



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

FÁBIO LOPES DA SILVA

**APRIMORAMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA
ESTAÇÃO DE SOLDA UTILIZANDO A FERRAMENTA FMEA**

Salvador
2018

FÁBIO LOPES DA SILVA

**APRIMORAMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA
ESTAÇÃO DE SOLDA UTILIZANDO A FERRAMENTA FMEA**

Trabalho apresentado como requisito para
avaliação final do curso de MBA em Gestão da
Manutenção, Centro Universitário Senai
Cimatec.

Docente Orientador: MSc. Emerson Sanches

Salvador
2018

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

S586 Silva, Fábio Lopes

Aprimoramento do plano de manutenção de uma estação de solda utilizando a ferramenta FMEA / Fábio Lopes da Silva. – Salvador, 2018.

73 f. : il.

Orientador: Prof. MSc. Emerson Carlos Assunção Sanches.

Monografia (MBA Executivo em Gestão da Manutenção) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2018. Inclui referências.

1. FMEA. 2. Prevenção de falhas. 3. Manutenção industrial. 4. Plano de manutenção. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Sanches, Emerson Carlos Assunção. III. Título.

CDD: 658.202

NDI - 02



Centro Universitário SENAI CIMATEC

CURSO “LATO SENSU” ESPECIALIZAÇÃO EM MBA – GESTÃO DA MANUTENÇÃO

ATA DE APRESENTAÇÃO

Ata de apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**APRIMORAMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE SOLDA UTILIZANDO A FERRAMENTA FMEA**” submetido pela aluno **Fábio Lopes da Silva** como parte dos requisitos para obtenção do Certificado de Especialista em Gestão da Manutenção, pelo Centro Universitário SENAI CIMATEC. Às 17:00h do dia 14 de março de 2018 reuniu-se, no CIMATEC, a Banca Examinadora designada pela Coordenação de Curso, constituída pelos(as) Professores(as) Emerson Carlos Assunção Sanches, Marinilda Lima Souza e Sérgio Oliveira Pitombo. O orientador deu início aos trabalhos e, concluída a exposição pelo estudante, a banca reuniu-se atribuindo a nota 9,0 (noventa) ao aluno.

A banca de avaliadores decidiu pela:

Aprovação Integral do trabalho

Caberá ao aluno apresentar, no máximo em 30 (trinta) dias duas cópias do trabalho impresso em capa dura e uma cópia em PDF gravadas em CD.

Aprovação do trabalho com restrições

Caberá ao aluno apresentar o trabalho com as considerações sugeridas em um prazo máximo de 30 (trinta) dias. 05 (cinco) dias após a entrega, o coordenador do curso deverá emitir parecer definitivo nessa mesma forma de documento.

Reprovação do trabalho

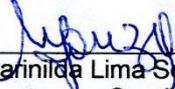
O aluno terá que se matricular novamente no TCC – Trabalho de Conclusão de Curso e ser submetido a uma banca avaliadora no semestre seguinte.

As ações consequentes ao status de Aprovação deverão obedecer aos prazos propostos sob pena do parecer final ser modificado automaticamente para o status de Reprovado e sem possibilidade de recurso.

Para constar, lavrou-se a presente ata que vai assinada por todos os membros da Banca. Por estarem cientes de suas obrigações estão de acordo com os termos desse documento:

Salvador, 14 de março de 2018.


Emerson Carlos Assunção Sanches - Orientador
Mestre em Mestre em Mecatrônica
Centro Universitário SENAI CIMATEC


Marinilda Lima Souza - Membro
Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial
Centro Universitário SENAI CIMATEC


Sérgio Oliveira Pitombo - Membro
Mestre em Engenharia Elétrica
Centro Universitário SENAI CIMATEC

*MANUTENÇÃO É ISSO.
Quando vai bem, ninguém lembra que existe.
Quando algo vai mal, dizem que não existe.
Quando é para gastar, acham que não é preciso que exista.
Porém quando realmente não existe...
TODOS CONCORDAM QUE DEVERIA EXISTIR*

