



FACULDADE HORIZONTINA

CLEBER SANTOS DE MOURA

**ANÁLISE E SUGESTÃO NO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA
CÉLULA ROBOTIZADA**

Horizontina

2016

FACULDADE HORIZONTALINA
Curso de Engenharia Mecânica

CLEBER SANTOS DE MOURA

**ANÁLISE E SUGESTÃO NO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA
CÉLULA ROBOTIZADA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontalina.

ORIENTADOR: Jackson Luís Bartz, Es.

Horizontalina-RS

2016

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“ANALISE E SUGESTÃO NO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA CÉLULA
ROBOTIZADA”**

Elaborada por:

Cleber Santos de Moura

**Aprovado em: 24/11/2016
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Jackson Luís Bartz, Es.
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Prof. Sirnei Cesar Kach, Me.
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Prof. João Batista Soares Coelho, Me.
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Horizontalina- RS
2016**

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra aos meus familiares, em especial meus pais, pelo incentivo em continuar estudando para realizar um sonho, a minha esposa e ao meu filho, respectivamente Marines e Augusto, pela compressão e apoio durante a realização do curso, durante o qual sempre estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTO

Aos professores pela paciência e sabedoria na condução das atividades acadêmicas e conselhos nas horas mais difíceis.

Aos amigos e colegas da faculdade que sempre ajudaram nos momentos de dificuldades, compartilhando momentos de conquista e alegria.

A John Deere pela confiança e oportunidade para realização do TFC. Também aos colegas de trabalho, pelo empenho e paciência na solução de problemas diários que enfrentamos na manutenção.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltara ao seu tamanho original”
(Albert Einstein).

RESUMO

As indústrias estão constantemente revendo seus processos de gestão, para se manter no mercado de forma competitiva, fabricando produtos com qualidade para alcançar a satisfação desejada pelos clientes. Neste cenário cada área de uma empresa é importante para os produtos serem fabricados da forma que foram projetados, também as pessoas que fazem parte da empresa são um diferencial em relação aos concorrentes. A gestão da manutenção tem papel estratégico no negócio, pois gera indicadores de disponibilidade, elabora planos de preventiva, executa reparos, trabalha em melhoria nos equipamentos. A manutenção pode ser realizada de várias formas, o que norteia a forma de manutenção é a criticidade do equipamento para o processo, custos de peças de reposição e nível de complexidade do equipamento, entre outros pontos que variam conforme cada tipologia de empresa. Neste estudo de caso, uma célula robotizada está com alto índice de falhas, nos sistemas de solda movimentação e fixação. A metodologia de manutenção hoje realizada não garante a disponibilidade dos equipamentos que constituem a célula robotizada. Diante deste problema estará sendo realizada uma avaliação nos métodos de manutenção, estudando as falhas com uso de FMEA, (Failure Mode and Effect Analysis). Para levantamento de dados será usado um software de manutenção, as falhas latentes serão submetida as ferramentas 5W2H (uma ferramenta usada para um plano de ação) e Ishikawa para encontrar as causas e direcionar as ações corretivas. O trabalho tem o objetivo fazer a célula alcançar a disponibilidade de 98%, através da identificação das falhas, revisões dos planos de manutenção preventivas, lubrificação e manutenção autônoma.

Palavras-chave: Disponibilidade. Gestão da Manutenção. Robotizada. Competitividade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Tendência de melhora nos resultados	21
Figura 2- Representa construção do diagrama 5W2H.....	25
Figura 3 Mostra a curva de falha esperada para este tipo de equipamento.	26
Figura 4- Traz a imagem de um robô.	27
Figura 5 – Imagem de um dispositivo de solda.....	28
Figura 6- Mostra arranjo celular de uma célula.	29
Figura 7- Representa robôs e dispositivos na célula robotizada.....	31
Figura 8 – Mostra Robôs de solda e dispositivos de movimentação.....	32
Figura 9- Cabeçote de solda dos parafusos M8 e M5.	32
Figura 10- Representa layout da célula de solda.	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Mostra divisão dos sistemas, sub sistemas em uma célula robotizada.....	34
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Traz itens acrescentados nos planos de manutenção.....	38
Tabela 2- Verificação realizada pelo operador.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 TEMA.....	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	16
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.4 JUSTIFICATIVA	16
1.5 OBJETIVO GERAL.....	16
1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 ABORDAGENS DE MANUTENÇÃO	18
2.1.1 Planos de manutenção	18
2.1.2 Manutenção Planejada	19
2.1.3 Manutenção Corretiva	19
2.1.4 Manutenção Preventiva	19
2.1.5 Manutenção Preditiva	20
2.1.6 Manutenção Detectiva	20
2.1.7 Engenharia de Manutenção	21
2.1.8 Manutenção Autônoma TPM.	21
2.1.9 Manutenção Centrada em Confiabilidade	21
2.2 FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE FALHA.....	23
2.2.1 FMEA	23
2.2.2 Diagrama de causa efeito para correção de falhas	25
2.2.3 Método 5W2H para correção de falhas	25
2.2.4 Modelamento matemático das falhas	25
2.3 MÁQUINAS.....	27
2.3.1 Robô	27
2.3.2 Dispositivo de solda e movimentação	27
2.4. ARRANJO FÍSICO	28
2.4.1 Arranjo físico celular	28
2.4.2 Produtividade	29
3 METODOLOGIA	30
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	30
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	30

4 RESULTADOS	31
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	31
4.2 DADOS DO OBJETO DE ESTUDO.....	31
4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS	33
4.4. ANÁLISE DOS DADOS	35
4.5 SUGESTÃO PARA PLANOS DE MANUTENÇÃO E PLANO DE AÇÃO.....	39
4.6 MEDIDA DOS RESULTADOS	40
4.7 CONCLUSÃO DOS RESULTADOS.....	42
5 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICES	41
APÊNDICE A- ESTUDO DE FMEA EM SISTEMA DE SOLDA	42
APÊNDICE B- MOSTRA O ESTUDO DE FMEA EM SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO	47
APÊNDICE C- ESTUDO DE FMEA NO SISTEMA DE FIXAÇÃO	49
APÊNDICE D- 5W2H PARA NO CONTROLE DA FALHA	51
APÊNDICE E- REPRESENTA O DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA IDENTIFICAR A FALHA NA VÁLVULA	54
APÊNDICE F- MOSTRA O DIAGRAMA DE CAUSA EFEITO DE FALHA NO SENSOR M8	55
APÊNDICE G- REPRESENTA O DIAGRAMA DE CAUSA EFEITO NO SENSOR	56
ANEXOS	54
ANEXO A- PLANO DE MANUTENÇÃO DE UM JATO DE GRANALHA	58
ANEXO B-FORMULARIO DE FMECA	59
ANEXO C- MOSTRA DE VALORES PARA CALCULO DO NPR	60
ANEXO D- REPRESENTA MODOS DE FALHA TIPICO	62
ANEXO E- MODELO DE FORMULARIO DE FMECA	64
ANEXO F- DIAGRAMA DDE CAUSA EFEITO	65

1 INTRODUÇÃO

As indústrias fabricam seus produtos visando atender a necessidade de seus clientes. Assim os processos produtivos devem acontecer da forma que foram projetados, atendendo as demandas de seus clientes internos e externos. Portanto os departamentos de engenharia, logística interna e manutenção devem trabalhar alinhados para atender as demandas. A gestão da manutenção dos equipamentos dentro deste contexto é estratégica na manufatura, para evitar falhas que comprometem os processos produtivos atrasando a entrega de produtos.

Há uma nova postura na administração da manutenção no cenário globalizado, tornando-se um processo proativo e contribuindo para a competitividade do negócio, assim não existe espaço para improvisos. O profissional de manutenção precisa ter várias características, entre elas, destacam-se duas: a competência e a criatividade. Também a manutenção trabalha para que não haja reparos não planejados, aumentando-se a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos (PINTO E NASCIF, 2001).

A gestão da manutenção está em processo contínuo de melhoramento, o método de manutenção centrada em confiabilidade é um método que iniciou no setor energético e nuclear. Atualmente podem ser aplicados a qualquer tecnologia onde seja necessário manter a funcionalidade de processos ou ativos físicos, (SIQUEIRA, 2009).

Para reduzir as falhas nos equipamentos torna-se necessário uma estratégia de manutenção, mantendo a funcionalidade dos mesmos. A reparação pode ocorrer de várias formas, entre elas a manutenção centrada em confiabilidade, assim este método justifica-se em equipamentos críticos para o processo. O presente trabalho abordará os métodos de manutenção, em uma célula robotizada que está com baixo índice de disponibilidade e alto número de manutenção corretiva, em uma empresa do setor metal mecânico de máquinas agrícolas do noroeste do Rio Grande do Sul.

1.1 TEMA

A análise no plano de manutenção de uma célula robotizada partiu do problema de não atingimento da meta de disponibilidade para produção da célula, comprometendo a entrega de peças soldadas na hora correta. Assim surgiu a necessidade de avaliação da manutenção existente e melhorar o método de manutenção.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O trabalho será focado nos equipamentos mais críticos, que estão apresentando maior índice de falha na célula robotizada. Estes equipamentos fazem parte dos sistemas soldas, da movimentação e fixação do dispositivo. Assim esta avaliação na metodologia atual de manutenção buscará a melhoria nos planos existentes para atender a meta de disponibilidade da célula, sugerindo melhoria.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A evolução dos modos produtivos são constantes, para atender as demandas dos clientes que necessitam de produtos na quantidade e hora específicas. Assim a manutenção tem papel estratégico neste contexto, para manter os equipamentos funcionando com menor índice de falhas possível.

Atualmente uma célula robotizada da indústria do setor metal mecânico está com índice de disponibilidade abaixo da meta da empresa em seus sistemas de solda, dispositivo e movimentação. Além de alto índice de ações de manutenção corretivas e gastos com peças de reposição.

1.4 JUSTIFICATIVA

As empresas possuem metas diárias de produção, onde das metas é o índice de disponibilidade dos equipamentos do processo de fabricação. A justificativa para realização do trabalho em uma célula robotizada está na possibilidade de redução na taxa de falhas, para alcançar a meta de 98% de disponibilidade dos equipamentos.

1.5 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho vem ao encontro da necessidade da área de solda de cabines, em uma célula robotizada para obter maior disponibilidade do equipamento. Através da análise e sugestão de melhorias no atual plano de manutenção, busca-se a redução no número de falhas e redução no consumo de componentes de reposição.

1.6 OBJETIVOS ESPECIFICOS

O trabalho tem o objetivo de aumentar a disponibilidade de uma célula robotizada para a meta de 98%, avaliando os métodos de manutenção existentes na célula robotizada. Seguem

abaixo os objetivos específicos:

- Realizar um FMEA dos sistemas de solda, dispositivos de movimentação e fixação;
- Revisar planos de preventiva;
- Atualizar plano de lubrificação;
- Redefinir atividades de manutenção autônoma;
- Redução no número de falhas médio de 25 mensal;

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para a avaliação da manutenção em uma célula robotizada, será estudada na revisão da literatura as formas de abordagem da gestão da manutenção, os meios de avaliação de disponibilidade assim como os métodos de análise de falha FMEA além da metodologia de implantação de melhorias com uso de 5W2H e diagrama de causa efeito.

2.1 ABORDAGENS DE MANUTENÇÃO

A realização da manutenção pode ocorrer de várias formas, dentre elas são destacados quatro abordagens de manutenção principais: corretiva, corretiva planejada, preventiva e detectiva. Corretiva tem característica de ser reativa, enquanto na manutenção planejada a anormalidade é detectada e a máquina não perde sua função, assim programa-se uma intervenção no equipamento para o futuro. Já a manutenção preventiva é feita periodicamente seguindo um plano de execução, enquanto a manutenção detectiva permite a otimização da troca de peças, através do monitoramento do equipamento reduzindo o número de troca de peças (XENUS,2004).

Os meios contemporâneos de gestão do plano manutenção compreendem várias técnicas, entre elas podemos destacar a engenharia de manutenção e manutenção centrada em confiabilidade que usam as abordagens das manutenções citadas no parágrafo anterior. A engenharia de manutenção trabalha para deixar de ficar consertando continuamente um equipamento, para trabalhar nas causas básicas, modificando situação de mau desempenho atuando na sistemática e projeto, já a manutenção centrada em confiabilidade é uma técnica que identifica-se a causa da falha, suas consequências e desenvolve-se uma solução, usando soluções de engenharia ou responsável pelo produto ou processo em estudo (SIQUEIRA, 2009).

2.1.1 Planos de manutenção

Segundo Pinto e Nascif (2001), a manutenção preventiva tem a função de reduzir ou evitar a falha. Sua frequência é estabelecida pelo fabricante do equipamento e ajustada pelo usuário conforme a severidade de utilização. Para realização das intervenções existem os planos de manutenção, por sua vez são documentos que mostram o que fazer e quando fazer, o tempo necessário para fazer e contemplam verificações, ajustes, lubrificação e trocas de componentes. Devem ser ajustados conforme a necessidade do processo, para manter a disponibilidade dos equipamentos. No anexo A está disponível o plano de manutenção diário

de um jato de granalha.

