

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

JEFFERSON LUIZ GONÇALVES

**APLICAÇÃO DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE
EM EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2019

JEFFERSON LUIZ GONÇALVES

**APLICAÇÃO DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE
EM EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Mariano

CURITIBA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO

por

JEFFERSON LUIZ GONÇALVES

Esta monografia foi apresentada em 04 de outubro de 2019, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Carlos Henrique Mariano, Dr.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

Este trabalho é dedicado aos meus pais, pelos valores e princípios ensinados durante toda minha vida e a importância dos estudos para o desenvolvimento pessoal e profissional. Dedico também a minha namorada, pelo apoio incondicional e compreensão nos momentos de ausência motivados pelas aulas ao longo da especialização e no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde, perseverança, paciência e dedicação para seguir firme nessa caminhada.

Na sequência e não menos importante agradeço fortemente aos meus pais Laércio Gonçalves e Eliane Aparecida Gonçalves, que sempre me deram total apoio, e depositaram toda confiança necessária para enfrentar as dificuldades.

A minha namorada Érica Lemos Simon, que foi compreensiva nos momentos em que tive que me dedicar exclusivamente ao presente trabalho, e aos meus amigos e familiares, principalmente Jean Viane Espindula, Lucas Petry Júnior e Gustavo Kranz de Acevedo, que foram pacientes e entenderam o motivo da minha ausência nas últimas confraternizações.

Ao meu professor orientador Carlos Henrique Mariano, por ser sempre solícito quando precisei, e por ter disponibilizado parte do seu escasso tempo para me atender da melhor maneira possível.

E não poderia deixar de agradecer a todos os demais mestres e professores que ao decorrer de todo o curso puderam me passar o conhecimento necessário para neste momento trabalhar neste projeto.

Inteligência é a capacidade de absorver informação em tempo real. De fazer perguntas que façam sentido. É ter boa memória. É traçar pontes entre assuntos que não parecem estar relacionados e inovar ao fazer essas conexões. (GATES III, William Henry, 2016)

RESUMO

GONÇALVES, Jefferson Luiz. **Aplicação de Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos de Laboratório**. 2019. 163 folhas. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

Este estudo foi desenvolvido para um laboratório metalúrgico e qualidade do produto, composta por sistemas reparáveis para a avaliação da estrutura de manutenção. Para este trabalho foram extraídos os históricos de falhas do banco de dados da empresa, a fim de avaliar se o período entre as intervenções de caráter preventivo está bem dimensionado. Para isso, foram utilizadas algumas ferramentas de confiabilidade como, por exemplo, a Análise de Dados de Vida e a Manutenção Centrada em Confiabilidade. Como resultado, o trabalho mostra pontos onde é possível ser ajustado de modo a economizar tempo e dinheiro para a empresa, além de oportunidade de aplicação de outras ferramentas de confiabilidade em trabalhos futuros, como RCA (*Root Cause Analysis*) e Análise RAM (*Reliability Availability Maintainability*), de modo a melhorar a disponibilidade dos equipamentos.

Palavras-chave: Laboratório Metalúrgico e Qualidade do Produto. Análise de Dados de Vida. Manutenção Centrada em Confiabilidade. Confiabilidade. Disponibilidade.

ABSTRACT

GONÇALVES, Jefferson Luiz. **Application of Reliability Centered Maintenance in laboratory equipment.** 2019. 163 folhas. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

This work was developed for a Metallurgical and Product Quality Laboratory, composed by repairable systems for maintenance structure evaluation. For this work we extracted the history of failures from the company's database, to evaluate if the period between preventive interventions is well sized. For this, some reliability tools were used, such as Life Data Analysis and Reliability Centered Maintenance. As a result, the work shows points where it can be adjusted to save time and money for the company, as well as the opportunity to apply other reliability tools for future work, such as Root Cause Analysis (RCA) and Reliability Availability and Maintainability (RAM) to improve equipment availability.

Palavras-chave: Metallurgical Laboratory and Product Quality. Life Data Analysis. Reliability Centered Maintenance. Reliability. Availability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Fluxograma das atividades do estudo.....	17
Figura 2.1 – Representação esquemática do funcionamento do espectrômetro de emissão óptica	23
Figura 2.2 – Sistema de Purificação de Água por Osmose Reversa.....	29
Figura 2.3 – Principais partes do compressor tipo parafuso Schulz.....	31
Figura 3.1 – Curva da Banheira	38
Figura 3.2 – Dados Completos.....	43
Figura 3.3 – Dados censurados à direita.....	45
Figura 3.4 – Dados censurados por intervalo.....	46
Figura 3.5 – Dados censurados à esquerda	47
Figura 4.1 – Etapas de RCM utilizada no estudo de caso.....	50
Figura 4.2 – Dados de Falha do Sistema	52
Figura 4.3 – (a) pdf do sistema (b) taxa de falha do sistema	53
Figura 4.4 – Cálculo de MTTF do sistema.....	53
Figura 4.5 – Dados de Falha do Dispositivo Hidráulico.....	54
Figura 4.6 – (a) pdf do dispositivo (b) taxa de falha do dispositivo	55
Figura 4.7 – Cálculo de MTTF do Dispositivo Hidráulico.....	55
Figura 4.8 – Dados de Falha do Eixo X.....	56
Figura 4.9 – (a) pdf do Eixo X (b) taxa de falha do Eixo X	56
Figura 4.10 – Cálculo de MTTF do Eixo X.....	57
Figura 4.11 – Dados de Falha do Eixo Y.....	58
Figura 4.12 – (a) pdf do Eixo Y (b) taxa de falha do Eixo Y	58
Figura 4.13 – Cálculo de MTTF do Eixo Y.....	59
Figura 4.14 – Dados de Falha do Carrossel de Ferramentas	60
Figura 4.15 – (a) pdf do Carrossel (b) taxa de falha do Carrossel.....	60
Figura 4.16 – Cálculo de MTTF do Carrossel de Ferramentas	61
Gráfico 4.1 – Quantidade de Paradas de Manutenção Corretiva por Equipamento..	63
Quadro 4.1 – Falhas da CNC M800-SL registradas no SAP PM	51
Quadro 4.2 – Aderência de RCM a companhia.....	62
Quadro 4.3 – Definição das Fronteiras do Sistema.....	65

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AES	<i>Atomic Emission Spectrometer</i> (Espectrômetro de Absorção Atômica)
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
CO ₂	Dióxido de Carbono
ETA	<i>Event Tree Analysis</i> (Análise de Árvore de Eventos)
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (Análise dos Modos e Efeitos das Falhas)
FMECA	<i>Failure Mode Effect and Criticality Analysis</i> (Análise dos Modos e Efeitos das Falhas e suas Criticidades)
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i> (Análise de Árvore de Falha)
ICP	<i>Inductive Coupling Plasma</i>
IDEFØ	<i>Function Modeling Method</i>
LDA	<i>Life Data Analysis</i> (Análise de Dados de Vida)
LMQP	Laboratório Metalúrgico e Qualidade do Produto
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MSG	<i>Maintenance Steering Group</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i> (Tempo Médio Entre Falhas)
MTTF	<i>Mean Time To Failure</i> (Tempo Médio Até a Falha)
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i> (Tempo Médio Até o Reparo)
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
RAM	<i>Reliability Availability Maintainability</i> (Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade)
RCA	<i>Root Cause Analysis</i> (Análise de Causa Raíz)
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (Manutenção Centrada em Confiabilidade)
SO ₂	Dióxido de Enxofre
TC	<i>Thermal Conductivity</i>
TTR	<i>Time To Repair</i> (Tempo Até o Reparo)

LISTA DE SÍMBOLOS

- β – Parâmetro de Forma
- η – Parâmetro de Escala
- γ – Parâmetro de Posição

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
1.3	JUSTIFICATIVA	16
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	17
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	LABORATÓRIO METALÚRGICO E QUALIDADE DO PRODUTO	19
2.1	LABORATÓRIO DE ENSAIOS MECÂNICOS	19
2.1.1	Guilhotina Sorg SGH1013/20	19
2.1.2	Centro de Usinagem CNC Travis M800	20
2.1.3	Máquina de Teste Zwick Roell Z-050	21
2.1.4	Máquina de Tração Instron 100 kN	21
2.2	LABORATÓRIO QUÍMICO.....	22
2.2.1	Espectrômetro de Emissão Ótica Thermo Scientific ARL3460.....	22
2.2.2	Espectrômetro Agilent 55B - Absorção Atômica.....	24
2.2.3	Espectrômetro Vista ICP-AES.....	24
2.2.4	Determinador de Carbono e Enxofre Leco CS600	26
2.2.5	Determinador de Nitrogênio e Oxigênio Leco TC600	26
2.2.6	Forno Leco TFC-10	27
2.2.7	Osiose Reversa Quimis Q842-210.....	28
2.3	LABORATÓRIO DE CORROSÃO.....	30
2.3.1	Câmara Úmida Salt Spray	30
2.4	COMPRESSOR DE AR SCHULZ SRP4015.....	31
2.5	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	32
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	34
3.1	MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.....	34
3.1.1	Manutenção Corretiva	34
3.1.1.1	Manutenção Corretiva Planejada	35
3.1.1.2	Manutenção Corretiva Não Planejada.....	35
3.1.2	Manutenção Preventiva.....	35
3.1.3	Manutenção Preditiva.....	36
3.2	CONFIABILIDADE.....	36
3.2.1	Principais Conceitos da Confiabilidade	37
3.2.2	Modelos de Distribuição de Confiabilidade.....	39
3.2.2.1	Distribuição Normal	39
3.2.2.2	Distribuição Lognormal.....	39
3.2.2.3	Distribuição Exponencial	40
3.2.2.4	Distribuição Weibull	40
3.3	ANÁLISE DE DADOS DE VIDA	41
3.3.1	Classificação dos Dados de Vida	42
3.3.1.1	Dados Completos.....	43
3.3.1.2	Dados Censurados.....	44
3.3.1.2.1	Dados Censurados à Direita	44

3.3.1.2.2	Dados Censurados por Intervalo.....	45
3.3.1.2.3	Dados Censurados à Esquerda.....	47
3.4	MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	47
3.5	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	49
4	DESENVOLVIMENTO	50
4.1	PROJETO PILOTO – CENTRO DE USINAGEM CNC TRAVIS M800-SL	51
4.1.1	Aplicação de LDA para Verificar o Comportamento do Sistema	51
4.1.1.1	Análise dos Dados de Vida do Sistema.....	52
4.1.1.2	Análise dos Dados de Vida do Dispositivo Hidráulico	54
4.1.1.3	Análise dos Dados de Vida do Eixo X	56
4.1.1.4	Análise dos Dados de Vida do Eixo Y	57
4.1.1.5	Análise dos Dados de Vida do Eixo Z	59
4.1.1.6	Análise dos Dados de Vida do Carrossel de Troca de Ferramentas	59
4.1.2	Etapa 0 – Adequação do RCM.....	61
4.1.3	Etapa 1 – Preparação.....	62
4.1.4	Etapa 2 – Seleção do Sistema e Coleta de Informações	64
4.1.5	Etapa 3 – Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)	65
4.1.6	Etapa 4 – Seleção das Funções e Classificação de seus Modos de Falha	66
4.1.7	Etapa 5 – Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis.....	66
4.1.8	Etapa 6 – Definição dos Intervalos e Agrupamento das Tarefas de Manutenção.....	67
4.1.9	Etapa 7 – Redação do Manual e Implementação.....	67
4.1.10	Etapa 8 – Acompanhamento e Realimentação	67
4.2	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	68
5	CONCLUSÃO	69
5.1	DIFICULDADE ENCONTRADA.....	69
5.2	SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....	70
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICE A – ETAPA 0: ADEQUAÇÃO DO RCM	74
	APÊNDICE B – ETAPA 1: PREPARAÇÃO.....	80
	APÊNDICE C – ETAPA 2: SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES	85
	APÊNDICE D – ETAPA 3: ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, SEUS EFEITOS E SUA CRITICIDADE (FMECA)	89
	APÊNDICE E – ETAPA 4: SELEÇÃO DAS FUNÇÕES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA.....	96
	APÊNDICE F – ETAPA 5: SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS.....	101
	APÊNDICE G – ETAPA 6: DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO	108
	APÊNDICE H – ETAPA 7: REDAÇÃO DO MANUAL E IMPLEMENTAÇÃO	115

1 INTRODUÇÃO

O cenário da manutenção industrial vem mudando ao longo dos anos. Com o passar do tempo este setor específico do processo que antes era malvisto pelos administradores, e tratado apenas como uma despesa vem ganhando cada vez mais atenção junto às companhias.

As grandes empresas estão cada vez mais atentas as oportunidades de melhoria em seus processos produtivos. E grande parte dessas melhorias acaba passando justamente pela otimização do sistema de manutenção e pela boa gestão de ativos das plantas.

O presente trabalho irá demonstrar de maneira prática todas as etapas para um estudo de RCM (*Reliability Centered Maintenance*), em busca de aumentar a confiabilidade de equipamentos de um laboratório de análise das características físicas e químicas dos materiais produzidos dentro de uma grande companhia siderúrgica, de modo a obter uma melhora no sistema de manutenção deste setor.

Este capítulo irá apresentar as premissas e problemas de pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa, os procedimentos metodológicos, e a estrutura do trabalho.

1.1 PREMISSAS E PROBLEMAS DE PESQUISA

O local de aplicação deste estudo de caso é o laboratório metalúrgico e qualidade do produto (LMQP), que fica situado em uma grande indústria siderúrgica na região de São Francisco do Sul. Apesar de esse laboratório ser um setor que não produz lucro direto para a empresa, é de extrema importância para o negócio, pois, suas análises atestam a qualidade dos produtos que saem das linhas de produção e os “liberam” para serem comercializados.

A manutenção dos principais equipamentos do laboratório é dividida em três grupos, que são a contratação do fabricante para efetuar assistência técnica de maneira anual, planos de inspeção e planos de manutenção, cujas frequências foram definidas de maneira empírica de acordo com a experiência dos manutentores da época.

Nas inspeções periódicas são verificadas as condições gerais dos ativos, associado ao histórico de falhas e com os relatos dos operadores, são definidas intervenções para reparo do equipamento.

Durante as manutenções preventivas, o procedimento é tirar o ativo de operação para corrigir possíveis indícios de problema, efetuar limpeza, reaperto, *backup* etc.

Já na assistência técnica, assim como na manutenção preventiva, os ativos são tirados de funcionamento para receberem os devidos cuidados, com a diferença de ser executado pelo fabricante do equipamento ou empresas especializadas, e com emissão de um certificado de condições do ativo.

Como a equipe de manutenção é enxuta e a verba destinada à manutenção dos equipamentos é finita, aliado a competitividade em que se encontra mercado atual e a exigência por grande assertividade com relação ao emprego dos recursos é que surgiu a pergunta que norteia este trabalho: Atualmente a frequência de manutenção dos equipamentos é a melhor possível?

1.2 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Otimizar as tarefas de manutenção preventiva e as atividades de inspeção nos equipamentos do laboratório metalúrgico e qualidade do produto através da aplicação de ferramentas da engenharia da confiabilidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

Alguns objetivos específicos devem ser cumpridos de modo a atingir o objetivo geral, são eles:

- Seleção dos equipamentos que serão estudados e terão seus planos de manutenção avaliados;
- Extração do banco de dados relacionados às falhas dos equipamentos selecionados;
- Agrupamento dos dados obtidos em uma planilha organizada para que sejam calculados os tempos até falha;
- Levantamento das métricas de confiabilidade através da aplicação do *Software Weibull ++* na planilha com os TTFs (*Time To Failure*, ou tempo até falha em português);
- Estudo de RCM dos equipamentos do laboratório;
- Apresentação dos resultados obtidos com a aplicação das ferramentas de Confiabilidade.

1.3 JUSTIFICATIVA

Conforme tendência do atual mercado globalizado onde se exige maior produção com menor custo, não existe mais margem para planos de manutenção ineficiente. Considerando que as equipes estão cada vez mais enxutas, e que os trabalhadores por vezes exercem diversas funções, é natural que se busque as melhores práticas em todos os setores.

A motivação de buscar planos de manutenção mais assertivos para o LMQP e deixar de gastar tempo e dinheiro em equipamentos que não exigem tanto esforço, e alocá-los em outros projetos.

É possível citar alguns benefícios de se atingir os objetivos propostos:

- Aumento de produtividade dos equipamentos;
- Diminuição do custo com manutenção corretiva;
- Maior foco da manutenção em projetos de melhoria contínua;
- Alocação de mão de obra para outras atividades relevantes;
- Saúde e segurança dos profissionais de manutenção.

1.4 PROCEDIMENTOS METOLÓGICOS

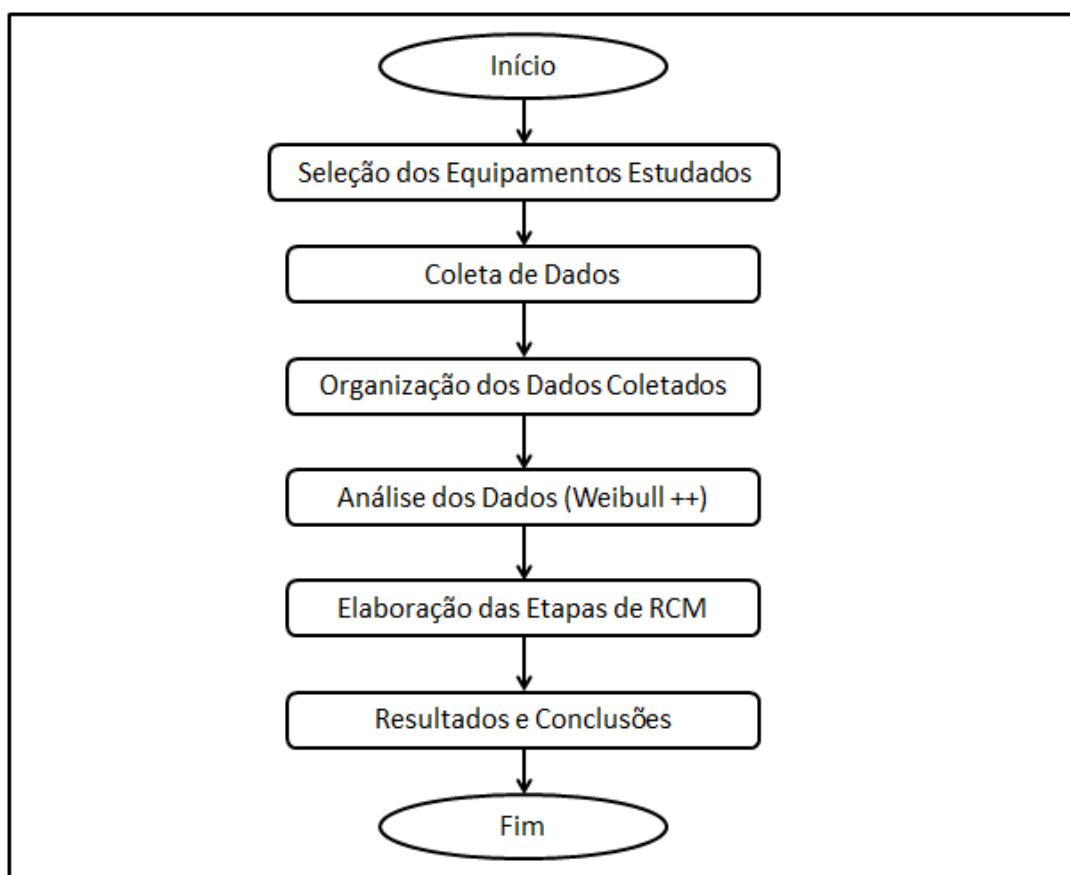
Os procedimentos metodológicos aplicados neste estudo são de natureza de aplicação prática no LMQP de modo a verificar a eficiência dos planos de manutenção.

Trata-se de uma abordagem quantitativa, já que se utiliza da coleta e análise de dados para aplicação de ferramentas estatísticas.

Para se analisar os dados de manutenção serão utilizados os mesmos conceitos de LDA. Serão extraídos os tempos entre as manutenções e formatados de maneira estruturada e coesa para que possa ser aplicado no software *Weibull ++* da *Reliasoft*, e a partir daí levantar as métricas de confiabilidade.

A figura 1.1 ilustra um fluxograma com as etapas necessárias para a realização do estudo.

Figura 1.1 – Fluxograma das atividades do estudo



Fonte: o autor (2019).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste capítulo inicial é feito uma introdução rápida sobre o estudo proposto, caracterizando o local de aplicação, um laboratório de qualidade do produto, abordando os objetivos gerais e específicos que são esperados alcançar com a pesquisa, a justificativa do tema abordado, métodos de pesquisa e estrutura do trabalho.

O capítulo 02 fará uma apresentação geral do tema a ser desenvolvido no trabalho, descrevendo com maior detalhe o funcionamento do laboratório e cada uma de suas subdivisões, falando sobre alguns de seus principais equipamentos de maneira a proporcionar um bom entendimento do local de aplicação do trabalho.

O capítulo 03 apresenta os principais conceitos da engenharia de confiabilidade, com destaque para Análise de Dados de Vida e Manutenção Centrada em Confiabilidade que será a principal base para o sucesso do estudo.

O capítulo 04 contém o desenvolvimento do trabalho, os conceitos de confiabilidade mostrados no capítulo 03 aplicados nos equipamentos apresentados no capítulo 02, assim como os cálculos e simulações envolvidas e consequentemente os resultados obtidos.

O capítulo 05 traz a conclusão do estudo com as devidas considerações finais, as principais dificuldades encontradas, e as sugestões para futuros trabalhos.

2 LABORATÓRIO METALÚRGICO E QUALIDADE DO PRODUTO

Durante o desenvolvimento de um projeto de engenharia, as propriedades dos materiais são consideradas para a determinação dos esforços envolvidos. Como exemplo, no projeto de um eixo automotivo são consideradas todas as propriedades do aço de construção mecânica utilizado, bem como dos componentes que o acoplam. Com isso, torna-se fundamental que durante o processo de produção do equipamento ou componente projetado, sejam utilizados materiais que respeitem as especificações determinadas em projeto. Para esse devido controle, procedimentos de ensaios mecânicos, físicos e químicos normatizados são realizados para o controle de qualidade ou verificação dos materiais (SILVA E BOING, 2013).

O LMQP do presente trabalho é dividido em: Laboratório de Ensaios Mecânicos, Laboratório Químico e Laboratório de Corrosão.

2.1 LABORATÓRIO DE ENSAIOS MECÂNICOS

O Laboratório de Ensaios Mecânicos é responsável por avaliar algumas propriedades físicas de todos os materiais que são produzidos na empresa. O principal ensaio realizado é o de tração, onde o corpo de prova com dimensões padronizadas é fixado em uma máquina de teste e é submetido ao esforço que tende a alongá-lo até a ruptura (testes destrutivos). Este ensaio é de extrema importância para o negócio, pois é necessário um bom desempenho para que o produto seja liberado para comercialização.

2.1.1 Guilhotina Sorg SGH 1013/20

Guilhotina é um tipo de ferramenta utilizada para o corte de chapas de metal, incluindo latão, aço, alumínio ou moldar folhas de plástico. Existem vários tipos diferentes de guilhotina, que vão desde pequenas unidades portáteis até grandes modelos de piso. Elas ainda podem ser pneumáticas ou elétricas para proporcionar maior potência no corte de metais (MECÂNICA, 2012).

A guilhotina Sorg modelo SGH 1013/20 é um modelo elétrico, cujo princípio de funcionamento é uma bomba elétrica que pressuriza o óleo do sistema e por sua vez aplica a força necessária para a faca cortar as amostras por cisalhamento, que para esta aplicação são de aço (SORG, 2017).

Além da bomba e da faca de corte já citados, ainda fazem parte do equipamento um batente que funciona como guia para obtenção do tamanho preciso da amostra a ser cortada, um Controlador Lógico Programável (CLP) que controla a distância do batente e o acionamento do motor, um jogo com 13 guias para apoio das chapas, um reservatório com 400 litros de óleo hidráulico e um sistema de cortinas e botões de emergência (SORG, 2017).

2.1.2 Centro de Usinagem CNC Travis M800

Computer Numeric Control (CNC) é uma máquina-ferramenta que utiliza ferramentas de corte de haste como: broca, fresa de topo, alargador, macho de roscar, cabeçotes fresadores, entre outras. O Centro de Usinagem serve também para realizar operações de usinagem com: furação, aplainamento, fresagem, alargamento, mandrilhamento, abrir roscas internas etc. Este tipo de máquina é muito utilizado nas indústrias de fabricação, devido à sua versatilidade. A usinagem com o uso de máquinas CNC, atualmente, tornou-se uma necessidade para a fabricação de peças industriais em grande quantidade, em pouco tempo e de forma automatizada (M&S, 2010).

No LMQP são utilizadas duas máquinas CNC, sendo uma delas a Travis M800 e a outra Travis M800SL (que é um modelo mais novo da primeira). A função principal dessas máquinas para o laboratório de ensaios mecânicos é a usinagem de corpos de prova que depois serão testados nas máquinas de tração (itens 2.1.3 e 2.1.4).

Essas máquinas são centros de usinagem com três eixos, sendo “x”, “y” e “z”, e são compostas basicamente de fusos e guias para a movimentação dos eixos, um sistema de troca de ferramentas do tipo carrossel, um sistema hidráulico para suporte das chapas a ser usinado, um sistema pneumático para limpeza das ferramentas durante o ciclo de trabalho, e um sistema de refrigeração com bombas para resfriamento das peças e ferramentas de corte.

2.1.3 Máquina de Teste Zwick Roell Z-050

As máquinas de teste Zwick Roell Z-050 podem ser usadas para determinar propriedades em peças de teste como barras, elementos moldados, componentes, chapas etc. Essas máquinas aplicam carga mecânica ao corpo de prova de maneira contínua, crescente, pulsante ou por meio de ciclos através de sistema de acionamento hidráulico (ZWICK, 2008).

Os corpos de prova são submetidos a testes destrutivos ou não destrutivos, dependendo da máquina de teste e dos usos dos métodos de teste. Os tipos clássicos de teste são o teste de tração, compressão, flexão e torção, com base na variedade de padrões de teste (ZWICK, 2008).

No LMQP as máquinas de teste Zwick são utilizadas para efetuar ensaios de tração nos corpos de prova que foram previamente cortados na Guilhotina Sorg (item 2.1.1) e usinadas nas CNC Travis (item 2.1.2). Estes ensaios permitem atestar a qualidade das bobinas de aço que são produzidas pela empresa, através da medição da dureza, elasticidade e resistência das chapas.

Os principais subsistemas que compõem a Máquina de Teste Zwick são o sistema pneumático que serve para abertura e fechamento das garras, as próprias garras, o extensômetro axial, o extensômetro transversal (ambos de contato), além de uma interface com os operadores através de um software do próprio fabricante.

2.1.4 Máquina de Tração Instron 100 kN

Assim como a máquina de teste do item 2.1.3, a máquina de tração Instron, também é utilizada para medir a qualidade das bobinas de aço que são produzidas pela companhia. Porém, o princípio de funcionamento se difere um pouco do modelo anterior.

Ao acionar o botão de controle da garra, o cilindro pneumático interno libera o ar necessário para prender o corpo de prova. Após a fixação das chapas, é dado início ao ensaio via software (INSTRON, 1997).

A principal diferença dessa máquina em relação a Zwick Roell Z-050 é que na do item 2.1.3 os extensômetros estão em contato direto com a chapa, já no modelo Instron, a medição é feita através de uma câmera que monitora a

deformação da chapa e sua imagem é tratada através do software do fabricante (INSTRON, 1997).

2.2 LABORATÓRIO QUÍMICO

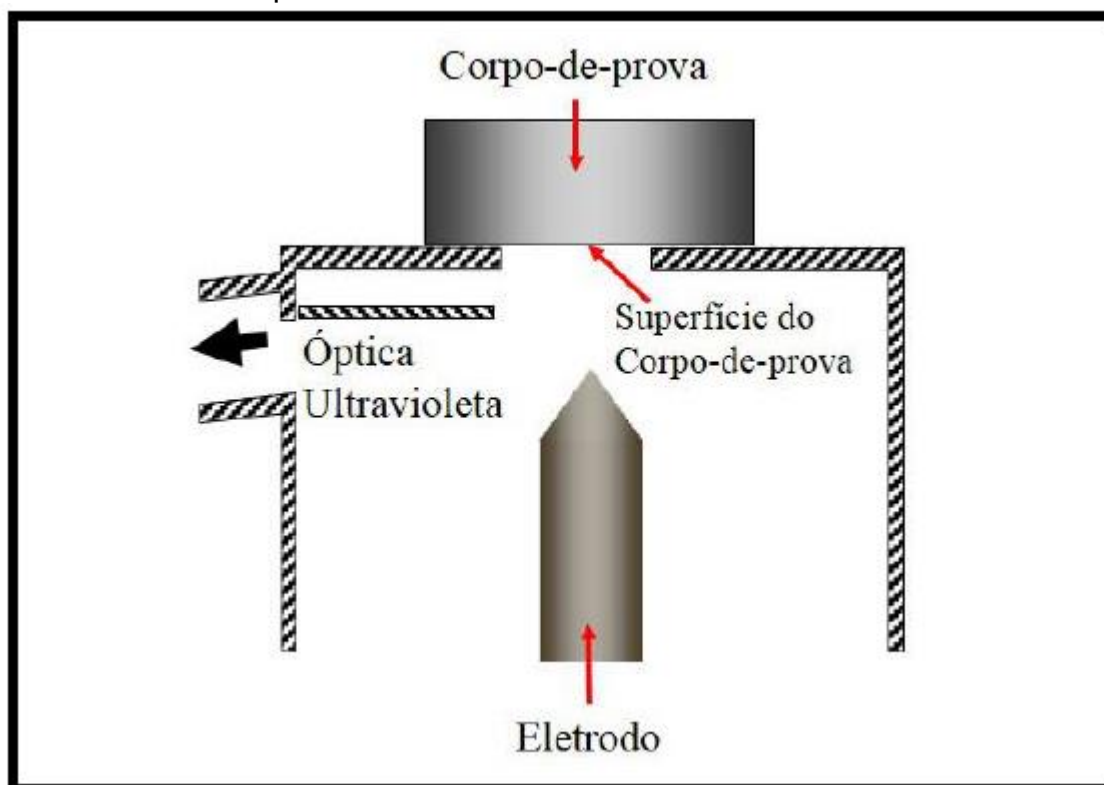
O Laboratório Químico é constituído de diversos equipamentos cuja finalidade é atestar as propriedades químicas dos diversos tipos de aço produzidos pela unidade. Dentre os principais equipamentos estão os Espectrômetros de Emissão Ótica, Absorção Atômica e Plasma, os Determinadores de Nitrogênio/Oxigênio e Carbono/Enxofre. Existem ainda equipamentos que não necessariamente efetuam análises, mas são necessários para um bom funcionamento do laboratório em geral, que são o Forno de Calcinação de Cadinho e o sistema de purificação de água por Osmose Reversa.