Arnold Sutter

RESUMO

Este estudo trata da proposta de melhorias das atividades de manutenção em uma empresa do segmento automotivo, localizada no Polo Industrial da cidade de Camaçari – BA, visando otimizar as atividades de manutenção, melhorar a disponibilidade operacional e a qualidade final do serviço produzido por uma estação de solda da carroceria do veículo. Constatam nesse trabalho a identificação da base de dados utilizada para as avaliações, as ações praticadas pela manutenção no período de 2014, 2015 e 2016, sem utilizar as metodologias da confiabilidade e a proposta para implantação das melhorias a partir da utilização da ferramenta de confiabilidade FMEA no processo de manutenção, através da análise das falhas identificadas no período estudado. Desta maneira, o trabalho contribui para a geração de resultados positivos ao processo, permitindo ganhos de produtividade com melhoria nos indicadores, com oportunidade de otimização na aplicação da metodologia.

Palavras-chave: FMEA, prevenção de falhas, manutenção industrial, Plano de Manutenção

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de Ishikawa	19
Figura 2: Classificação de Criticidade.....	23
Figura 3: Classificação de Frequência.....	23
Figura 4: Classificação de detecção.....	24
Figura 5: Pinça pneumática	26
Figura 6: Assoalho completo	29
Figura 7: Lateral direita e esquerda.....	29
Figura 8: CARROCERIA	30
Figura 9: Estação de solda X	31
Figura 10: Layout da estação de solda X	32
Figura 11: Estação, equipamento, problema e ação	34
Figura 12: Gráfico de Pareto das estações - Tempo de paradas em minutos	34
Figura 13: Gráfico indicador de TP em % – mensal, semanal e diário.....	35
Figura 14 - Gráfico indicador da estação, equipamento e ocorrência	36
Figura 15 - Gráfico indicador de Tempo de Parada (TP) em percentual – mensal	37
Figura 16 - Gráfico indicador de TMEF em minutos – mensal.....	37
Figura 17 - Gráfico indicador de TMPR em minutos – mensal	38
Figura 18 - Gráfico indicador de parada em minutos -2014	39
Figura 19: Gráfico indicador de número de ocorrência - 2014.....	40
Figura 20: GRÁFICO INDICADOR DE TEMPO DE PARADA (TP) EM PERCENTUAL – MENSAL 2014	40
Figura 21: Gráfico indicador de TMEF em minutos – mensal/2014	41
Figura 22: Gráfico indicador de TMPR em minutos – mensal/2014.....	41
Figura 23: Gráfico indicador de parada em minutos - 2015	43
Figura 24: Gráfico indicador de número de ocorrência - 2015.....	44
Figura 25: Gráfico indicador de Tempo de Parada (Down time) em % – mensal/2015.....	44
Figura 26: Gráfico indicador de TMEF em minutos – mensal/2015.....	45
Figura 27: Gráfico indicador de TMPR em minutos – mensal/2015.....	45
Figura 28: Gráfico indicador de TP em minutos -2016.....	47
Figura 29: Gráfico indicador de número de ocorrências – 2016.....	48
Figura 30: GRÁFICO INDICADOR DE TEMPO DE PARADA (DOWN TIME) EM % – MENSAL/2016	49
Figura 31: Gráfico indicador de TMEF em minutos – mensal/2016	50
Figura 32: Gráfico indicador de TMPR em minutos – mensal/2016.....	50
Figura 33: Planilha Excel da ferramenta fmea.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASA – LD	Asa - Lado Direito
ASA – LE	Asa - Lado Esquerdo
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time to repair</i>
Nf	Número de Falha
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
TC	Tempo de Ciclo
TEO	Taxa de Eficiência Operacional
TMEF	Tempo Médio Entre Falhas
TMPR	Tempo Médio Para Reparo
TOD	Tempo Operacional Disponível
TP	Tempo de Parada
TPP	Total de Peças Produzidas
TTDP	Tempo Total Disponível para Produção
TTP	Tempo Total de Parada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 MANUTENÇÃO	13
2.1.1 Indicadores de desempenho da manutenção	14
2.1.2 Tipos de manutenção	16
2.2 CONFIABILIDADE	17
2.2.1 Manutenção centrada em confiabilidade (MCC)	18
2.3 FMEA	20
2.3.1 Benefícios	21
2.3.2 Como elaborar uma análise FMEA	21
2.4 ÁREA AUTOMOTIVA	25
3 ESTUDO DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA	28
3.1 DESCRIÇÃO MACRO DA PRODUÇÃO DE CARROCERIA DO SETOR DE ARMAÇÃO DO VEÍCULO	28
3.2 DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO X	30
3.3 TRATAMENTO DE DADOS DOS INDICADORES E ÍNDICES A SER ACOMPANHADOS	33
3.3.1 Avaliação dos Indicadores e índices em 2014 na área do Fechamento	38
3.3.2 Avaliação dos indicadores e Índices em 2015 na área do Fechamento. ...	42
3.3.3 Avaliação dos indicadores e Índices em 2016 na área do Fechamento	47
3.4 ELABORAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA	51
3.5 ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO	52
3.5.1 Plano de manutenção preditiva da pinça automática - trimestral	52
3.5.2 Plano de manutenção preventiva da pinça automática - semestral	53
3.5.3 Plano de manutenção preventiva da pinça automática - anual	53
3.5.4 Plano de manutenção preditiva do painel solda - trimestral	56
3.5.5 Plano de manutenção preventiva painel de solda e calibração da pinça - semestral	56
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS	60
Anexo 1 – Planilha de anotações de falhas no Excel	61
Anexo 2 - Gráfico indicador paradas em minutos - 2014	62
Anexo 3 - Gráfico indicador de parada por ocorrência - 2014	63

