

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GILMAR CARLOS MASCARELLO JUNIOR

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO
CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC) EM EQUIPAMENTO
DO SETOR PORTUÁRIO**

CURITIBA

2022

GILMAR CARLOS MASCARELLO JUNIOR

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO
CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC) EM EQUIPAMENTO
DO SETOR PORTUÁRIO**

**APPLICATION OF THE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
METHODOLOGY (RCM) IN PORT SECTOR EQUIPMENT**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GILMAR CARLOS MASCARELLO JUNIOR

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO
CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC) EM EQUIPAMENTO
DO SETOR PORTUÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22 de Novembro de 2022

Marcelo Rodrigues
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Emerson Rigoni
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Carlos Henrique Mariano
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CURITIBA
2022**

RESUMO

As atividades de manutenção vêm se tornando cada dia mais importantes nos processos econômicos, uma vez que elas influenciam diretamente na produtividade e resultado das organizações. Nesse cenário de competitividade e busca por melhores índices de eficiência, é fundamental conhecer os equipamentos de produção para que seja possível tomar decisões assertivas sobre o tipo de manutenção a ser realizada. A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é uma técnica que auxilia no desenvolvimento de um programa de manutenção sistemático, que alia os objetivos e o custo-benefício de forma eficaz. O MCC é uma metodologia para seleção das atividades de manutenção e seus períodos de execução, reduzindo os custos, atividades desnecessárias e aumentando a confiabilidade do sistema por meio da redução de ocorrências das falhas. Nesse cenário, este trabalho tem o objetivo de apresentar um estudo de aplicação dos conceitos do RCM em um equipamento do setor portuário, o qual resultou na revisão do modelo de gestão de manutenção e proposta de uma nova metodologia para um dos sistemas do equipamento portêiner.

Palavras-chave: Confiabilidade; Disponibilidade; Manutenção; Análise de Falhas.

ABSTRACT

Maintenance activities are becoming more and more important in economic processes, since they directly influence the productivity and results of organizations. In this scenario of competitiveness and the search for better efficiency rates, it is essential to know the production equipment so that it is possible to make assertive decisions about the type of maintenance to be performed. Reliability Centered Maintenance (RCM) is a technique that helps in the development of a systematic maintenance program, which combines objectives and cost-effectiveness effectively. RCM is a methodology for selecting maintenance activities and their execution periods, reducing costs, unnecessary activities and increasing system reliability by reducing the occurrence of failures. In this scenario, this work aims to present a study of application of RCM concepts in a port sector equipment, which resulted in the revision of the maintenance management model and proposal of a new methodology for one of the portainer equipment systems.

Keywords: Reliability; Availability; Maintenance; Failure Analysis.

LISTA DE SIGLAS

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

CBM - *Condition Based Maintenance* (Manutenção Baseada na Condição).

EEO - Evidente com efeito Econômico ou Operacional.

ESA - Evidente com efeito na Segurança ou Ambiente.

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise de Modo de Falha e Efeito).

MTBF - *Mean Time Between Failures*. (Tempo Médio Entre Falhas).

MTTF - *Mean Time To Failure*. (Tempo Médio Até a Falha).

MTTR – *Mean Time To Repair*. (Tempo Médio Para Reparo).

OEO - Oculto com efeito Econômico ou Operacional.

OSA - Oculto com efeito na Segurança ou Ambiente.

RCM – *Reliability Centred Maintenance*. (Manutenção Centrada em Confiabilidade).

TBM – *Time Based Maintenance*. (Manutenção Baseado no Tempo).

TEUS – *Twenty-feet Equivalent Unit*. (Unidade equivalente a vinte pés).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de Portêiner	13
Figura 2: Estrutura do Trabalho.	16
Figura 3: Modelo de Portêiner – Vista Lateral	27
Figura 4: Fluxograma das etapas desenvolvidas no presente trabalho.	29
Figura 5: Exemplo de <i>Trolley</i> – Vista Lateral	31
Figura 6: Exemplo de <i>Spreader</i> - Acoplado a um container.	32
Figura 7: Exemplo de <i>Trucks</i> – Vista Frontal.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação da Manutenção Tradicional com o RCM	24
Quadro 2: Performance do equipamento.....	32
Quadro 3: Modos de falhas	35
Quadro 4: Ocorrência de Falha.....	36
Quadro 5: Eficácia dos métodos de controle	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS	13
1.4 OBJETIVOS	14
1.4.1 Objetivo Geral	14
1.4.2 Objetivos Específicos	14
1.5 JUSTIFICATIVA	15
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 CONFIABILIDADE	18
2.1.1 Principais conceitos de confiabilidade	18
2.2 MANUTENÇÃO	19
2.2.1 Tipos de manutenção	20
2.2.2 Manutenção corretiva	21
2.2.3 Manutenção preventiva	22
2.2.4 Manutenção preditiva	22
2.3 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	23
2.3.1 Fundamentos do RCM	23
2.3.2 Objetivos do RCM.....	24
2.3.3 Processo de implementação do RCM	25
2.4 EMPRESA PARCEIRA DA PESQUISA	26
2.5 EQUIPAMENTO ANALISADO	26
2.6 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	28
3 ANÁLISE	29
3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS E FUNÇÕES	30
3.1.1 Seleção do Sistema para aplicação da metodologia	33
3.2 ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS	35
3.3 SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA	37
3.4 SELEÇÃO DAS ATIVIDADES APLICÁVEIS	38
3.5 DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS	38
3.6 REDAÇÃO DO MANUAL DO RCM	39
3.7 ACOMPANHAMENTO	39
3.8 ATIVIDADES EXTRAS	40
3.9 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	40

4 CONCLUSÕES E ANÁLISES FINAIS	42
4.1 RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	43
REFERÊNCIAS	44
<i>ANEXO A - Etapa 2 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA).....</i>	46
<i>ANEXO B - Etapa 3 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha.....</i>	48
<i>ANEXO C - Etapa 4 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas</i>	50
<i>ANEXO D - Etapa 5 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção</i>	53
<i>ANEXO E - Etapa 6 – Redação do Manual do RCM.....</i>	55

1 INTRODUÇÃO

Nas indústrias, existem três tipos de recursos que são primordiais para que a produção possa se desenvolver. A mão de obra, matéria prima e as máquinas, as quais devem ter a quantidade, qualidade e estar disponível em todo o tempo que for necessário para que os produtos elaborados atendam aos requisitos do mercado que aumentam a cada dia (SLACK, 2009).

Nesse sentido, é importante que a atividade de manutenção seja feita de maneira eficiente para que possa colaborar com o processo produtivo e consequente com a competitividade das companhias.

Segundo Gonzalez (2011), a produtividade é a relação entre os recursos empregados e os resultados obtidos. Quando alcançado uma alta produtividade, conseqüentemente a matéria prima, a capacidade das máquinas, o tempo e as habilidades das pessoas. Em contrapartida ter baixa produtividade é estar utilizando mais recursos e obtendo menos do que poderia ser aproveitado.

Atualmente a manutenção tem assumido uma dimensão estratégica e fundamental nas empresas que buscam se manter competitivas no mercado. Sendo assim, ela deixa de ser vista apenas como uma atuação pontual no momento da falha, e passa a ser tratada como ferramenta para prevenir falhas e preservar os ativos, tornando-se uma atividade mais estratégica do que operacional.

Neste aspecto, as atividades da manutenção são realizadas para manter os objetivos da produção, que por sua vez são focados na melhoria da produtividade, garantia da qualidade, redução de custos, cumprimento da data de entrega, segurança e proteção ambiental e aumento da motivação dos funcionários.

A qualidade da manutenção empregada não afeta apenas a área operacional, mas todas as outras. A disponibilidade de máquina, o aumento da competitividade e da lucratividade, satisfação do cliente e bem-estar dos colaboradores, produtos com defeito zero, alta manutenibilidade, segurança pessoal e ambiental, são alguns exemplos de indicadores que estão diretamente relacionadas com o nível de qualidade empregada da manutenção.

1.1 TEMA

Em termos gerais o objetivo da manutenção é garantir a disponibilidade total das funções dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados. Nesse sentido, vários métodos foram desenvolvidos e sofreram alterações ao longo do tempo a fim de atender as demandas encontradas nas indústrias.

Um desses métodos é conhecido como Manutenção Centrada em Confiabilidade, também conhecido como MCC ou RCM - *Reliability Centered Maintenance*. Essa metodologia segundo Moubray (2000), foi desenvolvida pela indústria aeronáutica americana e baseia-se na gestão de ativos e sua confiabilidade. A metodologia busca obter ativos mais confiáveis que conseqüentemente aumentam os níveis de segurança dos processos e serviços, além da diminuição das falhas, perdas e gastos devido as atividades de manutenção.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O setor portuário brasileiro se mostrou resistente a crise econômica que afetou o país no ano de 2020 e 2021. Segundo dados do Estatístico Aquaviário da Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ, o setor apresentou crescimento de 4,8% em 2021 comparado ao ano de 2020. A safra recorde combinada com a moeda brasileira desvalorizado, fez com que as exportações se tornassem mais atrativas para os produtores. Conseqüentemente, este cenário tem exigido por parte das empresas portuárias cada vez mais um aumento constante de produtividade e eficiência para atender a demanda do mercado.

Sendo assim, ter uma estratégia de manutenção adequada e bem estruturada torna-se fundamental para o atingimento de níveis altos de produtividade. Em qualquer cenário a manutenção é importante, uma vez que seu principal objetivo é manter as disponibilidades dos equipamentos, gerenciar os recursos e eliminar os defeitos. Quando adotado a estratégia mais adequada é possível aumentar esses indicadores sem necessariamente elevar os gastos

de manutenção. Nesse aspecto, o estudo em questão estará delimitado na avaliação de alguns subsistemas do portêiner, exemplificado na figura 1.

Figura 1: Exemplo de Portêiner



Fonte: ERGOS Group.

O portêiner é considerado o principal equipamento dos terminais portuários uma vez que é o responsável pela carga e descarga dos navios de transporte.

1.3 PROBLEMAS E PREMISSAS

O Brasil possui cerca de 175 instalações portuárias de carga, incluindo portos, terminais marítimos e instalações aquaviárias. Em 2021, as instalações portuárias brasileiras movimentaram 1,218 bilhão de toneladas segundo a ANTAQ. Esse número mostra a importância desse setor para a econômica brasileira.