2.1.2 Manutenção Planejada

Para Pinto e Nascif (2001) é a manutenção que ocorre por perda de desempenho do equipamento ou falha, é uma decisão gerencial sobre a realização da manutenção, o trabalho planejado é mais seguro, barato e de melhor qualidade,

2.1.3 Manutenção Corretiva

Para Xenus (2004) acontece após a falha ocorrer, tem um custo baixo do ponto de vista do departamento de manutenção. Se não levar em conta os prejuízos à produção, este método pode ser usado para funções com baixa criticidade parte o equipamento ou processo, Porém é preciso prever um plano quando acontece a manutenção corretiva contemplando peças, ferramentas para reduzir o tempo de intervenção. A manutenção corretiva é reativa e possui baixo custo, não se levando em conta os prejuízos na parada de máquinas.

Segundo Pinto e Nascif (2001) é a atuação de correção de uma falha ou desempenho menor que o nominal do equipamento. Quando uma empresa tem maior parte de sua manutenção não planejada, é correto afirmar que a gerencia da manutenção é feita pelos equipamentos consequentemente o desempenho da empresa não será o planejado.

2.1.4 Manutenção Preventiva

Para Pinto e Nascif (2001) a manutenção preventiva tem a função de reduzir ou evitar a falha. A redução do desempenho seguindo uma freqüência estabelecida pelo fabricante com itens específicos. Em algumas aplicações os equipamentos trabalham em condições diferentes do projeto, e apresentam falha antes do previsto.

Conforme Pinto e Nascif (2001), a manutenção preventiva deve ser adotada nos seguintes casos:

- Quando não é possível manutenção preditiva
- Aspectos relacionados à segurança pessoal ou da instalação que tornam mandatória a intervenção, normalmente para substituição de componentes.
- Falhas dos procedimentos de manutenção.

- Por dificuldade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional
- Risco de agressão ao meio ambiente em sistemas complexos ou de operação contínua.

Porém este mesmo autor Pinto e Nascif (2001) destacam que a manutenção preventiva tem alguns pontos negativos.

- Falha humana.
- Falhas sobressalentes.
- Contaminação introduzidas no sistema de óleo.
- Danos durante partidas e paradas.

2.1.5 Manutenção Preditiva

Segundo Pinto e Nascif (2001) a manutenção preditiva ocorre baseada na modificação de um parâmetro de condição, e necessita de um acompanhamento sistêmico. As inspeções e verificações são realizadas com equipamento operando, é uma das primeiras quebras de paradigmas da manutenção. Para adotar esta metodologia são necessários alguns requisitos básicos:

- O equipamento ou sistema deve permitir monitoramento;
- O equipamento deve ser crítico para a produção;
- As causas devem ser derivadas de condições que possam ser monitoradas;
- Estabelecer um programa de acompanhamento para diagnóstico sistematizado

Este mesmo autor enfatiza que para adoção deste sistema devem ser adotados os seguintes parâmetros:

- Aspectos relacionados com segurança operacional;
- Redução dos custos pela redução das intervenções não necessária;
- Manter equipamentos operando de modo seguro por mais tempo.

2.1.6 Manutenção Detectiva

Para Pinto e Nascif (2001) a manutenção detectiva é realizada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas, não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Ainda este autor ressalta que a barreira entre a falha e a funcionalidade é um dispositivo de proteção, porém para implantação deste método é necessário a instrumentação do equipamento.

2.1.7 Engenharia de Manutenção

Conforme Pinto e Nascif (2001) e uma maneira de realizar a manutenção deixando de consertar continuamente e trabalhar nas causas dos problemas e procurar eliminar. Também, trabalhar nas questões de mau desempenho, melhorar os padrões de sistemáticas, dar feedback ao projeto e interferir tecnicamente nas compras.

Estes mesmos autores Pinto e Nacif (2001) afirmam que engenharia de manutenção é perseguir o benchmarcks, assim, alguém que pratica manutenção corretiva terá um longo tempo para mudar a cultura sedimentada nas pessoas. A figura 1 mostra a tendência da manutenção versus planos de manutenção adotados.

Figura 1- Tendência de melhora nos resultados



Fonte: Adaptado, PINTO E NASCIF, 2001, p. 47

2.1.8 Manutenção Autônoma TPM.

Para Xenus (2004) o mau desempenho de um equipamento também se deve aos conflitos entre os departamentos de manutenção e produção. Assim com a metodologia da qualidade total as empresas têm que atingir metas desafiadoras de qualidade custo e entrega ao custo baixo.

Este mesmo autor direciona a manutenção autônoma como uma estratégia simples de forma que os operadores realizem pequenos reparos e verificações, limpeza inspeção visual e lubrificações. A base da manutenção autônoma é o 5S.

2.1.9 Manutenção Centrada em Confiabilidade

Segundo Siqueira (2009), a manutenção centrada em confiabilidade teve origem na indústria de aeronáutica, pelo nível de confiabilidade esperado para assim foi necessário

desenvolver uma nova estratégia que analisou os métodos existentes, então se criou a RCM (reability-centeed maintanece) ou MMC (manutenção centrada em confiabilidade).

Ainda este mesmo autor ressalta que os benefícios desta metodologia foram logo percebidos pela indústria nuclear e energética, devido à similaridade dos requisitos de segurança, com os benefícios deste sistema seu uso expandiu-se para indústrias químicas, construção civil siderurgia, etc. A MMC pode ser realizada em quaisquer processos ou equipamentos que se deseja manter a funcionalidade.

Para Siqueira (2009), os métodos de manutenção corretiva, parada programada, preventiva, detectiva e preditiva, foram rapidamente absorvidas pela engenharia de manutenção. Porém no campo metodológico as pesquisas na área de confiabilidade e mantentabilidade além do mecanismo e da física das falhas deram origem a análise dos FMEA (modos de falha, efeitos e criticidade), e outras ferramentas tais como FTA (árvores de falha) e PRA (análise de probabilidade de risco). Estes métodos iniciaram na indústria bélica e se popularizaram pelo uso da informática.

Também este mesmo autor a disponibilidade dos métodos analíticos trouxe maior segurança a atividade de manutenção, além de introduzir novos desafios ao profissional desta área. Assim a gestão da manutenção deve aplicar a técnica mais apropriada ao objeto de estudo observando a criticidade do processo, qualidade custo, e exigência do cliente.

Conforme Siqueira (2009), a MMC também procura estabelecer objetivos da manutenção:

Segundo Smit¹¹ a manutenção tem como objetivo “preservar as características funcionais e de equipamentos e sistemas de operação”. Moubray¹² diz que o objetivo da manutenção é “assegurar que itens físicos continuem a fazer o que seus usuários desejem que eles façam”. Resultado do esforço de padronização do MMC, a norma SAEJA101113 estabelece que a manutenção deve garantir que “itens físicos continuem a desempenhar suas funções planejadas”. Segundo esta norma cabe a MMC “determinar os requisitos de manutenção para o modo de falha que possam causar falhas funcionais de qualquer item físico em seu ambiente operacional” (SIQUEIRA, 2009, p. 16).

Para Siqueira (2009), a manutenção dentro da proposta do MMC não tem apenas a função de manter o equipamento funcionando. Segundo a norma IEC60300-3-11 e o relatório ATA MSG-315 as funções da manutenção são incrementadas:

- Preservar a função dos equipamentos, com a segurança requerida;
- Otimizar a disponibilidade;
- Restaurar sua confiabilidade e segurança projetadas, após deterioração;
- Minimizar o custo do ciclo de vida;

- Atuar conforme os modos de falha;
- Realizar apenas as atividades que precisam ser feitas;
- Agir em função dos efeitos e consequências da falha;
- Documentar as razões para escolha das atividades.

2.2 FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE FALHA.

Para construção de um indicador de disponibilidade é necessário conhecer o tempo que a máquina trabalha, tipo de intervenção, tempo de reparo além da análise de falhas. O FMEA é uma ferramenta utilizada para encontrar a causa das falhas, onde considera-se perda de função ou desvio funcional no equipamento. Já em ações corretivas é usado a metodologia de diagrama Ishikawa de causa e efeito, também a ferramenta 5W2H será usada no plano de ação . Este capítulo fornece base para análise das falhas e como resolve-las.

2.2.1 FMEA

Segundo Siqueira (2009) estudo de FMEA envolve a identificação sistemática de aspectos que relacionam função de falha funcional, causa, efeito de falha e criticidade. Os aspectos devem ser relacionados para cada função de uma instalação.

- Função: objetivo, com o nível desejado de performance;
- Falha funcional: perda da função o desvio funcional;
- Modo de falha: o que pode falhar;
- Causa da falha: porque ocorre a falha;
- Efeito da falha: Impacto resultante na função principal;
- Criticidade: Severidade do efeito.

Também segundo Siqueira (2009) na manutenção a MMC utiliza o FMEA com a função de avaliar, documentar e priorizar o impacto potencial de cada falha funcional, trabalhando para definir formas de correção ou prevenção, e quando incrementando uma análise de criticidade, sendo chamada neste caso pela abreviatura FMECA (Failure Mode Effects End Criticalir, Analysis), que representa modo de falha, efeitos, analise, criticidade. Enquanto do FMEA identifica todos os modos de falha potenciais de um sistema, podendo tornar a analise inviável pela quantidade de itens, o FMECA é uma variante do FMEA aplicada a itens específicos os itens mais críticos pela relevância da falha. Uma forma de construção de formulário de FMECA deve se apresentar conforme anexo B.

Segundo Siqueira (2009), os estudos das falhas devem iniciar pela definição de falha para estudo do MMC.

As normas SAE JA1011 e IEC 60300-3-11 fornecem as seguintes definições.

Um evento ou condição física que causa uma falha funcional.

Um dos possíveis estados de falha de um item para uma dada função requerida.

(SIQUEIRA, 2009, p. 69)

Também segundo Siqueira (2009) reforça-se a importância de diferenciar o modo de falha e causa da falha, modo de falha descreve o que está errado na funcionalidade do item, enquanto a causa descreve porque está errada a funcionalidade do item. Assim é função da manutenção combater o modo de falha enquanto a função do projeto combater a causa da falha. Neste contexto os modos de falha podem ser segregados em mecânicos, elétricos, estruturais, humanos.

Conforme Siqueira (2009), o estudo de MMC deve-se conhecer o efeitos da falha assim para o estudo o conceito defeito :O que acontece quando um modo de falha se apresenta. Uma forma de verificar o efeito é realizar uma pesquisa no histórico de falha do equipamento, pesquisa em manual, técnicos, assim com os dados conhecidos fazer uma priorização:

- Listar efeitos mais severos;
- Listar efeitos razoáveis;
- Qualificar os efeitos menos razoáveis, possíveis ou potenciais.

Segundo Pinto e Nascif (2001), FMEA utiliza-se alguns conceitos para análise de falha:

Causa – e um meio pelo qual um elemento particular do projeto ou processo resulta em modo de falha.

Efeito – e uma consequência adversa ao usuário.

Modos de falha - São categorias de falha que são normalmente descritas.

Frequência – probabilidade de ocorrência da falha.

Gravidade da falha – Indica como a falha afeta o usuário.

Detectabilidade – Indica o grau de detecção da falha.

Índice de risco ou número de prioridade do risco – e o resultado do produto da Frequência pela Gravidade pela Detectabilidade. Este índice da a prioridade da Falha. (Kardec, Nacif,2006, p.114)

Para Pinto e Nascif (2001), a determinação da parcela que compõe o NPR, número de priorização, varia de empresa para empresa, normalmente é baseada na experiência, o anexo C traz um exemplo de variação dos indicadores.

Segundo Siqueira (2009), a falha pode se apresentar de várias maneiras o anexo D representa aos tipos de falha.

Também Pinto e Nascif (2001), desenvolveu um modelo para registro e acompanhamento da análise de FMEA. O anexo E mostra o modelo de formulário.

2.2.2 Diagrama de causa efeito para correção de falhas

Para Kume (1993), o resultado de um processo está ligado a vários fatores intrínsecos nos processos e o diagrama de causa efeito identifica os vários fatores que compõem o processo. O diagrama de causa e efeito tem aplicações não só na área de qualidade, mas em qualquer processo que necessite conhecer os fatores. O sucesso do resultado depende de sua construção, O anexo F apresenta um diagrama de causa efeito.

Para Kume (1993), o diagrama de causa efeito foi desenvolvido no Japão, pelo professor Kaoru Ishikawa, assim o diagrama de causa efeito também é conhecido por diagrama de ISHIKAWA.

2.2.3 Método 5W2H

Conforme Meria (2003), o 5W2H possibilita definir claramente o problema uma causa e uma solução e quando usado descrevesse o problema e um plano de ação. As informações básicas de um problema são claramente definidas, ou ainda este autor afirma que funciona como uma lista de verificação. A figura 2 representa uma forma de construção do diagrama de 5W2H.