2.2.1 Espectrômetro de Emissão Ótica Thermo Scientific ARL3460

Para a determinação da composição química em aços, um dos métodos utilizados é a espectroscopia de emissão óptica. O princípio de funcionamento desse método/equipamento é baseado na medição das três grandezas físicas básicas da luz ou da onda eletromagnética: intensidade (ou amplitude), frequência e polarização (ângulo de vibração). No espectrômetro de emissão óptica essas grandezas físicas são visualizadas com a excitação do corpo de prova por meio de uma tensão elétrica (SILVA E BOING, 2013).

A figura 2.1 mostra o esquemático da câmara de análise de um espectrômetro de emissão óptica, com indicação do corpo de prova, eletrodo e canal onde passará o feixe de luz.

Figura 2.1 - Representação esquemática do funcionamento do espectrômetro de emissão óptica



Fonte: Silva e Boing (2013).

Conforme mostrado na Figura 2.1, o eletrodo fornece uma tensão elétrica no corpo de prova para que seja possível visualizar as três grandezas físicas da luz emitida por cada elemento químico constituinte na liga, as quais são medidas pela óptica ultravioleta do equipamento. Ou seja, o espectrômetro de emissão óptica é composto basicamente em uma rede de difração e um captador. A rede faz que a luz incidente sobre a abertura do espectrômetro (Figura 2.1 – óptica ultravioleta) se divida em feixes de onda, os quais incidem sobre os captadores que são sensores fotovoltaicos. Desse modo, é possível identificar a intensidade luminosa de cada comprimento de onda que existe na composição do feixe incidente, permitindo assim, a caracterização e a quantificação em massa dos elementos químicos presentes na liga.

O ensaio de composição química em aços por espectroscopia de emissão óptica é orientado pela norma ASTM A751 – 11, a qual trata dos padrões e métodos para testes, práticas e terminologias para a análise química em produtos de aço, e pela norma ASTM E1806 – 09 a qual trata da prática padrão de amostragem para

ensaios em aços e ferros fundidos. Além destas, outras normas específicas devem ser seguidas para grupos específicos de aços, por exemplo, a norma ASTM E327-97 que orienta sobre a análise de composição química por espectroscopia de emissão óptica em aços inoxidáveis.

As normas citadas anteriormente não possuem informações detalhadas sobre o estado da superfície na preparação do corpo-de-prova. Com isso e baseado no princípio de funcionamento do espectrômetro de emissão óptica, o acabamento da superfície do corpo de prova que recebe a tensão elétrica do eletrodo, conforme mostrado na Figura 1, pode influenciar na precisão da análise da composição química da liga de aço. A precisão refere-se a um sistema de medição que se repete bem, com pequena dispersão nos resultados. Desse modo, o objetivo do estudo é compreender a influência do acabamento da superfície do corpo-de-prova na precisão da análise da composição química por espectroscopia de emissão óptica (SILVA E BOING, 2013).

2.2.2 Espectrômetro Agilent 55B - Absorção Atômica

O espectrômetro de absorção atômica é um equipamento que permite a análise quantitativa de elementos presentes em soluções líquidas, gasosas e sólidas. Os componentes básicos de um espectrômetro incluem fonte de radiação, sistema de atomização, conjunto monocromador, detector e processador. Nos equipamentos mais antigos utilizam-se moduladores mecânicos (*chopper*), nos mais modernos a modulação é feita eletrônica ou mecanicamente. A atomização pode ser feita em chama, em tubo aquecido acoplado a sistema gerador de hidretos, em sistema de geração de vapor a frio, e eletro-termicamente em forno de grafite, ou outros sistemas alternativos (KRUG *et al*, 2004).

2.2.3 Espectrômetro Vista ICP-AES

A espectrometria de emissão atômica com plasma ICP-AES, vem sendo utilizada no Brasil desde 1976, quando foram instalados os primeiros equipamentos comerciais. A técnica foi muito bem-sucedida em função da capacidade de análises

multielementares em diversos tipos de amostras, o que garantiu a sua utilização em laboratórios de química analítica de rotina para as mais diversas aplicações. A superação da qualidade analítica, devidas às limitações instrumentais, foi acompanhada pelo desenvolvimento de várias montagens óticas, recursos eletrônicos e sistemas de detecção nestes últimos 20 anos. A espectrometria de emissão com plasma está sendo usada na indústria metalúrgica, mineradora, agrícola, de alimentos, fertilizantes, do petróleo e inúmeros centros de pesquisas (GINÉ, 1998).

O plasma é um gás parcialmente ionizado com elevada temperatura. Os plasmas eletricamente gerados são amplamente utilizados em espectrometria de emissão ótica. As fontes produzem plasmas com elevada temperatura (8000 - 10000 K) e alta densidade eletrônica ($1 - 3 \times 10^{15} \text{ e/cm}^3$). Nessas temperaturas, em que normalmente operam as fontes de ICP, há energia suficiente para dissociação de compostos com elevada energia de dissociação, e.g. óxidos refratários, carbetos etc. gerando os átomos e íons necessários para que ocorram as transições eletrônicas. Outro aspecto a ser considerado é que o plasma possui energia suficiente para promover a excitação da maioria dos elementos químicos, proporcionando alta sensibilidade com ampla faixa linear de trabalho e estabilidade temporal satisfatória (KRUG *et al*, 2001).

No processo indutivo do ICP, os elétrons recebem energia do campo magnético induzido, produzido numa espiral energizada pela fonte de alta radio frequência. Quando se energiza uma espiral tipo solenoide, o campo magnético induzido apresenta linhas distribuídas de forma homogênea, no sentido do eixo da espiral. Como a corrente é produzida por fonte de radiofrequência, energia alternada, o campo formado é oscilante, mudando o sentido dependendo da frequência. No caso de 27,12 MHz têm-se $27,12 \times 10^6$ ciclos/s (GINÉ, 1998).

No LMQP o modelo de ICP-AES é o Vista fabricado pela Varian e posteriormente adquirido pela *Agilent Technologies*.

O sistema Espectrômetro Vista ICP-AES foi dividido em alguns subsistemas para melhor entendimento do estudo, que são:

- Fonte de rádio frequência;
- Fonte de alta tensão;
- Nebulizador para introdução das amostras que serão analisadas;

- Linha de argônio responsável pela geração do plasma,
- Câmara de queima que é constituída pela tocha e bonet de quartzo, nariz, e bobina em espiral de cobre;
- Detector responsável pela conversão do sinal ótico em elétrico para efetuar a leitura dos elementos.

2.2.4 Determinador de Carbono e Enxofre Leco CS600

O Leco CS600 é utilizado para a determinação do teor de carbono e enxofre de uma vasta variedade de materiais orgânicos como carvão, coque e óleos, assim como alguns materiais inorgânicos como solos, cimento e calcário, por combustão e detecção de infravermelho não dispersivo.

A amostra é inserida em uma atmosfera de oxigênio puro geralmente a 1350°C. A combinação da temperatura do forno e fluxo de oxigênio provoca a combustão da amostra. Todo o material presente na amostra passa por um processo de oxidação-redução que gera a liberação de carbono e enxofre. O carbono então se oxida a CO₂ e o enxofre a SO₂. Este fluxo de gás é detectado por células de infravermelho que medem as concentrações de CO₂ e SO₂. O equipamento converte estas medições em valores percentuais utilizando uma equação que considera o peso da amostra, a calibração e o valor de uma amostra padrão (LECO, 2004).

2.2.5 Determinador de Nitrogênio e Oxigênio Leco TC600

O TC600 é um instrumento controlado por software Windows® que determina o teor de oxigênio e nitrogênio de uma amostra e usa um forno de eletrodo independente para a fusão.

O oxigênio é medido por detecção de infravermelho como dióxido de carbono e monóxido de carbono em uma célula IR. Já o nitrogênio é medido por condutividade térmica em uma célula TC.

A análise começa colocando um cadinho de grafite vazio no eletrodo inferior e pressionando o botão do carregador. Os eletrodos se fecham e a atmosfera é

purgada do cadinho. Alta corrente passa através do cadinho gerando calor, que expelle os gases presos no grafite. Este processo é chamado de saída de gás. Em seguida, uma amostra é retirada do mecanismo de carregamento no cadinho. Alta corrente é novamente passada através do cadinho de condução de gases na amostra. Para evitar mais desgaseificação durante a análise, é utilizada uma corrente menor que a corrente de saída. O oxigênio liberado da amostra combina com o carbono do cadinho para formar monóxido de carbono e pequenas quantidades de dióxido de carbono.

Gases de amostra com alto teor de oxigênio passam do forno para os detectores de monóxido de carbono e dióxido de carbono. Gases de amostra com baixo teor de oxigênio passam pelo óxido de cobre de terras raras aquecido que converte o monóxido de carbono em dióxido de carbono. Os gases da amostra passam então pelas células IR, que detectam o oxigênio como dióxido de carbono.

Antes que os gases de amostra fluam através do depurador de fluxo de medição e da célula TC, eles passam pelo Compensador de Fluxo Dinâmico. Como o CO_2 é retido pelo Lecosorb, a taxa de fluxo do gás de amostra é reduzida. O compensador de fluxo dinâmico adiciona gás de arraste aos gases de amostra, mantendo uma vazão constante. Nos presentes de alto oxigênio, esse processo melhora os resultados da amostra de nitrogênio.

Após o compensador de fluxo dinâmico, os gases de amostra fluem através do lavador de medição de fluxo, onde o dióxido de carbono é removido pelo Lecosorb para impedir a detecção pela célula TC. O vapor de água é formado quando o dióxido de carbono é capturado. Como o vapor d'água pode ser detectado pela célula TC, a Anhydron é usada para removê-lo. Gases de amostra, em seguida, fluem através da célula TC produzindo o resultado de nitrogênio (LECO, 2003).

2.2.6 Forno Leco TFC-10

Para que as amostras de aço possam ser analisadas e terem suas propriedades determinadas através do CS600 (2.2.4) e TC600 (2.2.5), é necessário que pequenas porções sejam postas em cadinhos calcinados para então levar até os respectivos determinadores.

Cadinhos são reservatórios fabricados em material refratário onde o aço é derretido.

Calcinação é o processo de aquecer uma substância a altas temperaturas, contudo sem atingir seu ponto de fusão, faz parte do processo de micro fusão, etapa muito importante, pois retira toda umidade do cacho, resíduos de cera, dá maior resistência à casca cerâmica e prepara o mesmo para receber o aço líquido, geralmente aquecido a 1100 °C, temperatura que pode variar conforme a geometria da peça.

O forno Leco TFC-10 possui dois tubos refratários com capacidade para 15 cadinhos em cada um. Os cadinhos são postos nestes tubos e é ajustado a uma temperatura de 1100 °C para que seja efetuado o processo de calcinação. Os cadinhos são mantidos nessa condição por duas horas, tempo necessário para que fiquem aptos a receber as amostras de aço e levados ao CS600 ou TC600.

2.2.7 Osmose Reversa Quimis Q842-210

Em laboratórios químicos, a água é o solvente mais empregado, uma vez que a utilização de água deionizada de alta pureza é de fundamental importância nos trabalhos de pesquisa, principalmente no preparo de padrões analíticos e carregadores para análise em fluxo. Dentre os sistemas para tratamento de água para essa finalidade, destacam-se os processos de destilação, osmose reversa e troca-iônica. O processo convencional de destilação é o mais empregado, consumindo, porém, grande quantidade de água de refrigeração (15L L-1 de água produzida) e energia elétrica (0,7Kw L-1), além de cuidados constantes durante a produção. Um equipamento comercial de osmose reversa apresenta também desperdício de água (3L L-1 de água produzida), mas o consumo de energia é baixo (TAVARES *et al*, 2004).

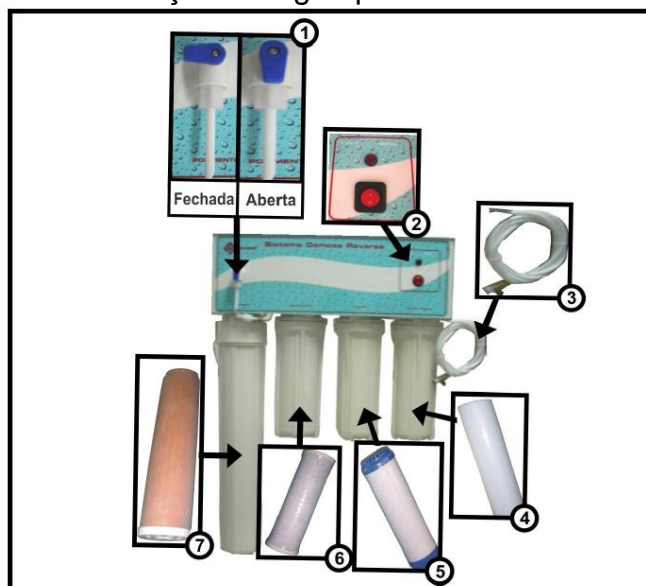
No Laboratório Químico é utilizado um sistema de Osmose Reversa modelo Q842-210 fabricado pela Quimis. O sistema apresenta as seguintes características:

- A água produzida tem condutividade elétrica inferior a 1uS;
- Baixo consumo de energia elétrica;
- Não consome água de refrigeração, apenas a água impura que é expelida através do dreno;

- Liga e desliga automaticamente, mantendo sempre o reservatório cheio;
- A produção nominal de água pura é de 10L/h;
- A condição da água de alimentação deve estar dentro dos seguintes parâmetros: livre de turbidez, nível máximo de sílica 50 ppm, ferro 0,5 mg/L, livre de sulfeto, temperatura entre 5°C e 45°C, pressão entre 40 psi e 80 psi, pressão de operação máxima 100 psi, faixa de pH entre 3 e 11, sólidos totais dissolvidos no máximo 2000 ppm (QUIMIS, 2012).

A figura 2.2 mostra o sistema de osmose e seus respectivos filtros.

Figura 2.2: Sistema de Purificação de Água por Osmose Reversa



Fonte: Adaptado Quimis (2012).

O sistema completo é composto por:

1. Torneira de recolhimento da água;
2. Chave Liga/Desliga;
3. Mangueira de entrada da água;
4. Cartucho de 05 Micras;
5. Cartucho de Carvão Granulado;
6. Cartucho de Carvão Block;
7. Cartucho de Polimento.

2.3 LABORATÓRIO DE CORROSÃO

O Laboratório de Corrosão é onde são realizados os ensaios acelerados de vida das chapas de aço de acordo com as solicitações dos clientes, de modo a verificar a qualidade do revestimento dos materiais.

2.3.1 Câmara Úmida Salt Spray

O teste de nevoa salina (Salt Spray) é uma simulação dos efeitos de uma atmosfera marítima em diferentes metais com ou sem camadas protetoras.

O teste de névoa salina é amplamente aceito como uma ferramenta para avaliação da uniformidade na espessura e porosidade de revestimentos metálicos ou não metálicos, sendo um dos ensaios mais aplicados para determinar a resistência a corrosão.

Pode-se utilizar o teste de névoa salina para fazer uma triagem em materiais revestidos revelando pontos onde a camada é particularmente menos espessa, ou para comparar diferentes lotes de um mesmo produto.

No ensaio de névoa salina é produzida névoa com ar comprimido e uma solução de cloreto de sódio em água. A névoa pulverizada cai sob ação da gravidade sobre os corpos de prova. A suspensão em si não é corrosiva, porque seu pH é próximo de 7, porém essa solução é forte eletrólito que provoca corrosão dos substratos metálicos (TORK, 2017).

No Laboratório de Corrosão deste estudo possui duas Câmaras de Névoa Salina, sendo a primeira cíclica modelo CCT600 e a segunda simples modelo SS600, ambas do fabricante Equilam.

O procedimento utilizado nas análises consiste em inserir os corpos de provas no interior do gabinete de ensaio, de acordo com normas técnicas ou em concordância entre cliente/fornecedor, são expostos a uma névoa controlada com alta umidade com solução salina (pH 6,5 a 7,2) à uma temperatura de 35 graus Celsius, por períodos determinados entre clientes e fornecedores ou prescritos em normas.

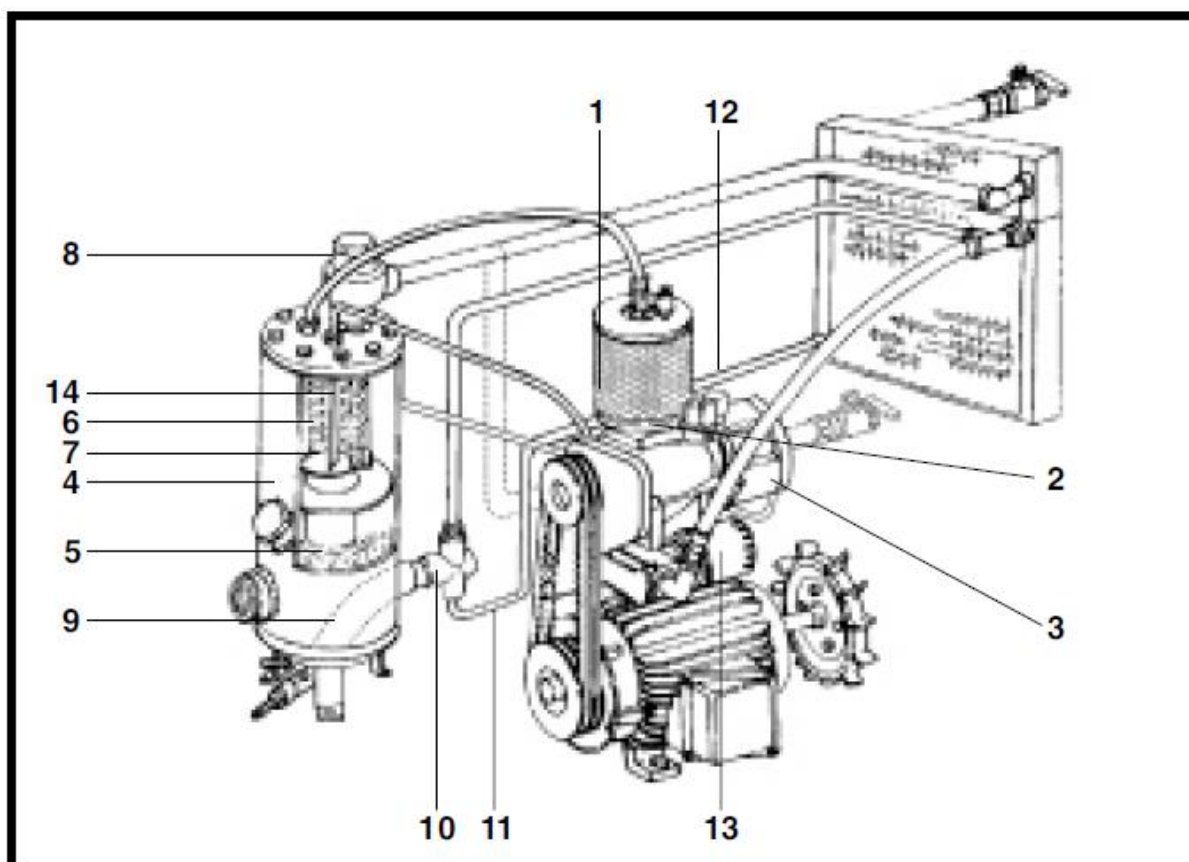
Após este período de exposição, as amostras serão avaliadas de acordo com as normas técnicas que determinam o grau de oxidação e/ou tipo de corrosividade dentre outras avaliações.

2.4 COMPRESSOR DE AR SCHULZ SRP4015

Diversos equipamentos instalados no LMQP utilizam de uma linha pneumática para perfeita operação (2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.2.1, 2.2.2, 2.2.4, 2.2.5 e 2.4.1). E devido à necessidade de o ar ser “limpo”, optou-se por não utilizar a rede de ar da fábrica. Foi então instalado um compressor de ar do tipo parafuso modelo Schulz SRP4015.

A figura 2.3 mostra um esquema de montagem de um compressor de ar Schulz do tipo parafuso.

Figura 2.3: Principais partes do compressor tipo parafuso Schulz



Fonte: Schulz (2003).

Ao ligar o motor, a potência é transmitida ao eixo da unidade compressora pelas polias e correias. O movimento dos parafusos provoca depressão iniciando o ciclo de produção do ar com a aspiração.

O ar entra pelo filtro “1” e ingressa na unidade compressora “3” radialmente através dos furos localizados no cilindro da válvula de admissão “2”. A compressão inicia na sequência no sentido axial do eixo dos parafusos macho e fêmea, que empurram o ar admitido para a janela de descarga localizada na carcaça da unidade compressora.

Neste primeiro momento a lubrificação ocorre com o óleo residual presente no circuito.

A sucção do ar por furos de pequena área de passagem, não solicita potência plena do motor na partida (parte em vazio), mas permite a rápida pressurização do reservatório ar/óleo “4” propiciando, por ação pneumática, a circulação do óleo lubrificante “5” para a unidade compressora.

Na descarga da unidade compressora, o ar admitido misturado com o óleo lubrificante, sai para o reservatório onde é centrifugado tangencialmente. O óleo assenta no fundo do reservatório em função de sua densidade.

O ar comprimido flui para o elemento separador “6” arrastando consigo pequena quantidade de óleo que, em função da restrição proporcionada pela malha filtrante, perde velocidade e “cai” no fundo do separador ar/óleo “7”.

Em poucos segundos, a pressão interna no reservatório é de 3,4 a 4,1 bars (50 a 60 psi). O motor já está operando na rotação nominal e o ar pode ser aspirado em regime de plena carga, com a abertura total da válvula de admissão “2” (SCHULZ, 2003).

2.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi abordada a descrição do processo produtivo em estudo, com a explanação dos detalhes do funcionamento de cada um dos laboratórios que compõem o Laboratório Metalúrgico e Qualidade do Produto desta empresa, assim como cada um dos principais equipamentos e suas características, que serão importantes para o melhor entendimento dos objetos de estudo deste trabalho.

O próximo capítulo tratará do referencial teórico com os conceitos de manutenção e de Confiabilidade, fornecendo o embasamento necessário para a elaboração deste estudo de caso.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos básicos de manutenção e de engenharia de confiabilidade para o bom entendimento do trabalho desenvolvido. Dentre os conceitos apresentados neste capítulo, destacam-se os Conceitos Básicos de Confiabilidade, a Análise de Dados de Vida e a Manutenção Centrada em Confiabilidade.

3.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Para Pinto e Xavier (2009) o ato de manter ou a manutenção industrial é definido como “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”. A ABNT NBR 5462 de 1994 diz que manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativa, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT NBR 5462, 1994).

Existem diversos tipos de manutenção que são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção no sistema. Dos principais tipos de manutenção, podemos destacar a manutenção corretiva planejada e não planejada, a manutenção corretiva e a manutenção preditiva.

3.1.1 Manutenção Corretiva

É o tipo de manutenção mais simples e antigo existente, teve início antes da segunda guerra mundial quando a indústria era pouco mecanizada e os equipamentos de forma geral eram superdimensionados. Aliado a tudo isso, devido à conjuntura econômica da época, a questão da produtividade não era prioritária. Conseqüentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada; apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era fundamentalmente corretiva (Pinto e Xavier, 2009).

A manutenção corretiva é realizada após o aparecimento da falha, e sua escolha deve ser feita levando em consideração os aspectos econômicos. Esse tipo de manutenção é justificável quando for mais barato consertar a falha e seus efeitos do que tomar ações preventivas. Também devem ser analisadas as perdas de produção, além de saúde e segurança das pessoas (XENOS, 1998).

3.1.1.1 Manutenção Corretiva Planejada

É a correção que se faz em função de um acompanhamento preditivo, detectivo, ou até pela decisão gerencial de se operar até a falha. Esse tipo de manutenção é caracterizado pela preparação da atividade, tornando-a mais barata, segura e rápida (COSTA, 2013).

3.1.1.2 Manutenção Corretiva Não Planejada

Correção da falha de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou desempenho menor que o esperado após a ocorrência do fato. Consistem desde pequenas panes em produção ou grandes quebras inesperadas, são necessárias correções imediatas do problema (QUEIROZ, 2015).

3.1.2 Manutenção Preventiva

O crescimento da indústria aeronáutica trouxe consigo um novo conceito de manutenção preventiva, que foi logo adotado pelas indústrias. Além da preocupação com a manutenção de caráter preventivo, passou-se a valorizar o respeito à segurança (ANDRADE, 2014). Para Pereira (2009) manutenção preventiva se baseia em tomada de ações com vista a evitar alguma avaria, antes de ela vir a acontecer. Tem de ser fundamentada com boa análise de previsão, confiabilidade e financeira, no sentido de avaliar o benefício da sua utilização. Pressupõe um vasto conhecimento dos equipamentos ou itens alvos de Manutenção e disponibilidade em termos de mão de obra para a sua execução.

3.1.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva, ao analisar os sistemas produtivos, fixa os elementos críticos das cadeias de produção, elege parâmetros mensuráveis e controláveis dos sistemas e permite a execução da manutenção preventiva com o mínimo de interferência com o programa de produção (ANDRADE, 2014).

Quando a intervenção, fruto do acompanhamento preditivo, é realizada estamos fazendo uma manutenção corretiva planejada (ENGEMAN, 2017).

3.2 CONFIABILIDADE

A confiabilidade enquanto área de conhecimento é multidisciplinar e envolve especialidades e especialistas em engenharia, estatística, matemática, computação, física, química e biologia. A aplicação nos sistemas técnicos por parte das diversas áreas da engenharia, normalmente, denominada de Engenharia de Confiabilidade tem sido feita a partir de ferramentas como: Análise da Árvore de Falha (FTA); Análise do modo e do efeito da falha (FMEA); Análise do modo, do efeito da falha e da criticidade (FMECA); Análise da causa raiz; Análise de risco; Análise da causa da falha de modo comum; e técnicas associadas ao atributo da qualidade e outras estruturas de análise para a fase de projeto, fabricação ou operação (DIAS, 2005).

Em seu sentido mais amplo, confiabilidade está associada à operação bem-sucedida de um produto ou sistema, na ausência de quebras ou falhas. Em análises de engenharia, todavia, é necessária uma definição quantitativa de confiabilidade, em termos de probabilidade (Fogliatto e Ribeiro, 2009). Em 1994 a ABNT atualizou a NBR 5462 de 1975, e define a confiabilidade como a probabilidade de um ativo desempenhar uma determinada função, de forma adequada, durante um intervalo de tempo, sob condições especificadas (ABNT NBR 5462, 1994).

3.2.1 Principais Conceitos da Confiabilidade

O estudo da confiabilidade quantitativa envolve métricas importantes, as quais permitem descrever e quantificar o comportamento dos dados em análise envolvendo o conhecimento dos seus tempos até a falha.

As principais métricas de confiabilidade são (RELIASOFT, 2015):

- **Confiabilidade, $R(t)$** : Probabilidade de funcionar até o tempo “t” selecionado e na mesma condição operacional analisada;
- **Probabilidade de Falha, $F(t)$** : Probabilidade de falhar até o tempo “t” observado e dentro da mesma condição operacional analisada, também conhecida como função acumulada de falhas;
- **Vida $BX(\%)$** : Intervalo de tempo em que se observa o X% de não confiabilidade (10% das falhas ocorrerão até o intervalo B10);
- **Vida Média (MTTF)**: (*mean time to failure*) ou tempo médio esperado para uma falha ocorrer em um item sob suas condições operacionais;
- **Vida Mediana**: Tempo em que 50% das falhas são esperadas;
- **Confiabilidade Condicional $R(t|T)$** : Probabilidade de funcionar até um tempo adicional “t”, dado que o item já funcionou, com sucesso, durante um intervalo de tempo “T”;
- **Taxa de Falha $\lambda(t)$** : Risco de falhar em um intervalo de tempo infinitamente curto (quase zero) dado que este mesmo item não falhou até então.

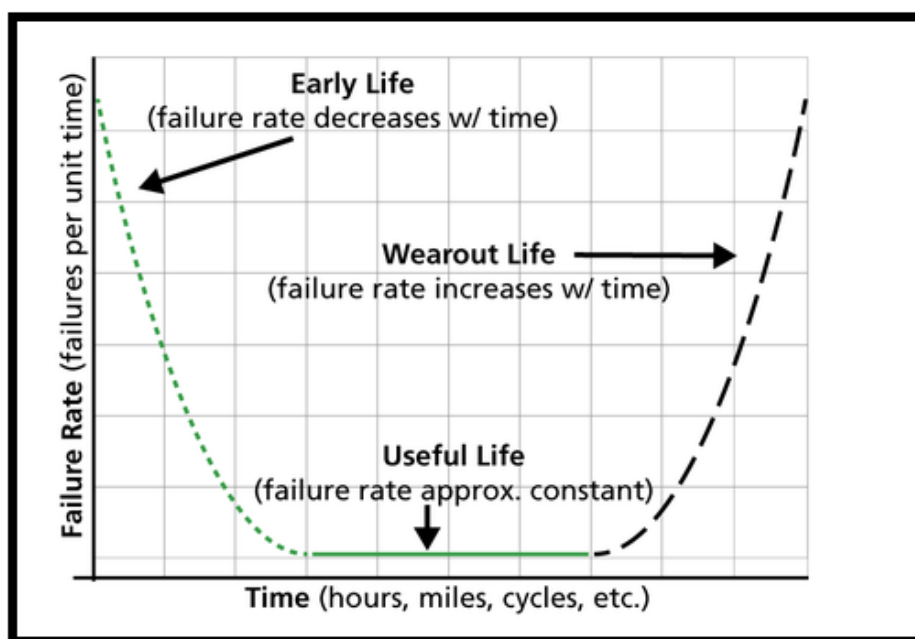
Silva *et al* (2015) traz algumas definições igualmente importantes de confiabilidade:

- **Qualidade**: pode ser definida como cumprimento das especificações de projeto e manufatura com o mínimo de variabilidade possível;
- **Mantenabilidade**: é definida como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas mediante condições preestabelecidas de uso, uma vez que houve a sua manutenção;
- **Segurança**: é a ausência de condições que causam danos físicos ou ocupacionais a pessoas, bem como danos ou perdas materiais;

- **MTBF:** (*mean time between failures*) ou tempo médio entre as falhas: utilizado para produtos ou componentes reparáveis;
- **MTTR:** (*mean time to repair*) ou tempo médio de reparo;
- **Disponibilidade (D):** indica o grau em que o equipamento (ou parte dele) estará em condições para iniciar a missão, quando esta for solicitada, num instante determinado.

Um desses conceitos que vale apenas destacar é a taxa de falha, que pode ser crescente, decrescente, constante, em forma de “banheira” ou nenhum destes citados acima. A figura 3.1 mostra a curva da banheira “idealizada”.

Figura 3.1 – Curva da Banheira



Fonte: Reliasoft (2015).