Diante disso, é necessário que as empresas do ramo tenham estratégias bem definidas para potencializar e otimizar suas operações, e assim atender à crescente demanda do mercado. A metodologia RCM está alinhada a esse propósito, uma vez que tende a garantir a confiabilidade dos equipamentos. Ao analisar as operações portuárias, isso reflete em um dos seus objetivos

principais: garantir que os navios atraquem e partam nos horários programados, sem atrasos decorrentes de anomalias ou indisponibilidade de equipamentos.

Nesse estudo em questão, a empresa analisada não possui uma metodologia de manutenção bem estruturada. As equipes de manutenção atuam preventivamente cumprindo os planos de manutenção, e corretivamente nas anomalias que geram indisponibilidade. Porém, não é feita uma análise aprofundada das falhas que ocorrem, logo não é possível afirmar se as atividades preventivas estão corretamente dimensionadas e programadas, e garantir que futuramente a companhia não tenha problemas de maior gravidade.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Aplicar a metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em um subconjunto crítico dos portêineres, equipamento utilizado para embarque e descarga de contêineres em navios.

1.4.2 Objetivos Específicos

A fim de concluir o objetivo geral, o trabalho deve contemplar os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar os principais conceitos sobre manutenção com ênfase na Manutenção Centrada em Confiabilidade;
- Explicitar os subsistemas do portêiner;
- Selecionar um subsistema para aplicação do RCM;
- Descrever as falhas funcionais do subsistema selecionado;
- Analisar os modos de falhas do subsistema escolhido, seus efeitos e sua criticidade;
- Selecionar as funções significantes e classificação de seus modos de falhas;
- Selecionar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas;
- Definir os intervalos iniciais e agrupamento das tarefas da manutenção;
- Redigir o manual do RCM e implementação.

1.5 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista o cenário competitivo do mercado, a manutenção representa um setor chave nas empresas. Uma manutenção eficaz significa garantir a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos, além de aumentar a produtividade, a segurança operacional e ambiental e a redução de custos de uma empresa.

Mesmo com a evolução da manutenção ao longo das décadas, uma grande parcela das indústrias ainda opera de forma apenas corretiva, sem qualquer planejamento ou método. A empresa desse estudo encaixa-se nesse grupo, por mais que apresente uma boa eficiência dos equipamentos, a mesma não executa atividades de análise de falhas e conseqüentemente não atua na causa da raiz dos problemas. Logo, está sujeita a recorrência de anomalias, desgaste forçado dos equipamento e outros problemas a longo prazo decorrentes da má eficiência da manutenção.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

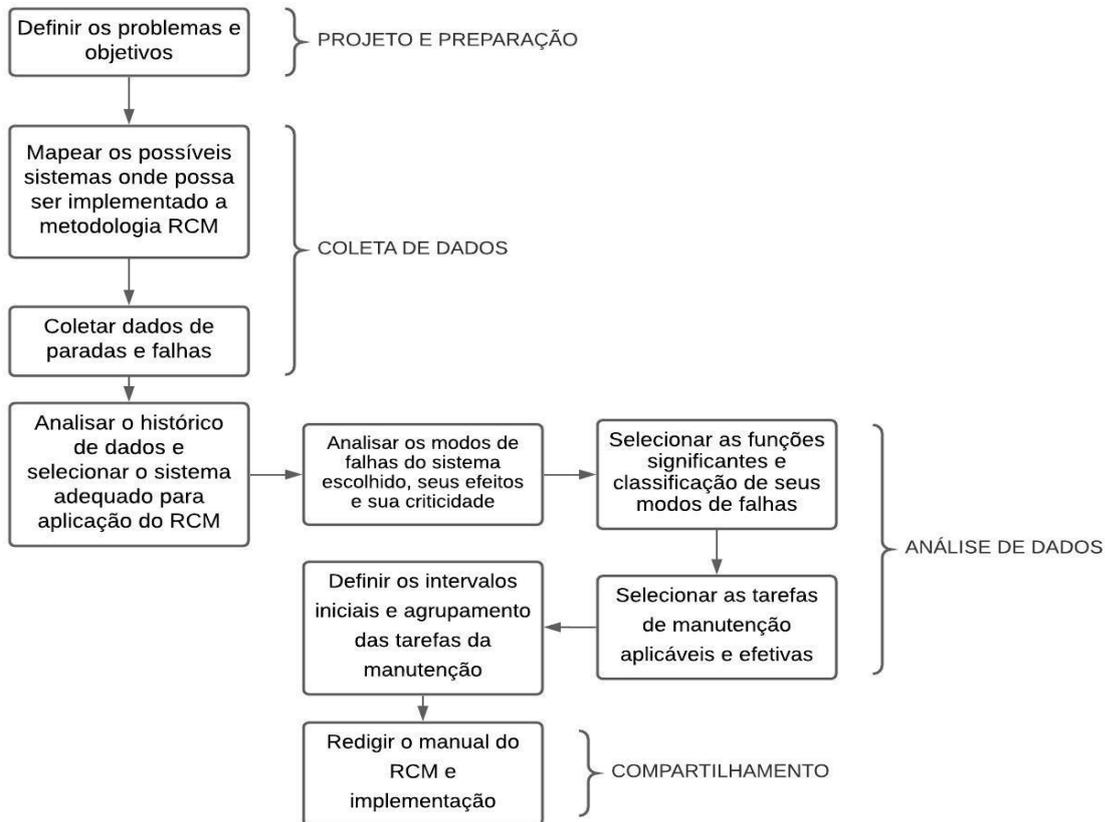
O presente trabalho se caracteriza por ser uma pesquisa explicativa, de natureza aplicada e de lógica dedutiva. A coleta de dados se dará por meios primários, onde os dados serão gerados e analisados in loco na empresa parceira, e haverá dados secundários, onde serão utilizadas as bibliografias que norteiam esse trabalho.

Quanto a sua abordagem, a pesquisa será quali-quantitativa pois envolverá ambas as abordagens. Segundo Azevedo e Ensslin (2020) sobre as pesquisas quantitativas “Trabalha com variáveis quantificáveis, mensuráveis, o que significa que, independentemente de quem realizar a mensuração do valor, o resultado deverá ser sempre o mesmo.” Já sobre as qualitativas, Azevedo e Ensslin (2020) “As variáveis qualitativas também são mensuráveis, mas o resultado ou valor da mensuração está vinculado aos conceitos e opiniões de quem efetuou a mensuração”. Por fim, seus procedimentos técnicos seguirão os padrões de estudos de casos.

Para atingir os objetivos citados anteriormente, têm-se o protocolo da

pesquisa, exemplificado na figura 2, que visa apresentar os passos a serem realizados no desenvolvimento do estudo.

Figura 2: Estrutura do Trabalho.



Fonte: Autoria própria (2022).

Projeto e preparação refere-se a parte inicial, onde será apresentado a introdução, os objetivos gerais e específicos, e toda a revisão literária que abrange ao tema da pesquisa. A segunda etapa, diz respeito a coleta de dados, neste trabalho isso será feito através de visitas a empresa envolvida, análise histórica de indicadores e documentação de falhas de manutenção, entrevistas com os técnicos e gestores de manutenção.

Após concluída a etapa de coleta de dados, segue-se para a análise dos dados coletados. Essa etapa está dividida em 5 subetapas, sendo elas:

- Análise dos sistemas críticos e definição de qual será aplicado o método RCM;

- Elaboração da análise de modo de falha e efeito (FMEA) do subsistema escolhido;

- Seleção das funções significantes e classificação dos seus modos de falhas por meio de uma matriz de decisão;

- Seleção das tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas conforme modelo proposto por Siqueira (2009);

- Definição dos intervalos iniciais e agrupamentos das tarefas de manutenção;

E por fim, após a etapa de análise, têm-se o compartilhamento, onde será redigido o manual do RCM e definido os métodos de acompanhamento pós aplicação da metodologia.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será dividido em 4 capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução – Apresentação do Tema, Problemas e Premissas, Objetivos, Justificativa, Procedimentos Metodológicos e Estrutura do Trabalho;

- Capítulo 2 – Fundamentação Teórica – Revisão teórica sobre gestão, métodos e técnicas de manutenção. Aprofundamento teórico sobre manutenção centrada em confiabilidade (RCM).

- Capítulo 3 – Análises e Simulações – Efetuado estudo para definir subconjuntos críticos do equipamento escolhido, Portêiner, para aplicação do RCM. Em seguida, apresenta-se o estudo de caso da aplicação do modelo no subconjunto definido.

- Capítulo 4 – Conclusões e Análises Finais – Apresentado as conclusões do trabalho e sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será realizado uma revisão bibliográfica sobre assuntos relacionados ao tema do trabalho de pesquisa. Será apresentado os principais conceitos de confiabilidade, os tipos de manutenção, os conceitos de manutenção centrada em confiabilidade, uma breve descrição da empresa parceira da pesquisa e o equipamento a ser analisado.

2.1 CONFIABILIDADE

A aplicação destes conceitos de confiabilidade nos processos produtivos vem do século XX e vai de encontro com a expansão da indústria eletroeletrônica. Conforme NBR 5462 de 1994, a confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas durante um intervalo de tempo.

De acordo com Fogliatto (2009) de forma geral a confiabilidade está atrelada à operação bem-sucedida de um equipamento ou sistema, isso se afirma na ausência de quebras ou falhas. Nesse sentido, confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar de maneira satisfatória sua função, sob condições de operação estabelecidas, por um período pré-determinado de tempo.

2.1.1 Principais conceitos de confiabilidade

Na área de estudo da confiabilidade alguns conceitos são necessários para o entendimento da temática, sendo assim são apresentadas as seguintes definições:

- Qualidade: segundo Fogliatto (2009) é o cumprimento das especificações de projeto e manufatura com o mínimo de variabilidade possível.
- Manutenibilidade: conforme a NBR 5462/1994 é a capacidade de um item ser mantido ou recolocado a condições de executar suas funções requeridas sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições, procedimentos e meios determinados.

-Segurança: Também segundo Fogliatto (2009) segurança é a ausência de condições que causam danos físicos ou ocupacionais a pessoas.

-Disponibilidade: Kardec & Nascif (2010) definem disponibilidade como sendo a relação entre o tempo em que o equipamento ou instalação ficou disponível para produzir em relação ao tempo total.