Figura 2- Representa construção do diagrama 5W2H.

Tabela: Modelo de plano de ação.						
PLANO DE AÇÃO						
Setor: Serviço de apoio e logística. Objetivo: Reduzir os custos internos de geração de fotocópias em 30%.				Responsável: João Prazo: 30/07/2014		
O QUE (WHAT)	QUEM (WHO)	QUANDO (WHEN)	ONDE (WHERE)	POR QUE (WHY)	COMO (HOW)	CUSTOS (HOW MUCH)
Reavaliação de contratos e negociação com fornecedores	Joana	Até 10/07	Em nossa empresa e nos fornecedores	Há suspeitas de as cláusulas de desconto por volume não estarem compatíveis com o mercado	Comparação com outros contratos e pesquisa junto aos fornecedores alternativos	R\$ 2.000,00
Fonte: Marchall Junior et al. (2006).						

Fonte: LOGÍSTICA TREINAMENTOS

2.2.4 Modelamento matemático das falhas.

Para Pinto e Nascif (2001), com envelhecimento do equipamento, a um aumento na degradação, assim como a taxa de falha, esta pode ser determinada pela equação 1.

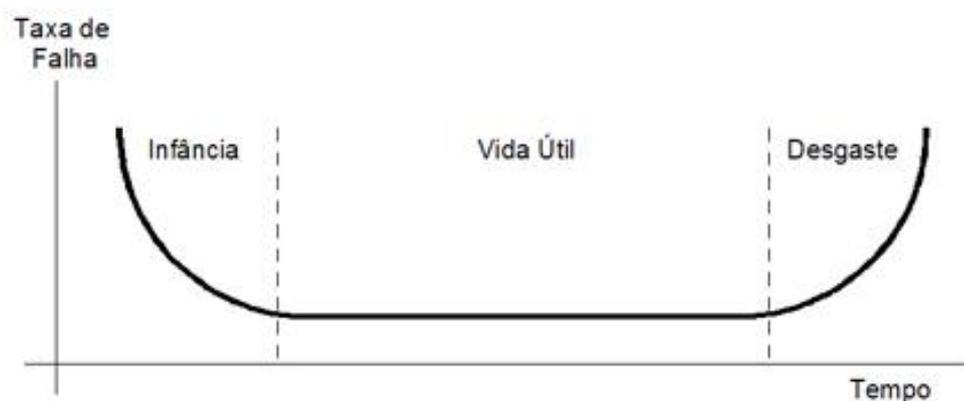
$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Número de horas de operação}} \quad (1)$$

Segundo Pinto e Nascif (2001), a probabilidade de um item desempenhar sua função em um intervalo conhecido, em condição específica de uso. A confiabilidade de um equipamento pode ser definida pela equação 2:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Também este autor apresenta o gráfico da curva da característica da vida útil de um equipamento, válido para vários tipos de equipamentos elétricos, mecânicos, e sistemas é determinada após um estudo estatístico que tem sua taxa de falha variável conforme o estágio de sua utilização. Seu gráfico característico é chamado de curva da banheira, a figura 3 traz a imagem da curva.

Figura 3- Mostra a curva de falha esperada para este tipo de equipamento.



Fonte: SIQUEIRA, 2009.

Para Pinto e Nascif (2001), o estudo da disponibilidade passa pelo MTBF, (Mean time between failures), tempo médio entre falhas representado) calculado com equação 3. Também o MTTR, (Mean time to repair), tempo médio de reparo, que o equipamento está sem produção). As equação 4 possibilita o cálculo do tempo de reparo.

$$\text{MTBF} = \frac{T1+T2+T3+TN.....}{N} \quad (3)$$

$$\text{MTTR} = \frac{T1+T2+T3+TNC.....}{N} \quad (4)$$

Também este autor explica que a disponibilidade é função do tempo de reparo e tempo de

disponibilidade da produção podendo ser representado pela equação 5:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (5)$$

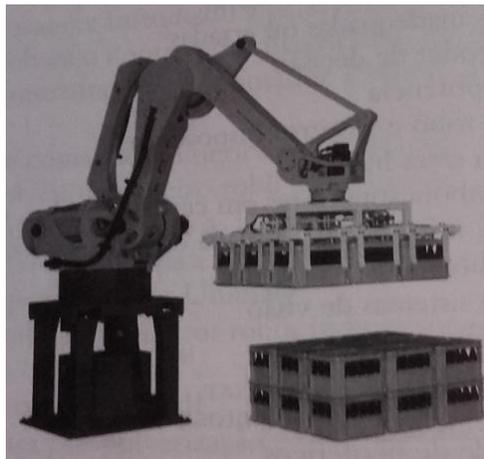
2.3 MÁQUINAS

Para o estudo serão considerados os sistemas de solda, dispositivos de movimentação e fixação. As máquinas de movimentação fazem o deslocamento do conjunto para o plano adequado de solda, enquanto os dispositivos fixam às peça e mantém em uma posição geométrica conhecida, já robôs realizam as soldas.

2.3.1 Robô

Conforme Taboada 2013, uma forma de descrever o que é um robô, é comparar um guindaste montado em um veículo utilitário com um robô manipulador, os dois possui interligações, articulações e graus de liberdade de seus movimentos, porem o guindaste é operado por alavancas, as decisões sobre as trajetórias dos movimentos executar, ficam a critério do operador do mesmo, já no robô manipulador as trajetórias são executadas por um controlador, com um programa de computador específico, seguindo uma rotina conforme o programa. A figura 4 mostra a imagem de um robô manipulador

Figura 4- Traz a imagem de um robô manipulador.



Fonte: Taboada,2013.

2.3.2 Dispositivo de solda e movimentação

Para Coraza (2016), os dispositivos têm a função de fixar as peças metálicas em uma posição definida para realização da solda, e também posicionar as peças para melhor realização da solda, além de possuir ou não automação e interligados com robôs. A figura 5 mostra a imagem de um dispositivo usado para a montagem de peças para serem soldadas.

Figura 5 – Imagem de um dispositivo de solda



Fonte: CORAZZA

2.4. ARRANJO FÍSICO

A célula robotizada é uma mini fábrica dentro de uma fábrica, seu arranjo físico deve permitir a otimização da produtividade.

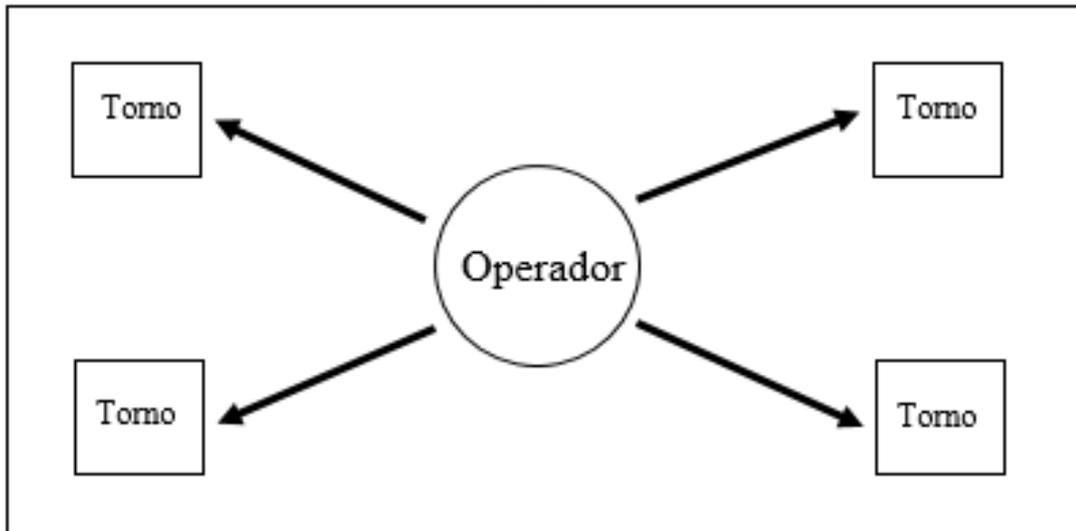
2.4.1 Arranjo físico celular

Para Contador (1998), o arranjo físico celular tem a função de montar mini fábricas, dentro da fábrica, para diferentes famílias de produtos. Algumas características das famílias de produtos é ter semelhança geométrica e de processo, além de operários capazes de executar diferentes funções. As máquinas que constituem a célula estão dedicadas a uma família de produtos semelhante, assim o processo funciona continuamente, um por vez ou em lotes, também facilita o controle da qualidade. O arranjo físico celular serve para fabricar produtos semelhantes com processos semelhantes que utilizam as mesmas máquinas e otimização de mão

de obra.

Para Contador (1998), uma das características do arranjo celular é permitir que o operador controle várias máquinas ao mesmo tempo. A figura 6 mostra um arranjo celular, que o operador controla quatro máquinas ao mesmo tempo.

Figura 6- Mostra arranjo celular de uma célula de usinagem.



Fonte: CONTADOR,1998.

2.4.2 Produtividade

Para Xenus (2004) a produtividade de uma organização pode ser medida pela relação entre as entradas e saídas, ou seja, o custo de produção pelo faturamento. Assim as empresas têm o desafio de aumentar o valor agregado de seus produtos e serviços a um preço competitivo, dessa forma as empresas se esforçam continuamente para manter os custos de produção baixo incluídos a energia, matéria prima e mão de obra. Uma empresa competitiva é aquela que tem maior produtividade entre todos seus concorrentes mantendo assim a sobrevivência no mercado.

3 METODOLOGIA

Explica o método utilizado para construção do trabalho, como acontecerá a abordagem e coleta de dados. O método utilizado é estudo de caso, os dados serão analisados a partir de um software de gerenciamento de manutenção e manuais do fabricante.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A análise e sugestão no plano de manutenção em uma célula robotizada compreendem o estudo dos indicadores atuais, técnicas de manutenção atual além dos modos de falha, criticidade e severidade.

Assim, o estudo de caso é a o método mais adequado pois segundo Gil apud Tauchen (2012), consiste no estudo profundo de um ou poucos objetos. De maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tem como propósito:

- Explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- Preservar o caráter unitário do objeto estudado;
- Descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- Formular hipóteses ou desenvolver teorias;
- Explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para aquisição de dados de disponibilidade e planos de manutenção na célula robotizada, foram utilizados os sistemas internos que a empresa utiliza para gerenciar o sistema da manutenção. Os dados para determinação de quais itens devem ser concentrados, estudos foram estratificados do SAP. (Systeme, Anwendern und Produkte in der datenverarbeitung), um software de gestão para empresas que oferece dados para manutenção, além de um segundo software (Traks), que mede a produtividade, disponibilidade. As falhas que o sistema apresenta foram usadas para formar os indicadores, através de gráficos de tempo de corretiva e número de paradas por máquina. Também foram buscados dados com o fabricante da célula para corrigir falhas frequentes.

4 RESULTADOS

Nesta seção identificou-se o tipo de empresa, objeto de estudo e suas particularidades no processo produtivo, coletou-se os dados para geração de gráficos, possibilitando a identificação das falhas e frequência, possibilitando o trabalhando na solução dos problemas.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa John Deere Brasil líder mundial na fabricação de equipamentos agrícolas, com de 179 anos de atuação, fundada nos Estados Unidos, com várias filiais pelo mundo uma delas no Brasil, Rio grande do Sul, Horizontina. Nesta unidade fabricam-se plantadeiras, colheitadeiras de grãos e plataformas de corte. A empresa está inserida no setor metal mecânico.

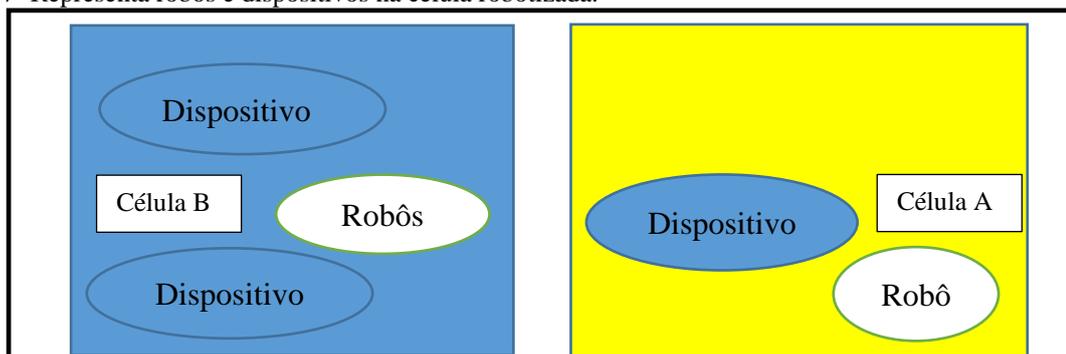
A empresa está estruturada em seus valores de integridade, qualidade comprometimento e inovação, fabricando produtos para área da agricultura, construção e jardinagem doméstica.

