549260 * 6 * 5}{1120 * 131,43} * 1,3$$

$$h \geq \sqrt{145,52}$$

$$h \geq 12,1mm$$

Desta forma conclui-se que a espessura da tampa do tanque devera passar de 10mm para 12,1mm (aumento de 2,1mm) para que ela resista ás tensões locais.

Visto que não existem chapas com espessura de 12,1mm , recorreu se a tabela DIMENSIONS NOMINALES de espessuras padronizadas , onde escolheu – se o índice 10, R 10, Ra10 para espessuras de 10 a 100mm, que é espessura de 12,5mm sendo a espessura mais próxima da calculada.

Apos a realização deste trabalho e apresentação dos resultados, como forma de teste da solução apresentada do problema das rachas nas tampas das *tiplers* a empresa optou em fazer a modificação, aumentando chapa de emenda de espessura de 3mm por cima da tampa

concretamente onde surgiam as rachas, tendo-se verificado que as rachas deixaram de aparecer.
Vide a figura abaixo.



Imagem 6: Ilustração da tampa do tanque com a chapa de emenda (Fonte: Do autor).

CAPITULO IV: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1. Conclusão

No final deste trabalho, que teve como propósito o melhoramento de manutenção dos dispositivos de baldeação de carga a granel (*tipler*) no Porto de Maputo pode se concluir que a não existência de planos de realização periódica da manutenção preditiva e preventiva tem apresentado diversos problemas, sendo estas avarias frequentes, não existência de peças sobressalentes a tempo para resolução de uma avaria, bem como o não conhecimento do comportamento das avarias e métodos de sua resolução, o que para empresa acarreta custos não planejados e em caso mais extremo periga a segurança de todos intervenientes na operação.

Também pode se concluir que existe a necessidade da criação de um sector especializado em desenvolver, implementar e verificar a eficiência da realização de manutenção preditiva (inspeção e qualidade) para este tipo de equipamento e que a posterior poderá abranger outros equipamentos, com vista a aumentar a sua disponibilidade.

De acordo com os exemplos acima apresentados pode-se verificar que a realização do RCA traz benefícios que proporcionam maior rendimento á empresa e maior confiabilidade do equipamento, tendo-se resolvido por definitivo o surgimento de rachas na tampa do taque da *tipler*, o que se espera que essa pratica se estenda para outros tipos de avarias de modo que o equipamento possa apresentar uma disponibilidade de 95% e segurança de sua operação.

4.2. Recomendações

Para garantir um bom estado de conservação dos dispositivos de baldeação de carga a granel (*tippler*) e a conseqüente produtividade, recomenda-se o seguinte:

- ❖ Avaliação e implementação do RCM, sendo o plano de manutenção preditiva acima apresentado (inspecção) e elaboração de um plano de manutenção preventiva que se adeque a realidade das operações;
- ❖ Treinamento dos técnicos para realização das inspecções (verificação de estrutura, parte eléctrica e hidráulica) com vista a ter um único padrão de avaliação;
- ❖ Retirada diária das horas de funcionamento das *tipplers*, o que irá permitir verificar a periodicidade da ocorrência de uma determinada avaria bem como a planificação das manutenções;
- ❖ Por parte dos técnicos o registo efectivo das avarias, sendo o tempo de reparação, parte do equipamento avariado e as horas de ocorrência, para permitir verificar o nível de criticidade;
- ❖ Realização e documentação do RCA de modo a permitir saber que modificações o equipamento sofreu e porque razões tornaram se necessárias;
- ❖ Lubrificação diária das *tipplers* e registo de sua actividade.

4.3. Bibliografia

- RUI VASCO SITOË; Manual de órgãos de máquina I, capítulo 1 critérios de capacidade 2010 e capítulo 8 roscas;
- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000, p. 3
- OTANI& MACHADO. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. *Revista Gestão Industrial*. Vol.4, n.2, 2008.
- KARDEC, A.& NASCIF, J. (2002). **Manutenção Função Estratégica**. Editora Qualitymark. 1ª Edição. Rio de Janeiro
- MORAES, P.H.A. **Manutenção Produtiva Total**: estudo de caso em uma empresa automobilística. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté. Disponível em: <<http://migre.me/4FEPO> >. Acesso em 11.out. 2001.
- ELSAYED, E.A. **Reliability Engineering**. Nova York: Prentice-Hall, 1996. 737p.
- TAVARES, L.A. **Administração Moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 1996
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002. p.645

Anexo I

Figura A. Checklist fornecido pelo fabricante no manual da Tippler

INSPECTION LIST

DESCRIPTION	CHECKED (TICK)
MECHANICAL	
Check Twistlocks for Excessive Wear	
Ensure Twistlock Housings free from commodity build up	
Check landed sensor actuator free and working	
Check all bolted connections and replace bolts accordingly	
Check all greasing points are greased	
Ensure Main Access Door is Fixed In place	
Check structure for cracks	
Check guides are in suitable condition and correctly fixed to Tippler	
Check Inner Frame is hanging Level	
HYDRAULIC	
Check Hydraulic Power Pack Anti Vibration Mounts are good	
Ensure Power Pack is Clean and in good order	
Check Hydraulic Oil Level	
Check all hoses and connections for leaks	
Check all hoses for any damage	
Check Tilting Cylinder For leaks	
Check Twistlock Cylinders for Leaks	
Check Cylinders are securely fixed in position	
ELECTRICAL	
Check electrical panel anti vibration mounts are good	
Check electrical panel is clean and in good order	
Check main Power cable for damage	
Check main power cable plug pins for damage	
Check Light Box and Lights are in working order	
Check power pack motor is free from dirt and cooling fan is free from obstructions	
Check landed, locked and unlocked proximity sensors are in working order	
Check inner frame electrical enclosure is fixed	
Check main sensor multi core cable for damage	

Apêndice I



Proposta de inspeção das tippers

Tippler n°: _____

Conta Hora: _____

Data: ____/____/____

Hora de inicio: ____:____

Hora fim Inspeção: ____:____

1- Verificação do estado dos twistlocks, bushs e sensores

Padrão óptimo do twistlock: H= 43mm e Hmin = 35m.