Quando o parâmetro de forma $\beta < 1$, a falha é prematura e se encontra no início da curva da banheira da figura 3.1. Se $\beta = 1$ a taxa de falha é constante o que indica falhas aleatórias, e $\beta > 1$, indica que a taxa de falha é crescente, ou seja, por desgaste (Fogliatto e Ribeiro, 2009).

Na prática, quando a taxa de falha é decrescente, a tarefa de manutenção mais adequada é alteração de projeto, e quando a taxa de falha é crescente, tarefas de manutenção preventivas são aplicáveis (RAMOS JR, 2019).

3.2.2 Modelos de Distribuição de Confiabilidade

Uma distribuição estatística define uma curva na qual a área sob esta curva representa a probabilidade de ocorrer o evento associado. Existem diversos tipos de distribuições, podendo ser contínuas ou discretas. No entanto, as principais distribuições contínuas utilizadas são: Normal, Lognormal, Exponencial e a Weibull (DIAS, 2005).

3.2.2.1 Distribuição Normal

A função densidade de probabilidade da distribuição normal tem uma distribuição simétrica, e por isso não representa a maioria das distribuições de falha de equipamentos ou sistemas. Para essa distribuição, a forma e a posição da função densidade de probabilidade é especificada em termos do valor médio e do desvio padrão. Essas propriedades criam a possibilidade de usar a distribuição normal, incorretamente, já que toda distribuição de qualquer evento pode ser caracterizada pela média e o desvio padrão. Devido a isso, Billinton e Allan (1983) afirmam que essa distribuição é menos importante na análise da confiabilidade, do que outras. Contudo é muito usada para representar o comportamento no final de vida, para falhas por envelhecimento, como as que ocorrem em sistemas mecânicos, elétricos, eletrônicos, entre outras. É frequente no controle de produção e de mercado, por isso, também importante nas decisões gerenciais (DIAS, 2005).

3.2.2.2 Distribuição Lognormal

O tempo até falha T de uma unidade segue uma distribuição lognormal se $Y = \ln(T)$ for normalmente distribuído. A lognormal é uma distribuição limitada à esquerda, muito utilizada na modelagem de tempos até reparo em unidades reparáveis. Nesse caso, é razoável supor que a probabilidade de completar uma ação de reparo aumenta com o passar do tempo. No caso de o reparo demorar muito a ser concluído, há um indicativo de causas especiais sobre o processo (por exemplo, falta de conhecimento dos mecânicos para execução da tarefa que se

impõe ou falta de matérias-primas necessárias para realizar o reparo). Assim, costuma-se supor que a taxa de reparo (isto é, a intensidade com que reparos são concluídos) se assemelhe à função de risco de uma distribuição lognormal (Fogliatto e Ribeiro, 2009).

3.2.2.3 Distribuição Exponencial

A distribuição exponencial é importante em estudos de confiabilidade por ser a única distribuição contínua com função de risco constante. A simplicidade matemática das expressões derivadas da exponencial difundiu o seu uso na área, às vezes inadequado. Esta distribuição apresenta algumas importantes propriedades. Uma delas diz respeito à ausência de memória de unidades com tempos até falha modelados pela exponencial; isto é, supõem-se unidades com uma mesma confiabilidade $R(t)$ para qualquer t , independente de sua idade ou tempo de uso. Tal suposição restringe a aplicação da exponencial a alguns componentes elétricos; unidades que apresentam desgaste ou fadiga são modeladas adequadamente pela exponencial apenas durante o seu período de vida útil, quando a ocorrência de falhas for relativamente constante no tempo (Fogliatto e Ribeiro, 2009).

3.2.2.4 Distribuição Weibull

A distribuição de Weibull é apropriada na modelagem de tempos até falha apresentando funções de risco constante, estritamente crescente e estritamente decrescente. Trata-se de uma das distribuições mais importantes na modelagem de confiabilidade devido à sua flexibilidade e capacidade de representação de amostras de tempos até falha com comportamentos distintos. Na análise de amostras de tempos até falha de tamanho pequeno, supor dados seguindo uma distribuição de Weibull costuma ser um bom ponto de partida na análise (Resumo de Fogliatto e Ribeiro, 2009).

A distribuição de Weibull pode ser tripamétrica ou bipamétrica. Com a distribuição tripamétrica pode-se determinar o período inicial de vida, através do parâmetro de localização γ . Neste período inicial é também considerado o tempo

gasto em testes ou ensaios de equipamentos eletrônicos (ensaios *burn-in*) ou rolamentos. Em alguns casos é o período decorrido até a primeira falha de um item, num lote considerado. Na distribuição biparamétrica, este período inicial é desconsiderado, dado que o período de vida útil é muito maior que este período inicial. Além do parâmetro de localização, existe o parâmetro de escala η , que é a indicação de 63,2% das falhas. O parâmetro mais significativo da distribuição em termos de decisões para o projeto é o parâmetro de forma, normalmente representado por (β) . É aquele que dá a aparência da distribuição. Se $\beta < 1$, os dados indicam que o item está se comportando como se estivesse na parte inicial da vida, fase de juventude. Nestes casos, diz-se que as falhas têm origem no projeto, no processo, ou na utilização, devido a inadequada aplicação. Quando $\beta = 1$ a função densidade de probabilidade equivale à função distribuição exponencial, a taxa de falha é constante e o item está na fase de vida útil. Quando $1 < \beta < 2$ indica que se tem um rápido aumento da função densidade de probabilidade para curto período de vida. A curva passa a ter uma taxa de crescimento, praticamente constante, se aproximando, neste caso, de uma lognormal. À medida que o parâmetro de forma aumenta $\beta \geq 2$, a função indica que existe um processo de envelhecimento, com um aumento de falha da população. Quando $\beta \geq 3,44$, a distribuição de Weibull se aproxima da distribuição Normal. No limite, quando β assume valores muito grandes, a função tende a concentrar todos os pontos próximos a uma reta paralela ao eixo das ordenadas, traçada a partir da taxa de falha característica (DIAS, 2005).

3.3 ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

Este tema se refere ao estudo e modelamento da vida de produtos ou equipamentos observados. No caso de equipamentos, trata-se do tempo que este opera antes de entrar em falha. Estes tempos de vida podem ser medidos em horas, dias, quilômetros, ciclos ou qualquer outra métrica com a qual a vida ou a aplicação possa ser medida. A análise posterior destes dados e a estimativa de vida são conhecidas como “Análise de Dados de Vida”.

A análise de dados de vida consiste, portanto, em tratar as informações de vida observada através do modelamento de uma distribuição estatística que se

ajusta melhor à uma amostra representativa dos dados de vida. A distribuição parametrizada para os dados pode então ser usada para estimar importantes características do item, tal como, confiabilidade ou probabilidade de falhas em um determinado tempo, a vida média e a taxa de falhas (THULER, 2017).

A análise de dados de vida requer:

- Obtenção dos dados de vida do produto;
- Seleção de uma distribuição estatística que corresponda aos dados e modele a vida do produto;
- Estimativa de parâmetros que ajustem a distribuição aos dados;
- Geração de gráficos e resultados que estimem a vida característica do produto, como a confiabilidade ou a vida média.

Em situações em que há a necessidade de análise de dados de vida de componentes, cuja fonte de pesquisa é um banco de dados com razoável riqueza de informações e que possuam tratamento quanto sua consistência, o método de análise de dados de vida (LDA) mostra-se uma importante ferramenta da confiabilidade. Contudo, em situações em que há uma fonte de pesquisa com poucos dados para análise, a assertividade do resultado ficará comprometida. Outros momentos em que não há dados de falha e reparo, torna-se necessário o uso de tempo a mais em busca de informações, coleta de dados em campo, consulta a especialistas da operação e manutenção do equipamento em que o componente atua e também entrevistas e encontros com fabricantes e/ ou fornecedores de sobressalentes (SILVA, 2017).

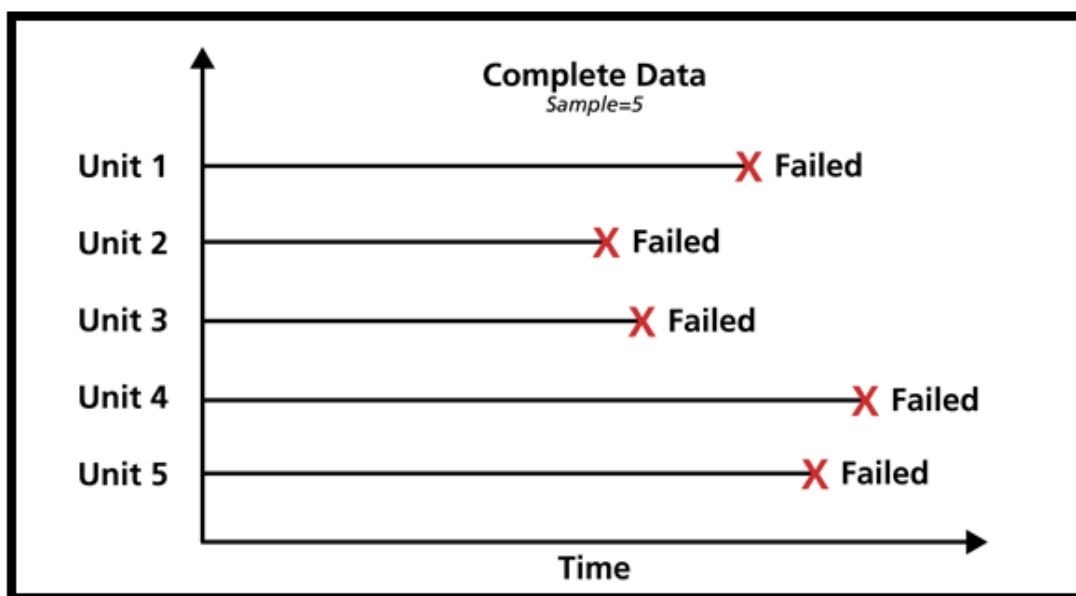
3.3.1 Classificação dos Dados de Vida

Na análise de dados de vida, queremos usar todos os conjuntos de dados disponíveis, que às vezes estão incompletos ou incluem incerteza quanto a quando ocorreu uma falha. Os dados de vida podem, portanto, ser separados em dois tipos: dados completos (todas as informações estão disponíveis) ou dados censurados (algumas informações estão faltando) (Resumo de Reliasoft, 2015).

3.3.1.1 Dados Completos

Dados completos significam que o valor de cada unidade de amostra é observado ou conhecido. Por exemplo, se tivéssemos de calcular a pontuação média do teste para uma amostra de dez alunos, os dados completos consistiriam na pontuação conhecida de cada aluno. Da mesma forma, no caso de análise de dados de vida, os conjuntos de dados completos são compostos dos tempos até a falha de todas as unidades da amostra. Por exemplo, se dentre uma amostra de cinco unidades todas falhassem (e seus tempos até a falha fossem registrados), as informações são ditas completas sobre o tempo de cada falha na amostra (Resumo de Reliasoft, 2015).

Figura 3.2 – Dados Completos



Fonte: Reliasoft (2015).

A Figura 3.2 apresenta uma amostra com cinco unidades, e todas as cinco chegaram até a falha, essa amostra é chamada de amostra com dados completos.

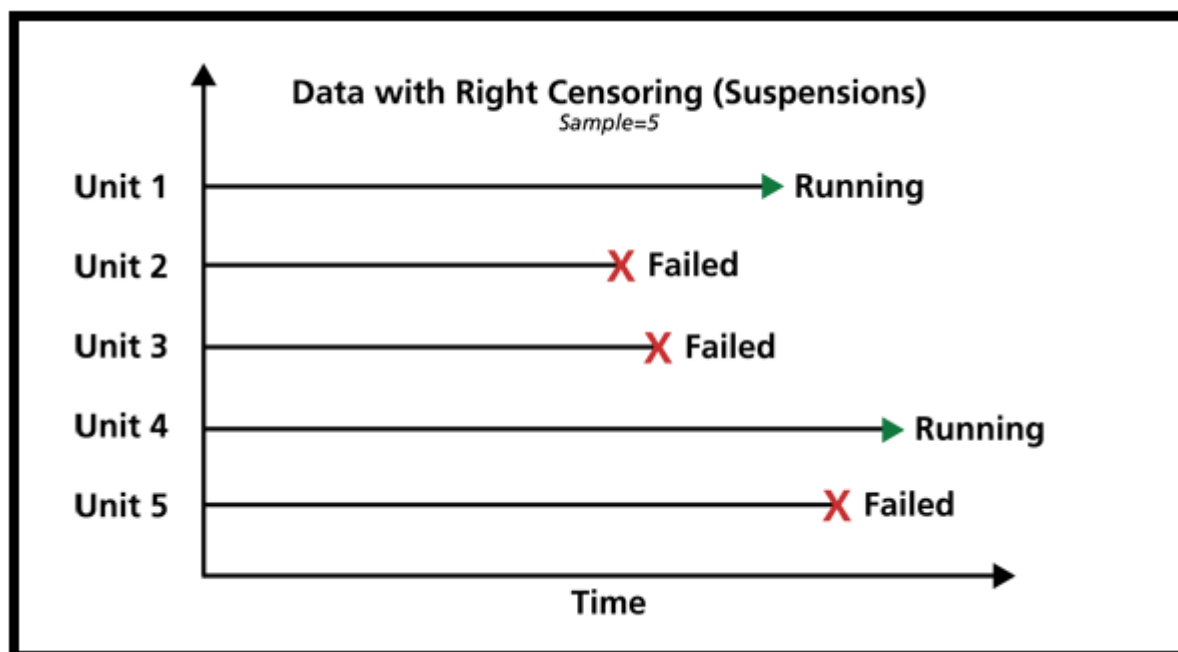
3.3.1.2 Dados Censurados

Em muitos casos, todas as unidades na amostra podem não ter falhado (ou seja, o evento de interesse não foi observado) ou os tempos exatos para falha de todas as unidades não são conhecidos. Esse tipo de dado é comumente chamado de dados censurados. Existem três tipos de possíveis esquemas de censura, censurados à direita (também chamados de dados suspensos), censurados por intervalos e censurados à esquerda (RAMOS JR, 2019).

3.3.1.2.1 Dados Censurados à Direita

O caso mais comum de censura é o que é chamado de dados censurados à direita ou dados suspensos. No caso de dados de vida, esses conjuntos de dados são compostos de unidades que não falharam. Por exemplo, se testássemos cinco unidades e apenas três tivessem falhado até o final do teste, teríamos dados censurados à direita (ou dados de suspensão) para as duas unidades que não falharam. O termo censurado à direita implica que o evento de interesse (ou seja, o tempo até a falha) está à direita do nosso ponto de dados. Em outras palavras, se as unidades continuassem funcionando, a falha ocorreria em algum momento após o nosso ponto de dados, ou à direita na escala de tempo (RELIASOFT, 2015).

Figura 3.3 – Dados censurados à direita



Fonte: Reliasoft (2015).

A Figura 3.3 apresenta uma amostra com cinco unidades, e ao final do teste apenas três falhou, essa amostra é chamada de amostra com dados censura à direita, ou suspensão.

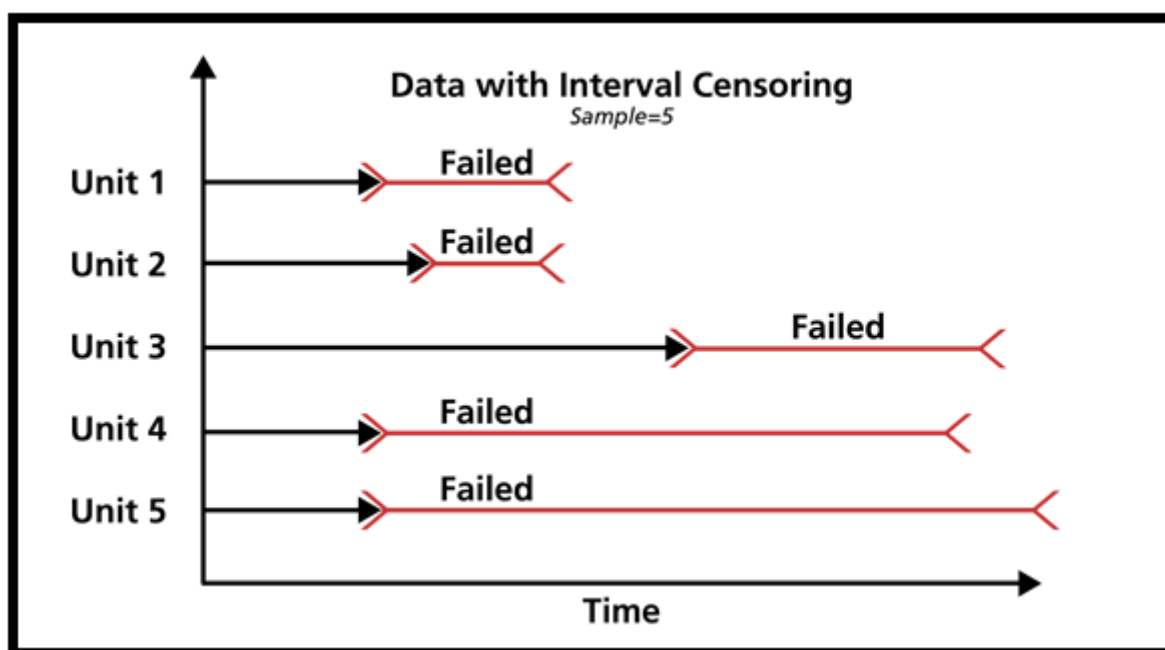
3.3.1.2.2 Dados Censurados por Intervalo

O segundo tipo de censura é comumente chamado de dados censurados por intervalos. Os dados censurados por intervalo refletem a incerteza quanto aos tempos exatos em que as unidades falharam em um intervalo. Esse tipo de dado geralmente vem de testes ou situações em que os objetos de interesse não são monitorados constantemente. Por exemplo, se estamos executando um teste em cinco unidades e inspecionando-as a cada 100 horas, sabemos apenas que uma unidade falhou ou não falhou entre as inspeções. Especificamente, se inspecionarmos uma determinada unidade em 100 horas e a encontrarmos operando, e depois executar outra inspeção em 200 horas para descobrir que a unidade não está mais operando, então a única informação que temos é que a

unidade falhou em algum momento intervalo entre 100 e 200 horas (RELIASOFT, 2015).

Geralmente, recomenda-se evitar dados censurados por intervalo, porque eles são menos informativos em comparação com os dados completos. No entanto, há casos em que os dados de intervalos são inevitáveis devido à natureza do produto, ao teste e ao equipamento de teste. Nesses casos, deve-se ter cautela ao definir que os intervalos de inspeção sejam curtos o suficiente para observar a propagação das falhas. Por exemplo, se o intervalo de inspeção for muito longo, todas as unidades no teste poderão falhar dentro desse intervalo e, portanto, nenhuma distribuição de falha poderá ser obtida (RELIASOFT, 2015).

Figura 3.4 – Dados censurados por intervalo



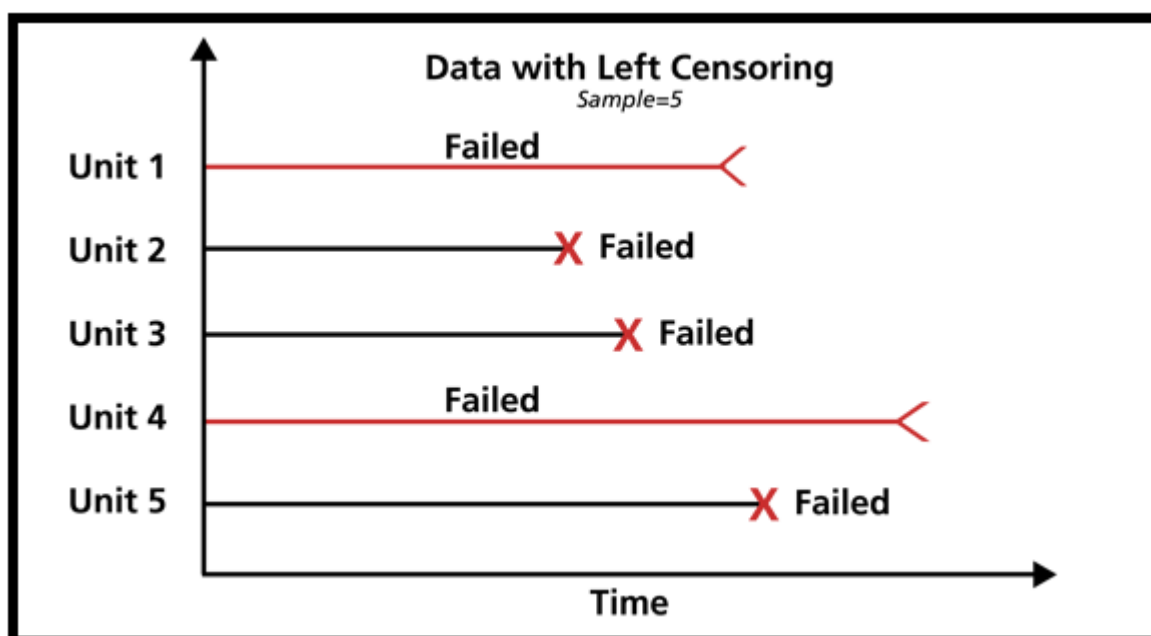
Fonte: Reliasoft (2015).

A Figura 3.4 apresenta uma amostra com cinco unidades onde não se sabe exatamente em qual tempo cada uma delas falhou, um exemplo clássico de dados censurados por intervalos.

3.3.1.2.3 Dados Censurados à Esquerda

O terceiro tipo de censura é semelhante à censura no intervalo e é chamado de dados censurados à esquerda. Nos dados censurados à esquerda, um tempo de falha só é conhecido antes de certo tempo. Por exemplo, podemos saber que uma determinada unidade falhou em algum momento antes de 100 horas, mas não exatamente quando. Em outras palavras, poderia ter falhado em qualquer momento entre 0 e 100 horas. Isso é idêntico ao intervalo de dados censurados em que o tempo de início para o intervalo é zero (RELIASOFT, 2015).

Figura 3.5 – Dados censurados à esquerda



Fonte: Reliasoft (2015).

A Figura 3.5 apresenta uma amostra com cinco unidades, sendo que duas delas já iniciaram o teste em falha, as demais falharam no decorrer do teste, nesse caso dá-se o nome dados censurados à esquerda.

3.4 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

A manutenção centrada em confiabilidade (MCC) teve suas origens na década de 50, como resultado de vários estudos de confiabilidade desenvolvidos

pela indústria da aviação civil americana. Na década de 60 alguns conceitos da MCC ganharam importância na indústria aérea nos Estados Unidos da América. Em 1967, representantes das linhas aéreas, fabricantes e o governo estadunidense apresentaram o MSG-1 (*Maintenance Steering Group* – Grupo Governamental “de Condução” da Manutenção), cujo objetivo foi estabelecer um procedimento em manutenção para melhorar a segurança de voo, aplicados no Boeing 747. A partir dos documentos MSG-1 e MSG-2, Nowlan e Heap (1978) desenvolveram estudos mais detalhados, encomendados pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, para a determinação de normas e procedimentos de manutenção com base numa ampla análise estatística. Este documento, conhecido como MSG-3, tornou-se um marco para a manutenção da indústria aeronáutica, no qual os autores denominaram a metodologia de manutenção de *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Os estudos de Nowlan e Heap (1978) consolidaram e proporcionaram a base teórica para o desenvolvimento da MCC. Desses estudos, duas conclusões se destacaram (RIGONI, 2009):

Revisões programadas baseada no tempo têm pouco efeito na confiabilidade total de um equipamento complexo, a menos que exista um modo de falha dominante. Existem muitos equipamentos para os quais não há forma efetiva de manutenção programada (DIAS *et al*, 2013).

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é uma concepção de manutenção que combina, basicamente, várias técnicas e ferramentas para a administração da manutenção tais como as árvores de decisão (FTA, ETA, IDEFØ) e a análise do modo de falha e efeito (FMEA/FMECA), de forma sistemática, para apoiar efetiva e eficientemente as decisões de manutenção (DIAS *et al*, 2013).

O melhor desempenho dessa concepção ocorre quando é aplicada desde as primeiras etapas do projeto dos itens, ou seja, quando o atributo de confiabilidade e mantabilidade já estão presentes no processo de projeto. No entanto, pode ser usada para avaliar programas de manutenção com a finalidade de introduzir melhoramentos. A MCC tem por princípio preservar a função, identificar os modos de falha que podem afetar a função, priorizar os requisitos da função (por meio dos modos da falha) e selecionar tarefas de manutenção que sejam efetivas. MCC pode, entre outros fatores, garantir a disponibilidade, confiabilidade e segurança do sistema definidos no projeto (FUENTES, 2006).

3.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados alguns conceitos básicos e os diferentes tipos de manutenção, além dos conceitos fundamentais de confiabilidade, passando por LDA chegando até ao estudo de RCM.

O conteúdo abordado neste capítulo é de extrema importância para o presente estudo de caso por apresentar a teoria das ferramentas que serão utilizadas no decorrer do trabalho.

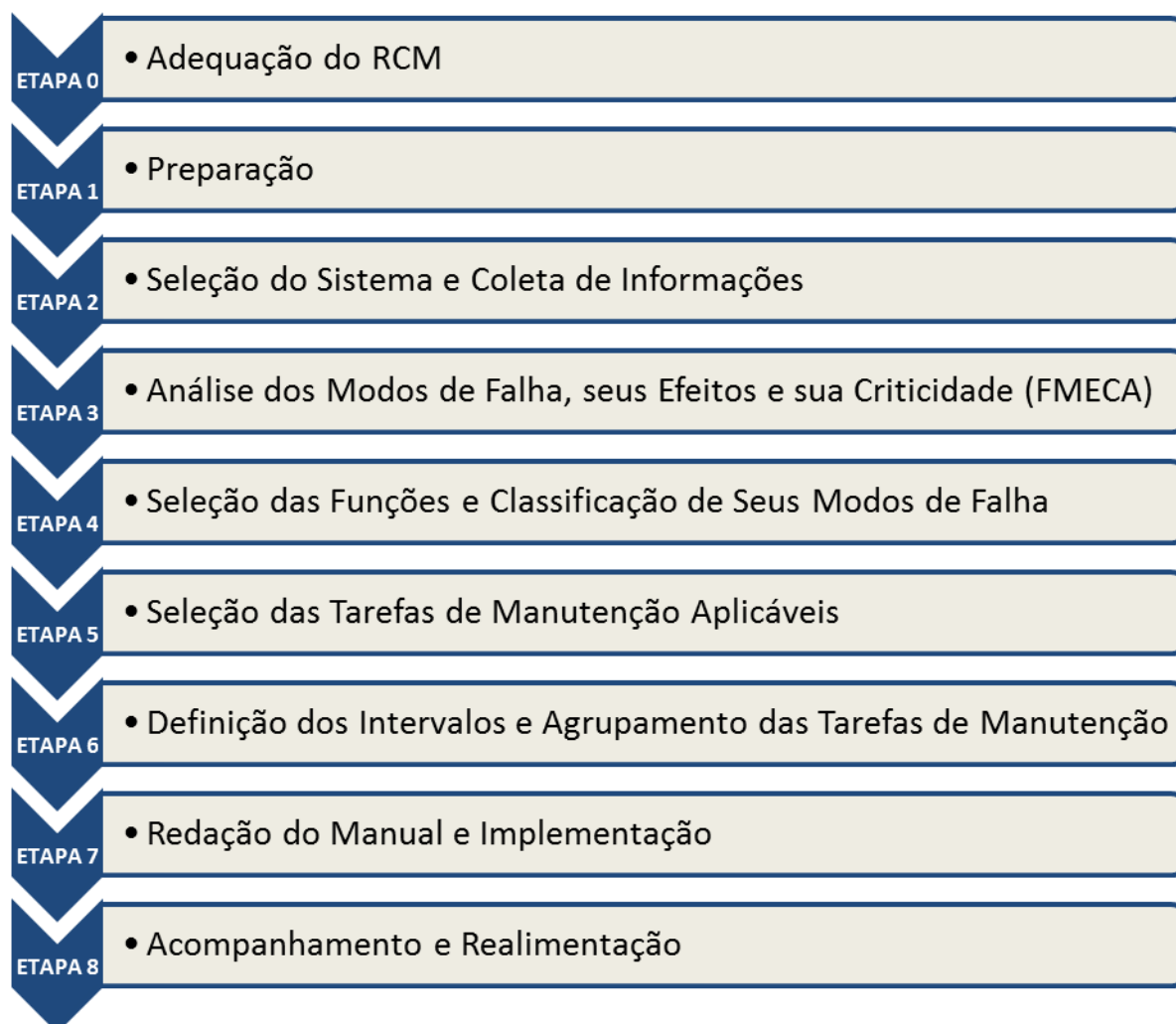
O próximo capítulo tratará o estudo de caso, com a aplicação real dos estudos de confiabilidade apresentados no capítulo 3 aos equipamentos abordados no capítulo 2.

4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será abordada a aplicação do referencial teórico do Capítulo 3, nos equipamentos deste estudo apresentado no Capítulo 2. Será abordado o desenvolvimento considerando os procedimentos para coleta e análise dos dados, e as considerações adotadas.

A metodologia utilizada apresenta as seguintes etapas, conforme mostra a figura 4.1.

Figura 4.1 – Etapas de RCM utilizada no estudo de caso



Fonte: Adaptado de Rigoni (2009).

4.1 PROJETO PILOTO – CENTRO DE USINAGEM CNC TRAVIS M800-SL

Para aplicação de Manutenção Centrada em Confiabilidade no laboratório metalúrgico, foi escolhido para ser projeto piloto o Centro de Usinagem CNC modelo M800-SL fabricada pela Travis. Para esta definição, foi levado em conta o histórico de falhas e o conhecimento por parte da equipe de manutenção em relação ao equipamento.

No subitem 4.1.1 consta a aplicação de LDA para entender o comportamento das falhas do sistema e verificar qual tipo de manutenção pode ser aplicada a determinado modo de falha. Já nos subitens de 4.1.2 a 4.1.9 estão uma breve apresentação de cada uma das etapas necessárias para a implementação de um estudo de MCC. Ao final deste trabalho, nos Apêndices A, B, C, D, E, F, G e H, estão as tabelas completas e detalhadas de cada etapa, além do manual de implementação de MCC. Os nomes contidos nos apêndices são fictícios.

4.1.1 Aplicação de LDA para Verificar o Comportamento das Falhas

Para entender melhor o comportamento das falhas do sistema estudado, foram extraídas as falhas do sistema SAP PM da empresa e organizado em uma planilha Excel.

O quadro 4.1 mostra os registros de falha do equipamento.