-MTTF (*Mean Time To Failure*): também segundo a NBR 5462/1994 é definido como o tempo médio até a falha. Duração acumulada dos tempos de operação de um item, desde a sua colocação em estado de disponibilidade até a ocorrência da falha.

-MTBF (*Mean Time Between Failures*): Segundo Viana (2016), MTBF é caracterizado como sendo o tempo médio entre as falhas, é calculado pela divisão entre a soma das horas disponíveis do equipamento para a operação pela quantidade de intervenções corretivas realizadas no equipamento no período

- MTTR (*Mean Time To Repair*): Conforme Megiolaro (2015), MTTR é descrito como sendo o tempo médio de reparo, ou para reparo. Este indicador mensura o tempo médio que um determinado equipamento ficou inoperante para a execução da atividade de manutenção.

-Disponibilidade: segundo Fogliatto (2009) indica o grau em que o equipamento estará em condições para iniciar a missão, quando esta for solicitada, num instante determinado.

2.2 MANUTENÇÃO

A criação do processo de manutenção se iniciou na década de trinta, e desde então ocorrendo várias mudanças em sua forma de aplicação. “Até a década de trinta, as manutenções não eram sistematizadas e na sua maioria realizadas pelas próprias equipes de produção. Consistiam basicamente em serviços de limpeza, lubrificação e alguns reparos após a quebra” (KARDEC; NASCIF, 2006).

Segundo a NBR 5462 de 1994:

A manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar

uma função requerida.

De acordo com Xenos (2004) manutenção resumidamente significa “fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para os quais foi projetado, num nível de desempenho exigido”.

Além disso, o termo também está relacionado com a conservação periódica dos equipamentos, através de intervenções com o objetivo de reparar ou repor algo que não está funcionando corretamente e também manter funcionamento o que encontra-se adequadamente no momento.

Kardec e Nasfic (2009) também afirmam que além de executar sua função, a manutenção deve garantir a confiabilidade e disponibilidade do item físico ou instalação, atendendo ao processo com segurança, preservando o meio-ambiente e com custos adequados, sendo essa a missão da manutenção.

Conforme Siqueira (2009), de forma objetiva, a manutenção existe devido haver a degradação, quebra dos equipamentos e falhas nas instalações, causadas pelo seu desgaste natural ou forçada. Esta degradação pode se apresentar de diversas formas, desde a aparência externa deteriorada dos equipamentos até perdas de desempenho, indisponibilidade de produção, diminuição de qualidade dos produtos fabricados, poluição ambiental, condições insuguras, entre outros outros.

Nesse cenário, de forma ampla a manutenção é um conjunto de ações necessárias para manter mais longa a vida útil dos equipamentos. Desde a revolução industrial a manutenção apresenta-se como uma atividade desafiadora e ao mesmo tempo chave para o sucesso das organizações, tendo em vista que a globalização trouxe oportunidades para muitas indústrias e cada vez mais exigindo maior eficácia nos serviços prestados e maior qualidade nos produtos oferecidos.

2.2.1 Tipos de manutenção

De acordo com Siqueira (2009), os tipos de manutenção podem ser classificados de acordo com a atitude dos usuários em relação às falhas. Nesse aspecto, os tipos mais comuns são: manutenção corretiva, manutenção

preventiva e manutenção preditiva.

2.2.2 Manutenção corretiva

Tem como objetivo corrigir uma falha que já está ocorrendo e afetando o desempenho do equipamento. É feita de forma imediata, sem tempo para o planejamento adequado da atividade. Isto é, manutenção corretiva não planejada é a correção da falha de modo aleatório a fim de evitar outras consequências com danos e perdas maiores (MARQUES, 2017).

É considerada como a forma de manutenção mais antiga e utilizada. Segundo a Norma NBR 5462 de 1994, é o serviço executado em caso de quebra do equipamento ou pane, com o destino de recolocar o mesmo em condições de executar sua função. Este tipo de manutenção acontece em busca de corrigir falhas em equipamentos, componentes, módulos ou sistemas, visando a volta ao funcionamento.

Uma das características desse tipo de atividade é o alto custo. Segundo Mirshawa & Olmedo (1993) esses custos concentram-se principalmente naqueles decorrentes da perda de produção, da não-qualidade dos produtos, da recomposição da produção e das penalidades comerciais, com possíveis seqüências sobre a imagem da empresa.

O custo da indisponibilidade pode dividir-se em custos diretos e indiretos. Conforme Freitas e Resende (2005), os custos diretos são todos aqueles relacionados à reposição de peças, ferramentas, equipamentos, mão de obra e insumos. Já os indiretos, surgem da depreciação dos equipamentos, geralmente por causa do uso em excesso, e também estão incluídos os custos na reparação de falhas.

Quanto ao planejamento das atividades, segundo Filho (2008), a manutenção corretiva se divide entre corretiva planejada e não planejada.

a) Não Planejada: quando se faz necessário uma intervenção emergencial imediata. A falha acontece e a manutenção é realizada em consequência dessa ocorrência. É uma atividade de alto valor, uma vez que na maioria dos casos ocasiona perdas de produção devido a parada do equipamento de maneira imprevista.

b) Planejada: é decorrente do acompanhamento preditivo dos

equipamentos, ocorre quando se detecta uma queda de desempenho do equipamento, mas não consequente de uma indisponibilidade.

2.2.3 Manutenção preventiva

Esse tipo de manutenção é realizado com o objetivo de reduzir ou evitar paradas, falhas ou queda no desempenho do equipamento. Ela é considerada como o ponto de apoio das atividades de manutenção, envolvendo tarefas sistemáticas tais como: as inspeções, substituição de peças e reformas (PATTON JR., 1983).

As atividades de manutenção são organizadas com base em um planejamento baseado em intervalos de tempo estabelecidos. Esse período é estabelecido a partir dos estudos de vida útil de cada componente do equipamento, e a manutenção se fundamenta na substituição de peças ou componentes antes que atinjam a idade em que passam a ter risco de quebra ocasionando paradas, ou mau funcionamento do equipamento. Essa característica de previsão de reparos baseada em intervalos de tempo, é conhecida como *Time Based Maintenance* (TBM) ou Manutenção Baseada no Tempo.

2.2.4 Manutenção preditiva

Essa atividade de manutenção realiza o acompanhamento do equipamento, com o objetivo de definir a necessidade ou não de uma intervenção. A manutenção preditiva é a execução da manutenção no momento adequado, antes que o equipamento apresente falha, e tem a finalidade de evitar a falha funcional ou evitar as consequências desta (MOUBRAY, 1997).

Esse tipo de manutenção também é conhecido com *Condition Based Maintenance* (CBM) ou Manutenção Baseada na Condição. Nesse modelo as intervenções ocorrem com base em dados. Com os avançados tecnológicos de nossa época é possível estabelecer previsão de diagnósticos de falhas futuras, através da análise dos sistemas produtivos com o acompanhamento sistemático das variáveis que indicam o desempenho dos equipamentos, define-se a necessidade da intervenção e o tempo de duração das peças e o desgaste do

equipamento.

Marques (2017) diz que a manutenção preditiva baseia-se em medições, como vibrações, análise dos lubrificantes e termografia, que permitem definir as condições reais dos equipamentos. As medições podem ser executadas continuamente ou em intervalos periódicos. Quando uma anomalia é detectada, segue-se para a execução de uma atividade de manutenção com o objetivo de antecipar uma possível falha. Conforme diz Siqueira (2009), a ação preditiva permite à gestão de manutenção planejar melhor as intervenções nos equipamentos, pois a preocupação com o desempenho da máquina e a monitoramento de suas condições mecânicas, bem como instalações e rendimentos operativos, tornam-se constantes.

2.3 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Conforme Siqueira (2009), o método RCM foi criado no final da década de 60. No seu início era utilizado pela indústria aeronáutica, com o objetivo de direcionar os esforços da manutenção, para os componentes e sistemas onde a confiabilidade é fundamental para a eficácia do equipamento. Dessa forma, era possível garantir o desempenho, segurança e preservação do ambiente e aliado a isso ter um melhor custo-benefício. De forma geral, por meio de métodos científicos o RCM identifica e mensura a confiabilidade de um sistema e apresenta alternativas para aumentar essa confiabilidade.

2.3.1 Fundamentos do RCM

Esse método apresenta um novo foco para a manutenção em relação ao modelo tradicional, direcionando suas ações em novos objetivos. De acordo com Siqueira (2009), os objetivos desse modelo de manutenção são baseadas na preservação da eficácia do funcionamento do sistema, dando ênfase nos dados com documentação obrigatória e sistemática, combatendo as consequências das falhas, seguindo normatizações e priorizando as funções.

Quadro 1: Comparação da Manutenção Tradicional com o RCM

Características	Manutenção Tradicional	RCM
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o Equipamento	Preservar a função
Atuação	Componente	Sistema
Atividades	O que pode ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória E Sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Falhas	Consequências das Falhas
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por Função

Fonte: Siqueira, Iony P. (2009, p.17).

O RCM visa realizar a manutenção de forma eficiente e assim gerando também uma maior confiabilidade nos sistemas. Ele é caracterizado por uma metodologia estruturada, que define as estratégias mais adequadas de manutenção para cada sistema ou equipamento, garantindo assim a confiabilidade, segurança e redução de custos em um serviço. Priorizam-se as necessidades do processo de produção e não do componente ou equipamento de maneira isolada de forma a garantir a confiabilidade.

2.3.2 Objetivos do RCM

De acordo com Kardec e Nasfic (2009) a missão da manutenção é garantir a confiabilidade e disponibilidade de um sistema. A implantação do RCM tem como objetivos o otimizar o método de manutenção, e busca aperfeiçoar o programa de manutenção garantindo a confiabilidade de suas informações e a eficácia do sistema. De forma resumida, esse modelo de manutenção apresenta como resultados a redução das atividades de manutenção com otimização do planejamento, aumento da produtividade, aumento da segurança humana e ambiental, redução dos custos com manutenção, materiais e operação e redução dos riscos.