Anexo 4 - Gráfico indicador de Tempo de Paradas, TMEF, TMPR - 2014.....	64
Anexo 5 - Gráfico indicador paradas em minutos - 2015	65
Anexo 6 - Gráfico indicador de parada por ocorrência - 2015.....	66
Anexo 7 - Gráfico indicador de Tempo de Paradas, TMEF, TMPR - 2015.....	67
Anexo 8 - Gráfico indicador paradas em minutos - 2016	68
Anexo 9 - Gráfico indicador de parada por ocorrência - 2016.....	69
Anexo 10 - Gráfico indicador de Tempo de Paradas, TMEF, TMPR - 2016.....	70
Anexo 11 – Planilha FMEA 1.....	71
Anexo 11 – Planilha FMEA 2.....	72
Anexo 11 – Planilha FMEA 3.....	73
Anexo 11 – Planilha FMEA 4.....	74

1 INTRODUÇÃO

A efetividade da manutenção tornou-se um assunto imprescindível no processo de produção industrial devido a necessidade de dispor do ativo por mais tempo possível em operação, de forma confiável e com baixo risco operacional. A ela estão associadas parcelas importantes dos programas de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade dos equipamentos e sistemas produtivos. Por meio das ações deste programa, é possível manter e melhorar a qualidade do processo produtivo, bem como aumentar o volume produzido e minimizar custos, dentre outros.

Segundo Seixas (2001) a manutenção vem evoluindo, criando alternativas e técnicas inovadoras com o objetivo de alcançar a maior eficácia dos equipamentos, maior confiabilidade possível e o nível de qualidade desejado. Com enfoque na manutenção preventiva e preditiva, foi desenvolvido o conceito de manutenção produtiva total, conhecido como *Total Productive Maintenance* - TPM, que inclui programas de manutenção preventiva e preditiva. Dessa forma, surgem técnicas e ferramentas que tem como finalidade monitorar as condições reais de funcionamento das máquinas e equipamentos com base em dados que informam os seus desgastes ou processos de deterioração.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o aprimoramento de um plano de manutenção, em uma estação de solda do setor de armação de uma indústria automobilística, com o objetivo de aumentar a confiabilidade e a disponibilidade da estação.

O estudo foi ambientado em uma unidade produtiva situada no Polo Industrial da cidade de Camaçari-BA. Unidade essa que se destaca por modernas técnicas de produção e traz conceitos inovadores de produto e de processo para o mercado automobilístico. Foi contextualizado às práticas adotadas na fábrica de automóveis, de modo a agregar vivacidade aos exemplos selecionados para caracterizá-lo. O trabalho apresenta algumas atividades constantes do processo de melhoria contínua implementado na montadora, tendo como foco o principal o processo produtivo da Armação, onde são produzidas as carrocerias dos veículos através do Processo de Soldagem, solda a ponto.