Quadro 4.1 – Falhas da CNC M800-SL registradas no SAP PM

OM	Data	Equipamento	Local da Falha	Parou o Equipamento?
900000771770	10/01/2018	FREZADORA_CNC_M800SL	Dispositivo Hidráulico	Sim
900001400553	19/03/2018	FREZADORA_CNC_M800SL	Eixo Y	Sim
900001524538	13/06/2018	FREZADORA_CNC_M800SL	Eixo Z	Sim
900001659903	07/08/2018	FREZADORA_CNC_M800SL	Magazine	Sim
900002001203	02/10/2018	FREZADORA_CNC_M800SL	Eixo Y	Sim
900002444266	29/12/2018	FREZADORA_CNC_M800SL	Magazine	Sim

900002656913	11/02/2019	FREZADORA_CNC_M800SL	Dispositivo Hidráulico	Sim
900002888756	20/03/2019	FREZADORA_CNC_M800SL	Eixo X	Sim
900003108082	29/04/2019	FREZADORA_CNC_M800SL	Dispositivo Hidráulico	Sim
900003352157	05/06/2019	FREZADORA_CNC_M800SL	Dispositivo Hidráulico	Sim
900003422132	20/08/2019	FREZADORA_CNC_M800SL	Eixo X	Sim

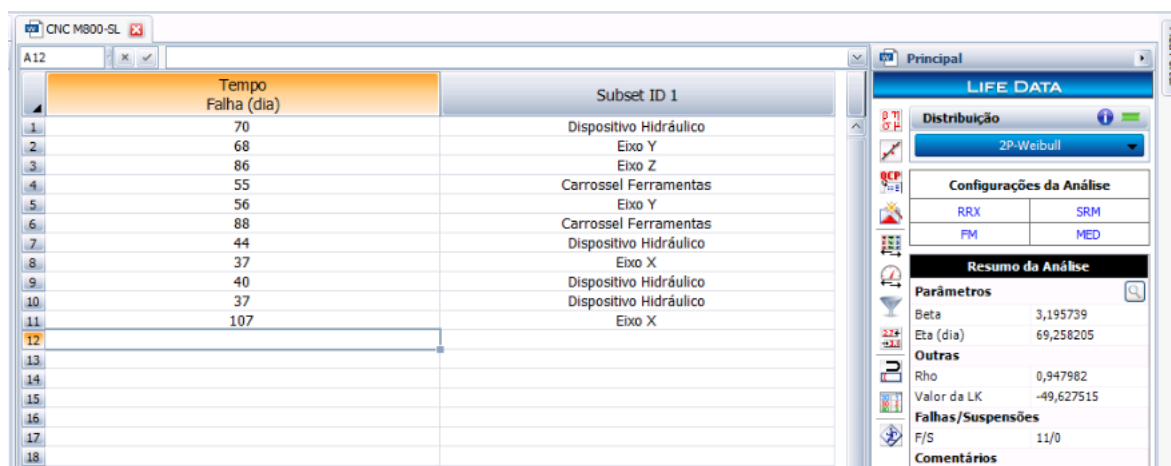
Fonte: o autor (2019).

A partir desses dados, foi utilizado o software *Weibull++* para analisar o comportamento do sistema e das falhas, tanto do sistema como um todo quanto dos subsistemas individuais, plotando as curvas de pdf e taxa de falha, além de calcular cada um dos MTTFs.

4.1.1.1 Análise dos Dados de Vida do Sistema

Primeiramente foi analisado o sistema como um todo, verificando o MTTF e o comportamento das falhas. A figura 4.2 mostra os dados de falha do sistema imputados no software *Weibull++*.

Figura 4.2 – Dados de Falha do Sistema

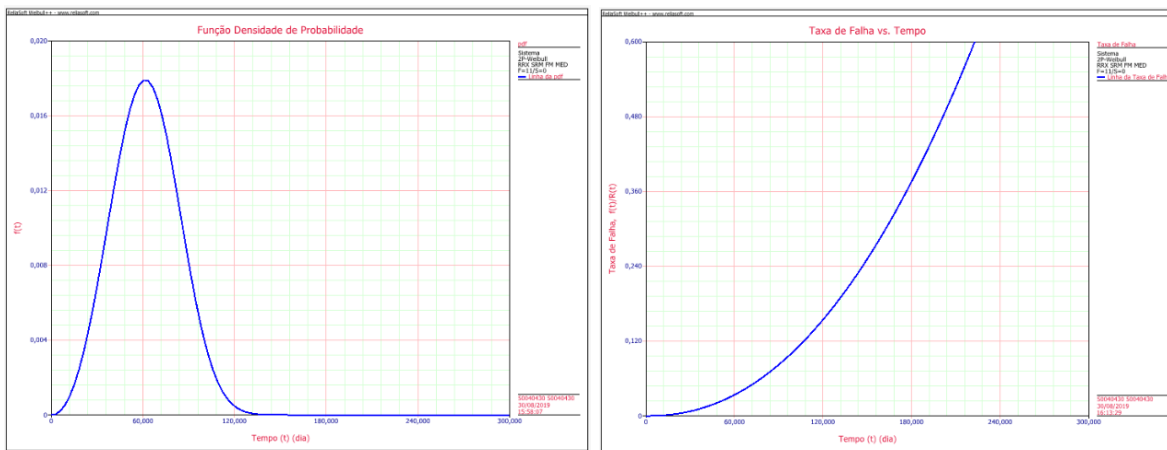


Fonte: o autor (2019).

Na Figura 4.2 é possível verificar que o parâmetro de forma $\beta = 3,195$, ou seja, indica taxa de falha crescente, visível inclusive na figura 4.3 (b). É possível ver

ainda que o parâmetro de escala $\eta = 69,258$, isso quer dizer que o equipamento tem 63,2% de chance de falhar antes de 70 dias.

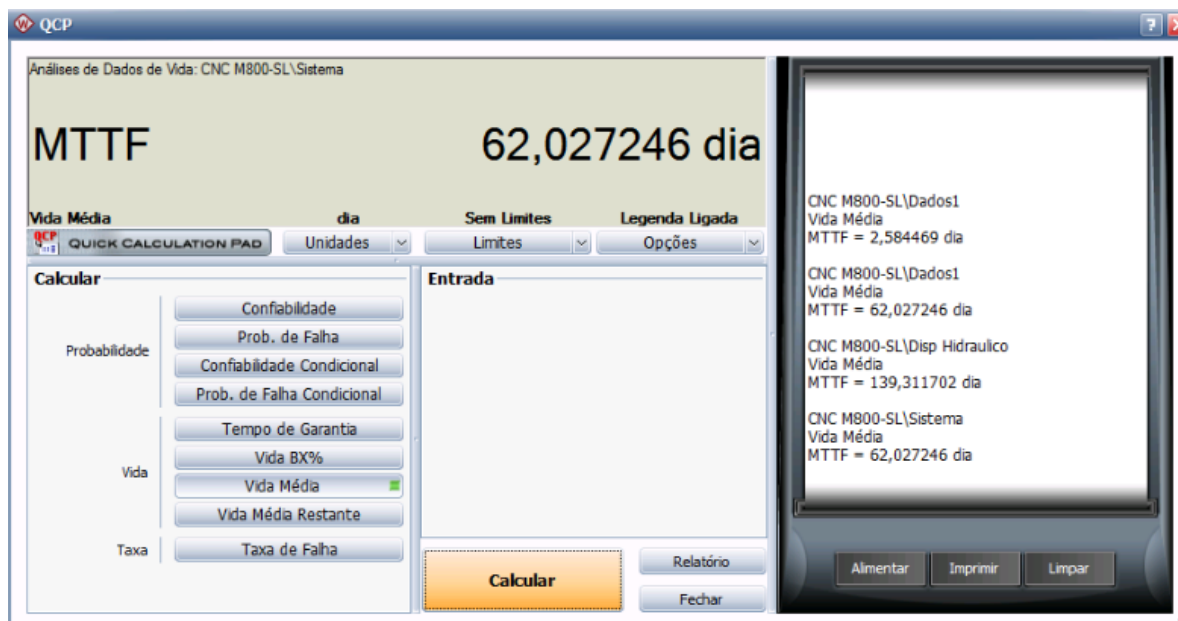
Figura 4.3 – (a) pdf do sistema (b) taxa de falha do sistema



Fonte: o autor (2019).

Com MTTF do sistema igual a 62,027, significa que o tempo médio até a falhas desse equipamento é de aproximadamente 62 dias.

Figura 4.4 – Cálculo de MTTF do sistema



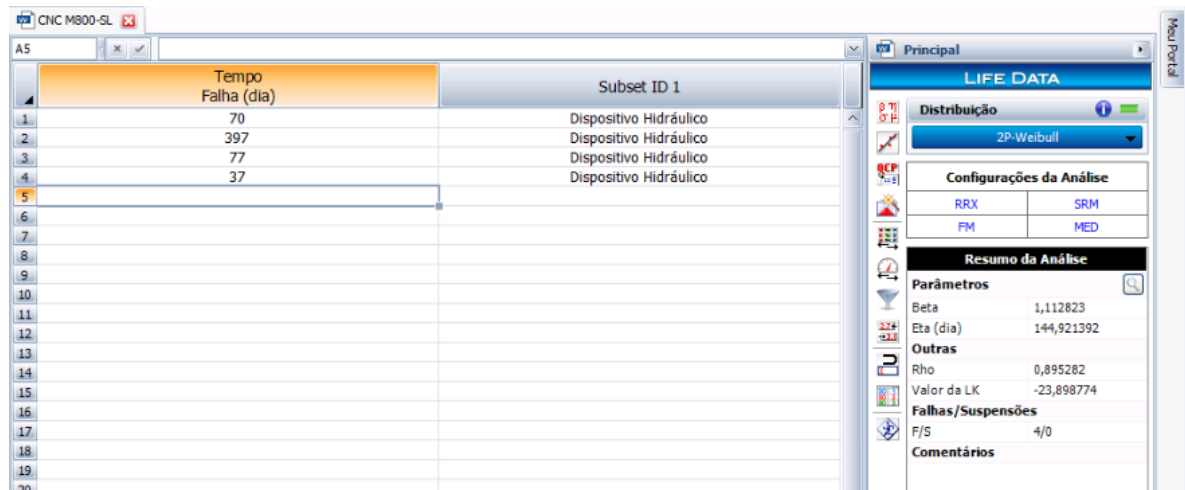
Fonte: o autor (2019).

4.1.1.2 Análise dos Dados de Vida do Dispositivo Hidráulico

O dispositivo hidráulico é uma espécie de acessório da máquina CNC Travis M800-SL, porém é necessário para o funcionamento do equipamento, e a falha funcional do dispositivo pode causar a parada do sistema. Nesse subitem foi analisado o impacto que esse subsistema tem sob o sistema em si.

A figura 4.5 apresenta os dados de falha relacionadas ao dispositivo hidráulico.

Figura 4.5 – Dados de Falha do Dispositivo Hidráulico

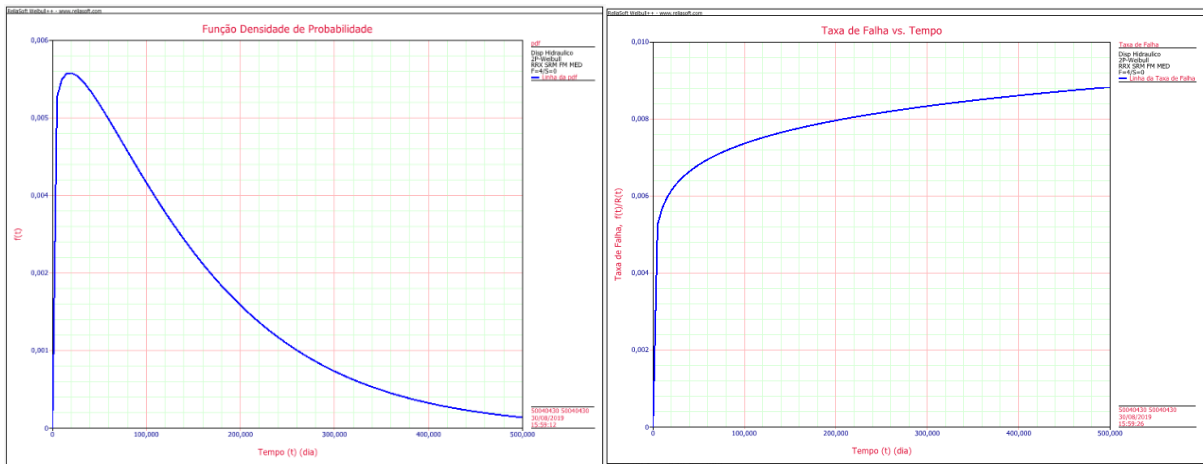


Fonte: o autor (2019).

É possível observar na Figura 4.5 que o parâmetro de forma $\beta = 1,11$ indica que o comportamento de falha desse subsistema se aproxima da aleatoriedade. A Figura 4.6 a) mostra a pdf do sistema enquanto a 4.6 b) traz a taxa de falha constante com uma tendência de crescimento.

Figura 4.6 – (a) pdf do dispositivo

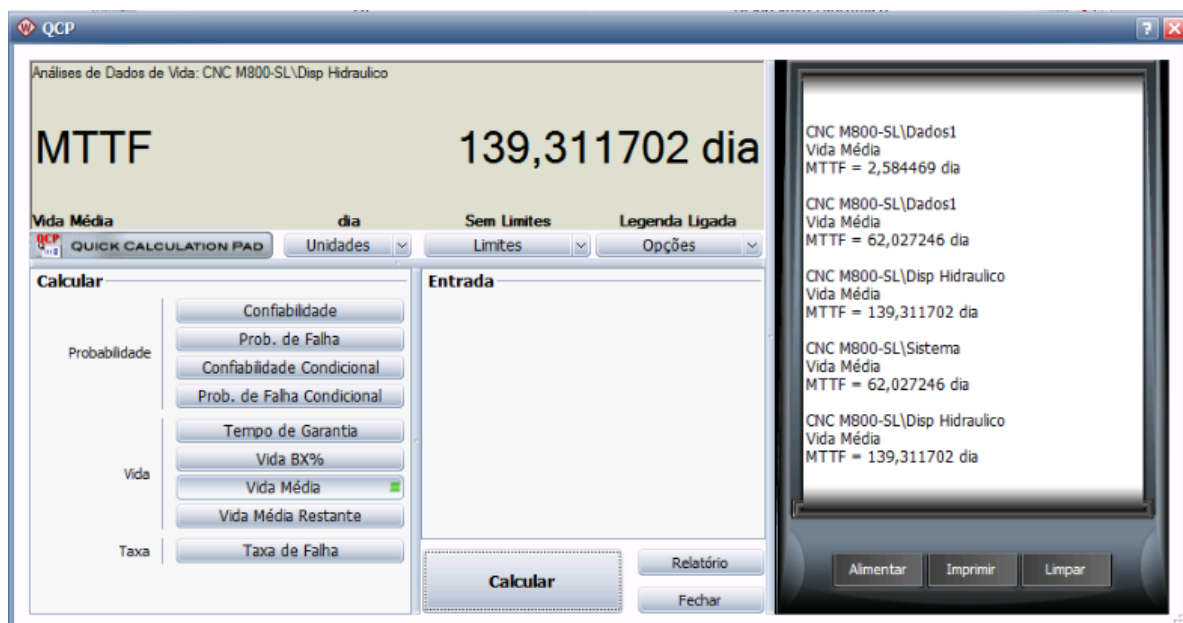
(b) taxa de falha do dispositivo



Fonte: o autor (2019).

O MTTF desse subsistema é de 139,31, o que indica que ele falha a cada 139 dias, conforme visto na figura 4.7

Figura 4.7 – Cálculo de MTTF do Dispositivo Hidráulico

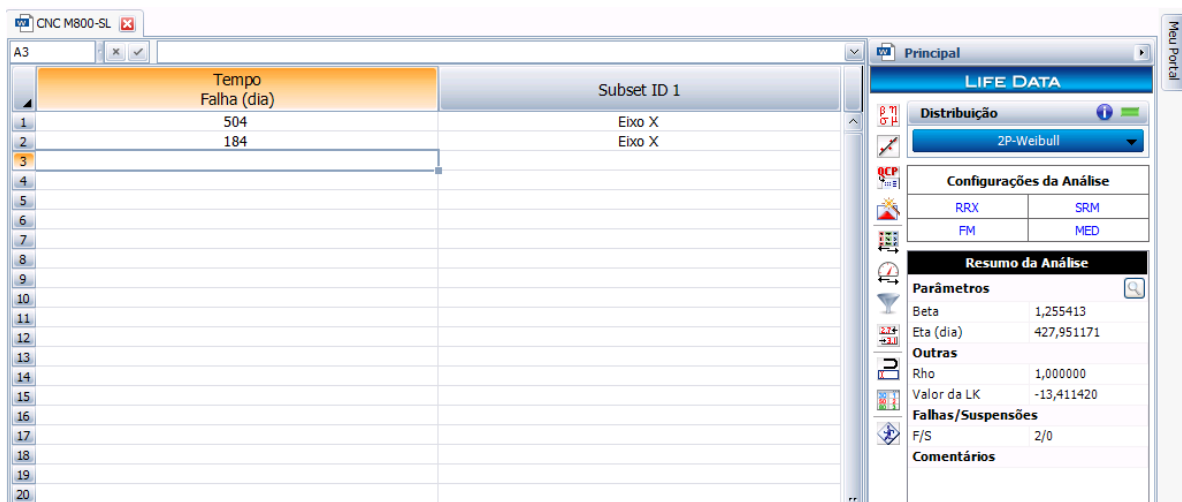


Fonte: o autor (2019).

4.1.1.3 Análise dos Dados de Vida do Eixo X

Os eixos são as partes principais da máquina, pois são responsáveis pela movimentação da mesa de usinagem, nesta seção é mostrado os registros de falha deste subsistema.

Figura 4.8 – Dados de Falha do Eixo X

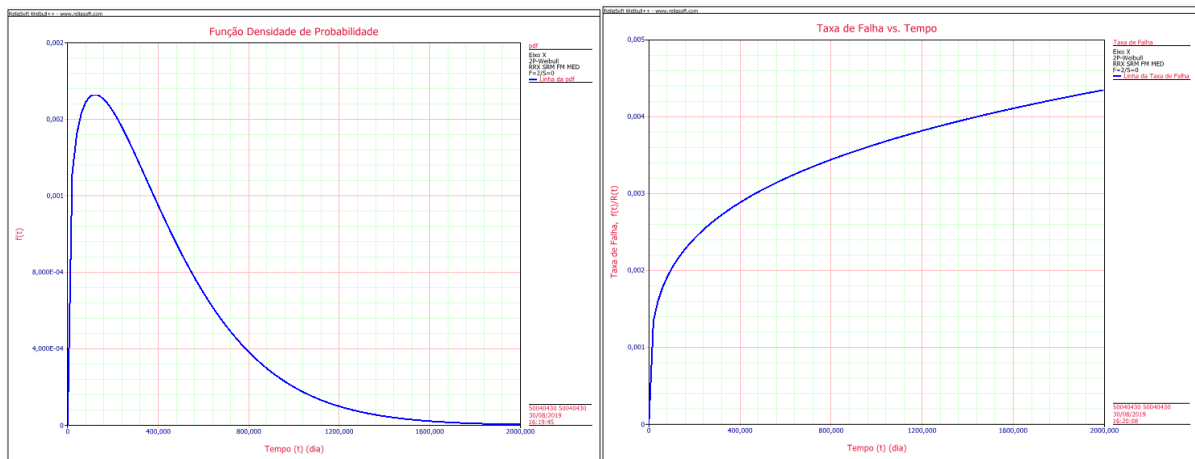


Fonte: o autor (2019).

Com parâmetro de forma $\beta = 1,255$, conforme visto na Figura 4.8, o sistema possui comportamento parecido com o Dispositivo Hidráulico, ou seja, a taxa de falha se aproxima de uma constante, mas com tendência de crescimento.

Figura 4.9 – (a) pdf do Eixo X

(b) taxa de falha do Eixo X



Fonte: o autor (2019).

Figura 4.10 – Cálculo de MTTF do Eixo X



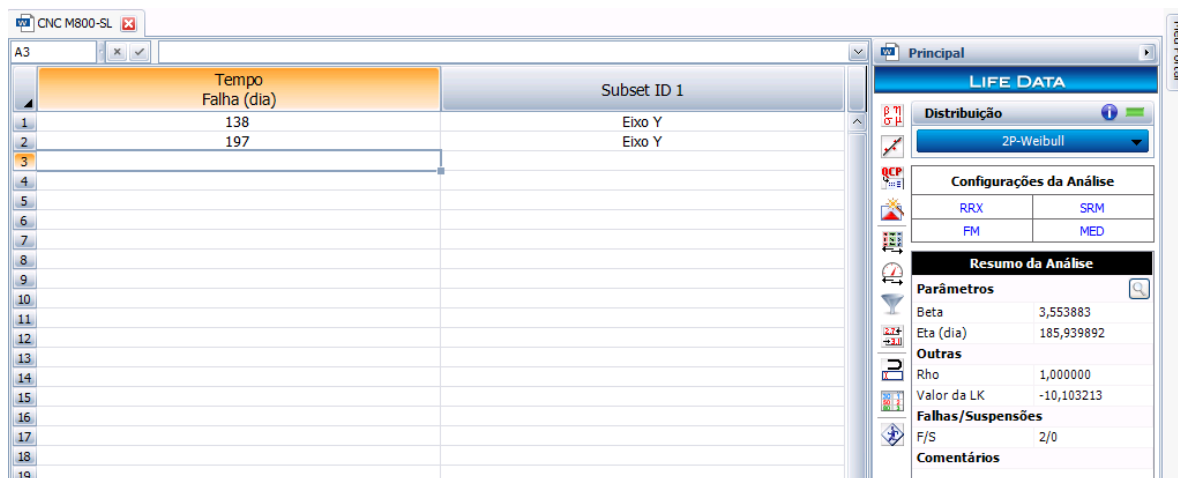
Fonte: o autor (2019).

Conforme mostrado na Figura 4.10, o tempo médio até as falhas no eixo X é de aproximadamente 398 dias.

4.1.1.4 Análise dos Dados de Vida do Eixo Y

O eixo Y apresenta um parâmetro de forma $\beta = 3,55$ o que indica falhas por desgaste, conforme visto na figura 4.11. E na Figura 4.12 b) mostra a taxa de falha crescente, conforme o “final da curva da banheira”.

Figura 4.11 – Dados de Falha do Eixo Y



Fonte: o autor (2019).

Figura 4.12 – (a) pdf do Eixo Y

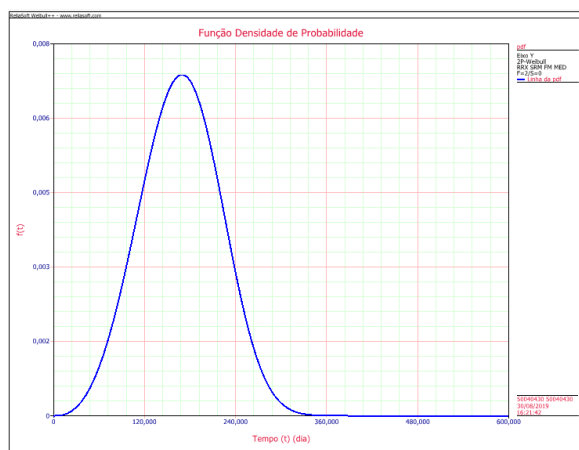
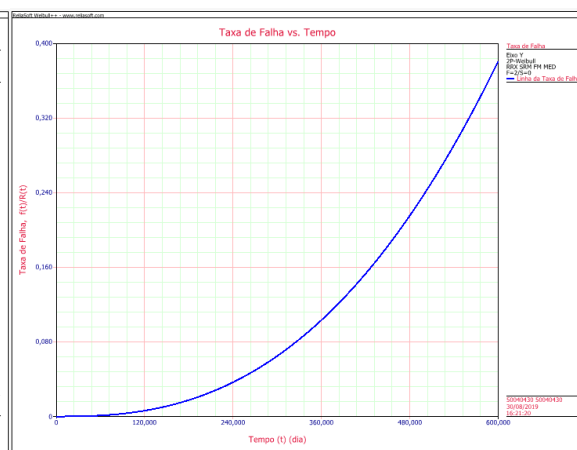


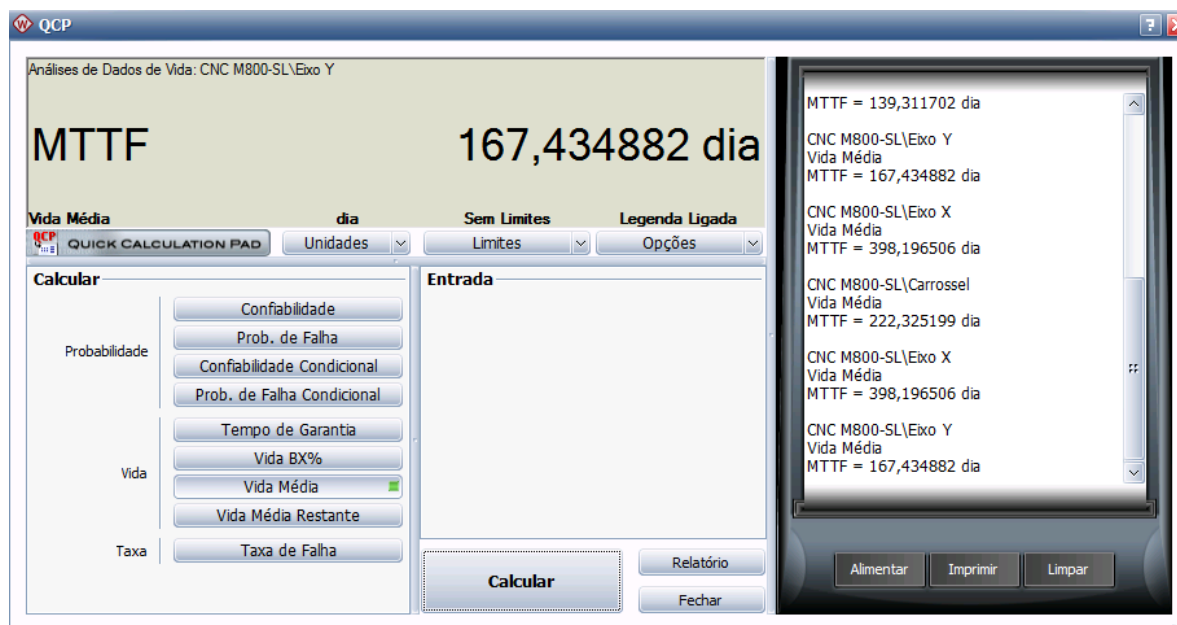
Figura 4.12 – (b) taxa de falha do Eixo Y



Fonte: o autor (2019).

O tempo médio até as falhas do eixo Y é de aproximadamente 167 dias, conforme observado na Figura 4.13.

Figura 4.13 – Cálculo de MTTF do Eixo Y



Fonte: o autor (2019).

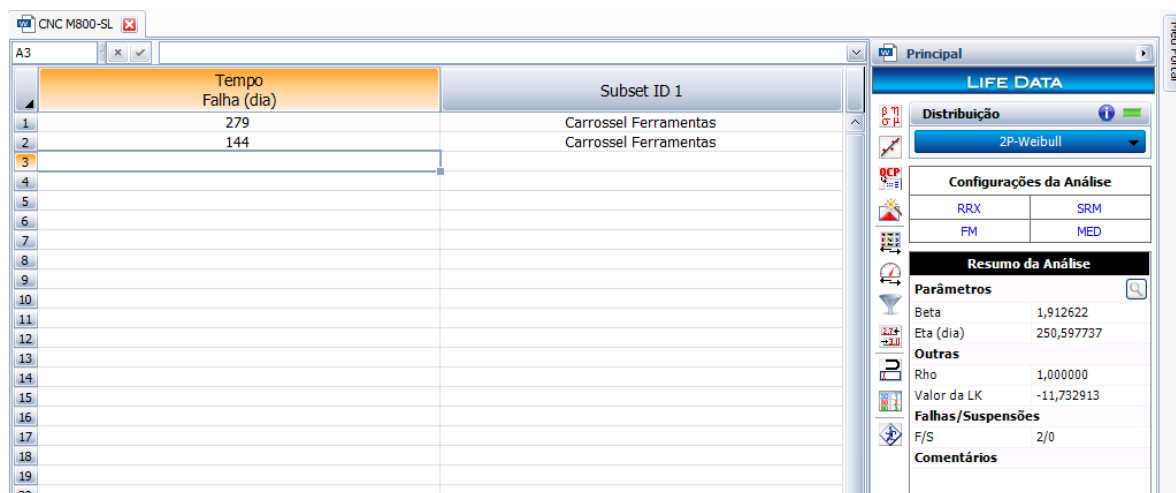
4.1.1.5 Análise dos Dados de Vida do Eixo Z

Como só tem uma falha registrada no Eixo Z não foi possível aplicar a ferramenta de análise de dados de vida *Weibull++*, a falha registrada no Eixo Z se deu com 224 dias.

4.1.1.6 Análise dos Dados de Vida do Carrassel de Troca de Ferramentas

Por fim, o último subsistema que possui falhas registradas no sistema SAP PM, é o Carrassel de Troca de Ferramentas. A Figura 4.14 apresenta os dados de vida deste subsistema.

Figura 4.14 – Dados de Falha do Carrossel de Ferramentas

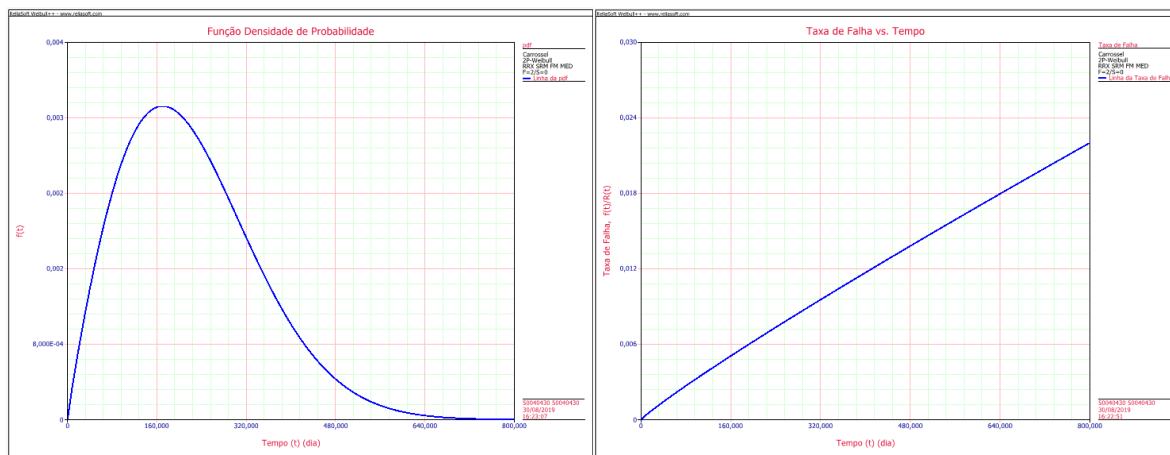


Fonte: o autor (2019).

O parâmetro de forma $\beta = 1,91$ indica falha por desgaste, conforme mostrado na Figura 4.14, e a curva da taxa de falha da Figura 4.15 b) corrobora com essa afirmação.