2.3.3 Processo de implementação do RCM

A literatura do tema apresenta diferentes versões para aplicação do RCM. Podendo variar no número de etapas, ordem das atividades e ferramentas utilizadas. Porém, todas possuem uma abordagem e objetivos similares. Segundo Moubray (2000), o RCM procura responder sete questões apresentadas de forma sequencial sobre o sistema em análise, sendo elas:

1. Quais funções devem ser preservadas?
2. Quais as falhas funcionais?
3. Quais os modos de falha?
4. Quais os efeitos da falha?
5. Quais as consequências da falha?
6. Quais as tarefas aplicáveis e efetivas?
7. Quais as alternativas restantes?
8. Qual a frequência ideal para as tarefas?

Essas questões são respondidas através de uma sequência de atividades sequenciais, onde cada etapa possui ferramentas de modelagem e análise de sistemas que documentam os critérios e dados utilizados na resolução de cada questão (BACKLUND, 2003; MOUBRAY, 2000).

Dessa forma, segundo os mesmos autores citados anteriormente, o processo de implantação do RCM na manutenção de um equipamento ou sistema pode ser resumido em sete etapas:

- Etapa 1: Identificação das Funções do Sistema;
- Etapa 2: Análise dos Modos de Falha e Efeitos;
- Etapa 3: Seleção das Funções Significantes;
- Etapa 4: Seleção das Atividades Aplicáveis;
- Etapa 5: Definição dos Intervalos;
- Etapa 6: Redação do manual do RCM;
- Etapa 7: Acompanhamento dos resultados.

2.4 EMPRESA PARCEIRA DA PESQUISA

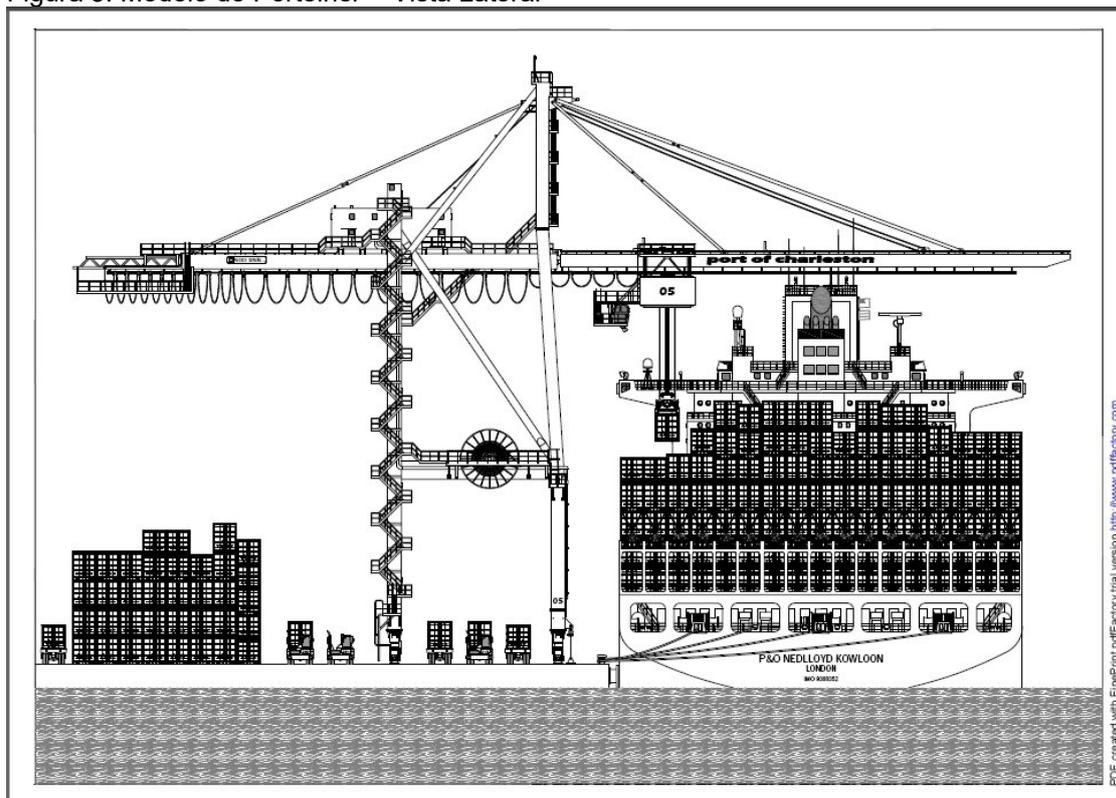
Localizado no litoral norte do estado de Santa Catarina, o porto está posicionado entre as regiões mais produtivas do Brasil. Iniciou suas operações no ano de 2011, e atualmente é considerado um dos terminais mais ágeis da América Latina e um dos maiores e mais importantes do país na movimentação de cargas containerizadas. Possui área de 12 milhões de m² e uma estrutura física capaz de movimentar 1,2 milhão de TEUs, unidade utilizada para descrever um contêiner equivalente a vinte pés, por ano, atualmente encontra-se em fase final de ampliação para atender a movimentação de 2,0 milhões de TEUs anualmente.

2.5 EQUIPAMENTO ANALISADO

O Portêiner é um equipamento portuário, montado sobre uma estrutura de pórtico, o mesmo é usado no manuseio de containeres para armazenamento em navios, pátios de embarque e até mesmo em caminhões. Atualmente é o equipamento portuário de maior representatividade na logística operacional dos terminais especializados na movimentação de containeres e cargas a serem exportadas.

O equipamento é formado por uma estrutura em formato de portal, com uma lança elevadiça horizontal que se posiciona sobre o navio para a movimentação dos contêineres. A figura 3 ilustra o equipamento:

Figura 3: Modelo de Portêiner – Vista Lateral



Fonte: Blog: Navios de Santos¹

Esse tipo de guindaste apresenta inúmeros modelos e tamanhos, que são construídos de acordo com a solicitação e demanda operacional dos terminais especializados. O mesmo possui três funções básicas operacionais: *hoist* (guincho), *trolley* (carro) e translação.

Hoist é conjunto de tambores e cabos de aço que fazem a movimentação de elevação da carga. O *trolley* é responsável pela movimentação da carga no sentido terra-mar e vice versa. O Sistema de translação é conjunto de *trucks* com sistema rodante, rodas de aço, e motores hidráulicos, que realizam a movimentação de todo o conjunto do portêiner sobre os trilhos posicionados em toda a extensão do cais ou píer operacional.

¹ Disponível em: <http://shipssantos.blogspot.com/2013_03_31_archive.html>. Acessado em: 01/05/2021

2.6 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Nesse capítulo foi apresentada uma revisão bibliográfica sobre conceitos de manutenção, manutenção centrada em confiabilidade e um detalhamento sobre seus fundamentos e método de aplicação. Além disso, apresentou-se o objetivamente o equipamento portêiner.

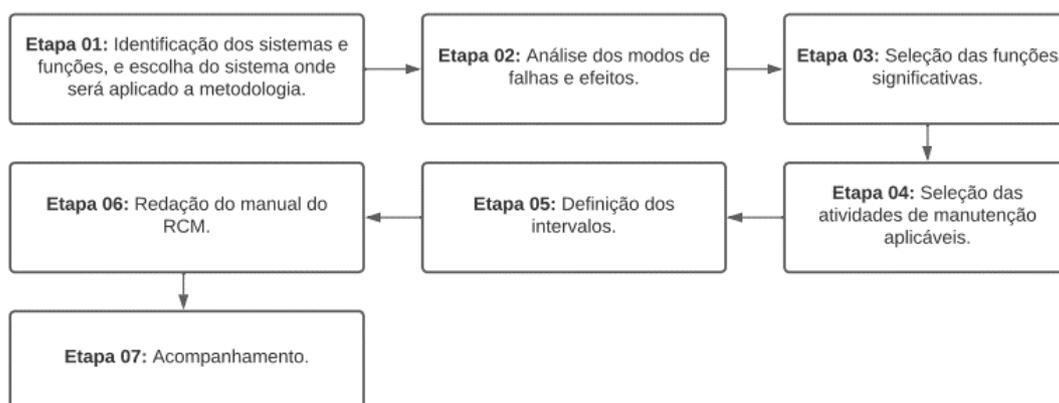
Entender os conceitos e metodologia do RCM é de extrema importância para o desenvolvimento do trabalho, uma vez que todo o desdobramento dele será baseado nas sete etapas de aplicação do método citadas nesse capítulo.

No próximo capítulo será apresentado a aplicação prática das etapas do RCM no sistema escolhido. Indo desde a apresentação do equipamento e os sistemas candidatos a aplicação, passando pela definição do sistema crítico e na sequência a execução das sete etapas da metodologia.

3 ANÁLISE

A partir das informações bibliográficas, dados coletados in loco, e objetivo do presente trabalho, apresenta-se nesse capítulo o desenvolvimento das 7 etapas da implementação do RCM. Sendo elas apresentadas conforme figura 04.

Figura 4: Fluxograma das etapas desenvolvidas no presente trabalho.



Fonte: Autoria própria (2022).

Inicialmente, etapa 01, foram entrevistados 2 técnicos de manutenção elétrica, 1 técnicos de manutenção mecânica, supervisor e gerente de manutenção e analista de planejamento, todos com mais de 5 anos de atuação em suas áreas, para captação de informações sobre o funcionamento do equipamento em estudo. Por meio dessas entrevistas e também consultas a documentações internas foram caracterizados os sistemas e funções do equipamento. Em seguida, analisou-se quantitativamente por meio da base de dados interna de indicadores de confiabilidade da empresa, MTTR e volume de falhas, cada sistema. Também foi feito uma análise qualitativa, através de entrevistas e reuniões com os funcionários da equipe de manutenção. A partir dessas informações, definiu-se qual o sistema seria aplicado o RCM.

Na segunda etapa, tendo o sistema de aplicação escolhido, seguiu-se para a análise dos modos de falhas. Nessa etapa, também com ajuda de entrevistas e reuniões com os colaboradores, foi feito o mapeamento da função predominante do sistema, suas falhas funcionais, os modos de falha, seus efeitos, suas causas e controles atuais para minimização delas. Mediante a

consulta da bibliografia estudada, foram feitas as classificações de severidade (S), ocorrência (O), detecção (D) e NPR(S.O.D).

Na terceira etapa, através de consulta a bibliografia que norteia este trabalho foram classificados os modos de falha conforme 4 categorias: ESA (Evidente Segurança Ambiental), EEO (Evidente Econômico Operacional), OSA (Oculto Segurança Ambiental) e OEO (Oculto Econômico Operacional).