A unidade de Horizontina é composta de várias áreas funcionais entre elas podem destacar-se engenharia, suprimento, recursos humanos, financeiro, manufaturas e manutenção. Em especial a manutenção com a responsabilidade de manter a disponibilidade da planta fabril, através de planos de manutenção preventiva e preditiva além de contar com uma equipe técnica de engenheiros e técnicos e um software, SAP para gerenciamento da atividades.

4.2 DADOS DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo pertence a área de solda de cabines, sendo este processo robotizado e crítico para a produção. A figura 7 representa o layout da célula de solda estudada. A célula é composta por quatro robôs de solda, três dispositivos de movimentação e fixação.

Figura 7- Representa robôs e dispositivos na célula robotizada.



Fonte: Autor.2016.

Para o estudo foi coletado os dados do software de gestão de manutenção e através da modelagem matemática dos dados, gerou-se gráficos que mostram como está a célula atualmente. O estudo das falhas com FMEA, indicou as falhas mais latentes, já as propostas de soluções passaram por uma análise com uso das ferramentas 5W2H e o diagrama de Causa efeito, para encontrar melhor solução, após implantadas as melhorias foi feita nova medição e recalculado os indicadores. A figura 8 representa o robô e dispositivo.

Figura 8 – Mostra Robôs de solda e dispositivos de movimentação.



Fonte: Yaskawa,

A célula também conta com um sistema de solda de parafusos. Os mesmos são fixados por processo de solda. Os pinos são transportados do reservatório até o cabeçote e posicionados pelo robô conforme programa para posterior solda com corrente elétrica. Figura 9 mostra o cabeçote usado para soldar os pino M8 e M5.

Figura 9- Cabeçote de solda dos parafusos M8 e M5.



Fonte: STANLEY

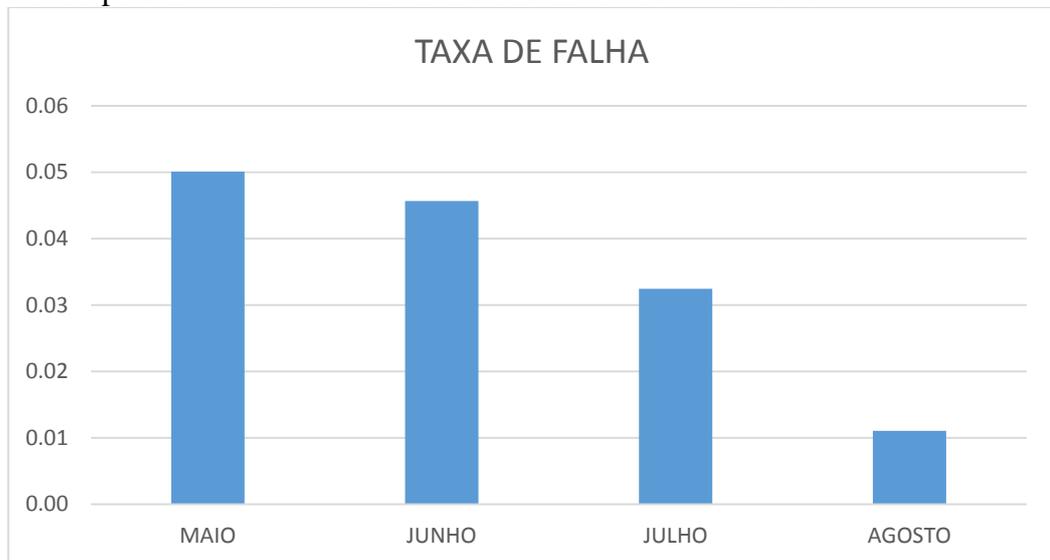
4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

A manutenção possui um software, SAP para aquisição de dados, a taxa de falhas foi equacionada com uso destes dados. O cociente entre número de ordens de serviço corretivas pelo número de horas de operação da célula, com o uso da equação 6, possibilitou calcular a taxa de falha. O cálculo da taxa global da célula, no período de 4 meses está representada abaixo.

$$\lambda = (102 \text{ falhas}) / (3392 \text{ horas}) = 0,030 \text{ falhas/hora} \quad (6)$$

O gráfico 1 abaixo representa as taxa de falha nos meses de maio, junho, julho e agosto analisando os dados percebe-se a tendência de redução na taxa de falha das célula, quanto menor a taxa de falhas melhor.

Gráfico 1- Representa a taxa de falha mensal no intervalo de 4 meses

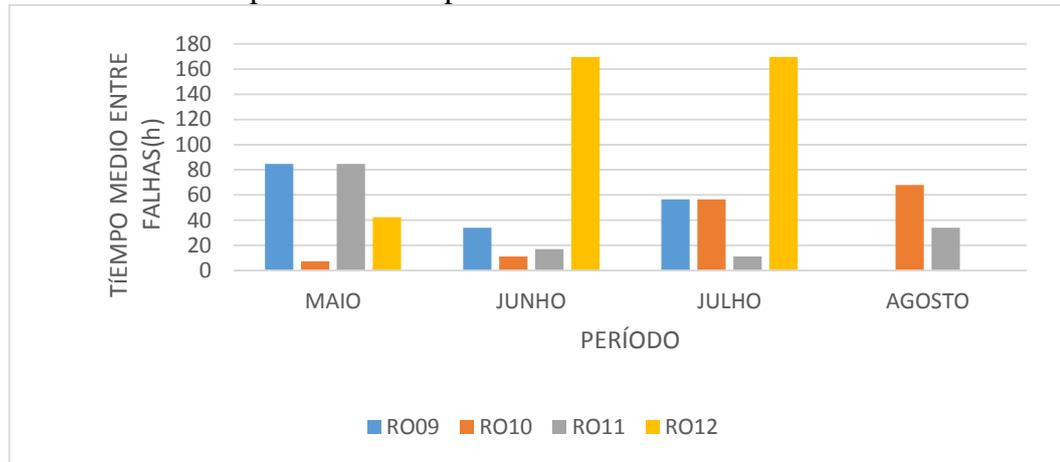


Fonte: Autor,2016.

Outro indicador, MTBF, tempo médio entre falha, mostra o comportamento dos equipamentos da célula de trabalho, calculado através da equação 7. O gráfico 2 mostra o comportamento no período. Neste indicador quanto maior o tempo entre falhas melhor será a disponibilidade do equipamento, no período de análise de quatro meses, em agosto os RO09 e RO12 não apresentaram falha.

$$\text{MTBF} = (\text{somatório de horas de bom funcionamento} / \text{número de falha}) \quad (7)$$

Gráfico 2- Mostra o comportamento no período do TMEF

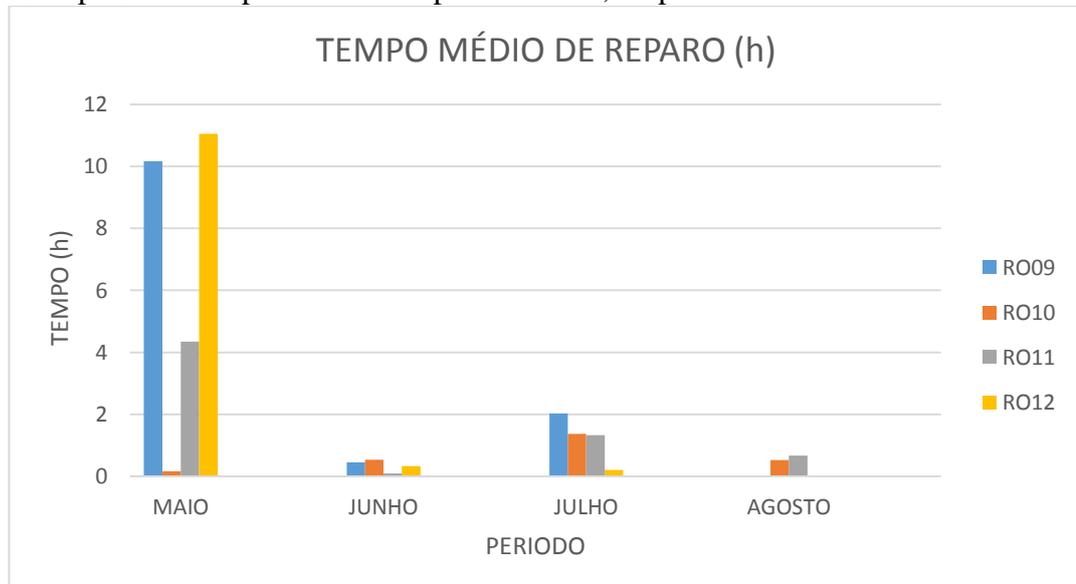


Fonte: Autor,2016.

Também o MTTR, representa o tempo que o equipamento levou para ser reparado, pode ser obtido pela equação 9 e está representado pelo gráfico 3. Analisando os dados do gráfico mostra uma redução nos tempo médios de reparos nos meses de julho e agosto.

$$\text{TMPR} = (\text{tempo de reparo/número de falhas}) \quad (8)$$

Gráfico 3- Apresenta tempo médio de reparo da falha, no período de 4 meses



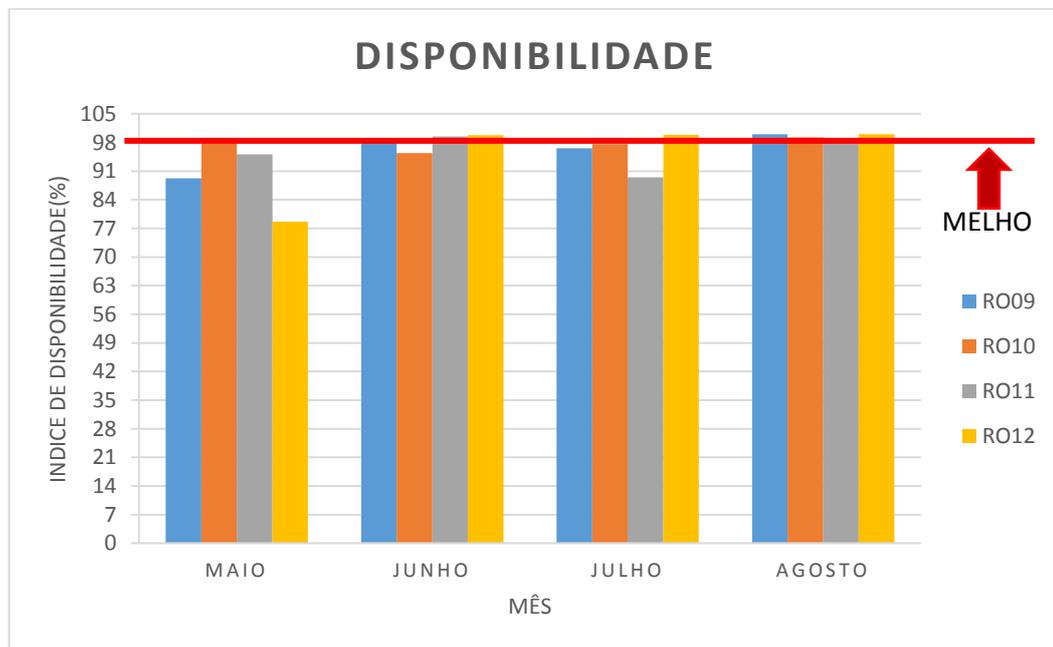
Fonte: Autor,2016.

Analisando os dados de MTBF e MTTR é possível calcular a disponibilidade da célula de trabalho. Através da equação 5 calcula-se a disponibilidade.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (9)$$

Após calculados os indicadores gerou-se o gráfico 4 que representa a disponibilidade no período analisado, o intervalo de análise foi 4 meses.

Gráfico 4- Representa a disponibilidade da célula de solda Robotizada.



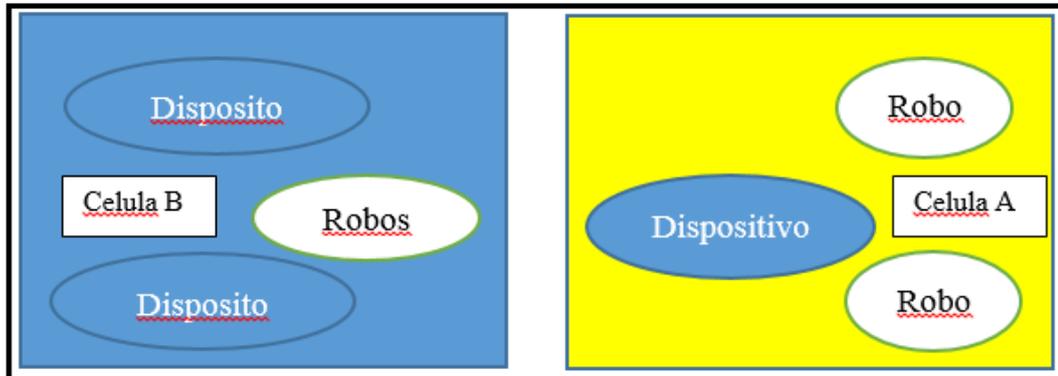
Fonte: Autor,2016.