Figura 4.15 – (a) pdf do Carrossel

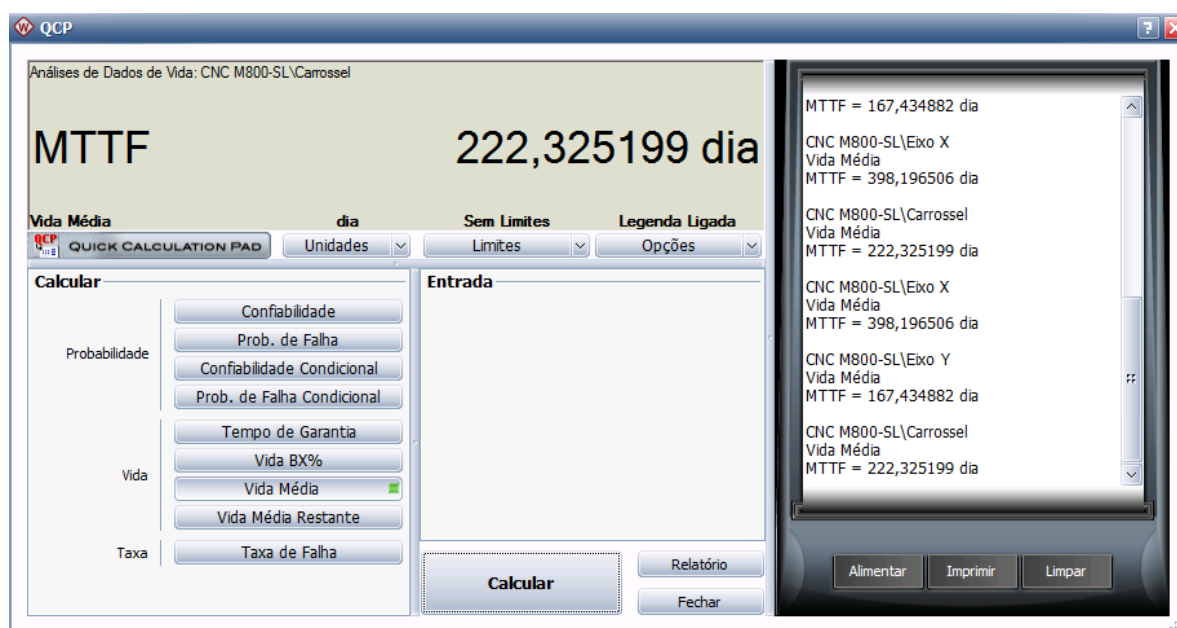
(b) taxa de falha do Carrossel



Fonte: o autor (2019).

O tempo médio até falha desse subsistema é de aproximadamente 222 dias, conforme mostrado na Figura 4.16.

Figura 4.16 – Cálculo de MTTF do Carrossel de Ferramentas



Fonte: o autor (2019).

Conforme visto nos subitens de 4.1.1.1 a 4.1.1.6, as falhas nos equipamentos possuem característica de aparecerem em sua maioria com o passar do tempo, ou seja, por desgaste. Nesse caso, faz sentido aplicar a estratégia de efetuar manutenção preventiva de modo a tentar eliminar ou prorrogar o aparecimento dos modos de falha e consequentemente evitar a parada indesejada do sistema.

4.1.2 Etapa 0 – Adequação do RCM

A primeira etapa de um estudo de RCM, e talvez o mais importante, é a chamada etapa zero. Na qual é avaliado se a empresa tem maturidade o suficiente para receber um projeto de RCM. É avaliado entre outras coisas, se a alta liderança apoia e patrocina um projeto desse tipo.

No caso da empresa objeto desse estudo, que quando concebida já foi feita com essa mentalidade e com política de ter a manutenção suportada pela Confiabilidade, foi muito mais fácil a aplicação do estudo nos equipamentos do LMQP.

Entretanto, mesmo a empresa tendo uma boa aderência quanto a aplicabilidade de RCM, o Quadro 4.2 mostra alguns pontos foram levantados para ser trabalhado com intuito de facilitar a difusão da metodologia nos equipamentos do laboratório.

Quadro 4.2 – Aderência de RCM a companhia

Crítérios	Quesitos a serem ponderados	Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Crítério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação e/ou Recursos	Q2 Existe uma documentação consistente das ações de manutenção. Exemplos: Ordens de Serviço consistentes, MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), MTTR (Tempo Médio Para Reparo), histórico de falhas, etc...	5	8	Existem Ordens de Manutenção, mas, não tem indicadores como MTBF ou MTTR, etc.	Existe um histórico a partir de 2017, data que foi implantado o SAP. Foi elaborado uma planilha para registro das manutenções.
Crítério 2 (C2) – Condição e Desempenho Atual da Manutenção	Q1 O percentual de Inspeções Preditivas ou Manutenção Baseada na Condição é significativo quando comparado à Manutenção Preventiva Sistemática (baseada no tempo) ou Corretiva. Portanto, a equipe de manutenção tem experiência em Técnicas Preditivas e Manutenção Baseada na Condição.	5	8	A maior parte da manutenção é de preventiva com tempo pré determinado	Parte das atividades de manutenção são preventivas e parte são preditivas. Equipe devidamente treinada para realizar essas atividades.
Crítério 4 (C4) – Cultura da Manutenção e/ou Empresa	Q1 O setor e/ou equipe de manutenção atual registra suas ações de forma suficientemente detalhada para suportar uma análise estatística de tais ações.	5	8	Registro precário das atividades relacionadas a manutenção.	Conscientizar a equipe quanto a importância do registro correto das manutenções.

Fonte: o autor (2019).

Conforme mostra o Quadro 4.2, foram necessárias algumas ações para melhor conformidade da metodologia RCM ao objeto de trabalho, como por exemplo: a elaboração de uma planilha organizada para registro das atividades de manutenção, além de um trabalho de treinamento e conscientização das pessoas com relação à necessidade de um correto registro para o sucesso do projeto em longo prazo.

4.1.3 Etapa 1 – Preparação

Após analisar se a empresa está apta a receber o programa de RCM, a primeira etapa é a preparação, que consiste em:

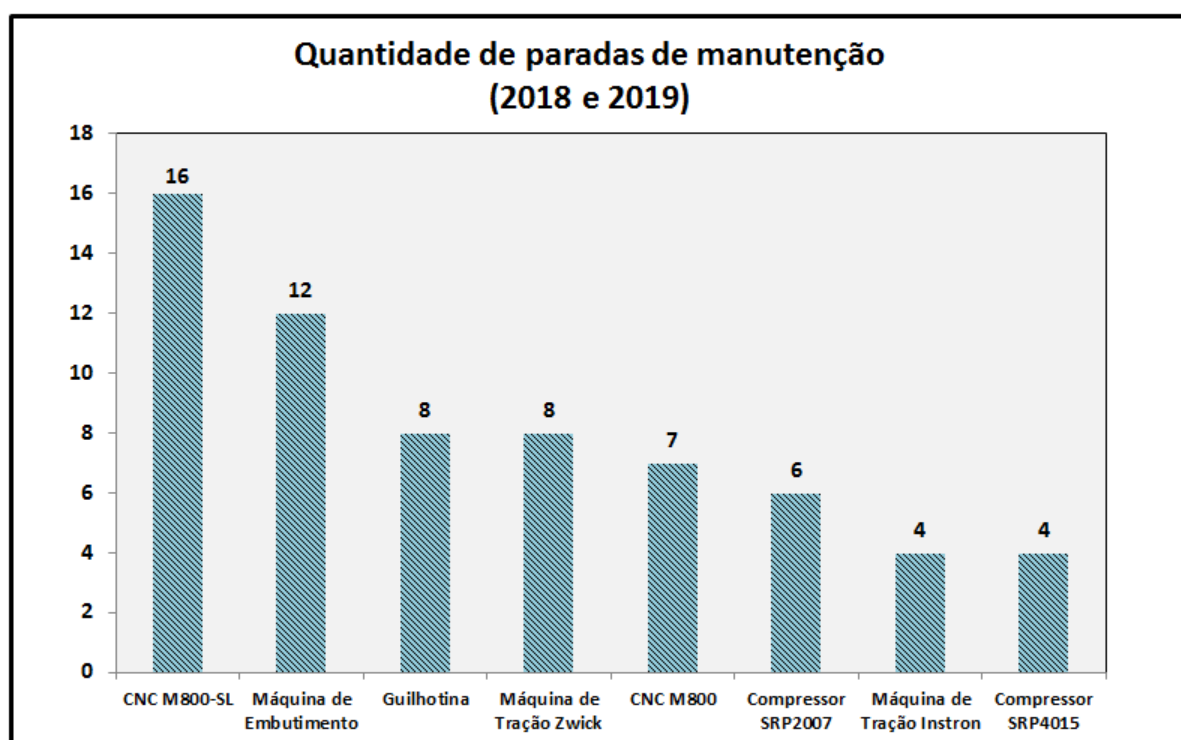
- Definir a equipe de implantação, patrocinador, facilitador etc.;
- Definir qual o método adotado e a estratégia de implementação do trabalho;

- Levantar os sistemas candidatos a receber o RCM;
- Levantar os pontos necessários relacionados a capacitação e treinamento das pessoas;
- Elaboração de cronograma de implantação e calendário de reuniões;
- Fazer uma previsão orçamentária.

Para este estudo, foi definido o método do Projeto Piloto, com a estratégia de Exclusão de Modos de Falha não Críticos, justamente para que as pessoas fiquem mais familiarizadas com a ferramenta, para que depois seja ampliado a todos os equipamentos.

Para a escolha do sistema que receberia o RCM, foi utilizado como critério a quantidade de falhas registradas e o conhecimento técnico das pessoas com relação ao equipamento. O gráfico 4.1 apresenta a quantidade de falhas de cada equipamento em ordem decrescente.

Gráfico 4.1 – Quantidade de Paradas de Manutenção Corretiva por Equipamento



Fonte: o autor (2019).

Como pode-se verificar no Gráfico 4.1, os equipamentos que mais tiveram paradas para manutenção corretiva nos anos 2018 e 2019, são a CNC M800-SL com 16 paradas, seguido da Máquina de Embutimento com 12 paradas, da Guilhotina e da Máquina de Tração Zwick com 8 paradas cada.

4.1.4 Etapa 2 – Seleção do Sistema e Coleta de Informações

Na etapa dois é feito a seleção do sistema, a maneira em que é feito a coleta das informações necessárias para a elaboração do trabalho, uma explicação do contexto operacional do equipamento, além da definição dos subsistemas, funções e listagem de componentes.

O sistema escolhido foi a CNC Travis M800-SL, pois, como mostrado no Gráfico 4.1 é o equipamento que mais teve registro de falhas, além disso também é o equipamento com bom conhecimento das equipes de manutenção e operação, e ainda é de grande importância para o bom atendimento aos clientes por parte do laboratório.

As informações coletadas a respeito das falhas do equipamento foram extraídas do SAP para uma planilha eletrônica em Excel, já os dados técnicos foram retirados do manual do fabricante.

A operação da CNC M800-SL poderia ser resumida da seguinte maneira: as chapas de aço extraídas das bobinas produzidas na usina, são fixadas no dispositivo hidráulico da CNC para então serem usinadas. A máquina é programada para usinar as chapas através do movimento nos eixos “x”, “y” e “z”. O carrossel é responsável pela troca automática das ferramentas, que inicia com uma ferramenta de desbaste e finaliza com uma de acabamento. Existe ainda um sistema automático que faz a lubrificação dos fusos, mancais e rolamentos dos três eixos.

O Quadro 4.3 apresenta a definição das fronteiras do sistema, nele estão contidos o sistema, os subsistemas.

Quadro 4.3 – Definição das Fronteiras do Sistema

Sistema	CNC Travis M800-SL	Id Sistema	EQ1
Id Subsistema	Subsistema		
EQ1-SS1	Lubrificação Automática		
EQ1-SS2	Sistema Pneumático		
EQ1-SS3	Movimentação Eixo X		
EQ1-SS4	Movimentação Eixo Y		
EQ1-SS5	Movimentação Eixo Z		
EQ1-SS6	Carrossel Troca de Ferramentas		
EQ1-SS7	Dispositivo Hidráulico		
EQ1-SS8	Segurança e NR12		

Fonte: o autor (2019).

Através do Quadro 4.3 é possível verificar que o sistema é composto por oito subsistemas. Os demais detalhes da aplicação desta etapa estão localizados no Apêndice C, ao final deste trabalho.

4.1.5 Etapa 3 – Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)

A Análise dos Modos de Falha (Evento ou fenômeno físico que provoca a transição do estado normal para o estado anormal), seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA) visa listar um conjunto de efeitos gerados pelos modos de falha mais críticos do sistema, e pontuar a sua criticidade. É nesta etapa do projeto onde se avalia os efeitos e criticidade dos modos de falha levantados na etapa 2.

Os objetivos desta análise são: reconhecer e avaliar a falha de um sistema e os efeitos dessa falha; identificar ações que possam eliminar ou reduzir as chances de uma falha acontecer; e documentar o processo de análise.

Os efeitos dos modos de falha levantados são avaliados com relação ao local, sistema e planta.

Além dos modos e efeitos das falhas, é encontrado o NPR (Número de Prioridade de Risco) que pode ser utilizado para comparar a criticidade de diferentes modos de falha e assim priorizar as ações corretivas para os modos mais críticos. O NPR é o produto da Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D).

4.1.6 Etapa 4 – Seleção das Funções e Classificação de Seus Modos de Falha

Nesta etapa é listado os modos de falha levantados na etapa 3 e classificadas com relação a: modo de falha Evidente (E) ou Oculto (O) por parte do operador, ou seja, se aquele determinado modo de falha ocorrer, o operador consegue ou não verificar; se a falha funcional ou modo de falha afeta a Segurança ou Meio Ambiente (SA); ou se a falha funcional ou o efeito da falha tem consequências Econômicas ou Operacionais (EO).

4.1.7 Etapa 5 – Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis

Na etapa número 5, são listados todas as funções, as possíveis falhas funcionais, os modos de falha e as classificações, para então definir quais são as possíveis tarefas que serão aplicados para evitar as falhas funcionais ou que os modos de falha apareçam.

Dentre as tarefas que serão selecionadas, podemos listar as seguintes:

- **Serviço Operacional:** Atividade simples e repetitiva, necessária ao funcionamento do processo. Geralmente é executada pelo operador com a finalidade de controlar ou impedir a evolução da falha.
- **Inspeção Preventiva:** Qualquer inspeção programada com a finalidade de detectar uma condição de Falha Potencial.
- **Restauração Preventiva:** Tarefa programada de restauração do item ou componente. É baseada no Tempo ou na Condição.
- **Substituição Preventiva:** Tarefa programada de descarte e substituição do item ou componente. É baseada no Tempo ou na Condição.
- **Inspeção Funcional:** Tarefa programada de inspeção ou ensaio para detectar uma falha funcional oculta antes da sua evolução para uma falha múltipla. É baseada no Tempo.
- **Manutenção Combinada:** Combinação de tarefas de manutenção aplicadas quando nenhuma ação de manutenção anterior pode, isoladamente, identificar ou corrigir a falha.

- **Mudança de Projeto:** Qualquer ação que altere as especificações funcionais do ativo ou sistema. É de natureza construtiva ou operacional.
- **Reparo Funcional:** Consiste em operar o ativo ou sistema até a ocorrência da falha sem manutenção preventiva ou mudança de projeto (*Run-to-Failure*).

4.1.8 Etapa 6 – Definição dos Intervalos e Agrupamento das Tarefas de Manutenção

O próximo passo é a definição dos intervalos de cada uma das tarefas de manutenção selecionadas na etapa 6, e agrupar as atividades que deverão ser executadas na mesma parada para manutenção.

4.1.9 Etapa 7 – Redação do Manual e Implementação

A etapa 7 é a redação do Manual de RCM e Implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade, aqui é centralizado as informações de todas as outras etapas para que a partir de então o trabalho seja implementado.

4.1.10 Etapa 8 – Acompanhamento e Realimentação

Após o trabalho ser implementado, é necessário um acompanhamento para verificar se é necessário fazer algum ajuste, verificar se as tarefas que foram planejadas estão sendo fielmente executadas, verificar se existe algum ponto que deve ser alterado, substituído ou até mesmo eliminado.

Além do acompanhar se as atividades estão sendo executadas conforme foram idealizadas, também é feito a realimentação do sistema, ou seja, é agregado ao projeto inicial os dados de falhas, verificado a existência de novos modos de falha não previstos anteriormente para então adicioná-los ao trabalho, dando maior robustez ao estudo de RCM.

Esta parte de acompanhamento e realimentação é um trabalho contínuo e de longo prazo, portanto este trabalho se restringiu a confecção do manual de RCM e o início da implementação.

4.2 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi abordado o desenvolvimento do estudo de caso em questão, sendo explanadas e detalhadas as etapas de levantamento e preparação dos dados para aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em um dos equipamentos mais importantes e um dos gargalos do processo produtivo do Laboratório Metalúrgico.

Este desenvolvimento é muito importante para o presente estudo de caso, pois apresenta o resultado da MCC aplicada ao sistema selecionado, materializando assim a aplicação da teoria no caso prático.

O próximo capítulo apresentará as conclusões deste trabalho, que será formulada com base no conteúdo abordado no presente capítulo e apontará direções que poderão ser tomadas para a elaboração de futuros trabalhos de modo a majorar a confiabilidade do laboratório como um todo.

5 CONCLUSÃO

A Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada no Centro de Usinagem CNC Travis M800-SL, objeto deste estudo, se tratou de um projeto piloto escolhido através de uma análise quantitativa de falhas dos equipamentos do laboratório além de ser um dos equipamentos de maior conhecimento das equipes de manutenção e operação.

O método de projeto piloto foi escolhido de modo que as equipes obtivessem mais familiaridade com as ferramentas de MCC, e mais habilidade, para dar prosseguimento ao trabalho e difundir nos demais equipamentos do laboratório metalúrgico.

O trabalho foi importante para obter planos de manutenção mais assertivos e coerentes com o equipamento, uma vez que o foco está nos modos de falha mais críticos em detrimento aos supérfluos.

Os próximos passos são de acompanhar e auditar se as tarefas de manutenção estão sendo realizadas corretamente e se não necessitam de algum tipo de ajuste. Além disso, ao obter um banco de dados mais rico, será possível aplicar outras ferramentas de confiabilidade para melhorar ainda mais a disponibilidade do equipamento e conseqüentemente o tempo de resposta do laboratório.

5.1 DIFICULDADE ENCONTRADA

Uma das principais dificuldades encontradas no decorrer do trabalho, foi mobilizar as pessoas com relação a importância da aplicação de Manutenção Centrada em Confiabilidade para a maior disponibilidade do equipamento levando em consideração o menor custo e risco possível.

Juntamente com a dificuldade de mobilização, estavam os problemas de agenda, uma vez que como as equipes são enxutas e possuem uma grande demanda de trabalho, era complicado conseguir tirar um tempo para focar nas etapas de desenvolvimento do estudo de MCC.

5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

A aplicação deste estudo de caso possibilitou a identificação de novas etapas que irão permitir a continuidade deste trabalho de modo a proporcionar melhores resultados de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade, que são mostradas a seguir:

- Aplicação da metodologia RCM nos demais equipamentos do laboratório, iniciando pelos que mais falham;
- Auditar a metodologia RCM de modo a garantir que as etapas foram seguidas corretamente;
- Realimentar o sistema, e fazer alterações pontuais quando forem necessárias;

Além de continuar e difundir a aplicação da metodologia RCM no laboratório metalúrgico, outras ferramentas de confiabilidade podem ser aplicadas de modo a melhorar a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. São elas:

- Aplicação da metodologia de análise RAM nos equipamentos do laboratório para encontrar os pontos mais críticos, que fazer a disponibilidade dos equipamentos diminuir.
- Estruturação de base de dados de confiabilidade consistente e confiável, para melhores análises futuras;
- Aplicação de análise de causas raízes RCA (*Root Cause Analysis*) nos equipamentos mais críticos para estudar os modos de falha, impedindo que fiquem se repetindo.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR-5462 Confiabilidade e Manutenibilidade – Terminologia**. ABNT/CB-03 – Eletricidade, 1994.
- ANDRADE, Antônio M. C. R. de. **A manutenção no século 21**. Engenharia 620, 2014.
- BILLINTON, R; ALLAN, R. N. **Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques**, Pitman Advanced Publishing Program, 1983.
- COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão Estratégica da Manutenção: uma Oportunidade para Melhorar o Resultado Operacional**. Monografia (Graduação) – Curso de Graduação em Engenharia de Produção, UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.
- DIAS, Acires; CALIL, Luís Fernando Peres; RIGONI, Emerson; SAKURADA, Eduardo Yuji; OGLIARI, André; KAGUEIAMA, Heitor Azuma. **Metodologia para Análise de Risco: Mitigação de Perda de SF₆ em Disjuntores**. Florianópolis, 2013.
- DIAS, Acires. **Projeto para Confiabilidade: Conceitos e Fundamentos**. Cap. 16. Livro: Gestão do Ciclo de Vida dos Produtos. Coleção Fábrica do Milênio. Vol.III. 2005.
- ENGEMAN Software de Manutenção. **Manutenção: tipos e tendências**, 2017. Disponível em: <https://blog.engeman.com.br/manutencao-tipos-e-tendencias/>. Acesso em 20 mar. 2019.
- FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luiz Duarte. **Confiabilidade e Manutenção industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro (RJ): Elsevier, 2009.
- FUENTES, Fernando Félix Espinosa. **Metodologia para Inovação da Gestão da Manutenção Industrial**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.
- GINÉ, Maria Fernanda. **Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Acoplado Indutivamente ICP-AES**. Universidade de São Paulo – USP. Piracicaba, 1998.
- INSTRON Corporation. Operator's Guide 100 kN and 200 kN Pneumatic Grips. Norwood, 1997.
- KRUG, Francisco José; NÓBREGA, Joaquim Araújo; NOGUEIRA, Ana Rita A.; OLIVEIRA, Pedro Vitoriano de. **Curso em Análise Química: Plasmas em Química Analítica e Preparo de Amostras**. São Paulo, 2001.

KRUG, Francisco José; NÓBREGA, Joaquim Araújo; OLIVEIRA, Pedro Vitoriano de. **Espectrometria de Absorção Atômica: Fundamentos e atomização com chama.** Parte 1. São Paulo, 2004.

LECO Corporation. CS600, CSHS600, CSLS600 Carbon and Sulfur Determinator Instruction Manual. St. Joseph, 2003.

LECO Corporation. TC600 Nitrogen and Oxygen Determinator Instruction Manual. St. Joseph, 2004.

MECÂNICA Industrial. Guilhotina Para Chapa Metálica. São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/498-o-que-sao-guilhotinas-para-chapas-metalicas/>. Acesso em: 15 mar. 2019.

M&S Industrial. Centro de Usinagem. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://mesindustrial.com.br/centro-de-usinagem/>. Acesso em 15 mar. 2019.

PEREIRA, Pedro Miguel de Sá. **Planos de Manutenção Preventiva: Manutenção de Equipamentos Variáveis na BA Vidro, SA.** 2009. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2009.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: função estratégica.** 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.

QUEIROZ, Laura M. A. **Planejamento e Controle da Manutenção Aplicados ao Processo de Manufatura no Ramo Alimentício.** In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção, Fortaleza, 2015.

QUIMIS Aparelhos Científicos LTDA. **Manual de Instruções:** Aparelho de Osmose Reversa. Diadema, 2012.

RAMOS JR, José Flávio. **Análise de Dados de Vida.** Pós Graduação em Engenharia da Confiabilidade. 15 de junho de 2019. Notas de Aula. UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

RELIASOFT. **Life Data Analysis Reference.** 2015. Disponível em: http://www.synthesisplatform.net/references/Life_Data_Analysis_Reference.pdf. Acesso em: 10/04/2019.

RIGONI, Emerson. **Metodologia para Implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade:** uma abordagem fundamentada em Sistemas Baseados em Conhecimento e Lógica *Fuzzy*. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

SCHULZ Compressores SA. Manual de Instruções Compressor de Parafuso SRP 4015. Joinville, 2003.

SILVA, Alécio Júlio. **Redução da Indisponibilidade de um Ativo Através da Manutenção Suportada pela Confiabilidade**. 2017. Monografia de Especialização – Especialização em Engenharia da Confiabilidade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

SILVA, Josiane Roberta dos Santos; SOUZA, Luciana Aparecida Dutra de; CASTRO, Luiza Zambalde de; FERREIRA, Thais Alves; CAMPOS, Magno Silverio. **Análise da Confiabilidade: Um Estudo de Caso**. In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção, Fortaleza, 2015.

SILVA, Pamella Stefanés da; BOING, Denis. Influência do acabamento da superfície no ensaio de composição química por Espectroscopia de Emissão Óptica. **Revista da UNIFEPE**, Brusque (SC), v. 1, n. 11, p. 4-5, jan/jul. 2013.

SORG Indústria e Comércio de Máquinas Ltda. Manual Guilhotina Hidráulica Sorg Modelo SGH 1013/20. Limeira, 2017.

TAVARES, Glaucio Arnold; BENDASSOLLI, José Albertino; SOUZA, Gleison de; NOLASCO, Felipe Rufine. **Implantação de uma Estação de Produção de Água Desionizada para Uso nos Laboratórios do Cena/Usf Empregando Resinas de Troca-Iônica**. Revista Analytica, Piracicaba, 2004.

THULER, Eliezer Cotrim. **Análise RAM Aplicada ao Aumento de Confiabilidade na Linha de Galvanização Contínua de Aços Planos**. 2017. Monografia de Especialização – Especialização em Engenharia da Confiabilidade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

TORK Controle Tecnológico de Materiais LTDA. Teste de Névoa Salina (Salt Spray). São Paulo, 2017. Disponível em: <https://laboratorios-tork.com.br/servicos/intemperismo-e-corrosao/nevoa-salina-salt-spray/>. Acesso em: 17 mar. 2019.

XENOS, Harilaus Georgius d'Philippos.. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Minas Gerais: INDG Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

ZWICK Roell. Instruction Manual for Materials Testing Machine BT1-FR050TH.A1K. Ulm, 2008.

APÊNDICE A – ETAPA 0: ADEQUAÇÃO DO RCM

Etapa 1 - Preparação

Responsável pela Análise: Jefferson Luiz Gonçalves	Equipe:	Data: 18/05/2019
Auditado por:		Página / De: 01/05

Critérios	Quesitos a serem ponderados	Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação	
Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação e/ou Recursos	Q1	Será adotado um procedimento de referência e/ou norma para implantação da MCC. A equipe de implantação conhece este procedimento/norma e todas as entradas/necessidades deste procedimento/norma estão disponíveis.	5	7	Equipe de operação não possui conhecimento prévio de MCC.	Serão realizados encontros para nivelamento das informações importantes referentes ao trabalho.
	Q2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção. Exemplos: Ordens de Serviço consistentes, MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), MTTR (Tempo Médio Para Reparo), histórico de falhas etc.	5	8	Existem Ordens de Manutenção, mas, não tem indicadores como MTBF ou MTTR, etc.	Existe um histórico a partir de 2017, data que foi implantado o SAP. Elaborada planilha para registro das manutenções.
	Q3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possui uma documentação técnica adequada. Exemplos: Projetos, manuais, relatórios de ensaio etc.	9	8		

	Q4	O planejamento estratégico da empresa está documentado de forma aditável. Este planejamento contempla a manutenção e particularmente a MCC como estratégia para gestão de ativos.	8	8		
Critério 2 (C2) – Condição e Desempenho Atual da Manutenção	Q1	O percentual de Inspeções Preditivas ou Manutenção Baseada na Condição é significativo quando comparado à Manutenção Preventiva Sistemática (baseada no tempo) ou corretiva. Portanto, a equipe de manutenção tem experiência em Técnicas Preditivas e Manutenção Baseada na Condição.	5	8	A maior parte da manutenção é de preventiva com tempo pré-determinado	Parte das atividades de manutenção são preventivas e parte são preditivas. Equipe devidamente treinada para realizar essas atividades.
	Q2	O desempenho atual da manutenção é satisfatório e homogêneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada e eficaz para o desempenho de sua função.	8	8		
	Q3	Para o sistema, no qual se pretende implantar a MCC, historicamente o número de operadores, no chão de fábrica, é pequeno quando comparado a sistemas similares em outras plantas ou empresas.	8	8		
	Q4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção, quando comparados a outros sistemas similares em outras plantas ou empresas.	9	8		
Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	Q1	Para auxiliar a implantação do programa de MCC, um sistema computacional de automação de escritório (processamento de texto e planilhas eletrônicas) estará disponível, ou então, a equipe de implantação contará com um software específico	7	7		

		para concepção do programa de MCC.				
	Q2	A empresa dispõe de um sistema de gestão da informação integrado, que atende de forma satisfatória às necessidades do setor/equipe de manutenção. Este sistema estará disponível para a equipe de implantação e também para a gestão do programa de MCC após a sua implantação.	7	7		
	Q3	A gestão da manutenção conta com um sistema computacional adequadamente dimensionado para o tamanho da empresa e do sistema que se quer implantar a MCC.	8	8		
	Q4	O sistema computacional de gestão da manutenção é de uso amigável, toda a equipe possui treinamento adequado para utilizá-lo e sua utilização faz parte da rotina de trabalho da equipe de manutenção.	8	8		
	Q5	O sistema computacional de gestão da manutenção permite integração com softwares específicos de implantação e gestão da MCC. Caso contrário, conta com no mínimo as seguintes funcionalidades: inclusão de novas tarefas com períodos customizados; controle estatístico da manutenção; e agrupamento de tarefas de manutenção de forma otimizada.	8	8		
Critério 4 (C4) – Cultura da Manutenção e/ou Empresa	Q1	O setor e/ou equipe de manutenção atual registra suas ações de forma suficientemente detalhada para suportar uma análise estatística de tais ações.	5	8	Registro precário das atividades relacionadas a manutenção.	Conscientizar a equipe quanto a importância do registro correto das manutenções.