Seguindo, a quarta e quinta etapa foram feitas em conjunto, por intermédio de reuniões com a equipe da empresa que envolveu-se no trabalho e consulta as bibliografias, definiu-se as tarefas de manutenção aplicáveis às classificação dos modos de falha levantados anteriormente e também os intervalos de execução de cada uma delas.

Na sexta etapa, esquematizou-se redação do manual do RCM. E por fim, a sétima etapa, também por meio de reuniões e consultas a bibliografia, definiu-se os métodos de acompanhamento da aplicação da metodologia.

Na sequência serão apresentadas em maiores detalhes a execução de cada uma dessas etapas.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS E FUNÇÕES

Por meio de entrevistas com os funcionários da empresa e consultas a documentações internas, foi possível analisar criteriosamente o equipamento, e de posse das informações dividi-lo em 5 sistemas principais. Sendo eles: lança, *trolley*, *hoist* (guindaste), *spreader*, *trucks*.

Conforme as entrevistas e o material consultado, caracteriza-se a lança como sendo a parte do equipamento que se posiciona sobre o navio e permite a movimentação do *trolley* e sequencialmente as movimentações dos contêineres. A lança possui a angulação variável, sendo possível ajustá-la entre 0° e 90° de acordo com a necessidade.

Figura 5: Exemplo de Lança – Vista lateral.



Fonte: Blog: Navios de Santos¹

O *trolley*, também chamado de carro, é caracterizado por ser uma cabine que se movimento pela lança e um dos três componentes principais responsáveis pelo movimentação das cargas. É nele onde fica o operador e o centro de controle operacional do equipamento.

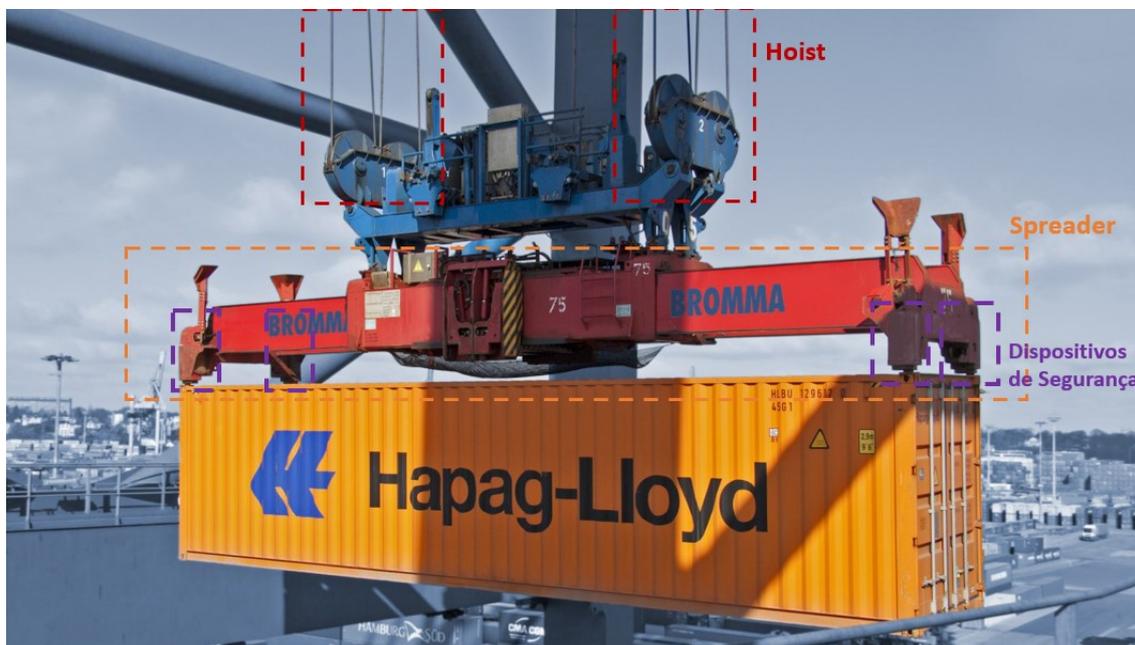
Figura 5: Exemplo de *Trolley* – Vista Lateral



Fonte: Blog: Navios de Santos¹

Na sequência o *hoist*, conforme figura 7, são os guindastes conectados entre o *trolley* e o *spreader*. É conjunto de tambores e cabos de aço que fazem a movimentação de elevação da carga.

Figura 6: Exemplo de *Spreader* - Acoplado a um container.



Fonte: Blog: Navios de Santos¹

Seguindo nos três componentes principais responsáveis pela movimentação das cargas, tem-se o spreader, conforme figura 7. Esse é responsável por fazer a conexão entre a carga com o sistema de movimentação. Sua estrutura é formada a partir de uma base retangular que se acopla perfeitamente sobre um contêiner. Possuem dispositivos de segurança de travamento e destravamento em cada canto da base, conforme figura 7, que podem ser acionados manualmente (*spreaders* mecânicos) ou por sistemas de pistões hidráulicos ou sensores (*spreaders* automáticos).

Por último, tem-se os *trucks*, conforme figura 8. Sistema de rodas de aço e motores, que realizam a movimentação de todo o conjunto do portêiner sobre os trilhos posicionados em toda a extensão do cais operacional.

Figura 7: Exemplo de *Trucks* – Vista Frontal.



Fonte: Blog: Navios de Santos¹

A partir da caracterização foi possível aprofundar o conhecimento sobre o equipamento analisado e seguir para as próximas etapas da metodologia.

3.1.1 Seleção do Sistema para aplicação da metodologia

Após a identificação dos sistemas e caracterização de cada um deles, iniciou-se a análise quantitativa e qualitativa para definir o maior impactador na performance do equipamento. Para isso analisou-se indicadores de confiabilidade e também as características qualitativas dos mesmos.

Levando em consideração o período de tempo de outubro de 2021 até março de 2022, calculou-se que o tempo médio para reparo do equipamento foi de 37 minutos, considerando 30 falhas nesse período. Em seguida calculou-se o mesmo indicador separadamente para cada um dos sistemas do equipamento, conforme quadro 2.

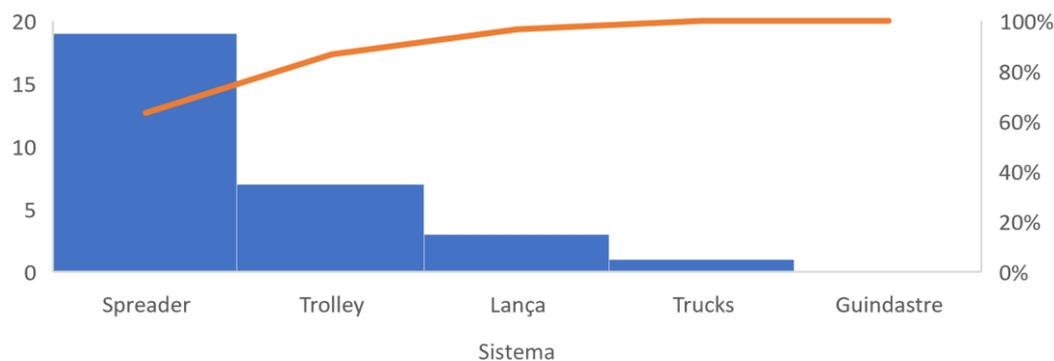
Quadro 2: Performance do equipamento

Sistema	Quantidade de Falhas (Unidade)	Tempo Parado (Min)	MTTR (Min)
Lança	3	78	26
<i>Trolley</i> (Carro)	7	203	29
<i>Hoist</i> (Guidaste)	0	0	0
<i>Spreader</i>	19	779	41
<i>Trucks</i>	1	47	47
Portêiner	30	1107	36,9

Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com os dados da performance do equipamento e por meio da análise de pareto foi possível identificar qual sistema contribui negativamente na performance do equipamento.

Gráfico 1: Performance do equipamento.



Fonte: Autoria própria (2022).

Sendo o *spreader* o primeiro sistema, com aproximadamente 65% da distribuição das falhas e em seguida o *trolley* com cerca de 20%, na sequência os outros 3 sistemas somados com aproximadamente 15%.

Nessa etapa também foram feitas algumas entrevistas informais com a equipe de manutenção da empresa para entender aspectos qualitativos dos sistemas. Segundo os técnicos, o *trolley* é o sistema que apresenta maior complexidade devido ao fato de o mesmo ser a primeira parte do equipamento que sofre um travamento de segurança quando acontece um falha, mesmo a

falha ocorrendo em outro sistema.

Nesse sentido, pode-se sinalizar uma falha no *trolley* devido seu travamento de operação, porém a falha não é originária nele, mas sim em outro componente que o faz parar devido aos sistemas de segurança. Também foi pontuado que se tratamento de execução de manutenção o sistema que mais onera esforços é *spreader*, devido ao seu tamanho, peso, dificuldade de movimentação, entre outros.

Após a análise quantitativa dos indicadores, e qualitativa em conversas com os técnicos de manutenção, foi devido que o sistema onde será aplicado a metodologia do RCM é o *spreader* e a sua função principal a ser preservada é a de movimentação de containeres.

3.2 ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS

Após a definição do sistema onde será aplicado a metodologia, iniciou-se a análise dos modos de falhas. Para isso, mapeou-se a função predominante do sistema, suas falhas funcionais, os modos de falha, seus efeitos, suas causas e controles atuais para minimização das mesmas. Além disso, foram feitas as classificações de severidade (S), ocorrência (O), detecção (D) e NPR(S.O.D).

Nesse cenário, conforme Siqueira (2009) a severidade pode ser resumida como sendo o impacto negativo provocado pelo efeito do modo de falha. Para medir esta característica, utiliza-se uma escala que pode variar entre 1 até 5, conforme descrito no quadro 03.

Quadro 3: Modos de falhas

Categoria	Severidade	Valor	Dano		
			Ambiental	Pessoal	Economico
I	Catastrófica	5	Grande	Mortal	Total
II	Crítica	4	Significante	Grave	Parcial
III	Marginal	3	Leve	Leve	Leve
IV	Mínimo	2	Aceitável	Insignificante	Aceitável
IV	Insignificante	1	Inexistente	Inexistente	Inexistente

Fonte: Siqueira (2009, p. 101)

Também, segundo Moubray (2000), a classificação da severidade ocorre

conforme as categorias, sendo elas:

- Catastrófica: falhas com potencial para causar morte, ou grandes danos ao ambiente e ao sistema, ocasionando perda da função principal;
- Crítica: falhas com potencial para causar ferimentos graves, danos severos ao ambiente e que prejudica completamente o sistema;
- Marginal: falha que resulta em ferimentos leves, e danos de pequeno porte ao ambiente ou sistema, ou danos que não geram falhas funcionais;
- Mínimas: falhas que geram danos a segurança, ambiente e sistema, porém abaixo dos níveis máximos estabelecidos legalmente;
- Insignificantes: falhas cujo efeito é insuficiente para gerar um acidente, um dano ambiental ou ao sistema.