O trabalho apresenta-se como uma proposta a ser aplicada, revisando e melhorando os planos de trabalhos existentes a partir das evidências de perdas de produção na estação escolhida para a aplicação do estudo. É um trabalho de campo, sendo utilizada metodologia de solução de problemas para aplicação prática, apoiada na fundamentação teórica.

Os objetivos específicos consideram os tópicos a seguir para alcançar e construir as soluções para o estudo proposto:

- Identificar e reduzir as paradas não programadas da máquina;
- Analisar e reduzir as perdas;
- Melhorar a eficiência da máquina em relação à média do período da coleta de dados;
- Melhorar os valores dos Indicadores de manutenção: Tempo de Parada (TP), Tempo Médio Entre Falha (TMEF) e Tempo Médio Para Reparo (TMPR) em relação à média do período de coleta de dados.
- Propor a revisão dos planos de manutenção utilizando a FMEA.

O trabalho está estruturado em 4 capítulos, sendo que no capítulo 1 é apresentada a Introdução, no qual compreende a contextualização do tema, objetivos e metodologia utilizada para a representação prática. No capítulo 2 é contemplado a fundamentação teórica sobre manutenção e FMEA, são abordados ainda os temas confiabilidade, área automotiva e sistema de solda a ponto, que serviram como base para a discussão de conceitos e da proposta desse estudo.

O capítulo 3 é reservado ao desenvolvimento do conteúdo com a situação atual e apropriação da ferramenta a fim de alcançar os objetivos estabelecidos. É realizado o diagnóstico do setor de manutenção, para tanto se faz necessário descrever o cenário onde a pesquisa foi desenvolvida, seguida da proposta de aplicação da ferramenta FMEA. No capítulo 4 são apresentadas as considerações finais, sintetizando os principais argumentos, com sugestões para a aplicação da metodologia no cotidiano da produção industrial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A busca das organizações em reduzir as perdas por falhas nos equipamentos e sistemas, tem levado a adotarem métodos sustentados por literaturas e seus autores, alcançando bons resultados. Neste trabalho seguiu-se a mesma linha adotando-se os métodos recomendados por esses. Neste capítulo, é tratado da fundamentação teórica de 05 tópicos principais, listadas em seguida:

- Manutenção
- Confiabilidade
- FMEA
- Área automotiva
- Sistema de solda a ponto

2.1 MANUTENÇÃO

Tavares e Silva Filho (2000) explicam que, a razão de ser da manutenção está em gerar condições operacionais para que equipamentos, instalações e serviços funcionem adequadamente, visando atingir objetivos e metas da empresa, atendendo assim, aos clientes, no mais baixo custo, sem perda da qualidade.

No final do século XX, devido às exigências de qualidade em produtos e serviços, “a manutenção passou a ser um elemento importante no desempenho dos equipamentos em grau de importância equivalente ao que já vinha sendo praticado na operação” (TAVARES, 1999, p.13).

A manutenção tem que ser mais do que reparar, é preciso prever, melhorar a confiabilidade do equipamento, executar a manutenção centrada em confiabilidade (MCC). É preciso também acompanhar o processo produtivo, melhorar o acesso aos equipamentos, melhorar as técnicas de manutenção, identificar a restrição do processo produtivo, “o gargalo”, executar a Engenharia de manutenção. E como saber se a manutenção é eficaz? Qual o equipamento é preciso priorizar? É preciso medir a saúde da manutenção através de indicadores.

Segundo Kardec, (2013), O setor de manutenção é muito importante para qualquer tipo de atividade dentro de uma organização e precisa ser bem gerenciado.

Sendo assim é preciso acompanhar as atividades deste setor, através de indicadores e índices que demonstrem a situação em que a atividade de manutenção se encontra em relação ao que se deseja dela. Assim é possível avaliar, tomar decisões, priorizar as atividades de manutenção.

Segundo o manual de engenharia de manutenção ABB (2003), dentre os parâmetros abordados pela manutenção, estão os índices de Tempo Médio Para Reparo (TMPR), Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) e Tempo de Parada (TP).