4.4. ANÁLISE DOS DADOS

Após o equacionamento, análise de resultados e gráficos identifica-se que a disponibilidade da célula está abaixo da meta de 98%, apenas em um mês no período de quatro meses a meta foi superada assim conclui-se que a célula tem oportunidades de melhoria.

A primeira ação é a identificação das falhas e sua criticidade, o FMEA é a ferramenta que será usada para esta etapa do trabalho. A célula está dividida conforme a figura 10 mostra lado A e B, o lado A tem 2 robôs de solda e um dispositivo já o lado B tem 2 robô de solda e 2 dispositivos.

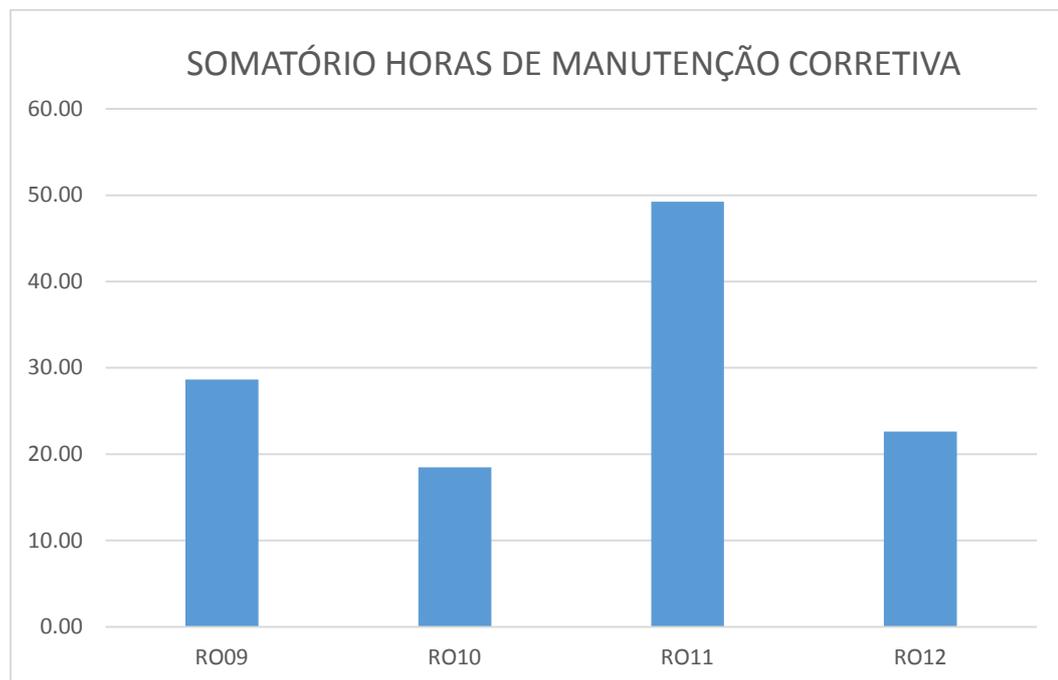
Figura 10- Representa layout da célula de solda.



Fonte: Autor,2016.

Para identificação das falhas será levado em conta o gráfico 5 que mostra em qual dos quatro equipamentos está concentrado número de horas de manutenção.

Gráfico 5- Representa tempo de manutenção em cada equipamento da célula no período



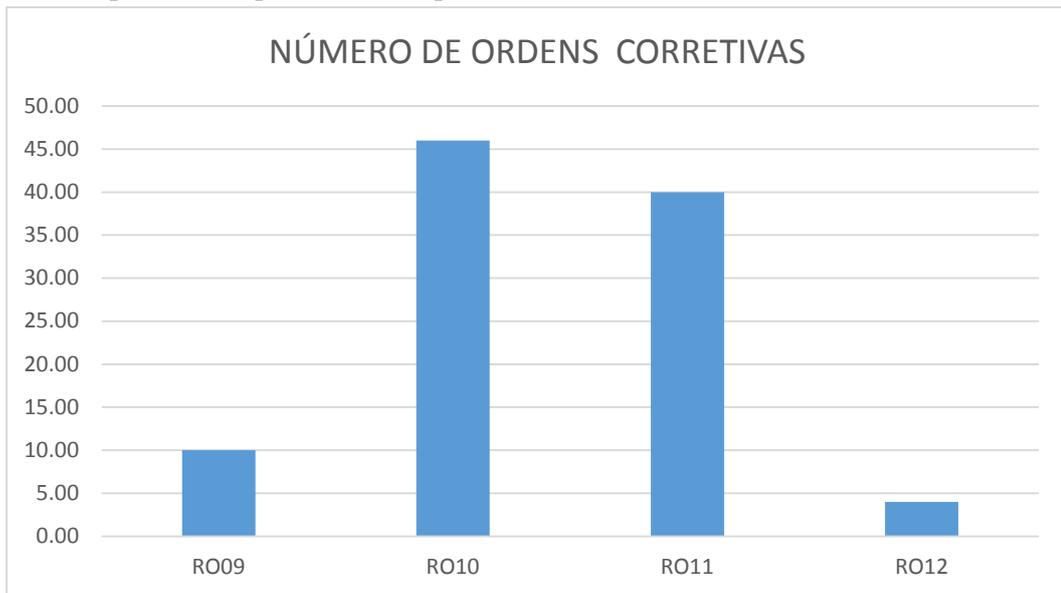
Fonte: Autor,2016

Analisando o gráfico 5, que mostra o tempo de manutenção corretiva, no período de estudo de quatro meses identifica-se os equipamentos RO09 e RO11, os com maior tempo de manutenção no período de analisado.

O gráfico 6, representa a quantidade de ordens de serviço corretiva no período de

quatro meses, evidencia que as falhas concentram-se nos RO10 e RO11, um dos motivos é que estes robôs estão ligados a equipamentos com alto índice de automação.

Gráfico 6- Representa a quantidade de parada mensal no intervalo mensal



Fonte: Autor,2016.

Analisando os dados de quantidade de manutenção corretivas e horas trabalhadas foi focado o trabalho nos robôs, RO10 e RO11, por que durante a análise das ordens corretivas, ficou evidente a que alguns componentes falhavam várias vezes.

A célula possui sistemas distribuídos conforme o quadro 1 que mostra o sistema e subsistema com as funções que a célula está operando.

Quadro 1- Mostra divisão dos sistemas, sub sistemas em uma célula robotizada

	Sistema	Sub-sistema	Função
Célula Robotizada	Robôs	Soldar	Soldar Mig/Mag pontear pinos m8 e m5
	Dispositivo de fixação	Fixar peça para solda	Manter as peças posicionadas em uma posição específica para solda
	Dispositivo de Movimentação	Posicionar peças para soldar	Posicionar a peça as posição de solda plana

Fonte: Autor,2016

Os anexos A, B e C mostram o diagrama para estudo de FMEA, PARA O calculado o NPR, será incrementado uma coluna com a letra “S” para severidade, no cálculo do NPR, sendo 1 para pouca influência e 10 para alta influencia no sistema, pois este é um indicador da empresa.

Com o resultado do NPR, foi possível identificar as falhas com NPR mais alto para direcionar as ações. Será levado em conta os NPR com valor acima de 200, a célula robotizada possui 15 sistemas com oportunidades de melhoria.

Para tomar as ações de melhoria foi usada a metodologia 5W2H, nas atividades em com NPR entre 200 e 800. O apêndice D traz as ações para os sistemas com problema.

As falhas que podem ter mais de uma causa foi usado o diagrama de ISHIKAWA para chegar na melhor solução para o problema. Foram identificadas três falhas que o NPR calculado foi 768,1000 e 800.

Na primeira análise de ISHIKAWA, no sistema de dispositivo, representado no apêndice E, entre as várias causas que foram identificados, a que mais contribui para a falha da válvula com vazamento, foi o método de preventiva e chek- listen são as causas que mais contribuíram para a falha, portanto serão inseridos nos planos de preventiva e chek-listen para identificar a falha em seu estado inicial.

A falha não ponteia pino M8, apresentou NPR de 800, usou-se o diagrama de ISHIKAWA para determinar a causa contribuinte, o problema está na máquina e sensor inadequado, o sensor foi substituído por um de 4mm o apêndice F mostra o estudo. O sistema de movimentação apresentou NPR de 1000, na análise de Ishikawa entre as várias opções identificou-se o método como a causa que mais contribui para o problema assim, será inserido no plano de preventiva a verificação deste sensor, o apêndice G mostra o diagrama de análise da falha no sensor.

4.5 SUGESTÃO PARA PLANOS DE MANUTENÇÃO E PLANO DE AÇÃO

Tendo em vista os resultados nas análises de FMEA e ISHIKAWA sugere-se mudanças no plano de preventiva da célula de robotizada. A tabela 1 mostra os itens e frequências para serem inseridos nos planos de manutenção.

Tabela 1 - Itens acrescentados nos planos de manutenção

Item	Frequência	Tempo (min)
Verificar isolamento dos cabos	Mensal	20
Lubrificar dispositivo de movimentação e fixação	Mensal	60
Inspecionar mangueira de alimentação Pino M8 e	Mensal	10

M5		
----	--	--

Fonte: Autor, 2016.

Outra modificação ocorreu nas inspeções diárias realizadas pelo operador, a tabela 2 mostra os itens inseridos no check-listen diário.

Tabela 2- Verificação realizada pelo operador

Item	Frequência	Tempo para realização da atividade(min)
Verificar tocha	2 vezes na semana	5
Verificar referência tocha	2 vezes na semana	3
Vazamento de ar nas mangueiras	Diário	1
Verificar ar nos cilindros	Diário	1

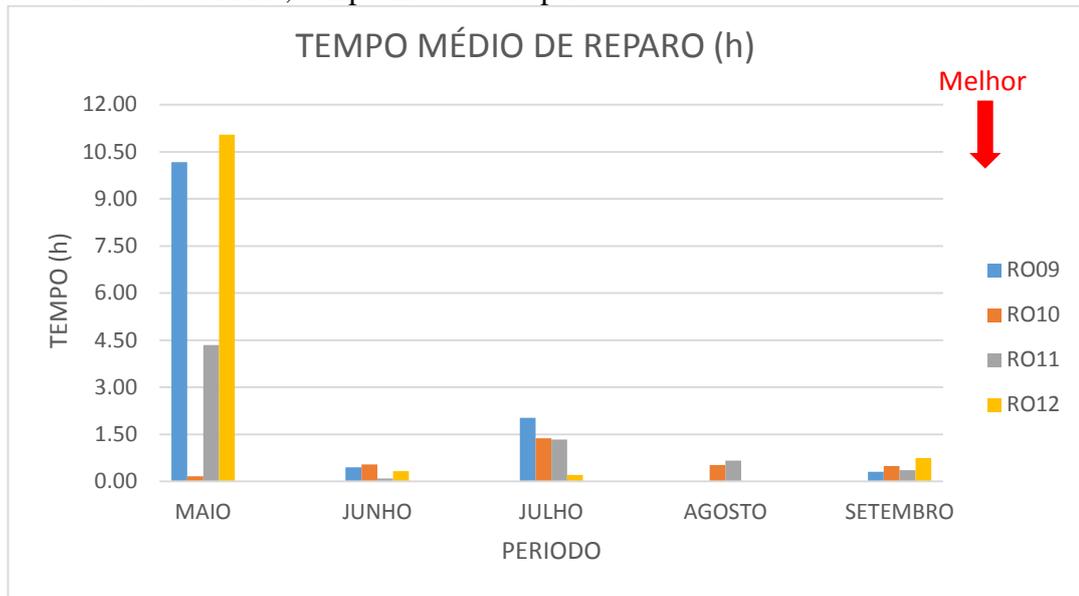
Fonte: Autor, 2016.

No item cabeçote fora de posição realizou-se instrumentação do cabeçote com sensor indutivo, manutenção detectiva, Já no encosto de referência do pino M5 e M8, realizou-se a colocação de um encosto de polímero para garantir o Stickout do cabeçote de solda dos pinos.