	Q2	A manutenção tem função estratégica dentro da empresa e ocupa um lugar de destaque na estrutura organizacional, assumindo um papel importante na gestão dos ativos físicos da empresa.	9	8		
	Q3	A equipe e/ou setor de manutenção, em suas diferentes categorias profissionais, são motivados, cooperativos e conscientes de seu papel estratégico dentro de empresa.	9	8		
	Q4	Outras metodologias de gestão da manutenção foram previamente adotadas e/ou estudadas e, por algum critério de consenso da empresa, culminaram com a adoção da MCC. Portanto, é possível afirmar que a empresa e a equipe/setor de manutenção têm afinidade com métodos mais elaborados de gestão da manutenção.	8	8		
	Q5	O atual programa de manutenção é continuamente atualizado e auditado por pessoal interno ou externo à empresa ou setor de manutenção.	8	8		
Critério 5 (C5) – Gerenciamento Estratégico da Manutenção	Q1	Existe um orçamento para viabilizar a implantação da MCC e que supra as seguintes necessidades: treinamento de pessoal dentro da filosofia da MCC; disponibilidade de recursos humanos; implantação de ações preditivas; e, implementação de sistemas computacionais de suporte a MCC, caso necessário.	8	8		
	Q2	As decisões referentes às estratégias de gestão da manutenção estão em conformidade e tem suporte por outros setores da empresa, o que caracteriza o bom relacionamento institucional.	9	8		

Q3	Os níveis gerenciais veem a manutenção como investimento e não como um custo. Portanto, é possível afirmar que a MCC foi adotada como uma das estratégias para uma gestão mais eficaz dos ativos físicos.	8	8		
Q4	A MCC é visualizada como parte de um processo geral/global de gerenciamento da manutenção, com métodos e técnicas, podendo coexistir outras metodologias de gestão da manutenção em paralelo ou integradas à MCC.	7	7		
Q5	Grande parte da manutenção é terceirizada, entretanto, seus controles, registros e demais itens de gestão estão a cargo da empresa ou seu representante. Portanto, neste caso, não há problemas com a Gestão do Conhecimento inerente à manutenção.	6	6		

APÊNDICE B – ETAPA 1: PREPARAÇÃO

Etapa 1 - Preparação

Responsável pela Análise: Jefferson Luiz Gonçalves	Equipe:	Data: 18/05/2019
Auditado por:		Página / De: 01/04

1. Equipe de Implantação:
 Alex / Técnico de Laboratório de Instrumentação
 Jefferson Luiz Gonçalves / Eletricista de Equipamentos
 Paulo / Técnico de Laboratório Mecânico
 Pedro / Supervisor de Oficina Central
2. Patrocinador Interno:
 Pedro / Supervisor de Oficina Central
3. Facilitador:
 Jefferson Luiz Gonçalves / Eletricista de Equipamentos
4. Método e Estratégia de Implementação:

Método:

<input type="checkbox"/>	Método da Força Tarefa Treinada
<input type="checkbox"/>	Método Seletivo de Instalações Críticas
<input type="checkbox"/>	Método Abrangente de Instalações Simultâneas
<input checked="" type="checkbox"/>	Método do Projeto Piloto

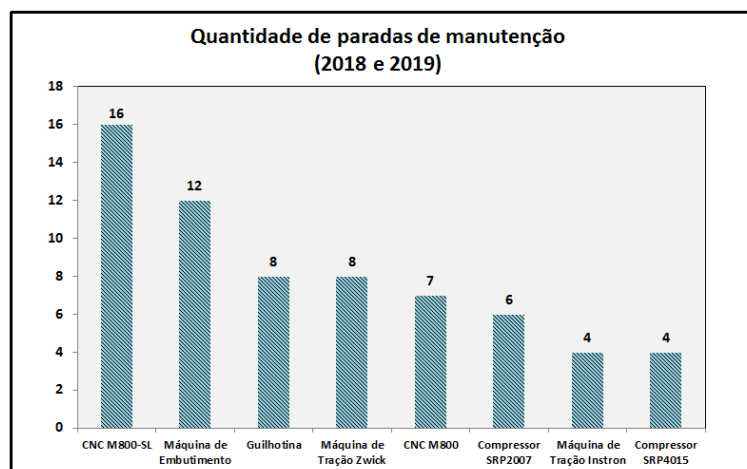
Estratégia de Implementação:

<input type="checkbox"/>	Validação da Manutenção Existente
<input checked="" type="checkbox"/>	Exclusão de Modos de Falha Não Críticos
<input type="checkbox"/>	Análise Expedida por Analogia
<input type="checkbox"/>	Análise Expedida por Categoria
<input type="checkbox"/>	Base Zero

Utilizar método de **projeto piloto** para aprofundamento dos conceitos dos métodos dentro da equipe de implantação.

A estratégia de exclusão dos modos de falha não críticos se dá para obter uma maior rapidez na implementação do programa de RCM.

5. Sistemas Candidatos:



Baseado no número de falhas ocorridas nos anos de 2018 e 2019 e no domínio da equipe de manutenção, o sistema piloto de implantação do MCC será o Centro de Usinagem CNC Travis M800-SL.

6. Treinamento:

Capacitação da equipe de implantação com relação à metodologia MCC. Conscientização das partes envolvidas quanto à importância da MCC, e a responsabilidade de cada um com a assertividade e os resultados do programa de MCC.

7. Calendário de Reuniões:

Pauta da Reunião	Data						
	27/mai	03/jun	10/jun	17/jun	24/jun	01/jul	08/jul
Definição da Equipe de Implementação	x						
Treinamento da Equipe de Implementação		x					
Definição da Metodologia			x				
Seleção do Sistema e Abrangência				x			
Aplicação FMECA					x		
Levantamento das Funções e Modos de Falha						x	
Seleção e Agrupamento das tarefas de Manutenção							x

8. Cronograma de Implantação:

ETAPA	SEMANA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Mobilização da Equipe	■							
Capacitação da Equipe	■	■						
Confirmação da Metodologia		■						
Definição da Estratégia		■						
Seleção do Sistema		■						
Coleta de Informações	■	■	■	■				
FMECA			■	■	■			
Seleção das Tarefas de Manutenção					■	■		
Definição dos Intervalos Iniciais					■	■		
Agrupamento das Tarefas de Manutenção						■		
Redação do Manual						■	■	■
Implantação do estudo						■	■	■

9. Previsão Orçamentária:

ATIVIDADES	CUSTOS
Capacitação: Metodologia RCM Técnicas Preditivas	R\$ 5.000,00
Desevolvimento: Estudo de RCM Implementação de RCM no equipamento selecionado Execução das tarefas de RCM	R\$ 5.000,00
Aquisição de Equipamentos para Manutenção Preditiva: Dispositivos de coleta de vibração Instalação de sistema de vibração on-line Câmeras termográficas Analisadores de Motores	R\$ -
Sistemas Computacionais: Software de Desenvolvimento de RCM Software de Gerenciamento de Manutenção (Customização)	R\$ -

Consultoria: Consultoria para validação após implantação de cada etapa do projeto.	R\$ -
CUSTO TOTAL:	R\$ 10.000,00

10. Observações:

O projeto será desenvolvido, implementado e executado por equipe interna, então o custo para esse primeiro projeto (piloto), será justamente o custo de hh das pessoas envolvidas. Após, para disseminar nos demais equipamentos do laboratório, será avaliado pontualmente a necessidade de aquisição de equipamentos para inspeção preditiva, software dedicado para desenvolvimento de RCM, consultoria para validação das etapas etc.

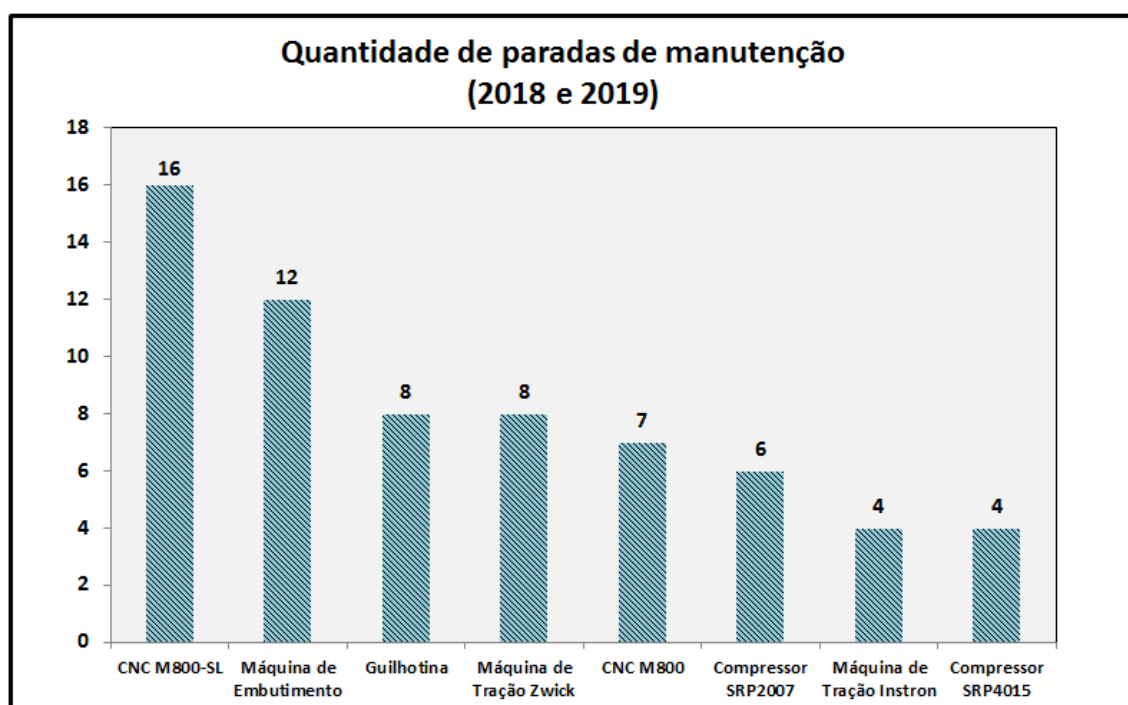
**APÊNDICE C – ETAPA 2: SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE
INFORMAÇÕES**

Etapa 2 - Seleção do Sistema e Coleta de Informações

Responsável pela Análise: Jefferson Luiz Gonçalves	Equipe:	Data: 18/05/2019
Auditado por:		Página / De: 01/03

1) Seleção do Sistema

1.1) Métodos utilizados para Seleção do Sistema:



Baseado no número de falhas ocorridas nos anos de 2018 e 2019 e no domínio da equipe de manutenção, o sistema piloto de implantação do MCC será o Centro de Usinagem CNC Travis M800-SL.

1.2) Critérios utilizados para Seleção do Sistema:

- Conhecimento da equipe com relação ao equipamento;
- Quantidade de falhas registradas;
- Importância do equipamento para o processo.

1.3) Resultados obtidos para a Seleção do Sistema:

R: É um dos equipamentos que apresenta maior número de falhas, impactando diretamente na velocidade de resposta do laboratório.

2) Coleta de Informações

2.1) Documentação do Sistema:

R: Manual do Fabricante.

2.2) Especificação do Contexto Operacional:

R: As chapas são fixadas no dispositivo hidráulico da CNC para então serem usinadas. A máquina é programada para usinar as chapas através do movimento nos eixos “x”, “y” e “z”. O carrossel é responsável pela troca automática das ferramentas, que inicia com uma ferramenta de desbaste e finaliza com uma de acabamento.

2.3) Definição das Fronteiras do Sistema:

Sistema	CNC Travis M800-SL		Id_Sistema	EQ1	
Id_Subsistema	Subsistema	Id_Função	Função	Id_componente	Componente
EQ1-SS1	Lubrificação Automática	EQ1-SS1-FP1	Lubrificar os fusos e mancais dos eixos x, y, z, durante 5 minutos duas vezes por hora de operação.	EQ1-SS1-MH1	Mangueiras hidráulicas
				EQ1-SS1-RO1	Reservatório de Óleo
				EQ1-SS1-OH1	Óleo hidráulico SAE 68
				EQ1-SS1-CV1	Controlador de vazão
EQ1-SS2	Sistema Pneumático	EQ1-SS2-FP1	Resfriar os corpos de prova durante a usinagem e acionar o cilindro de troca de ferramentas com uma pressão > 4 bar.	EQ1-SS2-MP1	Mangueiras Pneumáticas
				EQ1-SS2-LB1	Lubrífil
				EQ1-SS2-OH1	Óleo Hidráulico SAE 10
				EQ1-SS2-VS1	Válvula Solenoide
EQ1-SS3	Movimentação o Eixo X	EQ1-SS3-FP1	Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo x	EQ1-SS3-FS1	Fuso
				EQ1-SS3-MC1	Mancal
				EQ1-SS3-RL1	Rolamento
				EQ1-SS3-PT1	Proteção

				EQ1-SS3-ED1	Encoder
				EQ1-SS3-MT1	Motor
				EQ1-SS3-FC1	Fim de Curso
EQ1-SS4	Movimentação o Eixo Y	EQ1-SS4-FP1	Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo y	EQ1-SS4-FS1	Fuso
				EQ1-SS4-MC1	Mancal
				EQ1-SS4-RL1	Rolamento
				EQ1-SS4-PT1	Proteção
				EQ1-SS4-ED1	Encoder
				EQ1-SS4-MT1	Motor
				EQ1-SS4-FC1	Fim de Curso
EQ1-SS5	Movimentação o Eixo Z	EQ1-SS5-FP1	Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo z	EQ1-SS5-FS1	Fuso
				EQ1-SS5-MC1	Mancal
				EQ1-SS5-RL1	Rolamento
				EQ1-SS5-PT1	Proteção
				EQ1-SS5-ED1	Encoder
				EQ1-SS5-MT1	Motor
				EQ1-SS5-FC1	Fim de Curso
EQ1-SS6	Carrossel Troca de Ferramentas	EQ1-SS6-FP1	Efetuar a troca das ferramentas automaticamente	EQ1-SS6-MP1	Mangueira Pneumática
				EQ1-SS6-CH1	Cilindro Hidráulico
				EQ1-SS6-ED1	Encoder
				EQ1-SS6-MT1	Motor
				EQ1-SS6-VD1	Válvula Direcionadora
				EQ1-SS6-BP1	Botão de Pulso
EQ1-SS7	Dispositivo Hidráulico	EQ1-SS7-FP1	Fixar as chapas de aço para serem usinadas em forma de gabarito.	EQ1-SS7-MH1	Mangueira Hidráulica
				EQ1-SS7-OH1	Óleo Hidráulico SAE 46
				EQ1-SS7-RS1	Relé de Estado Sólido
				EQ1-SS7-PE1	Painel Elétrico
				EQ1-SS7-CT1	Chaveta
				EQ1-SS7-OG1	Orings
				EQ1-SS7-BH1	Bomba Hidráulica
				EQ1-SS7-VD1	Válvula Direcionadora
EQ1-SS8	Segurança e NR12	EQ1-SS8-FP1	Desligar a Máquina instantaneamente ou não permitir sua partida, após abertura de alguma das portas ou apertado no botão de emergência.	EQ1-SS8-BE1	Botão de emergência
				EQ1-SS8-SI1	Sensor Indutivo
				EQ1-SS8-RS1	Relé de Segurança
				EQ1-SS8-CS1	CLP de Segurança

APÊNDICE D – ETAPA 3: ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, SEUS EFEITOS E SUA CRITICIDADE (FMECA)

Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)

Responsável pela Análise: Jefferson Luiz Gonçalves		Equipe:						Data: 20/07/2019						
Auditado por:										Página / De: 01/06				
Sistema: CENTRO DE USINAGEM CNC TRAVIS M800-SL										Id_Sistema: EQ1				
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						
EQ1-SS1-FP1	Lubrificar os fusos e mancais dos eixos x, y, z, durante 5 minutos duas vezes por hora de operação.	EQ1-SS1-FF1	Deixar de Lubrificar os fusos e mancais dos eixos x, y, ou z.	EQ1-SS1-MF1	Falta de óleo	Ressecamento do reservatório	Não efetuar a lubrificação dos fusos	Impossibilidade de utilização da máquina	8	Não completado com óleo ao atingir nível mínimo.	3	Buzina indicando que o nível de óleo está menor que o aceitável.	4	96
				EQ1-SS1-MF2	Mangueira rompida	Vazamento de óleo Sujeira de óleo nas imediações	Não efetuar a lubrificação dos fusos	Impossibilidade de utilização da máquina	5	Desgaste Falha de fabricação	2	Inspeção visual	4	40
				EQ1-SS1-MF3	Reservatório quebrado	Vazamento de óleo Sujeira de óleo nas imediações	Não efetuar a lubrificação dos fusos	Impossibilidade de utilização da máquina	5	Desgaste Falha de fabricação Batida accidental	1	Inspeção Visual	2	10
		EQ1-SS1-	Lubrificar os fusos dos eixos	EQ1-SS1-	Controlador de vazão	Excesso de óleo no interior	Não efetuar lubrificação	Gasto excessivo de óleo ou	3	Poeira Umidade	1	Teste manual	6	18

		FF2	x, y, ou z em intervalos diferentes de 5 minutos contínuos a cada meia hora.	MF4	com defeito da máquina	suficiente	Excesso de lubrificação	indisponibilidade da máquina		Desgaste					
				EQ1-SS1-MF5	Regulagem incorreta do controlador de vazão	Excesso de óleo no interior da máquina	Não efetuar lubrificação suficiente	Excesso de lubrificação	Gasto excessivo de óleo ou indisponibilidade da máquina	3	Alteração de Setpoint	2	Inspeção visual	4	24
EQ1-SS2-FP1	Resfriar os corpos de prova durante a usinagem	EQ1-SS2-FF1	Ausência de ar para resfriar as chapas usinadas	EQ1-SS2-MF1	Sem pressão de alimentação	Falta de ar para o equipamento	Superaquecimento das amostras	Indisponibilidade dos ensaios	8	Problema com alimentação de ar comprimido	5	Inspeção visual	3	120	
				EQ1-SS2-MF2	Mangueira Rompida	Excesso de ruído	Aquecimento das chapas	Derrubando a pressão da rede	6	Desgaste	3	Não há	3	54	
				EQ1-SS2-MF3	Lubrificil quebrado	Passagem de água para o sistema	Oxidação de componentes metálicos	Indisponibilidade do equipamento	5	Desgaste Batida	3	Inspeção visual	3	45	
				EQ1-SS2-MF4	Válvula Solenoide Travada	Sem refrigerar amostra	Alteração características da chapa	Sem analisar tração	5	Sujeira Impureza no ar	2	Teste manual	5	50	
EQ1-SS2-FP2	Acionar o cilindro de troca de ferramentas com uma pressão > 4 bar.	EQ1-SS2-FF2	Não permitir a troca de ferramentas devido a pressão < 4 bar	EQ1-SS2-MF5	Pressão de Alimentação baixa	Ferramenta pode soltar do spindle	Instabilidade de operação	Dificuldade de resposta	4	Problema na rede de alimentação de ar	5	Inspeção visual	3	60	
				EQ1-SS2-MF6	Mangueira Obstruída	Dificuldade de bombeamento	Não efetuar troca de ferramenta	Não usar amostras	4	Sujeira na rede de ar	2	Inspeção visual	4	32	
				EQ1-SS2-	Óleo incorreto	Dificuldade de bombeamento	Não efetuar troca de ferramenta	Não usar amostras	7	Inserido óleo errado no reservatório	4	Não há	7	196	

				MF7										
EQ1-SS3-FP1	Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo x de acordo com o programa selecionado	EQ1-SS3-FF1	Não movimentar a mesa	EQ1-SS3-MF1	Fuso quebrado	Travamento do movimento	Indisponibilidade do equipamento	Sem efetuar ensaios de tração	8	Falta de lubrificação Cavaco no fuso	2	Limpeza da máquina	4	64
				EQ1-SS3-MF2	Rolamento travado	Travamento do movimento	Indisponibilidade do equipamento	Sem efetuar ensaios de tração	8	Falta de lubrificação Cavaco no fuso	5	Limpeza da máquina	4	160
				EQ1-SS3-MF3	Mancal travado	Travamento do movimento	Indisponibilidade do equipamento	Sem efetuar ensaios de tração	8	Falta de lubrificação Cavaco no fuso	3	Limpeza da máquina	4	96
		EQ1-SS3-FF2	Mesa colidir com a parede da máquina	EQ1-SS3-MF4	Encoder danificado	Parada em posição errada	Batida nas chapas e dispositivo	Sem efetuar ensaios de tração	8	Mal encaixado Excesso de cavaco	2	Limpeza da máquina	5	80
				EQ1-SS3-MF5	Fim de curso danificado	Colisão com a estrutura	Pode danificar as estruturas da máquina	Pode causar dano ao ativo ou as pessoas	5	Batida Fora de posição Excesso de cavaco	1	Limpeza da máquina	3	15
EQ1-SS4-FP1	Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo y de acordo com o programa selecionado	EQ1-SS4-FF1	Não movimentar a mesa	EQ1-SS4-MF1	Fuso quebrado	Travamento do movimento	Indisponibilidade do equipamento	Sem efetuar ensaios de tração	8	Falta de lubrificação Cavaco no fuso	2	Limpeza da máquina	4	64
				EQ1-SS4-MF2	Rolamento travado	Travamento do movimento	Indisponibilidade do equipamento	Sem efetuar ensaios de tração	8	Falta de lubrificação Cavaco no fuso	5	Limpeza da máquina	4	160
				EQ1-SS4-MF3	Mancal travado	Travamento do movimento	Indisponibilidade do equipamento	Sem efetuar ensaios de tração	8	Falta de lubrificação Cavaco no fuso	3	Limpeza da máquina	4	96

		EQ1-SS4-FF2	Mesa colidir com a parede da máquina	EQ1-SS4-MF4	Encoder danificado	Parada em posição errada	Batida nas chapas e dispositivo	Sem efetuar ensaios de tração	8	Mal encaixado Excesso de cavaco	2	Limpeza da máquina	5	80
				EQ1-SS4-MF5	Fim de curso danificada	Colisão com a estrutura	Pode danificar as estruturas da máquina	Pode causar dano ao ativo ou as pessoas	5	Batida Fora de posição Excesso de cavaco	1	Limpeza da máquina	3	15
EQ1-SS5-FP1	Movimentar a ferramenta de corte, no eixo z de acordo com o programa selecionado	EQ1-SS5-FF1	Não movimentar a Ferramenta	EQ1-SS5-MF1	Fuso quebrado	Travamento do movimento	Indisponibilidade do equipamento	Sem efetuar ensaios de tração	8	Falta de lubrificação Cavaco no fuso	2	Limpeza da máquina	4	64
				EQ1-SS5-MF2	Rolamento travado	Travamento do movimento	Indisponibilidade do equipamento	Sem efetuar ensaios de tração	8	Falta de lubrificação Cavaco no fuso	5	Limpeza da máquina	4	160
				EQ1-SS5-MF3	Mancal travado	Travamento do movimento	Indisponibilidade do equipamento	Sem efetuar ensaios de tração	8	Falta de lubrificação Cavaco no fuso	3	Limpeza da máquina	4	96
		EQ1-SS5-FF2	Ferramenta colidir com o dispositivo hidráulico	EQ1-SS5-MF4	Encoder danificado	Parada em posição errada	Batida nas chapas e dispositivo	Sem efetuar ensaios de tração	8	Mal encaixado Excesso de cavaco	2	Limpeza da máquina	5	80
				EQ1-SS5-MF5	Fim de curso danificada	Colisão com a estrutura	Pode danificar as estruturas da máquina	Pode causar dano ao ativo ou as pessoas	5	Batida Fora de posição Excesso de cavaco	1	Limpeza da máquina	3	15
EQ1-SS6-FP1	Efetuar a troca das ferramentas automaticamente	EQ1-SS6-FF1	Travamento do magazine durante a troca	EQ1-SS6-MF1	Cilindro de troca de ferramenta travado	Impossibilidade de trocar ferramentas	Não é possível usinar as chapas	Sem realizar ensaios de tração	7	Falta de óleo hidráulico Inserido óleo incorreto Válvula direcionadora	5	Não há	5	175

										travada				
				EQ1-SS6-MF2	Braço fora de posição	Impossibilidade de trocar ferramentas	Não é possível usinar as chapas	Sem realizar ensaios de tração	5	Encoder fora de posição	4	Inspeção visual	3	60
		EQ1-SS6-FF2	Troca pela ferramenta errada	EQ1-SS6-MF3	Ferramenta no berço errado	Usinado as chapas de maneira incorreta	Pode colidir com o dispositivo	Alteração nas características do aço	3	Inserido manualmente na posição errada	3	Inspeção visual	3	27
EQ1-SS7-FP1	Fixar as chapas de aço para serem usinadas em forma de gabarito.	EQ1-SS7-FF1	Não fixar as chapas	EQ1-SS7-MF1	Não acionar a bomba hidráulica	Não fixa as chapas	Equipamento não liga	Sem realizar ensaios de tração	6	Contato do relé colado Falta de óleo	7	Não há	4	168
				EQ1-SS7-MF2	Bomba hidráulica travada	Não fixa as chapas	Equipamento não liga	Sem realizar ensaios de tração	8	Falta de óleo Motor queimado	3	Não há	3	72
				EQ1-SS7-MF3	Vazamento de óleo hidráulico	Contaminação do solo	Baixa pressão de fixação das chapas	Problema ambiental	6	Óring rompido Mangueira rasgada	7	Acionamento manual	3	126
		EQ1-SS7-FF2	Impossibilidade de retirar as amostras após a usinagem	EQ1-SS7-MF4	Cilindro com a chaveta travada	Dificuldade para retirada de amostra	Atraso na retirada das chapas	Atraso na resposta dos ensaios	4	Óring rompido Excesso de cavaco	7	Acionamento manual	3	84
EQ1-SS8-FP1	Desligar a Máquina instantaneamente	EQ1-SS8-FF1	Não desligar o sistema quando acionado a	EQ1-SS8-MF1	Sensor indutivo das portas danificado	Possibilidade de lesão	Risco de colisão	Risco a saúde e segurança	6	Batida Sensor fora de posição	2	Não há	4	48

ou não permitir sua partida, após abertura de alguma das portas ou aperto no botão de emergência.		emergência	EQ1-SS8-MF2	Botão de emergência danificado	Possibilidade de lesão	Risco de colisão	Risco a saúde e segurança	6	Batida Contato colado Cabo rompido	2	Não há	3	36
	EQ1-SS8-FF2	Permitir o acionamento da máquina quando acionado a emergência	EQ1-SS8-MF3	Sensor indutivo das portas danificado	Possibilidade de lesão	Risco de colisão	Risco a saúde e segurança	6	Batida Sensor fora de posição	2	Não há	4	48
			EQ1-SS8-MF4	Botão de emergência danificado	Possibilidade de lesão	Risco de colisão	Risco a saúde e segurança	6	Batida Contato colado Cabo rompido	2	Não há	3	36
	EQ1-SS8-FF3	Parar a máquina indevidamente sem acionar a emergência	EQ1-SS8-MF5	Sensor indutivo das portas danificado	Possibilidade de lesão	Risco de colisão	Risco a saúde e segurança	6	Batida Sensor fora de posição	2	Não há	4	48
			EQ1-SS8-MF6	Botão de emergência danificado	Possibilidade de lesão	Risco de colisão	Risco a saúde e segurança	6	Batida Contato colado Cabo rompido	2	Não há	3	36
			EQ1-SS8-MF7	Relé de segurança danificado	Possibilidade de lesão	Risco de colisão	Risco a saúde e segurança	7	Desgaste Queima	2	Não há	5	70
			EQ1-SS8-MF8	CLP de segurança danificado	Possibilidade de lesão	Risco de colisão	Risco a saúde e segurança	7	Desgaste Queima	2	Não há	5	70

APÊNDICE E – ETAPA 4: SELEÇÃO DAS FUNÇÕES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA

Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha

Responsável pela Análise: Jefferson Luiz Gonçalves	Equipe:	Data: 25/07/2019
Auditado por:		Página / De: 01/04
Sistema: CENTRO DE USINAGEM CNC TRAVIS M800-SL		Id_Sistema: EQ1

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
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF1	EQ1-SS1-MF1	Falta de óleo	SIM	NÃO	SIM	EEO
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF1	EQ1-SS1-MF2	Mangueira rompida	NÃO	SIM	SIM	OSA
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF1	EQ1-SS1-MF3	Reservatório quebrado	SIM	SIM	SIM	ESA
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF2	EQ1-SS1-MF4	Controlador de vazão com defeito	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF2	EQ1-SS1-MF5	Regulagem incorreta do controlador de vazão	NÃO	NÃO	SIM	OEO

EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF1	Sem pressão de alimentação	SIM	NÃO	SIM	EEO
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF2	Mangueira Rompida	SIM	NÃO	SIM	EEO
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF3	Lubrifil quebrado	SIM	NÃO	SIM	EEO
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF4	Válvula Solenoide Travada	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF2	EQ1-SS2-MF5	Pressão de Alimentação baixa	SIM	NÃO	SIM	EEO
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF2	EQ1-SS2-MF6	Mangueira Obstruída	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF2	EQ1-SS2-MF7	Óleo incorreto	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF1	EQ1-SS3-MF1	Fuso quebrado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF1	EQ1-SS3-MF2	Rolamento travado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF1	EQ1-SS3-MF3	Mancal travado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF2	EQ1-SS3-MF4	Encoder danificado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF2	EQ1-SS3-MF5	Fim de curso danificada	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF1	EQ1-SS4-MF1	Fuso quebrado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF1	EQ1-SS4-MF2	Rolamento travado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF1	EQ1-SS4-MF3	Mancal travado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF2	EQ1-SS4-MF4	Encoder danificado	NÃO	NÃO	SIM	OEO

EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF2	EQ1-SS4-MF5	Fim de curso danificada	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF1	EQ1-SS5-MF1	Fuso quebrado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF1	EQ1-SS5-MF2	Rolamento travado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF1	EQ1-SS5-MF3	Mancal travado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF2	EQ1-SS5-MF4	Encoder danificado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF2	EQ1-SS5-MF5	Fim de curso danificada	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS6-FP1	EQ1-SS6-FF1	EQ1-SS6-MF1	Cilindro de troca de ferramenta travado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS6-FP1	EQ1-SS6-FF1	EQ1-SS6-MF2	Braço fora de posição	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS6-FP1	EQ1-SS6-FF2	EQ1-SS6-MF3	Ferramenta no berço errado	NÃO	NÃO	SIM	OEO
EQ1-SS7-FP1	EQ1-SS7-FF1	EQ1-SS7-MF1	Não acionar a bomba hidráulica	SIM	NÃO	SIM	EEO
EQ1-SS7-FP1	EQ1-SS7-FF1	EQ1-SS7-MF2	Bomba hidráulica travada	SIM	NÃO	SIM	EEO
EQ1-SS7-FP1	EQ1-SS7-FF1	EQ1-SS7-MF3	Vazamento de óleo hidráulico	SIM	SIM	SIM	ESA
EQ1-SS7-FP1	EQ1-SS7-FF2	EQ1-SS7-MF4	Cilindro com a chaveta travada	SIM	NÃO	SIM	EEO
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF1	EQ1-SS8-MF1	Sensor indutivo das portas danificado	NÃO	SIM	SIM	OSA
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF1	EQ1-SS8-MF2	Botão de emergência danificado	SIM	SIM	SIM	ESA

EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF2	EQ1-SS8-MF3	Sensor indutivo das portas danificado	NÃO	SIM	SIM	OSA
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF2	EQ1-SS8-MF4	Botão de emergência danificado	SIM	SIM	SIM	ESA
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF5	Sensor indutivo das portas danificado	NÃO	SIM	SIM	OSA
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF6	Botão de emergência danificado	SIM	SIM	SIM	ESA
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF7	Relé de segurança danificado	NÃO	SIM	SIM	OSA
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF8	CLP de segurança danificado	NÃO	SIM	SIM	OSA