Na sequência, têm-se a classificação do modo de falha quanto a sua ocorrência. Segundo Moura (2000), a ocorrência consiste na probabilidade de uma causa potencial específica acontecer.

Conforme quadro 04, esta probabilidade pode ser estimada numa escala variando de 1 até 10. Nesse sentido, índice de ocorrência está relacionado com a probabilidade de ocorrência e não com a ocorrência em si.

Quadro 4: Ocorrência de Falha

Efeito	Taxa de Falhas Possíveis (número de horas)	Índice (O)
Muito alta: A falha é quase inevitável	≥ 1 em 2	10
	≥ 1 em 3	9
Alta: Geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas frequentes	1 em 8	8
	1 em 20	7
Moderada: Geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas ocasionais, mas não em maiores proporções	1 em 80	6
	1 em 400	5
	1 em 2000	4
Baixa: Associada a processos similares que apresentaram poucas falhas	1 em 15000	3
Muito baixa: Associada a processos quase idênticos que apresentaram apenas falhas isoladas	1 em 150000	2
Improvável: Falha é improvável. Processos quase idênticos nunca apresentaram falhas	≤ 1 em 1500000	1

Fonte: (Moura, 2000).

Além disso, foi feito também a classificação conforme o índice de detecção. Esse indicador consiste na avaliação da eficácia dos métodos de controle em identificar causas, e os modos de falhas. Sua escala pode variar de 1 até 5, conforme quadro 05.

Quadro 5: Eficácia dos métodos de controle

Nível	Deteção	Descrição
1	Alta	Falha detectável por procedimentos operacionais simples
2	Moderada	Necessidade de inspeção funcional para deteção
3	Remota	Necessidade de ensaio funcional para deteção
4	Baixa	Falha detectável apenas por perda da função
5	Quase Impossível	Falha totalmente oculta

Fonte: (Moura, 2000)

E para finalizar a etapa, calculou-se o número prioritário de risco (NPR). O NPR resultado na multiplicação dos três índices citados anteriormente e seu objetivo é priorizar a eliminação dos modos de falha.

Ao final da etapa foi possível mapear 7 falhas funcionais com suas respectivas características. A tabela com o mapeamento completo dessa etapa encontra-se no anexo A desse trabalho.

3.3 SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA

Nessa etapa do processo, foram classificados os modos de falha conforme 4 categorias: ESA (Evidente Segurança Ambiental), EEO (Evidente Econômico Operacional), OSA (Oculto Segurança Ambiental) e OEO (Oculto Econômico Operacional). Ao final, foi classificado 2 modos de falha como ESA, aproximadamente 28%, e 5 como EEO, aproximadamente 72%.

Essa classificação indica que todas as falhas são evidentes, ou seja, são percebidas pelos indivíduos envolvidos no processo sem a necessidade de inspeção ou realização de testes. Além disso duas falhas, ou seja 28%, apresentam impacto a segurança e/ou ao meio-ambiente, de modo a colocar vida das pessoas, de forma individual ou coletiva, em risco e ao meio-ambiente,

ao possivelmente infringir a legislação ambiental. Já as outras 5 falhas, 72%, apresentam risco econômico e/ou operacional uma vez que estão relacionadas a danos financeiros e também a disponibilidade dos equipamentos.

A tabela completa de classificação dos modos de falha pode-se ser encontrado no anexo B desse trabalho.

3.4 SELEÇÃO DAS ATIVIDADES APLICÁVEIS

Em seguida, iniciou-se a etapa onde são definidas as tarefas de manutenção aplicáveis a classificação dos modos de falha levantados anteriormente. As tarefas são propostas levando em consideração os conjuntos de tarefas possíveis, sendo eles: Serviço Operacional, Inspeção Preditiva, Restauração Preventiva, Substituição Preventiva, Inspeção Funcional, Manutenção Combinada, Mudança de Projeto e Reparo Funcional.

Nessa etapa foram propostas 11 tarefas. Sendo 3 inspeções preditivas, onde o técnico de manutenção verifica a integridade dos componentes e intervém caso necessário. 3 substituições preventivas, onde o técnico fará a substituição de sensores e pinos de segurança, em intervalos de tempo pré definidos, reduzindo os riscos relacionadas aos desgates das peças. 5 inspeções funcionais, onde as atividades serão executadas sempre antes de iniciar-se a operação, evitando possíveis erros operacionais e de parametrizações do equipamento.

As tarefas propostas e suas descrições podem ser encontradas no anexo C desse trabalho.

3.5 DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS

Nessa etapa foi definido a frequência das tarefas propostas anteriormente. Os intervalos devem ser definidos de forma a serem os maiores possíveis mas desde que garantam a efetividade da tarefa proposta. Nesse estudo, utilizando como critério o conhecimento técnico da equipe de manutenção e operação foi trabalhado com intervalos mensais, e também com

atividades aplicáveis sempre que houver a inicialização do equipamento para operação.

As tarefas de manutenção foram agrupadas de forma a aproveitar oportunidades de execução, de forma que mensalmente o técnico de manutenção terá um check list de atividades para realizar no período de trabalho, e assim minimizando custos e interferências no processo produtivo.

O descritivo de cada tarefa e seu respectivo intervalo de aplicação também pode ser encontrado no anexo D desse trabalho.

3.6 REDAÇÃO DO MANUAL DO RCM

A penúltima etapa da metodologia aborda a redação do manual do RCM. Sendo um documento com as informações detalhadas das etapas realizadas e dos seus respectivos resultados obtidos. Com esse manual deve-se iniciar a implantação das ações mapeadas no trabalho.

3.7 ACOMPANHAMENTO

A última etapa do processo trata-se da definição dos métodos de acompanhamento da aplicação da metodologia. Nesse sentido, sugeriu-se que seja feito o acompanhamento por meio dos indicadores de manutenção, uma vez que por meio deles é possível monitorar a performance do equipamento pré e pós aplicação da metodologia. Nesse estudo, os indicadores sugeridos foram:

- Quantidade de ordens de manutenção abertas (Autônomas e Emergenciais);
- Cumprimento dos planos de manutenção preventivos;
- Quantidade de ordens de manutenção decorrentes das inspeções preventivas;
- MTTR;
- MTBF;
- Taxa de falha por quantidade de containers movimentados.

Esses indicadores serão acompanhados pelo equipe de manutenção, ficando sob a responsabilidade do analista de manutenção apurar os resultados e reportar para as partes envolvidas (técnicos, supervisores e gerentes), sendo

inicialmente definida a atualização dos mesmos como de periodicidade semanal.

3.8 ATIVIDADES EXTRAS

Durante toda a construção do trabalho, várias sessões de *brainstorm* foram feitos com a equipe de manutenção local da empresa. Decorrentes dessas conversas, pode-se observar algumas lacunas sinalizadas pela equipe e diante disso forma propostas soluções.

Primeiramente foi possível perceber um desnível de conhecimento entre os técnicos quando se tratando de atividades básicas de manutenção e diagnóstico de falhas do equipamento. Devido a isso havia uma diferença de tempo na execução de certas atividades quando comparado um técnico com outro. Para minimizar essas diferenças, foi propostos algumas treinamentos onde o técnico com maior experiencia no tema compartilhava o conhecimento e boas práticas com os demais.

Outro ponto levantado foi o processo burocrático para retirada de materiais do almoxarifado, sendo necessário abrir uma reserva de material no sistema SAP, pegar assinatura do supervisor de manutenção, ir até o almoxarifado que fica na parte do porto no continente e só então retirar o material. Para essa situação entende-se a necessidade da governança e controles das saídas de materiais do almoxarifado, porém sugeriu-se implentar próximo aos equipamentos alguns armários com materiais de uso cotidiano já previamente liberados. É possível estudar junto a área dona do processo se a retirada prévia dos materias gerariam alguma anomalia na governança e caso negativo já poderiam ser deixados previamente liberados para o uso da equipe de manutenção.

3.9 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Nesse capítulo foi apresentado o desenvolvimento da aplicação do RCM no equipamento portêiner. Foram expostas todas as etapas da metodologia, desde a apresentação do equipamento e os sistemas candidatos a aplicação, passando pela definição do sistema crítico e na sequência a execução das sete etapas da metodologia.

Ao final foi possível compreender com maior detalhamento cada uma das etapas do RCM. Entender suas complexidades, seus critérios, *inputs* e *outputs* de cada uma das etapas. Além disso, comprovou-se como a metodologia é bem estruturada e conectada, uma vez que as etapas são subsequentes e dependes uma das outras.

4 CONCLUSÕES E ANÁLISES FINAIS

O presente trabalho propôs aplicar a metodologia do RCM com foco no aumento de disponibilidade e melhor de *performance* no equipamento portuário portêiner. Durante o desenvolvimento do mesmo foram observadas contribuições teóricas e práticas. Nesse sentido, avaliando o resultado do trabalho do ponto de vista teórico, a revisão bibliográfica apresentou de forma detalhada o conceito do RCM seguindo os principais autores do tema, condensando os conceitos e apresentando em uma forma de fácil entendimento para o leitor. A revisão bibliográfica identificou as etapas essenciais que irão garantir o desenvolvimento do projeto e o atingimento dos objetivos propostos pela metodologia.

Quanto a parte prática, foi possível aplicar a metodologia na totalidade das suas etapas e identificar lacunas no modelo atual de análise e gerenciamento de falhas e sugerir ações para bloquear e minimiza-las. Ao final da aplicação da metodologia foi possível evidenciar a necessidade de rever a o atual modelo de gestão de manutenção da empresa em questão. Identificou-se vários processos que podem ser otimizados, novos fluxos de análises para serem implantados e novas maneiras de monitorar a efetividade da área de manutenção.