4.6 MEDIDA DOS RESULTADOS

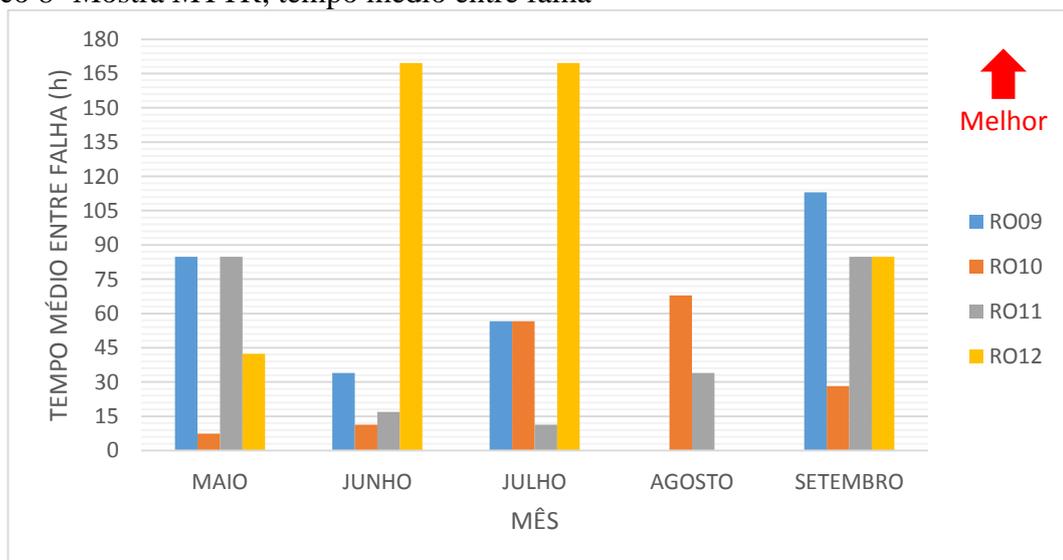
Para confirmar a efetividade das ações realizou-se uma nova medição no mês de setembro para comparar com os meses anteriores. O gráfico 7 mostra o MTBF enquanto o gráfico 8 mostra o MTTR.

Gráfico 7- Mostra o MTBF, tempo médio de reparo



Fonte: Autor, 2016.

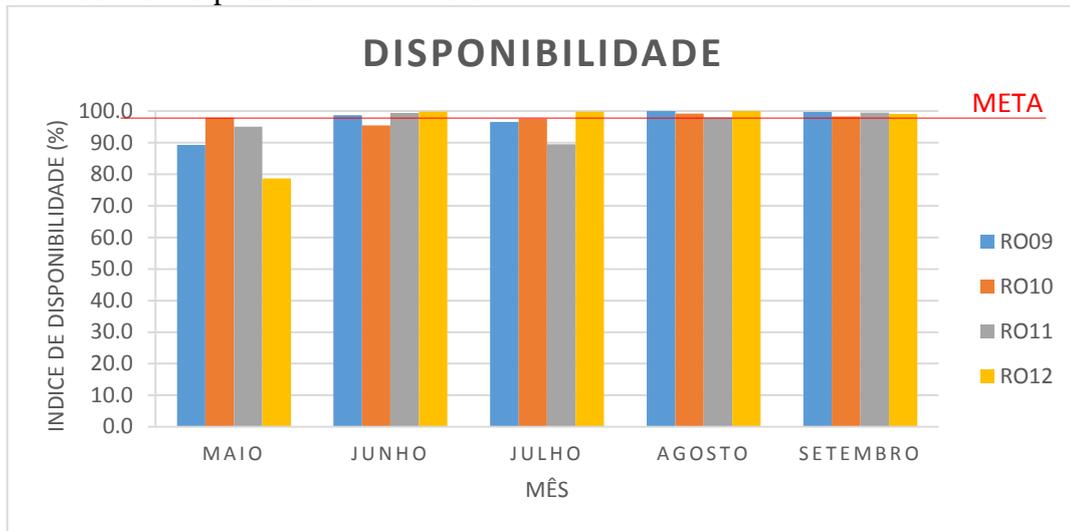
Gráfico 8 -Mostra MTTR, tempo médio entre falha



Fonte: Autor, 2016.

Outro indicador usado de base para a métrica da empresa é a disponibilidade de máquina, o gráfico 9 traz a disponibilidade, considerando as melhorias implantadas em setembro.

Gráfico 9- Mostra disponibilidade da célula



Fonte: Autor,2016.

4.7 CONCLUSÃO DOS RESULTADOS

A realização do estudo passou por uma análise de dados atuais, medindo a disponibilidade da célula robotizada no período de 4 meses e considerando o RO11, conforme gráfico 9, o equipamento que tinha menor disponibilidade, 97,1%, a mais baixa entre os quatro robôs assim esta é a disponibilidade da célula robotizada. Estudando os gráficos 5 e 6 foi possível identificar as máquinas mais críticas, direcionando o estudo para o RO10 e RO11, com FMEA segundo apêndices A, B e C, identificou-se as a falhas mais críticas, foram mapeadas 35 falhas, então com uso das ferramentas 5W2H para análise de falhas que tinham NPR entre 200 e 700, já para falhas com maior potencial de criticidade que apresentaram NPR acima de 700 foram trabalhado com Ishikawa, será trabalhado em 16 falhas.

A revisão dos planos de preventivas, e lubrificação tendo em vista as análise apêndice D, identificou-se a necessidade de acrescentar no plano de preventiva, segundo tabelas 2, três itens.

Também no plano de manutenção autônoma realizou-se modificações segundo análise no apêndice D, e conforme tabela 2 inseriu-se 4 itens.

As falhas da célula reduziram, conforme análise no gráfico 4, mostra a disponibilidade abaixo da meta de 98%, após as ações de melhoria na metodologia de manutenção houve um incremento de 2,03% na disponibilidade, conforme gráfico 9, a célula atingiu 99,13% de disponibilidade, além da redução do número médio de corretivas de 25 para 12 mensais. A mudança de metodologia da manutenção somada as melhorias no projeto, conforme apêndice D, reduziu também o consumo de peças usadas para reposição durante

intervenções corretiva.

CONCLUSÃO

O trabalho foi uma experiência profissional excelente, possibilitou o exercício de como o engenheiro trabalha, buscando dados de problemas, realizando análises, baseadas em fatos e dados. O conhecimento adquirido durante o curso com professores, trabalhos acadêmicos e artigos foram importantes para o desenvolvimento do trabalho de fim de curso.

Atendeu a necessidade de realização do trabalho de conclusão do curso de engenharia mecânica da FAHOR, podendo ser objeto de estudo novamente no futuro, em uma nova abordagem, por exemplo em uma manutenção centrada em confiabilidade.

Para empresa possibilitou resultados positivos, mesmo sendo o período de amostragem de um mês, por que teve ganhos de disponibilidade, deixando seu processo de fabricação melhor, além dos planos de manutenção que atuaram nas falhas repetitivas e críticas, possibilitam o atingimento da métrica de disponibilidade, que deve se manter nos próximos meses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. **O surgimento do robô.** Disponível em:
<[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/da289d8ad0edc452c1257d3c0054bbfb/\\$file/O-surgimento-do-robo-abb-503px.jpg](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/da289d8ad0edc452c1257d3c0054bbfb/$file/O-surgimento-do-robo-abb-503px.jpg)>. Acesso em: 10 out. 2016.
- Contador, J. C.; **Gestão de operações.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
- Corazza. **Dispositivo de solda.** Disponível em:
<<http://www.corazza.ind.br/produtos/11/1562>>. Acesso em 10 out. 2016.
- Cruz, G. **Robótica: a história da robótica até os dias de hoje.** Disponível em: <<https://cienciaetecnologias.com/robotica-historia/>>. Acesso em: 9 Oct 2016.
- Kersten, Alexandre. **Proposta de manutenção centrada em confiabilidade para uma jateadora de granalha.** Horizontina: FAHOR, 2014. Disponível em:
<http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2014/Alexandre_Kersten.pdf>. Acesso em 26 out. 2016.
- Kume, H.; **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade.** São Paulo: Gente, 1989.
- Logísticas Treinamentos. **Plano de ação.** Disponível em:
<<https://logisticatreinamentos.files.wordpress.com/2014/08/plano-de-ac3a7c3a3o.jpg>>. Acesso em 12 out. 2016.
- Meira, R. C. **As ferramentas da qualidade.** Porto Alegre: Evangraf, 2003.
- Osada, T.; TAKAHASHI, Y. **Manutenção produtiva total.** São Paulo: Instituto Imam, 1993.
- Pinto, Alan Kardec; NASCIF, Julio. **Manutenção: função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark ed, 2001.
- Portal Administração. **Diagrama de Ishikawa - estrutura.** Disponível em:
<<http://3.bp.blogspot.com/-hEuqlPgAAAtQ/U-mOZVWvM2I/AAAAAAAAACXo/5njW39lvWb4/s1600/diagrama-de-ishikawa-estrutura.png>>. Acesso em 11/11/2016.
- Processos. **Tabela de estudos de confiabilidade.** Campinas. Disponível em: <<http://www.processos.eng.br/images/tabela-estudos-confiabilidade.jpg>>. Acesso: 22/09/2016.
- Siqueira, L. P. **Manutenção centrada em qualidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- Stanley. **Cabeçote de solda dos parafusos M8 e M5.**
Disponível em: <http://www.stanleyengineeredfastening.com.br/site/images/img_lm310.jpg>. Acesso em 02 out. 2016.
- Tavares, L. A. **Administração moderna da manutenção.** Rio de Janeiro: Gráfica Editora NAT, 1999.
- Xenus, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva.** Nova Lima: Indg, 2004.

Yaskawa. **Robôs de solda e dispositivos de movimentação**. Disponível em: <
<https://www.yaskawa.co.jp/en/product/robotics> >. Acesso em 02 out. 2016.

APÊNDICES

APÊNICE A- ESTUDO DE FMEA NO SISTEMA DE SOLDA.

Local: célula robotizada		FMEA- análise de modo, efeito, e criticidade de falha						Data:	
								10/10/2016	
		Sistema: solda						Equipamento: robôs	
Componente para Processo	Função do componente	Possíveis falhas			Índices				NPR
		Modo	Efeito	Causa	F	G	D	S	
I-cat	Acoplar tocha	Acionar chave segurança	Não solda	Sujeira no sistema	2	3	1	1	6
Alimentador	Avanço de eletrodo	Não avançar eletrodo	Não solda	Conduiter obstruído	10	6	8	1	480
Tocha	Direcionar solda	Soldar fora de posição	Solda defeituosa	Colisão	6	10	5	1	300
Cabos de solda	Transmitir corrente de solda	Romper cabo de solda	Não solda	Colisão	2	7	5	1	70
Fonte driver	Suprir energia para robô	Fusível aberto	Não solda	Curto circuito nos cabos	3	8	1	1	24
Pino M8	Soldar pino	Falta pino	Não solda	Cabeçote fora de posição	10	10	2	1	200

Pino M8	Soldar pino	Alimentação de pinos vazia	Não solda	Sensor não está acionado	8	1	1	1	800
Pino M8	Soldar pino	Duto de transporte Amassar	Não solda	Fadiga	7	0	0	1	700
Pino M5	Soldar pino	Furar o duto de transporte	Não solda	Rebarba no pino M5	6	7	5	1	210
Pino M5	Soldar pino	Referência solda	Não solda	Referência deslocada deslocado	6	5	7	1	210
Pino M5	Soldar pino	Duto de transporte Amassar	Não solda	Fadiga	1	4	1	1	4

Fonte: Autor,2016.

APÊNDICE B- Mostra o estudo de FMEA no sistema de Movimentação.

Local: célula robotizada	FMEA- análise de modo, efeito, e criticidade de falha								Data: 10/10/2016	
	Sistema: dispositivo de movimentação								Equipamento: Robô	
Componente para Processo	Função do componente	Possíveis falhas			Índices				NPR	
		Modo	Efeito	Causa	F	G	D	S		
Sensores de presença	Impedir movimento	Sensores acionado	Não posiciona	Sensores desregulados	1	1	0	5	2	1000
Motores	Posicionar	Isolação	Não posiciona	Fadiga	1	9	8	1	72	

Motores	Posicionar	Conectores	Não posiciona	Conectores soltos	2	8	9	1	144
Redutores	Aumento de torque	Quebra de engrenagem	Não posiciona	Fadiga	1	8	5	2	80
Sensores indutivos	Limitar movimentos	Não acionar sensor	Não posiciona	Sensor desregulado	2	6	6	1	72
Sensores indutivos	Limitar movimentos	Não aciona r sensor	Não posiciona	Cabo de alimentação defeituoso	4	7	8	1	224
Planetário	Posicionar dispositivo	Lubrificação	Ruído	Falta de lubrificação	2	8	9	2	288
Index	Bloquear movimento dispositivo	Dispositivo fora de posição	Não movimenta	Sensor desregulado	2	3	1	1	6
Index	Bloquear movimento dispositivo	Dispositivo fora de posição	Não movimenta	Lubrificação ineficiente	3	3	2	1	18
Guias linear	Guiar dispositivo	Rolamento linear	Impedir movimentação dispositivo	Ineficiência da lubrificação		4	2	1	24
Fuso de subida	Posicionar dispositivo	Lubrificação	Não posiciona	Lubrificação ineficiente	3	6	2	1	36
Eixo S	Posicionar dispositivo	Posicionador de solda	Não posiciona	Bateria com baixa carga	4	3	2	1	24

Fonte: Autor,2016.