APÊNDICE F – ETAPA 5: SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS

Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Responsável pela Análise: Jefferson Luiz Gonçalves	Equipe:	Data: 30/07/2019
Auditado por:		Página / De: 01/06
Sistema: CENTRO DE USINAGEM CNC TRAVIS M800-SL		Id_Sistema: EQ1

Id Função	Id Falha Funcional	Id Modo de Falha	Consequência ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Tarefas Possíveis							Tarefa Proposta	Id_Tarefa
				Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto		
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF1	EQ1-SS1-MF1	EEO	X							Verificar o nível de óleo hidráulico SAE 68, e repor quando estiver se aproximando do nível mínimo.	EQ1-T01
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF1	EQ1-SS1-MF2	OSA					X			Acionar a lubrificação dos fusos de forma manual e seguir a mangueira, para verificar sua integridade.	EQ1-T02
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF1	EQ1-SS1-MF3	ESA	X							Verificar as condições do reservatório e reportar a manutenção em caso de anomalia.	EQ1-T03
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF2	EQ1-SS1-MF4	OEO					X			Monitorar o tempo em que o sistema fica ligado e desligado, devendo ficar 5 minutos ligado e 30	EQ1-T04

												minutos desligado.	
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF2	EQ1-SS1-MF5	OEO		X							Verificar se o potenciômetro está corretamente ajustado para 5 minutos ligado e 30 minutos desligado.	EQ1-T05
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF1	EEO	X								Verificar no manômetro do lubrificador se a pressão da rede está maior ou igual a 6 bar de pressão, caso estiver abaixo, reportar a manutenção.	EQ1-T06
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF2	EEO		X							Verificar as condições das mangueiras pneumáticas, ao começar a apresentar ressecamento, deve programar a troca.	EQ1-T07
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF3	EEO		X							Verificar as condições do lubrificante, manômetro, conexões e mangueiras de entrada e saída de ar.	EQ1-T08
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF4	OEO					X				Acionar manualmente o resfriamento de amostra e verificar se existe fluxo de ar adequado.	EQ1-T09
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF2	EQ1-SS2-MF5	EEO	X								Verificar no manômetro do lubrificante se a pressão da rede está maior ou igual a 6 bar de pressão, caso estiver abaixo, reportar a manutenção.	EQ1-T06
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF2	EQ1-SS2-MF6	OEO					X				Acionar manualmente o resfriamento de amostra e verificar se existe fluxo de ar adequado.	EQ1-T09
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF2	EQ1-SS2-MF7	OEO	X								Verificar o nível de óleo do lubrificante e completar com óleo SAE 10, se estiver próximo do mínimo.	EQ1-T10
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF1	EQ1-SS3-MF1	OEO		X				X		X	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	EQ1-T11
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF1	EQ1-SS3-MF2	OEO		X				X		X	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da	EQ1-T11

												mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF1	EQ1-SS3-MF3	OEO		X				X		X	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	EQ1-T11
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF2	EQ1-SS3-MF4	OEO					X	X		X	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.	EQ1-T12
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF2	EQ1-SS3-MF5	OEO					X	X		X	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.	EQ1-T13
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF1	EQ1-SS4-MF1	OEO		X				X		X	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	EQ1-T11
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF1	EQ1-SS4-MF2	OEO		X				X		X	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	EQ1-T11
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF1	EQ1-SS4-MF3	OEO		X				X		X	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	EQ1-T11
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF2	EQ1-SS4-MF4	OEO					X	X		X	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.	EQ1-T12
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF2	EQ1-SS4-MF5	OEO					X	X		X	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.	EQ1-T13

EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF1	EQ1-SS5-MF1	OEO		X				X		X	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	EQ1-T11
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF1	EQ1-SS5-MF2	OEO		X				X		X	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	EQ1-T11
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF1	EQ1-SS5-MF3	OEO		X				X		X	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	EQ1-T11
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF2	EQ1-SS5-MF4	OEO					X	X		X	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.	EQ1-T12
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF2	EQ1-SS5-MF5	OEO					X	X		X	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.	EQ1-T13
EQ1-SS6-FP1	EQ1-SS6-FF1	EQ1-SS6-MF1	OEO					X				Apertar manualmente no botão de saque de ferramenta e verificar se solta e prende a ferramenta corretamente.	EQ1-T14
EQ1-SS6-FP1	EQ1-SS6-FF1	EQ1-SS6-MF2	OEO		X							Soltar o freio do motor do carrossel, levar o braço até a posição correta e fixar o freio novamente.	EQ1-T15
EQ1-SS6-FP1	EQ1-SS6-FF2	EQ1-SS6-MF3	OEO	X								Verificar se cada ferramenta está no berço correto, conforme indicado nas ferramentas e no carrossel.	EQ1-T16
EQ1-SS7-FP1	EQ1-SS7-FF1	EQ1-SS7-MF1	EEO	X					X		X	Acionar manualmente a trava de ferramentas, se a bomba não acionar, medir a resistência do contato dos 18 relés que se encontram no painel elétrico, se houver alguma anomalia, substituir os	EQ1-T17

												relés.	
EQ1-SS7-FP1	EQ1-SS7-FF1	EQ1-SS7-MF2	EEO	X					X		X	Verificar nível de óleo do reservatório e completar com óleo hidráulico SAE 46. Recuperar a bomba na oficina, se não for possível a recuperação, então será trocado a bomba.	EQ1-T18
EQ1-SS7-FP1	EQ1-SS7-FF1	EQ1-SS7-MF3	ESA		X							Verificar os cilindros, mangueiras e conexões hidráulicas do dispositivo. Havendo algum desvio, programar manutenção corretiva.	EQ1-T19
EQ1-SS7-FP1	EQ1-SS7-FF2	EQ1-SS7-MF4	EEO	X								Acionar manualmente os 8 cilindros de apoio de amostras. Se alguma estiver travada, ou com dificuldade de acionamento, informar a manutenção.	EQ1-T20
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF1	EQ1-SS8-MF1	OSA					X				Verificar se o sensor da porta está alinhado, e medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.	EQ1-T21
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF1	EQ1-SS8-MF2	ESA		X							Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.	EQ1-T22
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF2	EQ1-SS8-MF3	OSA					X				Verificar se o sensor da porta está alinhado, e medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.	EQ1-T21
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF2	EQ1-SS8-MF4	ESA		X							Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.	EQ1-T22
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF5	OSA					X				Verificar se o sensor da porta está alinhado, e medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.	EQ1-T21

EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF6	ESA		X							Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.	EQ1-T22
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF7	OSA					X				Liberar todos os sensores de segurança e verificar se os todos os LEDs do relé de segurança estão acesos, acionar os sensores e verificar se os LEDs se apagam.	EQ1-T23
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF8	OSA					X				Liberar todos os sensores de segurança e verificar se os todos os LEDs do relé de segurança estão acesos, acionar os sensores e verificar se os LEDs se apagam.	EQ1-T23

APÊNDICE G – ETAPA 6: DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO

Etapa 6 – Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção

Responsável pela Análise:	Equipe:	Data: 03/08/2019
Auditado por:		Página / De: 01/06
Sistema: CENTRO DE USINAGEM CNC TRAVIS M800-SL		Id_Sistema: EQ1

Id Função	Id Falha Funcional	Id Modo de Falha	Id Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Equipe Responsável
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF1	EQ1-SS1-MF1	EQ1-T01	Verificar o nível de óleo hidráulico SAE 68, e repor quando estiver se aproximando do nível mínimo.	Diário	A	Operação
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF1	EQ1-SS1-MF2	EQ1-T02	Acionar a lubrificação dos fusos de forma manual e seguir a mangueira, para verificar sua integridade.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF1	EQ1-SS1-MF3	EQ1-T03	Verificar as condições do reservatório e reportar a manutenção em caso de anomalia.	Diário	A	Operação

EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF2	EQ1-SS1-MF4	EQ1-T04	Monitorar o tempo em que o sistema fica ligado e desligado, devendo ficar 5 minutos ligado e 30 minutos desligado.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS1-FP1	EQ1-SS1-FF2	EQ1-SS1-MF5	EQ1-T05	Verificar se o potenciômetro está corretamente ajustado para 5 minutos ligado e 30 minutos desligado.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF1	EQ1-T06	Verificar no manômetro do lubrificador se a pressão da rede está maior ou igual a 6 bar de pressão, caso estiver abaixo, reportar a manutenção.	Diário	A	Operação
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF2	EQ1-T07	Verificar as condições das mangueiras pneumáticas, ao começar a apresentar ressecamento, deve programar a troca.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF3	EQ1-T08	Verificar as condições do lubrificante, manômetro, conexões e mangueiras de entrada e saída de ar.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF1	EQ1-SS2-MF4	EQ1-T09	Acionar manualmente o resfriamento de amostra e verificar se existe fluxo de ar adequado.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF2	EQ1-SS2-MF5	EQ1-T06	Verificar no manômetro do lubrificador se a pressão da rede está maior ou igual a 6 bar de pressão, caso estiver abaixo, reportar a manutenção.	Diário	A	Operação
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF2	EQ1-SS2-MF6	EQ1-T09	Acionar manualmente o resfriamento de amostra e verificar se existe fluxo de ar adequado.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS2-FP1	EQ1-SS2-FF2	EQ1-SS2-MF7	EQ1-T10	Verificar o nível de óleo do lubrificante e completar com óleo SAE 10, se estiver próximo do mínimo.	Diário	A	Operação

EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF1	EQ1-SS3-MF1	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF1	EQ1-SS3-MF2	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF1	EQ1-SS3-MF3	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF2	EQ1-SS3-MF4	EQ1-T12	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.	Semestral	C	Manutenção
EQ1-SS3-FP1	EQ1-SS3-FF2	EQ1-SS3-MF5	EQ1-T13	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.	Semestral	C	Manutenção
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF1	EQ1-SS4-MF1	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF1	EQ1-SS4-MF2	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção

EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF1	EQ1-SS4-MF3	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF2	EQ1-SS4-MF4	EQ1-T12	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.	Semestral	C	Manutenção
EQ1-SS4-FP1	EQ1-SS4-FF2	EQ1-SS4-MF5	EQ1-T13	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.	Semestral	C	Manutenção
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF1	EQ1-SS5-MF1	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF1	EQ1-SS5-MF2	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF1	EQ1-SS5-MF3	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF2	EQ1-SS5-MF4	EQ1-T12	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.	Semestral	C	Manutenção
EQ1-SS5-FP1	EQ1-SS5-FF2	EQ1-SS5-MF5	EQ1-T13	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.	Semestral	C	Manutenção

FP1	FF2	MF5		se para o sistema.			
EQ1-SS6- FP1	EQ1-SS6- FF1	EQ1-SS6- MF1	EQ1-T14	Apertar manualmente no botão de saque de ferramenta e verificar se solta e prende a ferramenta corretamente.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS6- FP1	EQ1-SS6- FF1	EQ1-SS6- MF2	EQ1-T15	Soltar o freio do motor do carrossel, levar o braço até a posição correta e fixar o freio novamente.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS6- FP1	EQ1-SS6- FF2	EQ1-SS6- MF3	EQ1-T16	Verificar se cada ferramenta está no berço correto, conforme indicado nas ferramentas e no carrossel.	Mensal		Operação
EQ1-SS7- FP1	EQ1-SS7- FF1	EQ1-SS7- MF1	EQ1-T17	Acionar manualmente a trava de ferramentas, se a bomba não acionar, medir a resistência do contato dos 18 relés que se encontram no painel elétrico, se houver alguma anomalia, substituir os relés.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS7- FP1	EQ1-SS7- FF1	EQ1-SS7- MF2	EQ1-T18	Verificar nível de óleo do reservatório e completar com óleo hidráulico SAE 46. Recuperar a bomba na oficina, se não for possível a recuperação, então será trocado a bomba.	Semestral	C	Manutenção
EQ1-SS7- FP1	EQ1-SS7- FF1	EQ1-SS7- MF3	EQ1-T19	Verificar os cilindros, mangueiras e conexões hidráulicas do dispositivo. Havendo algum desvio, programar manutenção corretiva.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS7- FP1	EQ1-SS7- FF2	EQ1-SS7- MF4	EQ1-T20	Acionar manualmente os 8 cilindros de apoio de amostras. Se alguma estiver travada, ou com dificuldade de acionamento, informar a manutenção.	Diário	A	Operação
EQ1-SS8-	EQ1-SS8-	EQ1-SS8-	EQ1-T21	Verificar se o sensor da porta está alinhado, e	Trimestral	B	Manutenção

FP1	FF1	MF1		medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.			
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF1	EQ1-SS8-MF2	EQ1-T22	Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF2	EQ1-SS8-MF3	EQ1-T21	Verificar se o sensor da porta está alinhado, e medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF2	EQ1-SS8-MF4	EQ1-T22	Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF5	EQ1-T21	Verificar se o sensor da porta está alinhado, e medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF6	EQ1-T22	Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF7	EQ1-T23	Liberar todas os sensores de segurança e verificar se os todos os LEDs do relé de segurança estão acesos, acionar os sensores e verificar se os LEDs se apagam.	Trimestral	B	Manutenção
EQ1-SS8-FP1	EQ1-SS8-FF3	EQ1-SS8-MF8	EQ1-T23	Liberar todas os sensores de segurança e verificar se os todos os LEDs do relé de segurança estão acesos, acionar os sensores e verificar se os LEDs se apagam.	Trimestral	B	Manutenção

APÊNDICE H – ETAPA 7: REDAÇÃO DO MANUAL E IMPLEMENTAÇÃO

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

JEFFERSON LUIZ GONÇALVES

**MANUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE**

CENTRO DE USINAGEM CNC TRAVIS M800-SL

BRASIL, OUTUBRO DE 2019

Sistema	
---------	--

Código	Sistema
--------	---------

Descrição

EQ1	Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL
------------	----------------------------------------------

Computer Numeric Control (CNC) é uma máquina-ferramenta que utiliza ferramentas de corte de haste como: broca, fresa de topo, alargador, macho de roscar, cabeçotes fresadores, entre outras. O Centro de Usinagem serve também para realizar operações de usinagem com: furação, aplainamento, fresagem, alargamento, mandrilhamento, abrir roscas internas etc. Este tipo de máquina é muito utilizado nas indústrias de fabricação, devido à sua versatilidade. A usinagem com o uso de máquinas CNC, atualmente, tornou-se uma necessidade para a fabricação de peças industriais em grande quantidade, em pouco tempo e de forma automatizada.

Essas máquinas são centros de usinagem com três eixos, sendo “x”, “y” e “z”, e são compostas basicamente de fusos rolamentos e mancais para a movimentação dos eixos, um sistema de troca de ferramentas do tipo carrossel, um sistema hidráulico para suporte das chapas a ser usinado, um sistema pneumático para limpeza das ferramentas durante o ciclo de trabalho, e um sistema de refrigeração com bombas para resfriamento das peças e ferramentas de corte.



Subsistemas com Descrição

SI **Sistema**
SS **Subsistema**
 Descrição

EQ1 **Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL**

SS1 **Lubrificação Automática**

Lubrificar os fusos e mancais dos eixos x, y, z, durante 5 minutos duas vezes por hora de operação.



SS2 **Sistema Pneumático**

Resfriar os corpos de prova durante a usinagem e trocar acionar o cilindro de troca de ferramentas com uma pressão > 4 bar.



SS3 Movimentação Eixo X

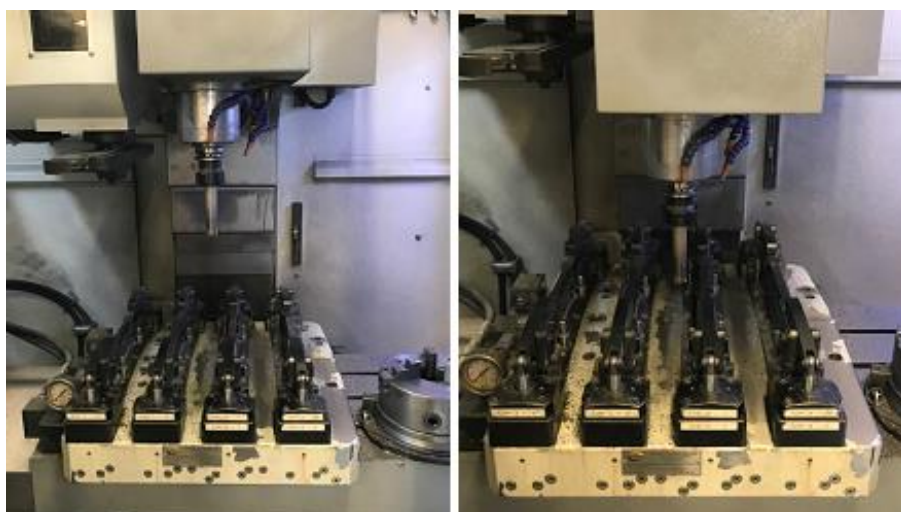
Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo x.

**SS4 Movimentação Eixo Y**

Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo y.

**SS5 Movimentação Eixo Z**

Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo z.



SS6 Carrossel Troca de Ferramentas

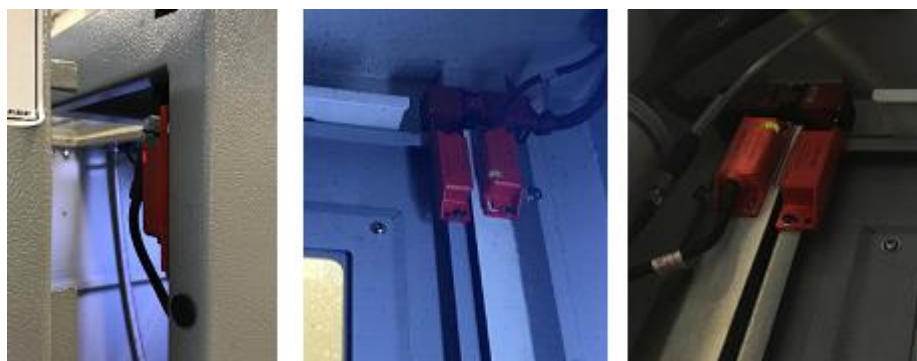
Efetuar a troca das ferramentas automaticamente.

**SS7 Dispositivo Hidráulico**

Fixar as chapas de aço para serem usinadas em forma de gabarito.

**SS8 Segurança e NR12**

Desligar a Máquina instantaneamente ou não permitir sua partida, após abertura de alguma das portas ou aperto no botão de emergência.



Componentes com Descrição

SI	Sistema	<u>COMPONENTES</u>
	SS Subsistema	
	CO Componente	
		Descrição
EQ1	Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL	
	SS1 Lubrificação Automática	
	MH1 Mangueiras Hidráulicas	
		As mangueiras hidráulicas são responsáveis por transportar o óleo hidráulico até os fusos e mancais para efetuar a lubrificação.
	RO1 Reservatório de Óleo	
		É um recipiente projetado para manter uma quantidade de óleo hidráulico suficiente para efetuar a lubrificação dos fusos.
	OH1 Óleo Hidráulico SAE 68	
		Lubrificante utilizado nos fusos e mancais para que não haja contato direto dos fusos com os mancais.
	CV1 Controlador de Vazão	
		Dispositivo responsável por controlar a quantidade de óleo hidráulico injetado para lubrificação dos fusos.
	SS2 Sistema Pneumático	
	MP1 Mangueiras Pneumáticas	
		Componente responsável para transportar ar comprimido da rede até o equipamento.

LB1 Lubrifil

Dispositivo responsável por conter parte da água que vem da rede de ar comprimido e regular a pressão adequada de alimentação do equipamento.

OH1 Óleo Hidráulico SAE 10

Lubrificante utilizado no cilindro de troca de ferramentas automático.

VS1 Válvula Solenoide

Dispositivo responsável por liberar ou conter a passagem de ar para refrigeração das amostras.

SS3 Movimentação Eixo X**FS1 Fuso**

Barra de metal com uma espécie de rosca responsável por carregar a mesa de uma direção para outra.

MC1 Mancal

Dispositivo metálico que funciona como guia por onde corre o fuso para efetuar a movimentação da mesa.

RL1 Rolamento

Dispositivo com esferas metálicas blindado conectado entre o mancal e o fuso, corresponsável pela movimentação da mesa.

PT1 Proteção

Dispositivo metálico que faz a proteção do fuso, mancais, rolamentos, encoder, para que não caia limalhas de aço.

ED1 Encoder

Dispositivo projetado para controlar a posição de movimentação da mesa.

MT1 Motor

Dispositivo responsável pelo acionamento e rotação do fuso e consequentemente a movimentação.

FC1 Fim de Curso

Dispositivo responsável para que a mesa não colida com a estrutura da máquina.

SS4 Movimentação Eixo Y**FS1 Fuso**

Barra de metal com uma espécie de rosca responsável por carregar a mesa de uma direção para outra.

MC1 Mancal

Dispositivo metálico que funciona como guia por onde corre o fuso para efetuar a movimentação da mesa.

RL1 Rolamento

Dispositivo blindado, com esferas metálicas, é conectado entre o mancal e o fuso, corresponsável pela movimentação da mesa.

PT1 Proteção

Dispositivo metálico que faz a proteção do fuso, mancais, rolamentos, encoder, para que não caia limalhas de aço.

ED1 Encoder

Dispositivo projetado para controlar a posição de movimentação da mesa.

MT1 Motor

Dispositivo responsável pelo acionamento e rotação do fuso e conseqüentemente a movimentação.

FC1 Fim de Curso

Dispositivo responsável para que a mesa não colida com a estrutura da máquina.

SS5 Movimentação Eixo Z**FS1 Fuso**

Barra de metal com uma espécie de rosca responsável por carregar a mesa de uma direção para outra.

MC1 Mancal

Dispositivo metálico que funciona como guia por onde corre o fuso para efetuar a movimentação da mesa.

RL1 Rolamento

Dispositivo com esferas metálicas, blindado e conectado entre o mancal e o fuso, responsável pela movimentação da mesa.

PT1 Proteção

Dispositivo metálico que faz a proteção do fuso, mancais, rolamentos, encoder, para que não caia limalhas de aço.

ED1 Encoder

Dispositivo projetado para controlar a posição de movimentação da mesa.

MT1 Motor

Dispositivo responsável pelo acionamento e rotação do fuso e conseqüentemente a movimentação.

FC1 Fim de Curso

Dispositivo responsável para que a mesa não colida com a estrutura da máquina.

SS6 Carrossel Troca de Ferramentas**MP1 Mangueira Pneumática**

Componente responsável para transportar ar comprimido da rede até o carrossel para liberar a ferramenta para troca.

CH1 Cilindro Hidráulico

Componente responsável por fixar ou soltar as ferramentas de usinagem.

ED1 Encoder

Dispositivo projetado para controlar a posição de cada uma das ferramentas no carrossel.

MT1 Motor

Dispositivo responsável pelo acionamento e rotação do magazine durante a troca de ferramenta.

VD1 Válvula Direcionadora

Componente responsável para liberar a passagem de ar comprimido para acionar o cilindro, ou purgar para o ambiente.

BP1 Botão de Pulso

Componente elétrico responsável por liberar a ferramenta para efetuar troca manual.

SS7 Dispositivo Hidráulico**MH1 Mangueira Hidráulica**

A mangueira hidráulica é responsável por transportar o óleo hidráulico do reservatório de óleo até o dispositivo de fixação das chapas de aço.

OH1 Óleo Hidráulico SAE 46

Fluido utilizado de maneira comprimida para prender as chapas no dispositivo hidráulico.

RS1 Relé de Estado Sólido

Componente elétrico que abre e fecha um contato de acordo com as condições do sistema. É utilizado para acionar a bomba hidráulica.

PE1 Painel Elétrico

Conjunto de componentes e cabos elétricos responsáveis pelo acionamento do dispositivo hidráulico.

CT1 Chaveta

Material de aço que funciona como guia para inserir e retirar as chapas de aço.

OG1 Orings

Anel de borracha utilizado para a vedação das chavetas no dispositivo.

BH1 Bomba Hidráulica

Uma espécie de motor elétrico com a função de bombear óleo hidráulico para acionamento do dispositivo de fixação de chapas.

VD1 Válvula Direcionadora

Componente responsável para liberar a passagem de óleo hidráulico para fixar as chapas, ou liberar para o tanque.

SS8 Segurança e NR12**BE1 Botão de Emergência**

Dispositivo projetado para interromper o funcionamento da máquina imediatamente quando é acionado.

SI1 Sensor Indutivo

Componente responsável por não permitir o acionamento da máquina se uma das portas estiver aberta.

RS1 Relé de Segurança

Atua juntamente com o CLP de Segurança para verificar se as condições de segurança foram satisfeitas para liberar a operação do equipamento.

CS1 CLP de Segurança

Atua juntamente com o Relé de Segurança para verificar se as condições de segurança foram satisfeitas para liberar a operação do equipamento.



Funções com Descrição

SI	Sistema	<u>FUNÇÕES</u>
	SS Subsistema	
	FU Função	
		Descrição
EQ1	Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL	
	SS1 Lubrificação Automática	
	FP1 Lubrificar os fusos e mancais dos eixos “x”, “y” e “z”	
		Efetuar a lubrificação dos fusos e mancais dos eixos “x”, “y”, e “z”, com frequência de cinco minutos de lubrificação ininterrupta e trinta minutos sem lubrificação.
	SS2 Sistema Pneumático	
	FP1 Resfriar os corpos de prova durante a usinagem	
		Disparar jato de ar nas chapas de aço para que sejam resfriadas.
	FP2 Acionar o cilindro de troca de ferramentas	
		O ar comprimido é liberado e aciona o cilindro hidráulico para efetuar a troca das ferramentas.
	SS3 Movimentação Eixo X	
	FP1 Movimentar a mesa no eixo “x”	
		Fazer a movimentação da mesa com o dispositivo hidráulico e as chapas, no sentido do eixo “x”, de acordo com o programa selecionado.
	SS4 Movimentação Eixo Y	
	FP1 Movimentar a mesa no eixo “y”	

Fazer a movimentação da mesa com o dispositivo hidráulico e as chapas, no sentido do eixo “y”, de acordo com o programa selecionado.

SS5 Movimentação Eixo Z

FP1 Movimentar a ferramenta no eixo “z”

Fazer a movimentação da ferramenta de corte no sentido do eixo “z”, de acordo com o programa selecionado.

SS6 Carrossel Troca de Ferramentas

FP1 Efetuar a troca das ferramentas automaticamente

Retirar a ferramenta do berço e posicioná-la corretamente no eixo “z”, de acordo com a seleção do programa.

SS7 Dispositivo Hidráulico

FP1 Fixar as chapas de aço

Fixar as chapas de aço e servir de gabarito para que sejam usinadas no formato correto.

SS8 Segurança e NR12

FP1 Não permitir o acionamento indevido

Parar a máquina imediatamente quando um dos sensores das portas for acionado ou se apertado o botão de emergência, ou não deixar a máquina ligar se um dos sensores ou botões de emergência for acionado.



Falhas com Descrição

SI	Sistema
SS	Subsistema
FU	Função
FA	Falha
	Descrição
EQ1	Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL
	SS1 Lubrificação Automática
	FP1 Lubrificar os fusos e mancais dos eixos x, y, z, durante 5 minutos duas vezes por hora de operação
	FF1 Não efetuar a lubrificação
	A lubrificação automática não pode ser realizada devido à mangueira furada, reservatório quebrado ou falta de óleo.
	FF2 Efetuar a lubrificação com frequência incorreta
	Efetuar a lubrificação dos fusos com maior ou menor frequência que o especificado, provavelmente devido ao controlador de vazão com defeito.
	SS2 Sistema Pneumático
	FP1 Resfriar os corpos de prova durante a usinagem
	FF1 Ausência de ar para resfriar as chapas usinadas
	Falta de ar para refrigeração das amostras durante a usinagem, provavelmente devido a falta de ar na rede ou mangueira rompida.
	FP2 Acionar o cilindro de troca de ferramentas
	FF2 Não permitir a troca de ferramentas devido a pressão < 4 bar

Não efetuar a troca de ferramenta devido a pressão estar abaixo de 4 bar, provavelmente devido a pressão da rede estar baixa, mangueira obstruída ou óleo incorreto.

SS3 Movimentação Eixo X

FP1 Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo x de acordo com o programa selecionado

FF1 Não movimentar a mesa

Não efetuar o movimento no sentido do eixo “x”, provavelmente devido a quebra do fuso, ou travamento do rolamento, mancal ou motor.

FF2 Mesa colidir com a parede da máquina

Colisão da mesa na parede ou no dispositivo hidráulico, provavelmente por problema no encoder ou na chave fim de curso.

SS4 Movimentação Eixo Y

FP1 Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo y de acordo com o programa selecionado

FF1 Não movimentar a mesa

Não efetuar o movimento no sentido do eixo “y”, provavelmente devido a quebra do fuso, ou travamento do rolamento, mancal ou motor.

FF2 Mesa colidir com a parede da máquina

Colisão da mesa na parede ou no dispositivo hidráulico, provavelmente por problema no encoder ou na chave fim de curso.

SS5 Movimentação Eixo Z

FP1 Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo z de acordo com o programa selecionado

FF1 Não movimentar a ferramenta

Não efetuar o movimento no sentido do eixo “z”, provavelmente devido a quebra do fuso, ou travamento do rolamento, mancal ou motor.

FF2 Ferramenta colidir com o dispositivo hidráulico

Colisão da ferramenta no dispositivo hidráulico ou no teto, provavelmente por problema no encoder ou na chave fim de curso.

SS6 Carrossel Troca de Ferramentas

FP1 Efetuar a troca das ferramentas automaticamente

FF1 Travamento do magazine durante a troca

Braço do carrossel travado na posição de troca, provavelmente devido a problema com a pressão de ar, cilindro hidráulico, válvula direcionadora ou encoder.

FF2 Troca pela ferramenta errada

Efetuada a troca por ferramenta diferente da programada, provavelmente devido a ferramenta estar no berço errado.

SS7 Dispositivo Hidráulico

FP1 Fixar as chapas de aço para serem usinadas em forma de gabarito

FF1 Não fixar as chapas

Dispositivo hidráulico não trava as chapas no gabarito, provavelmente por problemas na bomba hidráulica, ou relés de estado sólido danificados.

FF2 Impossibilidade de retirar as amostras após a usinagem

Pino guia do dispositivo hidráulico travado impossibilitando a retirada das amostras, provavelmente devido a desgaste dos orings causando vazamento interno.

SS8 Segurança e NR12

FP1 Desligar a máquina instantaneamente ou não permitir sua partida, após abertura de alguma das portas ou aperto no botão de emergência.

FF1 Não desligar o sistema quando acionado a emergência

Máquina continua ligada mesmo com a emergência acionada, provavelmente por defeito nos botões de emergência.

FF2 Permitir o acionamento da máquina quando acionado a emergência

Máquina aciona com botão de emergência acionado ou porta aberta, provavelmente devido a problema nos sensores das portas ou botão de emergência.

FF3 Parar a máquina indevidamente sem acionar a emergência

Parada de máquina sem acionar a emergência, provavelmente devido a problema nos sensores, relé, ou CLP de segurança.