Algumas dificuldades foram encontradas no decorrer do processo, sendo a principal delas a pandemia decorrente do COVID-19, uma vez que devido a esse cenário foi necessário interromper as visitas locais na empresa parceira, o que acabou por dificultar o entendimento de alguns temas relacionados ao equipamento escolhido para o trabalho, pois não era possível conhecer e estudá-lo de forma prática. Essa situação foi superada a partir do final de 2021, após o início da vacinação contra o covid-19 no Brasil e a flexibilização das medidas contra o vírus.

Além disso, por se tratar de um equipamento de uso exclusivo em terminais de movimentação de cargas, não sendo comumente encontrado nas indústrias, e também tendo sua fabricação internacional, houve dificuldades para encontrar referências bibliográficas que tratam-se de demonstrar seu funcionamento. Esse ponto foi superado com grande ajuda da equipe de manutenção e operação da empresa parceira do estudo, uma vez que não

mediram esforços para auxiliar no que fosse necessário, tendo em muitas casos cedido colaboradores para acompanhamento de forma física dentro do terminal, e virtual para reuniões sempre que preciso fosse.

4.1 RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A recomendação para trabalhos futuros, seria a implantação do RCM nos demais sistemas que compõe o equipamento estudado nesse trabalho e também nos outros que compõe a operação do terminal portuário. Também como sugestão, seria a revisão de toda a estratégia de manutenção do terminal e a proposição de uma nova aplicada a todos os sistemas.

REFERÊNCIAS

ABNT - NBR-5462. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Anuário Estatístico Aquaviário, 2020**. <http://anuario.antaq.gov.br/>

BACKLUND, Fredrik. **Gerenciando a Introdução de Manutenção Centrada na Confiabilidade: como um método de trabalho dentro das organizações**. Lulea, 2003.

CASTELLA, Marco César. **Análise Crítica da Área de Manutenção em uma Empresa Brasileira de Geração de Energia Elétrica**. Florianópolis: UFSC, 2001.

DHILLON, B. S. **Maintainability, maintenance and reliability for Engineers**. 1ª. ed. New York: CRC Press, 2006.

FILHO, G. B. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

FOGLIATO, Flávio Sanson; José Luís Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 2ª Edição, Rio de Janeiro, Editora Qualitymark Ltda, 2009.

LIMA, W. C., SALLES, J. A. A. **Manutenção Preditiva: Caminho para a Excelência e Vantagem Competitiva**. 2008. www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/4mostra/pdfs/616.pdf

MARQUES, Gabriel Rezende. **Manutenção Centrada em Confiabilidade: Estudo de Caso da Eficácia dos Equipamentos Industriais**. Uberlândia, UFU, 2017. <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19528/1/ManutencaoCentradaConfiabilidade.pdf>

MEGIOLARO, M. R. DE O. **Indicadores de manutenção industrial relacionados à eficiência global de equipamentos**. 2015.

MIRSHAWKA, V. & OLMEDO, N.C. **Manutenção – combate aos custos na não-eficácia – a vez do Brasil**. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda., 1993.

MOUBRAY, J. **RCM 2 - Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo: Aladon Ltd, 2000.

Moura, C. (2000). **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA) Manual de Referência SAE J-1739**. ASQC.

MOTTER, Osir. **Manutenção Industrial: O Poder Oculto na Empresa**. São Paulo: Hemus, 1992.

NOGUEIRA NETO, Mário; SANTOS, Carlos; PRADO, Álvaro; LIMA, José Luiz. **Equipamentos Portuários de Movimentação de Contêineres: Portêiner e Guindaste móvel sobre pneus**.

http://www.fatecguaratingueta.edu.br/fateclog/artigos/Artigo_129.PDF.

Acessado em: 01/05/2021

PATTON Jr., J. D. **Manutenção e Gestão de Manutenção Instrumento da Sociedade da América**. 1983.

ROCHA, D. **Fundamentos Técnicos da Produção**. São Paulo: Makron Books, 1995.

SIQUEIRA, Y. P. D. S. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação**. 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

FREITAS, Menildo Jesus De Sousa. RESENDE, Nourival De Souza. **Custos de manutenção: competência e racionalidade na gestão de recursos objetivando maior competitividade**. Florianópolis. 2005.

SLACK, Nigel. CHAMBERS, Stuart. JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3º ed, São Paulo: Atlas, 2009.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção produtiva total**. São Paulo: Instituto IMAN, 1993.

VIANA, H. R. **PCM planejamento e controle da manutenção**. São Paulo, 2016.

XENOS, Harilaus Georgius. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Minas Gerais: Indg Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

ANEXO A - Etapa 2 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)

Responsável pela Análise: Gilmar Carlos Mascarello Junior	Equipe: NA	Data: Abr/2022
Sistema: Movimentação de Contêiner	Id_Sistema: 1	
Subsistema Analisado: Spreader	Id_Subsistema: 1	

Id_Função	Função	Id_Falha_Funcional	Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Detecção (D)	NPR (S.O.D)
						Local	Sistema	Planta						
1	Movimentar container para carga/descarga de navios.	1.1	Equipamento não inicia movimento de elevação.	1.1.1	Pinos de travamento com desgaste mecânico	Pinos de Travamento do spreader.	Travamento	Portâiner 3	5	Pinos de travamento com desgaste mecânico e por consequência não atingindo nível mínimo para ativar sensor de segurança.	5	Monitoramento preventivo do equipamento.	1	25
1	Movimentar container para carga/descarga	1.1	Equipamento não inicia movimento de elevação.	1.1.2	Sensor de segurança não reconhecendo	Pinos de Travamento do	Travamento	Portâiner 3	5	Sensor de segurança de travamento fora de sua	5	Monitoramento preventivo dos sensores.	1	25

	carga de navios.				travamento do equipamento.	spread er.				posição original.				
1	Movimentar container para carga/descarga de navios.	1.1	Equipamento não inicia movimento de elevação.	1.1.3	Cabos com folga gerando travamento devido ao sensor de tração.	Guindaste	Cabos	Portâiner 3	5	Desequalização dos cabos.	5	NA	1	25
1	Movimentar container para carga/descarga de navios.	1.1	Equipamento não inicia movimento de elevação.	1.1.4	Falta de alimentação.	Spreader	Alimentação	Portâiner 3	5	Cabo de alimentação danificado	5	Monitoramento preventivo do equipamento.	1	25
1	Movimentar container para carga/descarga de navios.	1.1	Equipamento não inicia movimento de elevação.	1.1.5	Falha em sensores de segurança (travamento, nível, peso, etc).	Spreader	Sensores	Portâiner 3	5	Desgaste/oxidação dos sensores gerando mau contato.	5	Monitoramento preventivo dos sensores.	1	25
1	Movimentar container para carga/descarga de navios.	1.2	Equipamento não encaixa com contêiner.	1.2.1	Falha de parametrização do tamanho do spreader.	Eixo de conexão (spreader x contêiner)	Conexão	Portâiner 3	5	Spreader não parametrizado adequadamente para o tamanho de contêiner que irá transportar.	5	NA	1	25
1	Movimentar container para carga/descarga de navios.	1.3	Sobre velocidade no sistema de elevação/descensão	1.3.1	Falha no mecanismo de comutação de velocidade.	Guindaste	Comutação de Velocidade.	Portâiner 3	5	Mecanismo de comutação de velocidade não estar com seu curso completo.	5	NA	1	25

ANEXO B - Etapa 3 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha

Responsável pela Análise: Gilmar Carlos Mascarello Junior	Equipe: NA	Data: Abr/2022
Sistema: Movimentação de Contêiner		Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Spreader		Id_Subsistema: 1

Id_Função	Id_Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha é Evidente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha afeta a Segurança e/ou o Meio Ambiente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha tem consequências Econômicas e/ou Operacionais?	Categoria ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional
1	1.1	1.1.1	Pinos de travamento com desgaste mecânico	Sim	Sim	Não	ESA
1	1.1	1.1.2	Sensor de segurança não reconhecendo travamento do equipamento.	Sim	Sim	Não	ESA
1	1.1	1.1.3	Cabos com folga gerando travamento devido ao sensor de tração.	Sim	Não	Sim	EEO
1	1.1	1.1.4	Falta de alimentação.	Sim	Não	Sim	EEO
1	1.1	1.1.5	Falha em sensores de segurança (travamento, nível, peso, etc).	Sim	Não	Sim	EEO

1	1.2	1.2.1	Falha de parametrização do tamanho do spreader.	Sim	Não	Sim	EEO
1	1.3	1.3.1	Falha no mecanismo de comutação de velocidade.	Sim	Não	Não	EEO

ANEXO C - Etapa 4 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Responsável pela Análise: Gilmar Carlos Mascarello Junior	Equipe: NA	Data: Abr/2022
Sistema: Movimentação de Contêiner		Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Spreader		Id_Subsistema: 1

Id_Função	Id_Falha Funcional	Id_Mo do de Falha	Consequência ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Tarefas Possíveis							Tarefa Proposta	Id_Tarfa		
				Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			Reparo Funcional	
1	1.1	1.1.1	ESA					X					Acrescentar na inspeção funcional do equipamento o check da condição estrutural dos pinos de travamento.	1
1	1.1	1.1.1	ESA				X						Acrescentar no planejamento de manutenção a substituição preventiva do pino conforme utilização.	2

1	1.1	1.1.2	ESA					X				Acrescentar na inspeção funcional do equipamento o check dos sensores de travamento.	3
1	1.1	1.1.2	ESA				X					Acrescentar no planejamento de manutenção a substituição preventiva do sensor conforme utilização.	4
1	1.1	1.1.3	EEO					X				Acrescentar na inspeção funcional do equipamento o check de tensionamento dos cabos.	5
1	1.1	1.1.4	EEO		X							Acrescentar na inspeção mensal o check dos cabos de alimentação.	6
1	1.1	1.1.5	EEO		X							Acrescentar na inspeção preditiva do equipamento o check dos sensores	7
1	1.1	1.1.5	EEO					X				Acrescentar no planejamento de manutenção a substituição preventiva do sensor conforme	8

												utilização.	
1	1.2	1.2.1	EEO					X				Acrescentar na inspeção funcional do equipamento o check da parametrização do spreader.	9
1	1.3	1.3.1	EEO		X							Acrescentar na inspeção preditiva o check do mecanismo de comutação da velocidade	10
1	1.3	1.3.1	EEO					X				Acrescentar na inspeção funcional o teste de velocidade antes do início da utilização do equipamento.	11