APÊNDICE C- ESTUDO DE FMEA NO SISTEMA DE DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO

Local: Célula Robotizada		FMEA- Análise de modo, efeito, e criticidade de falha						Data:	
		Sistema: Dispositivo de fixação						10/10/2016	
Componente para Processo	Função do componente							Possíveis falhas	
		Modo	Efeito	Causa	F	G	D	S	
Sensores de presença	Informar posição do componente	Sensores acionado	Não fixar peça	Sensor avaliado	8	2	5	2	160
Sensores de presença	Informar posição do componente	Sensores não aciona	Não fixar peça	Circuito de alimentação aberto	1	2	5	2	20
Sensores de presença	Informar posição do componente	Sensores não aciona	Não fixar peça	Peça fora da posição	4	3	1	3	36
CLP	Controle do acionamento	Não funciona	Não fixar peça	Sem energia	2	9	6	1	108

Fusível de proteção elétrica	Proteger contra curto circuito	Não aciona sensores	Não fixar peça	Curto circuito	4	9	5	1	180
Cilindro pneumático	Fixar peça	Vazamento de ar nas vedações	Não fixar peça	Vedação defeituosas	2	7	6	5	420
Cilindro pneumático	Fixar peça	Mangueiras de alimentação	Não fixar peça	Mangueiras de alimentação de ar defeituosa	6	7	2	5	420
Cilindro pneumático	Fixar peça	Válvula direcional	Não fixar peça	Válvula não opera corretamente	2	7	2	2	56
Guias	Guiar encosto	Não movimentar encosto	Não posiciona	Lubrificação ineficiente	4	4	6	5	480
Grampos pneumáticos	Fixar peças	Não abrir	Não permite retirar peça	Processo	3	3	1	3	27
Grampos Pneumáticos	Fixar peças	Não fecha	Não fixa peça	Solda depositada no encosto	4	9	2	3	216
Válvulas	Manter peça na posição	Válvula de retenção	Peça fora da posição	Vedação defeituosas	4	8	8	3	768

Fonte: Autor,2016

APÊNDICE D- 5W2H, para ações de controle da falha

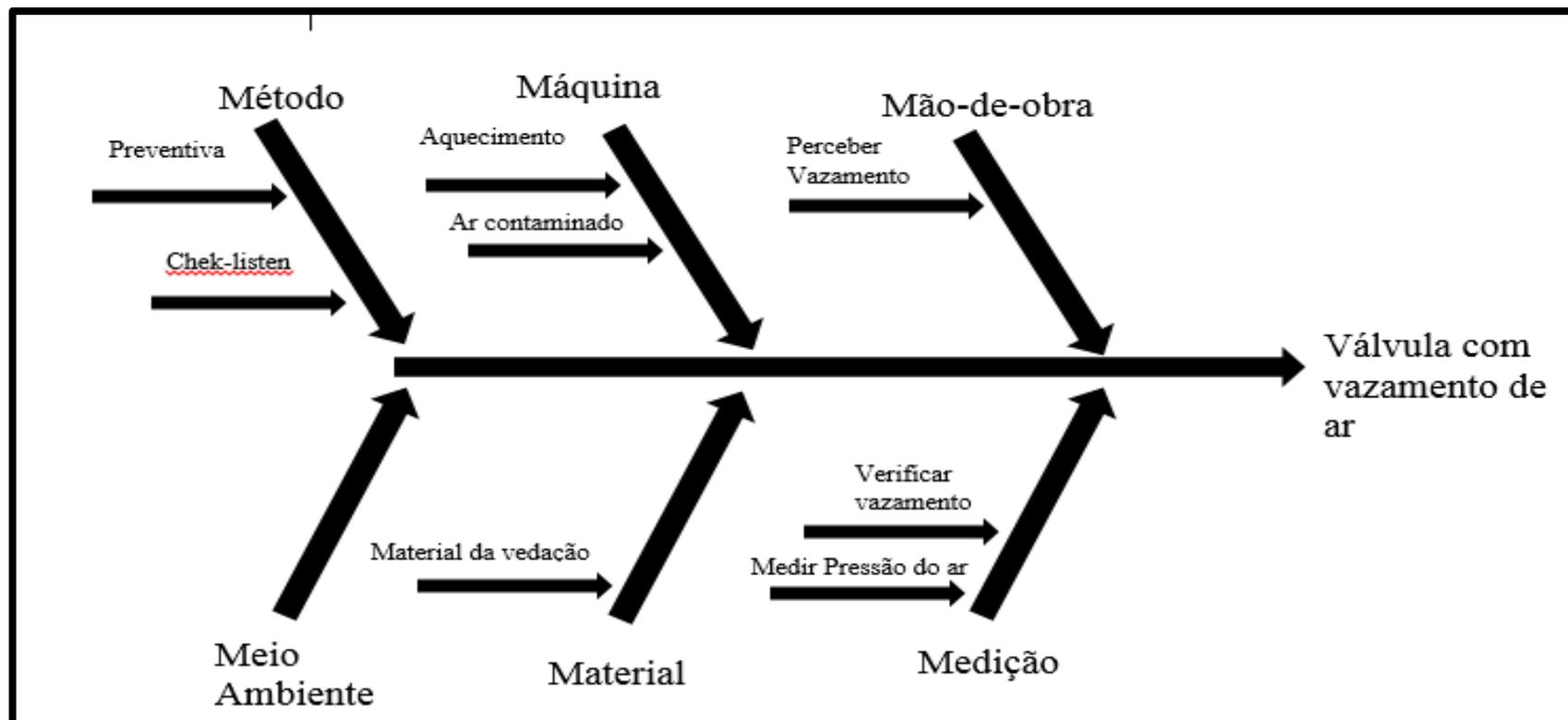
Método 5w2h para tomar ações								
NPR	O que será feito?	Por que será feito?	Onde será feito?	Quem fara?	Quando será feito?	Como será feito?	Quanto custara?	
480	Inspecionar o conduter 2 vezes na semana	Por que acumula limalha do eletrodo e trava o avanço do eletrodo	Acrescentar no check-listen	Engenharia de Manutenção	01/09/2016	Desmontar tocha e inspecionar	10	SISTEMA DE SOLDA
300	Verificar alinhamento da tocha	Tocha desalinhada causa problema na solda	Acrescentar no check-listen	Engenharia de Manutenção	01/09/2016	Executado programa de referencia	10	
180	Instrumentado cabeçote- manutenção Detectiva	Cabeçote fora de posição colide com robô	Estacionamento do cabeçote	Manutenção	01/09/2016	Instalado sensor indutivo e corrigido programa	300	
210	Inspecionado na preventiva e	Evitar a máquina parar por falta de pino	Duto de alimentação	Engenharia de manutenção	01/09/2016	Colocado no plano de preventiva mensal	10	
210	Colocado limitador mecânico	Impedir deslocamento da referencia	Cabeçote m5 e m8	Manutenção	01/09/2016	Instalado calço de polímero de 11mm	100	

224	Inserido no plano de preventiva mensal verificar cabo de alimentação	Cabo com falha na isolação ou rompido	Cabos dos sensores	Engenharia de manutenção	01/09/2016	Inspeção	10	SITEMA DE MOVIMENTAÇÃO
228	Inserido na rota de lubrificação	Redutor precisa de lubrificação com frequência	Plano de lubrificação	Engenharia de manutenção	01/09/2016	Lubrificado	10	
360	Inserir no plano de preventiva inspeção de cabos	Evitar queima de fusível	Cabos dos sensores	Engenharia de manutenção	01/09/2016	Inspeção preventiva	20	SISTEMA DE DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO
420	Inserir no chek listen diário	Para detectar vazamento de ar	Documento de manutenção autônoma	Engenharia de manutenção	01/09/2016	Verificação diária	10	
420	Inserir no chek listen diário	Para detectar vazamento de ar	Documento de manutenção autônoma	Engenharia de manutenção	01/09/2016	Verificação diária	10	
480	Inserir no plano de lubrificação	Para impedir travamento do conjunto	Plano de lubrificação	Engenharia de manutenção	01/09/2016	Preventiva	10	

216	Orientado operador para verificar encosto	Para evitar de abrir ordem corretiva de sensor não aciona	Célula de trabalho	Manutenção	01/09/2016	Treinamento	20
768	Inserido chek-listen diário a inspeção e preventiva	Evitar vazamentos de ar	Dispositivos de solda	Operador	01/09/2016	Inspeção visual	10

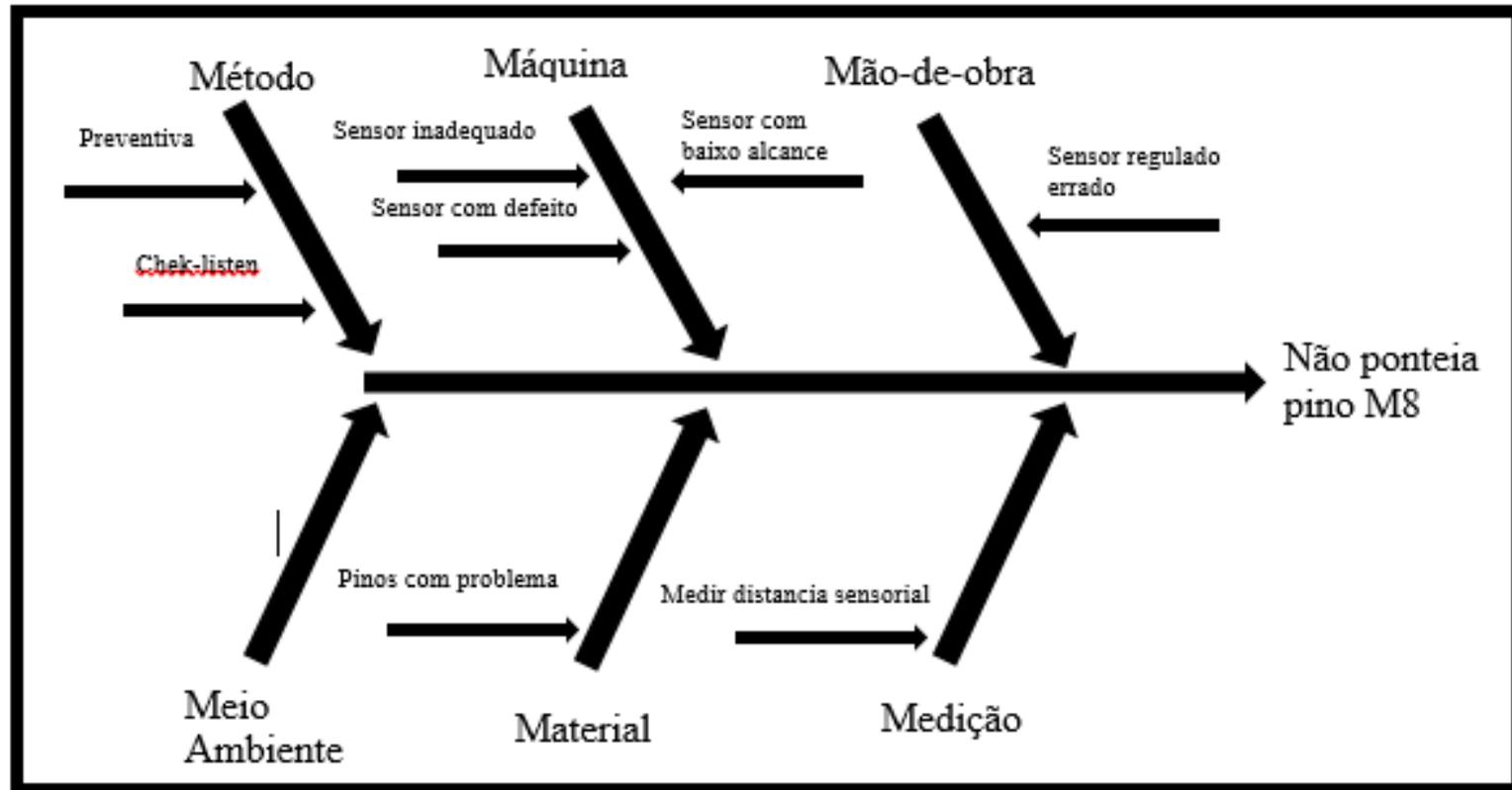
Fonte: Autor, 2016

APÊNDICE E- Representa diagrama de ISHIKAWA para identificar causa da falha na válvula