Modos de Falha por Função com Descrição

SI	Sistema
SS	Subsistema
FU	Função
MF	Modo de Falha Descrição
EQ1	<p>Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL</p> <p>SS1 Lubrificação Automática</p> <p>FP1 Lubrificar os fusos e mancais dos eixos x, y, z, durante 5 minutos duas vezes por hora de operação</p> <p>MF1 Falta de óleo</p> <p>Ausência de óleo no sistema de lubrificação, causado provavelmente por esquecimento de completar o reservatório com óleo hidráulico SAE 68, causando atrito entre os fusos, mancais e rolamentos.</p> <p>MF2 Mangueira rompida</p> <p>Mangueira de ligação entre o reservatório de óleo até os fusos rompida, pode causar vazamento de óleo no solo e falta de lubrificação na máquina, pode ser causada por vida útil ou projeção de material de aço usinado.</p> <p>MF3 Reservatório quebrado</p> <p>Reservatório de óleo hidráulico quebrado ou trincado. Pode causar vazamento de óleo no solo e provocar falta de lubrificação dos fusos. Pode ser causado por vida útil, ou colisão.</p>

MF4 Controlador de vazão com defeito

Controlador de vazão de óleo com defeito, pode tornar a lubrificação insuficiente ou ter excesso de lubrificação. A causa pode ser queima de componente eletrônico, ou sujeira.

MF5 Regulagem incorreta do controlador de vazão

Controlador de vazão de óleo com regulagem errada, pode tornar a lubrificação insuficiente ou ter excesso de lubrificação. A causa pode ser falta de conhecimento técnico, problema eletrônico.

SS2 Sistema Pneumático**FP1 Resfriar os corpos de prova durante a usinagem****MF1 Sem pressão de alimentação**

A falta de pressão de ar na rede causa aquecimento das chapas no momento da usinagem, e pode ter sido causada por problema no compressor de ar ou rede pneumática.

MF2 Mangueira Rompida

Mangueira de ar rompida pode causar falha no resfriamento da chapa e aquecimento da mesma, pode ser causado por vida útil ou excesso de pressão na rede.

MF3 Lubrífil quebrado

Lubrífil quebrado pode causar vazamento de ar derrubando a pressão da rede.

MF4 Válvula Solenoide Travada

A válvula solenoide que libera a passagem de ar da rede para resfriar as chapas, se ela travar, as

chapas ficarão superaquecidas durante a usinagem.

FP2 Acionar o cilindro de troca de ferramentas com uma pressão > 4 bar

MF5 Pressão de Alimentação baixa

Pressão da rede baixa, causando instabilidades no sistema principalmente afetando a troca de ferramentas, pode ser causado por problema no compressor ou sobrecarga da rede.

MF6 Mangueira Obstruída

Mangueira com excesso de sujeira causando borra e obstruindo a passagem do ar, afeta a pressão para troca de ferramentas, pode ser causado por sujeira no lubrificador.

MF7 Óleo incorreto

Óleo incorreto acaba afetando o cilindro hidráulico para troca de ferramentas, acontece quando é inserido óleo mais grosso que o SAE 10.

SS3 Movimentação Eixo X

FP1 Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo x de acordo com o programa selecionado

MF1 Fuso quebrado

Fuso quebrado afeta o funcionamento do sistema e o deixa indisponível por um longo período, pode ser causado por falta de lubrificação, rolamento danificado.

MF2 Rolamento travado

É responsável por fazer com que o fuso e o mancal não tenham atrito, quando travado afeta a disponibilidade do sistema, e pode ser causado por falta de lubrificação, cavaco de aço, vida útil.

MF3 Mancal travado

Funciona como um guia para que o fuso deslize e movimente o carro, quando travado o sistema fica indisponível, pode ser causado por excesso de cavaco, vida útil.

MF4 Encoder danificado

O encoder existe para que a mesa seja movimentada conforme o programa selecionado, quando o encoder está danificado ou descalibrado a mesa ou a ferramenta não se movimentarão de maneira adequada. A causa pode ser excesso de cavaco, batida, queima.

MF5 Fim de curso danificada

É responsável por impedir que a mesa ou a ferramenta colidam com o dispositivo ou estrutura, quando danificada não afeta o funcionamento do sistema, mas pode afetar a segurança. O problema pode ser causado por batida, excesso de cavaco.

SS4 Movimentação Eixo Y

FP1 Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo y de acordo com o programa selecionado

MF1 Fuso quebrado

Fuso quebrado afeta o funcionamento do sistema e o deixa indisponível por um longo período, pode ser causado por falta de lubrificação, rolamento danificado.

MF2 Rolamento travado

É responsável por fazer com que o fuso e o mancal não tenham atrito, quando travado afeta a disponibilidade do sistema, e pode ser causado por falta de lubrificação, cavaco de aço, vida útil.

MF3 Mancal travado

Funciona como um guia para que o fuso deslize e movimente o carro, quando travado o sistema fica indisponível, pode ser causado por excesso de cavaco, vida útil.

MF4 Encoder danificado

O encoder existe para que a mesa seja movimentada conforme o programa selecionado, quando o encoder está danificado ou descalibrado a mesa ou a ferramenta não se movimentarão de maneira adequada. A causa pode ser excesso de cavaco, batida, queima.

MF5 Fim de curso danificada

É responsável por impedir que a mesa ou a ferramenta colidam com o dispositivo ou estrutura, quando danificada não afeta o funcionamento do sistema, mas pode afetar a segurança. O problema pode ser causado por batida, excesso de cavaco.

SS5 Movimentação Eixo Z

FP1 Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo z de acordo com o programa selecionado

MF1 Fuso quebrado

Fuso quebrado afeta o funcionamento do sistema e o deixa indisponível por um longo período, pode ser causado por falta de lubrificação, rolamento danificado.

MF2 Rolamento travado

É responsável por fazer com que o fuso e o mancal não tenham atrito, quando travado afeta a disponibilidade do sistema, e pode ser causado por falta de lubrificação, cavaco de aço, vida útil.

MF3 Mancal travado

Funciona como um guia para que o fuso deslize e movimente o carro, quando travado o sistema fica indisponível, pode ser causado por excesso de cavaco, vida útil.

MF4 Encoder danificado

O encoder existe para que a mesa seja movimentada conforme o programa selecionado, quando o encoder está danificado ou descalibrado a mesa ou a ferramenta não se movimentarão de maneira adequada. A causa pode ser excesso de cavaco, batida, queima.

MF5 Fim de curso danificada

É responsável por impedir que a mesa ou a ferramenta colidam com o dispositivo ou estrutura,

quando danificada não afeta o funcionamento do sistema, mas pode afetar a segurança. O problema pode ser causado por batida, excesso de cavaco.

SS6 Carrossel Troca de Ferramentas

FP1 Efetuar a troca das ferramentas automaticamente

MF1 Cilindro de troca de ferramenta travado

Responsável pela troca de ferramentas, o problema pode ser causado por óleo incorreto no sistema e sujeita na rede de ar.

MF2 Braço fora de posição

Problema pode ser causado pelo encoder fora de posição.

MF3 Ferramenta no berço errado

Cada ferramenta é responsável por determinada etapa da usinagem, quando trocada de posição no berço pode matar as chapas usinadas.

SS7 Dispositivo Hidráulico

FP1 Fixar as chapas de aço para serem usinadas em forma de gabarito

MF1 Não acionar a bomba hidráulica

Responsável por circular o óleo que trava a chapa no dispositivo, o problema pode ser causado por relé danificado, falta de óleo.

MF2 Bomba hidráulica travada

Pode ser causado por falta de óleo, problema de fabricação, vida útil.

MF3 Vazamento de óleo hidráulico

O vazamento de óleo não interrompe o funcionamento do sistema, mas pode escorrer esse óleo pela máquina e solo, pode ser causado por oring rompido.

MF4 Cilindro com a chaveta travada

Chaveta responsável pela retirada das chapas, travamento pode ser causado por cavaco no óleo, ou oring rompido.

SS8 Segurança e NR12

FP1 Desligar a máquina instantaneamente ou não permitir sua partida, após abertura de alguma das portas ou aperto no botão de emergência.

MF1 Sensor indutivo das portas danificado

Responsável por não permitir o acionamento da máquina com a porta aberta, sensor danificado pode não permitir a partida, ou pode permitir que a máquina funcione com a porta aberta, deixando as pessoas em risco.

MF2 Botão de emergência danificado

Responsável por parar a máquina ao ser acionado, em falha pode causar dano ao operador ou ao ativo.

MF3 Sensor indutivo das portas danificado

Responsável por não permitir o acionamento da máquina com a porta aberta, sensor danificado pode não permitir a partida, ou pode permitir que a máquina funcione com a porta aberta, deixando as pessoas em risco.

MF4 Botão de emergência danificado

Responsável por parar a máquina ao ser acionado, em falha pode causar dano ao operador ou ao ativo.

MF5 Sensor indutivo das portas danificado

Responsável por não permitir o acionamento da máquina com a porta aberta, sensor danificado pode não permitir a partida, ou pode permitir que a máquina funcione com a porta aberta, deixando as pessoas em risco.

MF6 Botão de emergência danificado

Responsável por parar a máquina ao ser acionado, em falha pode causar dano ao operador ou ao ativo.

MF7 Relé de segurança danificado

Responsável por comandar o sistema de segurança, em falha pode não deixar a máquina operar.

MF8 CLP de segurança danificado

Responsável por comandar o sistema de segurança, em falha pode não deixar a máquina operar.

FMECA – Failure Mode, Effect and Critically Analysis

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Função > Falha > Modo > Efeito

			NPR
EQ1-SS1-FP1	Lubrificar os Fusos e Mancais dos Eixos X, Y, Z, durante 5 minutos duas vezes por hora de operação.		
	EQ1-SS1-FF1	Deixar de lubrificar os Fusos e Mancais dos Eixos X, Y, ou Z.	
	EQ1-SS1-MF1	Falta de óleo	96
		Ausência de óleo no sistema de lubrificação, causado provavelmente por esquecimento de completar o reservatório com óleo hidráulico SAE 68, causando atrito entre os fusos, mancais e rolamentos.	
	EQ1-SS1-MF2	Mangueira rompida	40
		Mangueira de ligação entre o reservatório de óleo até os fusos rompida, pode causar vazamento de óleo no solo e falta de lubrificação na máquina, pode ser causada por vida útil ou projeção de material de aço usinado.	
	EQ1-SS1-MF3	Reservatório quebrado	10
		Reservatório de óleo hidráulico quebrado ou trincado. Pode causar vazamento de óleo no solo e provocar falta de lubrificação dos fusos. Pode ser causado por vida útil, ou colisão.	
	EQ1-SS1-FF2	Lubrificar os Fusos dos Eixos X, Y, ou Z em Intervalos Diferentes de 5 minutos contínuos a cada meia hora.	
	EQ1-SS1-MF4	Controlador de vazão com defeito	18
		Controlador de vazão de óleo com defeito, pode tornar a lubrificação insuficiente ou ter excesso de lubrificação. A causa pode ser queima de componente eletrônico, ou sujeira.	
	EQ1-SS1-MF5	Regulagem incorreta do controlador de vazão	24

		Controlador de vazão de óleo com regulagem errada, pode tornar a lubrificação insuficiente ou ter excesso de lubrificação. A causa pode ser falta de conhecimento técnico, problema eletrônico.	
EQ1-SS2-FP1	Resfriar os corpos de prova durante a usinagem		
	EQ1-SS2-FF1	Ausência de ar para resfriar as chapas usinadas	
	EQ1-SS2-MF1	Sem pressão de alimentação	120
		A falta de pressão de ar na rede causa aquecimento das chapas no momento da usinagem, e pode ter sido causada por problema no compressor de ar ou rede pneumática.	
	EQ1-SS2-MF2	Mangueira Rompida	54
		Mangueira de ar rompida pode causar falha no resfriamento da chapa superaquecendo-a, pode ser causado por vida útil ou excesso de pressão na rede.	
	EQ1-SS2-MF3	Lubrificador quebrado	45
		Lubrificador quebrado pode causar vazamento de ar derrubando a pressão da rede.	
	EQ1-SS2-MF4	Válvula Solenoide Travada	50
		A válvula solenoide que libera a passagem de ar da rede para resfriar as chapas, se ela travar, as chapas ficarão superaquecidas durante a usinagem.	
EQ1-SS2-FP2	Acionar o cilindro de troca de ferramentas com uma pressão > 4 bar.		
	EQ1-SS2-FF2	Não permitir a troca de ferramentas devido a pressão < 4 bar	
	EQ1-SS2-MF5	Pressão de Alimentação baixa	60
		Pressão da rede baixa, causando instabilidades no sistema principalmente afetando a troca de ferramentas,	

		pode ser causado por problema no compressor ou sobrecarga da rede.	
	EQ1-SS2-MF6	Mangueira Obstruída	32
		Mangueira com excesso de sujeira causando borra e obstruindo a passagem do ar, afeta a pressão para troca de ferramentas, pode ser causado por sujeira no lubrificador.	
	EQ1-SS2-MF7	Óleo incorreto	196
		Óleo incorreto acaba afetando o cilindro hidráulico para troca de ferramentas, acontece quando é inserido óleo mais grosso que o SAE 10.	
EQ1-SS3-FP1	Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo x de acordo com o programa selecionado		
	EQ1-SS3-FF1	Não movimentar a mesa	
	EQ1-SS3-MF1	Fuso quebrado	64
		Fuso quebrado afeta o funcionamento do sistema e o deixa indisponível por um longo período, pode ser causado por falta de lubrificação, rolamento danificado.	
	EQ1-SS3-MF2	Rolamento travado	160
		É responsável por fazer com que o fuso e o mancal não tenham atrito, quando travado afeta a disponibilidade do sistema, e pode ser causado por falta de lubrificação, cavaco de aço, vida útil.	
	EQ1-SS3-MF3	Mancal travado	96
		Funciona como um guia para que o fuso deslize e movimente o carro, quando travado o sistema fica indisponível, pode ser causado por excesso de cavaco, vida útil.	
EQ1-SS3-FF2	Mesa colidir com a parede da máquina		
	EQ1-SS3-MF4	Encoder danificado	80

		O encoder existe para que a mesa seja movimentada conforme o programa selecionado, quando o encoder está danificado ou descalibrado a mesa ou a ferramenta não se movimentarão de maneira adequada. A causa pode ser excesso de cavaco, batida, queima.	
	EQ1-SS3-MF5	Fim de curso danificada	15
		É responsável por impedir que a mesa ou a ferramenta colidam com o dispositivo ou estrutura, quando danificada não afeta o funcionamento do sistema, mas pode afetar a segurança. O problema pode ser causado por batida, excesso de cavaco.	
EQ1-SS4-FP1	Movimentar a mesa com o dispositivo hidráulico e as amostras no eixo x de acordo com o programa selecionado		
	EQ1-SS4-FF1	Não movimentar a mesa	
	EQ1-SS4-MF1	Fuso quebrado	64
		Fuso quebrado afeta o funcionamento do sistema e o deixa indisponível por um longo período, pode ser causado por falta de lubrificação, rolamento danificado.	
	EQ1-SS4-MF2	Rolamento travado	160
		É responsável por fazer com que o fuso e o mancal não tenham atrito, quando travado afeta a disponibilidade do sistema, e pode ser causado por falta de lubrificação, cavaco de aço, vida útil.	
	EQ1-SS4-MF3	Mancal travado	96
		Funciona como um guia para que o fuso deslize e movimento o carro, quando travado o sistema fica indisponível, pode ser causado por excesso de cavaco, vida útil.	
EQ1-SS4-FF2	Mesa colidir com a parede da máquina		
	EQ1-SS4-MF4	Encoder danificado	80

		O encoder existe para que a mesa seja movimentada conforme o programa selecionado, quando o encoder está danificado ou descalibrado a mesa ou a ferramenta não se movimentarão de maneira adequada. A causa pode ser excesso de cavaco, batida, queima.	
	EQ1-SS4-MF5	Fim de curso danificada	15
		É responsável por impedir que a mesa ou a ferramenta colidam com o dispositivo ou estrutura, quando danificada não afeta o funcionamento do sistema, mas pode afetar a segurança. O problema pode ser causado por batida, excesso de cavaco.	
EQ1-SS5-FP1	Movimentar a ferramenta de corte, no eixo z de acordo com o programa selecionado		
	EQ1-SS5-FF1	Não movimentar a ferramenta	
	EQ1-SS5-MF1	Fuso quebrado	64
		Fuso quebrado afeta o funcionamento do sistema e o deixa indisponível por um longo período, pode ser causado por falta de lubrificação, rolamento danificado.	
	EQ1-SS5-MF2	Rolamento travado	160
		É responsável por fazer com que o fuso e o mancal não tenham atrito, quando travado afeta a disponibilidade do sistema, e pode ser causado por falta de lubrificação, cavaco de aço, vida útil.	
	EQ1-SS5-MF3	Mancal travado	96
		Funciona como um guia para que o fuso deslize e movimento o carro, quando travado o sistema fica indisponível, pode ser causado por excesso de cavaco, vida útil.	
EQ1-SS5-FF2	Ferramenta colidir com o dispositivo hidráulico		
	EQ1-SS5-MF4	Encoder danificado	80

		O encoder existe para que a mesa seja movimentada conforme o programa selecionado, quando o encoder está danificado ou descalibrado a mesa ou a ferramenta não se movimentarão de maneira adequada. A causa pode ser excesso de cavaco, batida, queima.	
	EQ1-SS5-MF5	Fim de curso danificada	15
		É responsável por impedir que a mesa ou a ferramenta colidam com o dispositivo ou estrutura, quando danificada não afeta o funcionamento do sistema, mas pode afetar a segurança. O problema pode ser causado por batida, excesso de cavaco.	
EQ1-SS6-FP1	Efetuar a troca das ferramentas automaticamente		
	EQ1-SS6-FF1	Travamento do magazine durante a troca	
	EQ1-SS6-MF1	Cilindro de troca de ferramenta travado	175
		Responsável pela troca de ferramentas, o problema pode ser causado por óleo incorreto no sistema e sujeita na rede de ar.	
	EQ1-SS6-MF2	Braço fora de posição	60
		Problema pode ser causado pelo encoder fora de posição.	
	EQ1-SS6-FF2	Troca pela ferramenta errada	
	EQ1-SS6-MF3	Ferramenta no berço errado	27
		Cada ferramenta é responsável por determinada etapa da usinagem, quando trocada de posição no berço pode matar as chapas usinadas.	
EQ1-SS7-FP1	Fixar as chapas de aço para serem usinadas em forma de gabarito.		
	EQ1-SS7-FF1	Não fixar as chapas	

EQ1-SS7-MF1	Não acionar a bomba hidráulica	168
	Responsável por circular o óleo que trava a chapa no dispositivo, o problema pode ser causado por relé danificado, falta de óleo.	
EQ1-SS7-MF2	Bomba hidráulica travada	72
	Pode ser causado por falta de óleo, problema de fabricação, vida útil.	
EQ1-SS7-MF3	Vazamento de óleo hidráulico	126
	O vazamento de óleo não interrompe o funcionamento do sistema, mas pode escorrer esse óleo pela máquina e solo, pode ser causado por oring rompido.	
EQ1-SS7-FF2	Impossibilidade de retirar as amostras após a usinagem	
EQ1-SS7-MF4	Cilindro com a chaveta travada	84
	Chaveta responsável pela retirada das chapas, travamento pode ser causado por cavaco no óleo, ou oring rompido.	
EQ1-SS8-FP1	Desligar a Máquina instantaneamente ou não permitir sua partida, após abertura de alguma das portas ou aperto no botão de emergência.	
EQ1-SS8-FF1	Não desligar o sistema quando acionado a emergência	
EQ1-SS8-MF1	Sensor indutivo das portas danificado	48
	Responsável por não permitir o acionamento da máquina com a porta aberta, sensor danificado pode não permitir a partida, ou pode permitir que a máquina funcione com a porta aberta, deixando as pessoas em risco.	
EQ1-SS8-MF2	Botão de emergência danificado	36

		Responsável por parar a máquina ao ser acionado, em falha pode causar dano ao operador ou ao ativo.	
EQ1-SS8-FF2	Permitir o acionamento da máquina quando acionado a emergência		
	EQ1-SS8-MF3	Sensor indutivo das portas danificado	48
		Responsável por não permitir o acionamento da máquina com a porta aberta, sensor danificado pode não permitir a partida, ou pode permitir que a máquina funcione com a porta aberta, deixando as pessoas em risco.	
	EQ1-SS8-MF4	Botão de emergência danificado	36
		Responsável por parar a máquina ao ser acionado, em falha pode causar dano ao operador ou ao ativo.	
EQ1-SS8-FF3	Parar a máquina indevidamente sem acionar a emergência		
	EQ1-SS8-MF5	Sensor indutivo das portas danificado	48
		Responsável por não permitir o acionamento da máquina com a porta aberta, sensor danificado pode não permitir a partida, ou pode permitir que a máquina funcione com a porta aberta, deixando as pessoas em risco.	
	EQ1-SS8-MF6	Botão de emergência danificado	36
		Responsável por parar a máquina ao ser acionado, em falha pode causar dano ao operador ou ao ativo.	
	EQ1-SS8-MF7	Relé de segurança danificado	70
		Responsável por comandar o sistema de segurança, em falha pode não deixar a máquina operar.	
	EQ1-SS8-MF8	CLP de segurança danificado	70
		Responsável por comandar o sistema de segurança, em falha pode não deixar a máquina operar.	

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			
Falta de óleo	EEO	X							EQ1-T01	Verificar o nível de óleo hidráulico SAE 68, e repor quando estiver se aproximando do nível mínimo.	Diário
Mangueira rompida	OSA					X			EQ1-T02	Acionar a lubrificação dos fusos de forma manual e seguir a mangueira, para verificar sua integridade.	Trimestral
Reservatório quebrado	ESA	X							EQ1-T03	Verificar as condições do reservatório e reportar a manutenção em caso de anomalia.	Diário
Controlador de vazão com defeito	OEO					X			EQ1-T04	Monitorar o tempo em que o sistema fica ligado e desligado, devendo ficar 5 minutos ligado e 30 minutos desligado.	Trimestral
Regulagem incorreta do controlador de vazão	OEO		X						EQ1-T05	Verificar se o potenciômetro está corretamente ajustado para 5 minutos ligado e 30 minutos desligado.	Trimestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			
Sem pressão de alimentação	EEO	X							EQ1-T06	Verificar no manômetro do lubrificador se a pressão da rede está maior ou igual a 6 bar de pressão, caso estiver abaixo, reportar a manutenção.	Diário
Mangueira Rompida	EEO		X						EQ1-T07	Verificar as condições das mangueiras pneumáticas, ao começar a apresentar ressecamento, deve programar a troca.	Trimestral
Lubrificador quebrado	EEO		X						EQ1-T08	Verificar as condições do lubrificador, manômetro, conexões e mangueiras de entrada e saída de ar.	Trimestral
Válvula Solenoide Travada	OEO					X			EQ1-T09	Acionar manualmente o resfriamento de amostra e verificar se existe fluxo de ar adequado.	Trimestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			
Pressão de Alimentação baixa	EEO	X							EQ1-T06	Verificar no manômetro do lubrificador se a pressão da rede está maior ou igual a 6 bar de pressão, caso estiver abaixo, reportar a manutenção.	Diário
Mangueira Obstruída	OEO					X			EQ1-T09	Acionar manualmente o resfriamento de amostra e verificar se existe fluxo de ar adequado.	Trimestral
Óleo incorreto	OEO	X							EQ1-T10	Verificar o nível de óleo do lubrificador e completar com óleo SAE 10, se estiver próximo do mínimo.	Diário
Fuso quebrado	OEO		X				X	X	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade	
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto				Reparo Funcional
Rolamento travado	OEO		X				X		X	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral
Mancal travado	OEO		X				X		X	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral
Encoder danificado	OEO					X	X		X	EQ1-T12	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.	Semestral
Fim de curso danificada	OEO					X	X		X	EQ1-T13	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.	Semestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			
Fuso quebrado	OEO		X			X		X	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral
Rolamento travado	OEO		X			X		X	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral
Mancal travado	OEO		X			X		X	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade	
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto				Reparo Funcional
Encoder danificado	OEO					X	X		X	EQ1-T12	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.	Semestral
Fim de curso danificada	OEO					X	X		X	EQ1-T13	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.	Semestral
Fuso quebrado	OEO		X					X	X	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral
Rolamento travado	OEO		X					X	X	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade	
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto				Reparo Funcional
Mancal travado	OEO		X				X		X	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.	Trimestral
Encoder danificado	OEO					X	X		X	EQ1-T12	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.	Semestral
Fim de curso danificada	OEO					X	X		X	EQ1-T13	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.	Semestral
Cilindro de troca de ferramenta travado	OEO					X				EQ1-T14	Apertar manualmente no botão de saque de ferramenta e verificar se solta e prende a ferramenta corretamente.	Trimestral
Braço fora de posição	OEO		X							EQ1-T15	Soltar o freio do motor do carrossel, levar o braço até a posição correta e fixar o freio novamente.	Trimestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			
Ferramenta no berço errado	OEO	X							EQ1-T16	Verificar se cada ferramenta está no berço correto, conforme indicado nas ferramentas e no carrossel.	Mensal
Não acionar a bomba hidráulica	EEO	X					X		EQ1-T17	Acionar manualmente a trava de ferramentas, se a bomba não acionar, medir a resistência do contato dos 18 relés que se encontram no painel elétrico, se houver alguma anomalia, substituir os relés.	Trimestral
Bomba hidráulica travada	EEO	X					X		EQ1-T18	Verificar nível de óleo do reservatório e completar com óleo hidráulico SAE 46. Recuperar a bomba na oficina, se não for possível a recuperação, então será trocado a bomba.	Semestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade	
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto				Reparo Funcional
Vazamento de óleo hidráulico	ESA		X							EQ1-T19	Verificar os cilindros, mangueiras e conexões hidráulicas do dispositivo. Havendo algum desvio, programar manutenção corretiva.	Trimestral
Cilindro com a chaveta travada	EEO	X								EQ1-T20	Acionar manualmente os 8 cilindros de apoio de amostras. Se alguma estiver travada, ou com dificuldade de acionamento, informar a manutenção.	Diário
Sensor indutivo das portas danificado	OSA					X				EQ1-T21	Verificar se o sensor da porta está alinhado, e medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.	Trimestral
Botão de emergência danificado	ESA		X							EQ1-T22	Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.	Trimestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			
Sensor indutivo das portas danificado	OSA				X				EQ1-T21	Verificar se o sensor da porta está alinhado, e medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.	Trimestral
Botão de emergência danificado	ESA		X						EQ1-T22	Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.	Trimestral
Sensor indutivo das portas danificado	OSA				X				EQ1-T21	Verificar se o sensor da porta está alinhado, e medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.	Trimestral
Botão de emergência danificado	ESA		X						EQ1-T22	Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.	Trimestral

Seleção das Tarefas de Manutenção

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

Modo de Falha	Categoria	Tarefas Possíveis							ID Atividade	Atividade	Periodicidade
	ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			
Relé de segurança danificado	OSA					X			EQ1-T23	Liberar todas os sensores de segurança e verificar se os todos os LEDs do relé de segurança estão acesos, acionar os sensores e verificar se os LEDs se apagam.	Trimestral
CLP de segurança danificado	OSA					X			EQ1-T23	Liberar todas os sensores de segurança e verificar se os todos os LEDs do relé de segurança estão acesos, acionar os sensores e verificar se os LEDs se apagam.	Trimestral

PLANO DE MANUTENÇÃO

EQ1 Centro de Usinagem CNC TRAVIS M800-SL

CÓDIGO	TÍTULO	Periodicidade Responsável
	Tarefa	Descrição da tarefa
EQ1-PL01	CHECK LIST DE OPERAÇÃO	Diário Operação
	EQ1-T03	Verificar o nível de óleo hidráulico SAE 68, e repor quando estiver se aproximando do nível mínimo.
	EQ1-T06	Verificar no manômetro do lubrificador se a pressão da rede está maior ou igual a 6 bar de pressão, caso estiver abaixo, reportar a manutenção.
	EQ1-T10	Verificar o nível de óleo do lubrificador e completar com óleo SAE 10, se estiver próximo do mínimo.
	EQ1-T20	Acionar manualmente os 8 cilindros de apoio de amostras. Se alguma estiver travada, ou com dificuldade de acionamento, informar a manutenção.
EQ1-PL02	MANUTENÇÃO PREDITIVA	Trimestral Manutenção
	EQ1-T02	Acionar a lubrificação dos fusos de forma manual e seguir a mangueira, para verificar sua integridade.
	EQ1-T04	Monitorar o tempo em que o sistema fica ligado e desligado, devendo ficar 5 minutos ligado e 30 minutos desligado.
	EQ1-T05	Verificar se o potenciômetro está corretamente ajustado para 5 minutos ligado e 30 minutos desligado.
	EQ1-T07	Verificar as condições das mangueiras pneumáticas, ao começar a apresentar ressecamento, deve programar a troca.
	EQ1-T08	Verificar as condições do lubrificador, manômetro, conexões e mangueiras de entrada e saída de ar.
	EQ1-T09	Acionar manualmente o resfriamento de amostra e verificar se existe fluxo de ar adequado.
	EQ1-T11	Verificar o funcionamento da máquina e atentar ao ruído emitido durante a movimentação da mesa. Ao perceber ruído diferente do normal de operação, programar manutenção corretiva.
	EQ1-T14	Apertar manualmente no botão de saque de ferramenta e verificar se solta e prende a ferramenta corretamente.
	EQ1-T15	Soltar o freio do motor do carrossel, levar o braço até a posição correta e fixar o freio novamente.
	EQ1-T17	Acionar manualmente a trava de ferramentas, se a bomba não acionar, medir a resistência do contato dos 18 relés que se encontram no painel elétrico, se houver alguma anomalia, substituir os relés.
	EQ1-T19	Verificar os cilindros, mangueiras e conexões hidráulicas do dispositivo. Havendo algum desvio, programar manutenção corretiva.

	EQ1-T21	Verificar se o sensor da porta está alinhado, e medir se o contato aciona quando as portas abrem e fecham.
	EQ1-T22	Acionar o botão de emergência e medir a resistência do contato para verificar se muda de status ao acionar e soltar o botão.
	EQ1-T23	Liberar todas os sensores de segurança e verificar se os todos os LEDs do relé de segurança estão acesos, acionar os sensores e verificar se os LEDs se apagam.
EQ1-PL03	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	
		Semestral Manutenção
	EQ1-T12	Efetuar o zeramento da máquina com relação a ferramenta, e verificar se houve mudança na posição.
	EQ1-T13	Acionar a fim de curso manualmente e verificar se para o sistema.
	EQ1-T18	Verificar nível de óleo do reservatório e completar com óleo hidráulico SAE 46. Recuperar a bomba na oficina, se não for possível a recuperação, então será trocado a bomba.