Mas existem outros que não serão abordados neste trabalho como o índice de manutenção de preventiva executado, o índice de utilização de homem/hora em manutenção, o índice de carga de trabalho para o cumprimento das tarefas de manutenção pendentes, por se tratar de um assunto extenso e fora da proposta deste trabalho.

2.1.1 Indicadores de desempenho da manutenção

Os Indicadores podem mensurar diferentes desempenhos, abrangendo desde o tempo de parada das máquinas até o processo produtivo. Atualmente os softwares instalados em muitas fábricas podem oferecer algumas dezenas de indicadores, mas é preciso ter atenção a aqueles que realmente agregam valor. Tudo dependerá dos objetivos, da estratégia e do plano de ação adotado na escolha desses indicadores. O manual de engenharia de manutenção ABB (2003) define abaixo alguns indicadores: o Tempo Médio para Reparo (TMPR), o Tempo Médio entre Falhas (TMEF) e Tempo de Parada (TP).

a) Tempo Médio para Reparo (TMPR)

Também conhecido como *Mean Time To Repair (MTTR)*, é um indicador que mostra em média o tempo utilizado para a realização do reparo, após a ocorrência de uma falha.

Ele é uma medida que mostra o tempo utilizado para se providenciar peças sobressalentes, a mão-de-obra, ferramentas e a execução da ação corretiva para que o equipamento volte ao funcionamento, é usualmente expresso em minutos e deve ser o menor possível.

$$TMPR = \frac{TTP}{Nf} \quad (1)$$

TTP = Tempo Total de Parada consumido nos reparos [minutos]

Nf = número de falhas

b) Tempo Médio entre Falhas (TMEF)

Também conhecido como *Mean Time Between Failure* (MTBF), é um indicador que mostra o tempo médio de operação entre duas falhas, excluindo o tempo de reparo e as paradas operacionais-equipamento em espera. O tempo total disponível para produção (TTDP) é o tempo estipulado pela organização para ser produzido, onde são descartados tempo para reunião sindical, informações organizacionais e etc.

É uma medida do quanto é confiável e disponível o equipamento, ou seja, quanto menos falhas ocorre mais confiável e disponível é o equipamento. Ele é usualmente dado em horas:

$$TMEF = \frac{TTDP - TTP}{Nf} \quad (2)$$

TTDP = Tempo Total Disponível para Produção [horas]

TTP = Tempo Total de Parada [horas]

Nf = número de falhas

c) Tempo de Parada (TP)

Também conhecida como *Down Time*, é um indicador que mostra o tempo em que o equipamento ficou parado, ou seja, indisponível para produção. Este tempo pode ser por quebra do equipamento, ajuste de máquina, reunião sindical e etc. Ele é usualmente expresso em % (percentual).

$$TP = \frac{TTP}{TTDP} \times 100 \% \quad (3)$$

TTP = Tempo Total de Parada [horas]

TTDP = Tempo Total Disponível para Produção [horas]

2.1.2 Tipos de manutenção

a) Manutenção corretiva

Gurski (2002) define que a manutenção corretiva é aquela que é feita imediatamente após o equipamento perder sua função ou parte dela. Ela pode ser planejada ou não planejada. A manutenção corretiva não planejada a correção é feita logo após o equipamento perder sua função, implica em altos custos, perda de produção. A manutenção corretiva planejada a correção é feita em função de um acompanhamento preditivo, detectivo. Torna-se mais elaborada, segura e rápida pois é feito um planejamento das atividades.

b) Manutenção preventiva

Gurski (2002) define que a manutenção preventiva é um tipo de manutenção baseada em intervalos definidos no tempo para evitar falhas ou paradas não programadas.

c) Manutenção preditiva

Gurski (2002) define que a manutenção preditiva é a manutenção baseada nas variáveis ou parâmetros de desempenho dos equipamentos de modo sistemático, identificando variações nesses de modo a ser realizada uma manutenção corretiva planejada. Os parâmetros de uma manutenção preditiva podem ser: temperatura, vibração, viscosidade de óleo, corrente, tensão, pressão e etc.

d) Engenharia de manutenção

Segundo Gurski (2002) praticar a Engenharia de Manutenção significa deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver manutenibilidade, dar

feedback ao projeto, interferir tecnicamente nas compras, perseguindo o benchmarking em manutenção. À medida que melhores técnicas vão sendo introduzidas, os resultados da manutenção vão sendo melhorados.