ANEXO D - Etapa 5 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção

Responsável pela Análise: Gilmar Carlos Mascarello Junior	Equipe: NA	Data: Abr/2022
Sistema: Movimentação de Contêiner		Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Spreader		Id_Subsistema: 1

Id_Função	Id_Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Equipe Responsável
1	1.1	1.1.1	1	Verificar visualmente a condição estrutural dos pinos de travamento. Verificar a existência de desgaste mecânica, oxidação, ou outras anomalias que diferem da condição normal do pino.	Mensal	A	Equipe de Manutenção
1	1.1	1.1.1	2	Efetuar a substituição preventiva do pino de travamento.	Conforme horas de utilização do equipamento.	B	Equipe de Manutenção
1	1.1	1.1.2	3	Realizar testes de dos sensores de travamento. Verificar se os mesmos respondendo corretamente o sinal no painel de controle do equipamento. Efetuar teste com sensor 0 e também com 1, e verificar resposta no painel de controle.	Quando houver inicialização do equipamento para operação.	C	Equipe de Operação
1	1.1	1.1.2	4	Efetuar a substituição do sensor.	Conforme horas de utilização do equipamento.	B	Equipe de Manutenção

1	1.1	1.1.3	5	Efetuar testes de tensionamento dos cabos conforme padrão de manutenção.	Quando houver inicialização do equipamento para operação.	C	Equipe de Operação
1	1.1	1.1.4	6	Efetuar inspeção dos cabos de alimentação. Verificar visualmente a condição dos mesmos. Efetuar medição de corrente e tensão.	Mensal	A	Equipe de Manutenção
1	1.1	1.1.5	7	Realizar testes de dos sensores de travamento. Verificar se os mesmos respondendo corretamente o sinal no painel de controle do equipamento. Efetuar teste com sensor 0 e também com 1.	Mensal	A	Equipe de Manutenção
1	1.1	1.1.5	8	Efetuar a substituição preventiva do pino de travamento.	Conforme horas de utilização do equipamento	B	Equipe de Manutenção
1	1.2	1.2.1	9	Efetuar check da parametrização do spreader. Verificar se os parametros imputados no sistema estão refletindo corretamente no equipamento (Tamanho do container x Abertura do spreader)	Quando houver inicialização do equipamento para operação.	C	Equipe de Operação
1	1.3	1.3.1	10	Realizar teste de comutação da velocidade.	Mensal	A	Equipe de Manutenção
1	1.3	1.3.1	11	Realizar teste de velocidade antes do inicio da utilização do equipamento.	Quando houver inicialização do equipamento para operação.	C	Equipe de Operação

ANEXO E - Etapa 6 – Redação do Manual do RCM

Etapa 1: Preparação

1.1 Equipe de implantação:

A equipe de desenvolvimento e implantação do RCM foi composto por:

2 Técnicos de manutenção elétrica;

1 Técnico de manutenção mecânica;

1 Analista de Planejamento e Controle de Manutenção;

1 Supervisor de manutenção;

1 Gerente de manutenção;

1 Engenheiro eletricista.

Os membros foram indicados pelo gerente de manutenção, e todos possuem mais de 5 anos de experiência em suas áreas de atuação.

1.2 Patrocinador interno e Facilitador:

O patrocinador do projeto foi definido como sendo o Gerente de Manutenção da empresa, e o facilitador foi definido como sendo o Engenheiro eletricista presente na equipe.

1.3 Treinamento

Para um entendimento sobre o desenvolvimento e objetivos do RCM, a equipe envolvida passará por um workshop, onde serão apresentadas as etapas do processo, as datas de realização, a equipe que acompanhará o projeto e demais informações pertinentes.

1.4 Reuniões

Durante o processo de execução serão realizadas 3 reuniões presenciais. Sendo a primeira para iniciar as atividades junto ao time, no mesmo dia do workshop. A segunda na metade do cronograma para acompanhando e uma reunião de encerramento para apresentação de resultados. Além disso, caso necessário poderá ser feito reuniões online entre a equipe.

Etapa 2: Seleção do Sistema e Coleta de Informações

2.1 Sistemas Candidatos

Por meio de entrevistas com os funcionários da empresa e consultas a documentações internas, foi possível analisar criteriosamente o equipamento, e de posse das informações dividi-lo em 5 sistemas principais. Sendo eles: lança, trolley, hoist (guindaste), spreader, trucks.

2.2 Seleção do Sistema

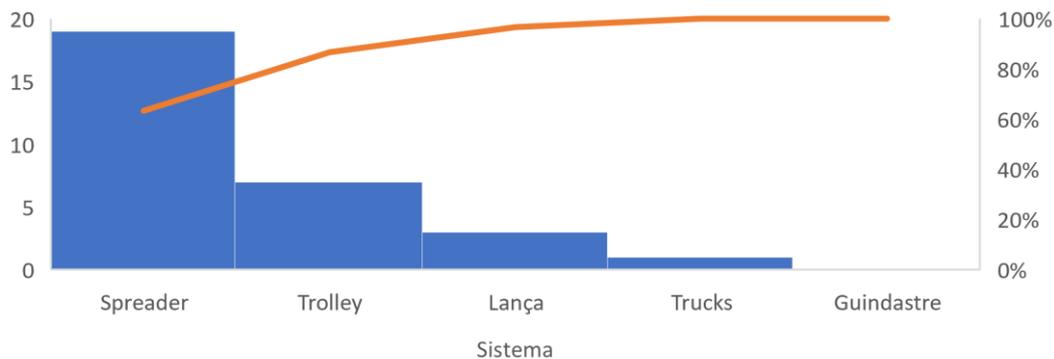
A escolha do sistema para a realização do RCM, teve como critérios os indicadores quantitativos de ocorrência de falhas e tempo médio para reparo, além disso também foi considerado análises qualitativas baseadas em entrevistas com os membros da equipe da empresa. De acordo com os dados da performance do equipamento e por meio da análise de pareto foi possível identificar qual sistema contribuiu negativamente na performance do equipamento.

Quadro 1: Performance do equipamento

Sistema	Quantidade de Falhas (Unidade)	MTTR (Min)
Lança	3	26
<i>Trolley (Carro)</i>	7	29
<i>Hoist (Guidaste)</i>	0	0
<i>Spreader</i>	19	41
<i>Trucks</i>	1	47

Fonte: Autor (2022).

Gráfico 2: Performance do equipamento.



Fonte: Autor (2022).

Sendo o spreader o primeiro sistema, com aproximadamente 65% da distribuição das falhas e em seguida o trolley com cerca de 20%, na sequência os outros 3 sistemas somados com aproximadamente 15%.

3. Realização do FMECA

Inicia-se o processo com a análise dos modos de falha, essa análise é executada fazendo uso da ferramenta FMECA. Por meio dela, é possível identificar falhas potenciais que podem ocorrer em qualquer parte do sistema.

Para isso, mapeou-se a função predominante do sistema, suas falhas funcionais, os modos de falha, seus efeitos, suas causas e controles atuais para minimização das mesmas. Além disso, foram feitas as classificações de severidade (S), ocorrência (O), detecção (D) e NPR(S.O.D). Ao final da etapa foi possível mapear 7 falhas funcionais com suas respectivas características.

4. Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha

Após a identificação das funções, foi classificado os efeitos significantes para cada modo de falha considerando seus impactos e aspectos:

- ESA – Evidente com impacto na Segurança e /ou Ambiental
- EEO – Evidente com impacto Econômico e/ou Operacional
- OSA – Oculto com impacto na Segurança e /ou Ambiental
- OEO – Oculto com impacto Econômico e/ou Operacional

Ao final, foi classificado 2 modos de falha como ESA, aproximadamente 28%, e 5 como EEO, aproximadamente 72%.

5. Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Na sequência do processo, será determinado quais as tarefas de manutenção aplicáveis para cada uma das funções significativas identificadas e caracterizadas na etapa anterior.

As tarefas são propostas levando em consideração os conjuntos de tarefas possíveis, sendo eles: Serviço Operacional, Inspeção Preditiva, Restauração Preventiva, Substituição Preventiva, Inspeção Funcional, Manutenção Combinada, Mudança de Projeto e Reparo Funcional.

Nessa etapa foram propostas 11 tarefas. Sendo 3 inspeções preditivas, onde o técnico de manutenção verifica a integridade dos componentes e intervém caso necessário. 3 substituições preventivas, onde o técnico fará a substituição de sensores e pinos de segurança, em intervalos de tempo pré definidos, reduzindo os riscos relacionadas aos desgaste das peças. 5 inspeções funcionais, onde as atividades serão executadas sempre antes de iniciar-se a operação, evitando possíveis erros operacionais e de parametrizações do equipamento.

6. Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamentos das Tarefas de Manutenção

Após a definição das atividades aplicáveis, inicia-se a delimitação da periodicidade de execução das mesmas. Os intervalos devem ser definidos de forma a serem os maiores possíveis, mas desde que garantam a efetividade da tarefa proposta. Nesse estudo foi trabalhado com intervalos mensais, e também com atividades aplicáveis sempre que houver a inicialização do equipamento para operação.

As tarefas de manutenção foram agrupadas de forma a aproveitar oportunidades de execução, de forma que mensalmente o técnico de

manutenção terá um check list de atividades para realizar no período de trabalho, e assim minimizando custos e interferências no processo produtivo.

7. Realimentação dos Dados e Aplicação do Método de Controle

A última etapa do processo trata-se da definição dos métodos de acompanhamento da aplicação da metodologia. Nesse sentido, sugeriu-se que seja feito o acompanhamento por meio dos indicadores de manutenção, uma vez que por meio deles é possível monitorar a performance do equipamento pré e pós aplicação da metodologia.

Os indicadores sugeridos foram:

- Quantidade de ordens de manutenção abertas (Autônomas e Emergenciais);
- Cumprimento dos planos de manutenção preventivos;
- Quantidade de ordens de manutenção decorrentes das inspeções preventivas;
- MTTR;
- MTBF;
- Taxa de falha por quantidade de containers movimentados.

Esses indicadores serão acompanhados pelo equipe de manutenção, ficando sob a responsabilidade do analista de manutenção apurar os resultados e reportar para as partes envolvidas (técnicos, supervisores e gerentes), sendo inicialmente definida a atualização dos mesmos como de periodicidade semanal.