Ferramentas de medição: 1 Esquadro, 1 paquímetro e 1 apalpa folga.

Instrução: Posicionando a primeira aresta na base do twistlock e a outra aresta mede a altura da parte de trabalho do mesmo, como ilustra a figura abaixo.



A dimensão obtida deve estar dentro dos parâmetros estabelecido (43-35mm), sendo que abaixo de 35mm o twistlock não apresenta condições de funcionamento e deve se trocado.

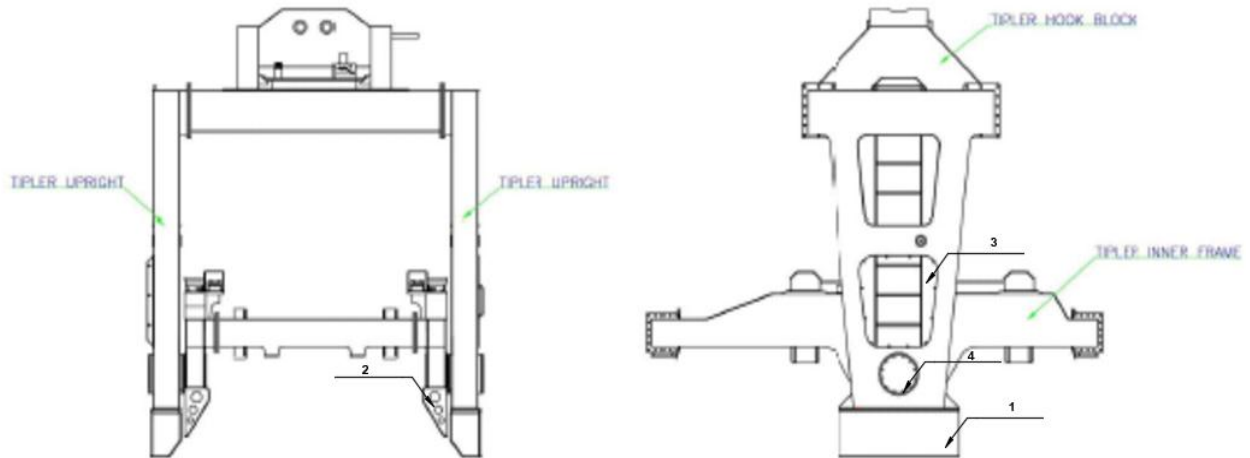
Legenda: **H**-Altura de trabalho, **D**- Diâmetro do corpo do twistlock, **S.A**- Sensor de aterramento, **S.T**- Sensor de tranca, **S.D**- Sensor de destranca.

Inspeção dos twistlocks, bush e sensores						
Item	Dimensões (mm)		Twistlock, bush e sensores			
	Padrão	Limite	1º	2º	3º	4º
H	43	35				
Bush	Sem Racha	Sem Racha				
S.A	3	+2				
S.T	3	+2				
S.D	3	+2				

2- Verificação da estrutura

Pontos a verificar:

1- Batentes lateral de suporte da tipler; 2- Batentes lateral do frame; 3- Tampas dos cilindros de bascular; 4- Parafusos da tampa do lock element.



Inspeção da estrutura			
	Verificação	Bom	mau
1	Verificar desgaste dos batentes frontal e traseiro dos frames		
2	Verificar o desgaste dos batentes laterais esquerdo e direito do frame		
3	Verificar o desgaste dos batentes laterais esquerdo e direito do suporte da tipler		
4	Verificar a estrutura e nas bushas quanto as rachas (medir a extensão) e empenos excessivos		
5	Verificar todos os parafusos das tampas do lock elemento se estão completos e o seu aperto (X N.m)		
6	Verificar todos parafusos das tampas dos cilindros de bascular e o seu aperto (X N.m)		
7	Verificar rachas e o desgaste nos pinos de engate		

8	Verificar os suportes do tanque hidráulico quanto a rachas na área dos apoios.		
	Verificar o estado dos tirantes		
9	Verificar a condição do fecho das tampas do power supply		
Observação:			

3- Verificação das condições hidráulicas e lubrificação

Inspecção da hidráulica e lubrificação			
	Verificação	Bom	mau
1	Verificar/lubrificar todos pontos de lubrificação dos twistlocks		
2	Verificar o nível do óleo do tanque pelo visor (acrescentar se necessário)		
3	Verificar a coloração do óleo hidráulico		
4	Verificar o estado dos tubos hidráulicos (fissuras, apertos,)		
5	Verificar fuga de óleo nos cilindros, tubos hidráulicos e bloco de válvulas		
6	Verificar o desgaste e o aperto dos apoios do tanque hidráulico		
7	Verificar a existência e o estado das manilhas de suporte de cabos		
Observação:			

4- Verificação da parte eléctrica

Inspecção Eletrica			
	Verificação	Bom	mau
1	Verificar o estado do cabo eléctrico de alimentação da trippler		
2	Verificar as luzes indicadoras (aterramento, trancado e destrancado)		
3	Verificar os sensores e respectivos cabos		
4	Verificar a alimentação entre sensor e relay		
5	Verificar se as tomadas não estão partidas		
6	Testar a funcionalidade dos sensores de proximidade		

Observação:

Inspeccionado por

Supervisor