Segundo Gurski (2002), uma planta voltada para manutenção corretiva, ou seja, comandada pelo reparo de quebras aleatórias dos equipamentos, apresenta resultados medíocres. Esses resultados são levemente melhorados com a prática da manutenção preventiva, e ganham um sensível incremento com a prática da manutenção preditiva. No estágio de manutenção preditiva, a máxima disponibilidade operacional para a qual os equipamentos foram projetados é alcançada, o que proporciona o aumento na produção e faturamento. Os dados coletados na Manutenção preditiva, tais como curvas de tendência, dados instantâneos e valores de alarme, guiarão recomendações para intervenção, antes da falha ocorrer. No momento em que a estrutura de manutenção dessa planta estiver utilizando para análise, estudo e proposições de melhoria de todos os dados que o sistema de preditiva colhe e armazena, estará praticando a Engenharia de Manutenção. A Engenharia de manutenção utiliza dados adquiridos pela Manutenção para melhorar sempre. É dentro desse enfoque que as empresas estão dedicando mais atenção ao assunto, procurando novas técnicas de aumento de confiabilidade.

2.2 CONFIABILIDADE

Segundo Gurski (2002), confiabilidade é a probabilidade de que um componente, equipamento ou sistema exercerá sua função sem falhas, por um período de tempo previsto, sob condições de operação especificadas. Confiabilidade é uma medida estatística (probabilidade), determinada pelo grau de admissibilidade abaixo da qual a função não é mais satisfatória (falha), dentro de um determinado tempo definido (ou seja, em intervalos diferentes de tempo, haverá diferentes níveis de confiabilidade), e sob condições definidas de uso (o mesmo equipamento sujeito a duas condições diferentes de uso, apresentará diferentes confiabilidades em cada caso). Na prática existem diversas definições. Normalmente, confiabilidade pode significar a confiança que o usuário tem em seu equipamento.

Esta dimensão da qualidade, a confiabilidade, tem se tornado cada vez mais importante para os consumidores, pois, a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada, causa, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo. Na indústria automobilística isso pode ser representado por perdas na produção.

2.2.1 Manutenção centrada em confiabilidade (MCC)

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é definida por Seixas (2001) como método para desenvolver e selecionar projetos alternativos de manutenção, baseados em critérios econômicos, de segurança e operacionais. MCC utiliza perspectiva do sistema para análise das funções do sistema, das falhas das funções e da prevenção das falhas.

A MCC ou RCM - *Reliability-Centred Maintenance* - iniciou sua aplicação no setor aeronáutico, quando foi desenvolvido um avião de grande porte. A partir de então, diversas aplicações foram conduzidas em diversos setores, tais como: Área marítima, conversão de energia solar, terminais de grãos, minas de carvão, geração e distribuição de energia, cimenteira, automobilística, farmacêutica, alimentos dentre outras.

De acordo com Seixas (2001), a manutenção tradicional é desempenhada em um sistema, ou conjunto de componentes, do mesmo modo, sem considerar as diferenças das funções entre componentes, dentro de um mesmo sistema. A manutenção tradicional foi desenvolvida com pouca ou nenhuma consideração para “como cada item do equipamento contribui para o sucesso global”.

Já na MCC a frequência e as atividades de manutenção são desenvolvidas observando “como cada item contribui para manter a função do sistema”.