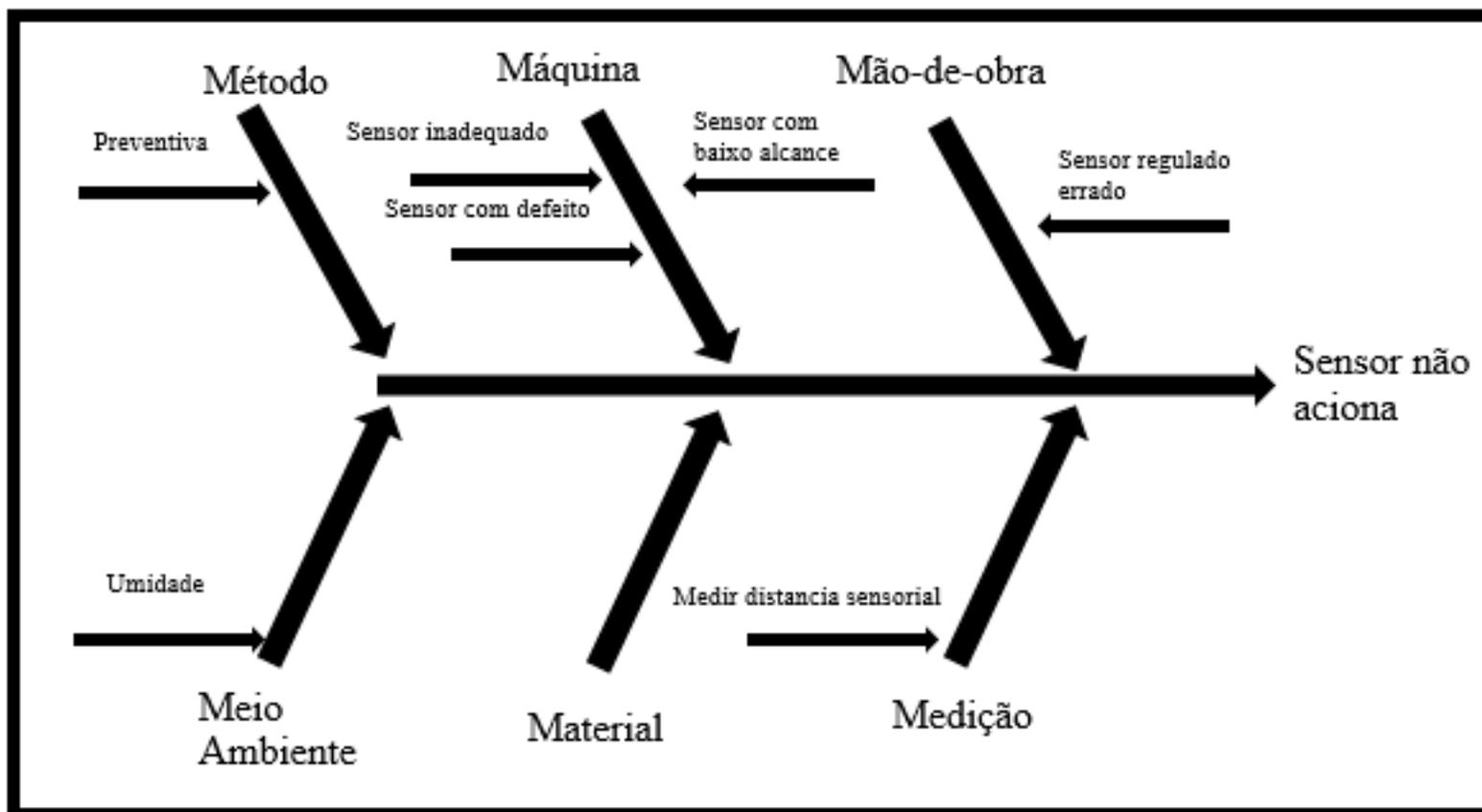
Fonte: Autor, 2016

APÊNDICE F- Mostra análise em um diagrama de causa efeito, de falha no sensor M8



Fonte: Autor,2016.

APÊNDICE G- Representa análise da causa da falha no sensor



Fonte: Autor, 2016

ANEXOS

ANEXO A- Plano de manutenção de um jato de granalha

ATIVIDADES DE INSPEÇÃO DIÁRIA - JATO COM GRANALHA										Revisado por:				Aprovado por:				Data				Emitido												
OBSERVAÇÕES		ITEM	ONDE	ATIVIDADE																MÉTODO	FERRAMENTA / EPI				TEMPO (H)									
		1	Botoeira	Sistema de segurança - Teste o funcionamento do botão de emergência (botão de emergência e cortinas). # Interrompa o funcionamento do equipamento pressionando o botão de emergência.																Visual/Manual					0:01:00									
		2	Painel de controle	Examinar a ocorrência de sujeira no painel de controle. # Inspeccionar o sistema de ventilação ou o tecido do filtro, caso necessitar limpar e ou solicitar troca o filtro do painel.																Visual/Manual	Panos, solução de limpeza				0:01:00									
		3	Cortinas de segurança	Limpar cortinas de segurança com papel algodão próprio. # Evitar choques bruscos para que não altere o posicionamento das cortinas. # Usar sempre papel algodão próprio, impedindo riscos ou danos maiores a lente da cortina.																Visual/Manual	Papel Algodão				0:01:00									
		4	Motoredutor	Verificar se não há vazamentos nos motoredutores. # Cabe também ver se há ruídos anormais ou folgas mecânicas grosseiras.																Visual/Manual/Auditivo	Panos, solução de limpeza				0:03:00									
		5	Transfer	Verificar funcionamento do transefer e limpar uma vez por semana # Verificar se não há vazamentos hidráulicos ou pneumáticos, folgas mecânicas e ruídos anormais																Visual/Manual/Auditivo					0:02:00									
		6	Esteira de Roletes	Verificar condições e funcionamento da esteira de rolete # Verificar ruídos anormais ou possíveis folgas (desgastes).																Visual/Manual/Auditivo					0:00:30									
		7	Reservatório	Verificar nível de granalha no reservatório repor granalha se necessário																Visual/Manual					0:02:00									
		8	Coletor	Verificar nível de pó no tambor coletor (Trocar tambor se necessário)																Visual/Manual					Audi									
		9	Equipamento	Verificar ruídos anormais																Auditivo					0:01:00									
Turnos	SEMANA								SEMANA								SEMANA								SEMANA									
		DOM	SEG	TER	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB		DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB		DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB		DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB
	1										1									1								1						
	T	2									2									2								2						
	U	3									3									3								3						
	R	4									4									4								4						
	N	5									5									5								5						
	O	6									6									6								6						
	A	7									7									7								7						
		8									8									8								8						
	9									9									9								9							
NOME																																		
T	1									1									1								1							
	2									2									2								2							
	3									3									3								3							
	4									4									4								4							
	5									5									5								5							
	6									6									6								6							
	7									7									7								7							
	8									8									8								8							
B	9									9									9								9							

Fonte: KERSTEN, 2014, p. 67

ANEXO B- Formulário de FMECA.

Análise de modos de falha, efeitos e criticidade							
	Unidade	Código	Facilitador	Data	Folha		
	Item	Código	Auditor	Data	De		
FU	Função	FA	Falha	MO	Modo	Efeito	C

Fonte: Adaptado de SIQUEIRA ,2009, p.65.

ANEXO C- Mostra valores para cálculo do NPR

COMPONENTES NPR	CLASSIFICAÇÃO	PESO
Frequência da Ocorrência (F)	IMPROVAVEL	1
	Muito Pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Media	7 a 8
	Alta	9 a 10
Gravidade da Falha (G)	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente Grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
Detectividade (D)	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
Índice de Risco (NPR)	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200

	Muito Alto	200 a 1000
--	------------	------------

Fonte: PINTO E NASCIF, 2001, p.116.

Anexo D-Representa modos de falha típicos

MODO DE FALHA TÍPICOS	MODO DE FALHA	TIPO DE FALHA	CAUSA
MECÂNICOS	FRATURA	DUCTIL	DEFORMAÇÃO PLÁSTICA POR ESMAGAMENTO
	DESGASTE	MECÂNICO	REMOÇÃO DE MATERIAL POR ATRITO
	DEFORMAÇÃO	TRAÇÃO	ALONGAMENTO DUCTIL SOB FORMA DE TRAÇÃO
	INCRUSTAÇÃO	PROCESSUAL	DEPÓSITO DE MATERIAL UTILIZADO NO PROCESSO
ELÉTRICOS	PERDAS	DIELETRICA	CONDUÇÃO ELÉTRICA EM SEMICONDUTORES
	ISOLAMENTO	CONTAMINAÇÃO	MODIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS POR IMPUREZA

	RESISTENCIA	CONTAMINAÇÃO	MODIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS POR IMPUREZA
ESTRUTURAIS	DANO ACIDENTAL	MANUTENÇÃO	ERRO NA EXECUÇÃO DA MANUTENÇÃO
	DANO POR FADIGA	TERMICA	PROPAGAÇÃO DE TRINCAS SOB CICLO TERMICO
HUMANOS	DISTRAÇÃO	DE ATENÇÃO	ATIVIDADES MONOTONAS
	LAPSO	DE CONHECIMENTO	ATIVIDADES POUCO FREQUENTES
	VIOLAÇÃO	DE INTENÇÃO	ACHAM QUE VAI DAR CERTO

Fonte: Adaptado de SIQUEIRA, 2009.

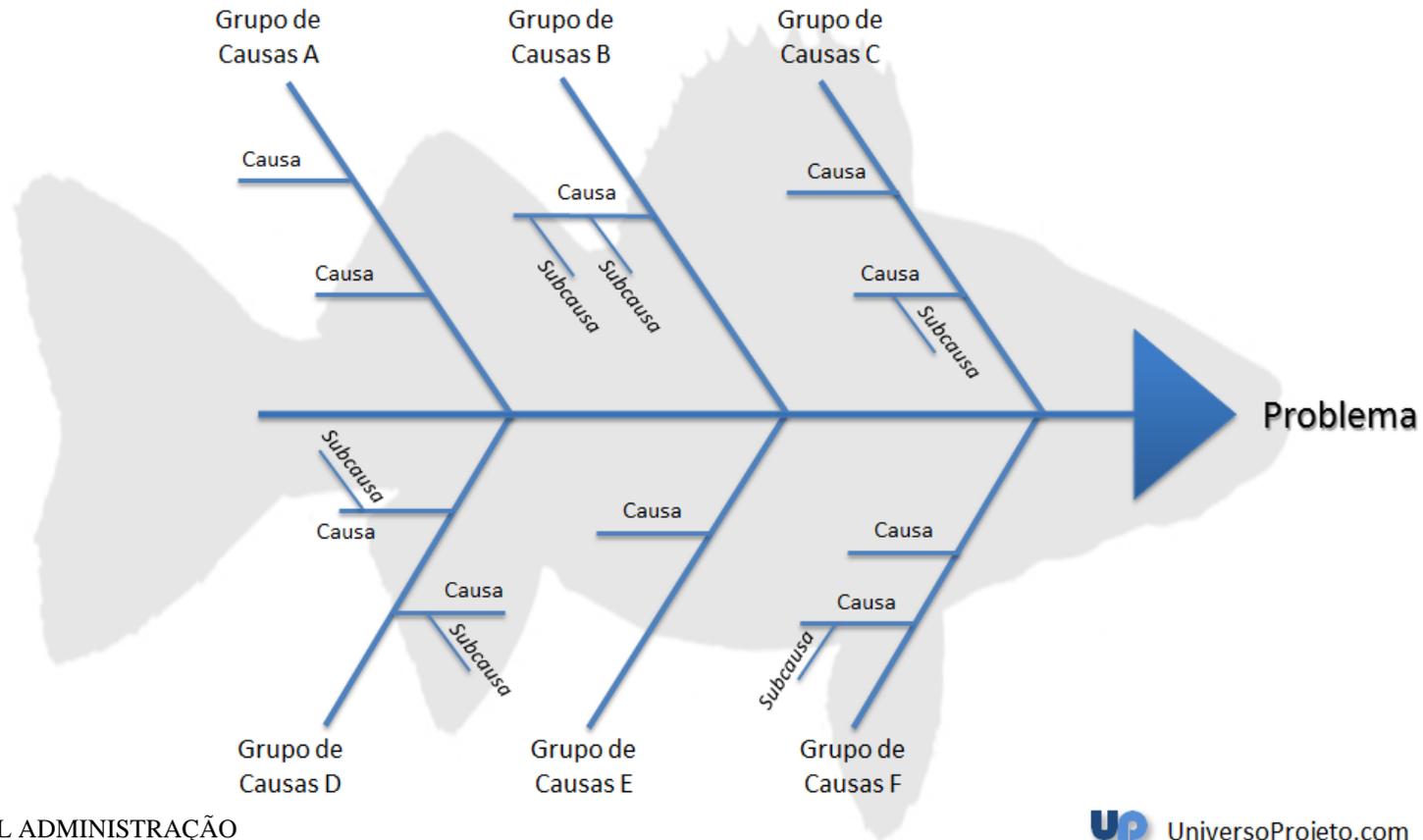
ANEXO E- Mostra modelo de formulário de FMECA.

Empresa:		FMECA- ANÁLISE DE MODO, EFEITO, E CRITIDADE DE FALHA										DATA:			
LOCAL		SISTEMA:						EQUIPAMENTO:							
Componente para Processo	Função do componente	Possíveis falhas			Controle atual	Índices			NPR	Ações corretivas		Índice melhorado			NPR
		Modo	Efeito	Causa		F	G	D		Recomendada	Adotada	F	G	D	

Fonte: PINTO E NASCIF, 200

ANEXO F- Diagrama de Causa Efeito

Diagrama de Ishikawa (Causa e Efeito) – “Espinha de Peixe”



fonte: PORTAL ADMINISTRAÇÃO