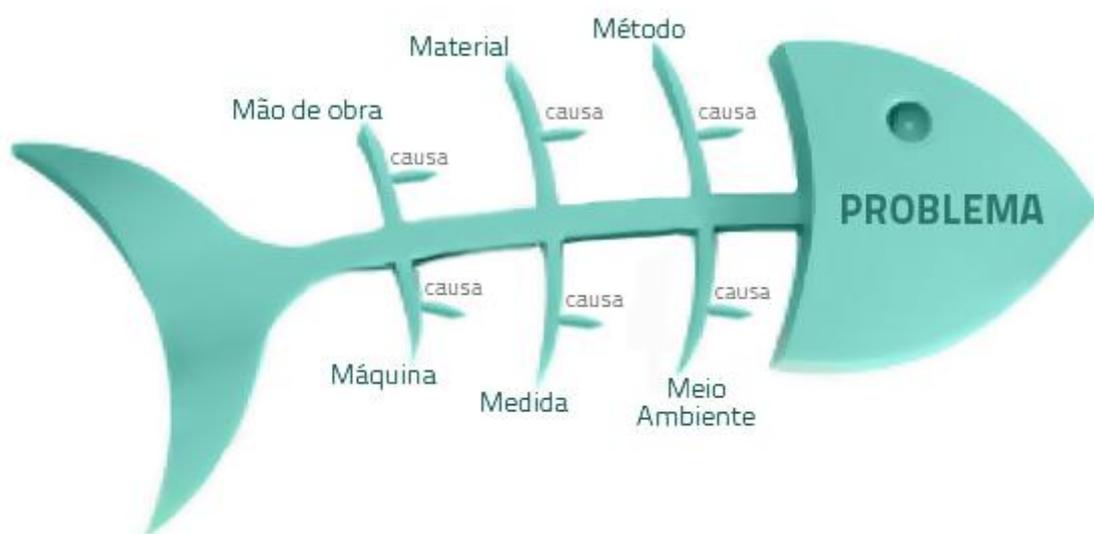
A MCC fornece um mecanismo para que as pessoas decidam que manutenção necessita ser desempenhada e também que manutenção não necessita ser feita. E para que o sistema forneça eficácia, Seixas (2001) ainda conclui que o método MCC tem muitas variantes e cada uma deve ser utilizada considerando os princípios básicos do método. O método não é a cura de todos os males ou uma bola mágica para desenvolver todos os problemas industriais. O sucesso de cada aplicação depende,

sobretudo, de apoio gerencial, da criatividade da equipe na utilização do método e do grau de cooperação do pessoal da instalação envolvidos com os sistemas.

Existem algumas técnicas que podem agregar conhecimento a MCC, como as ferramentas de qualidade, a FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), Análise das Causas Raízes da Falha, o MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), o diagrama de Ishikawa, conhecido também com Espinha de Peixe ou Causa e Efeito. O diagrama leva em conta que toda causa vai produzir um efeito, essas causas representam hipóteses que precisam ser analisadas e testadas uma a uma a fim de comprovar sua veracidade e determinar o grau de influência ou impacto sobre a situação em análise.

O diagrama de Ishikawa representa a relação existente entre determinado resultado de um processo (efeito) e os diversos fatores (causas) que podem contribuir para esse resultado. Sua relação com a imagem de uma espinha de peixe se dá devido ao fato que podemos considerar suas espinhas as causas dos problemas levantados, que contribuirão para a descoberta de seu efeito. A Figura 01 representa o diagrama de Ishikawa.

FIGURA 1 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA



Fonte: Qualyteam (2014)

A produção de qualquer bem de consumo é igual a soma do trabalho da produção mais o trabalho da manutenção, (Produção = operação + manutenção). Mas num mercado tão competitivo, com consumidores exigentes, leis ambientais rígidas é preciso produzir mais, gastando menos, respeitando o ambiente, sem acidentes. A produção tem que ser eficaz, melhor que o concorrente. Sendo assim pode-se dizer que Produção é igual à soma do trabalho da operação, manutenção e qualidade, (Produção = operação + manutenção + qualidade).

2.3 FMEA

Como Seixas (2001) define *Modo de Falha e seus Efeitos*, em inglês *Failure Mode and Effects Analysis* – FMEA, também é uma dessas ferramentas de qualidade. Ela foi utilizada pela primeira vez por volta de 1950, no projeto de desenvolvimento de sistemas de controle de voo. É utilizada na análise sistemática de todos os possíveis modos potenciais de falha de um sistema, assim como, identifica o efeito resultante de tais falhas sobre o sistema.

Em alguns casos, a FMEA também contém uma estimativa da frequência de todos os modos de falha. O mesmo autor ainda reforça que a FMEA pode ser de imenso valor na predição da confiabilidade e manutenibilidade.

Segundo Lafraia (2014) com a utilização do FMEA é possível antever algumas falhas sistêmicas de nível crítico (e também as mais leves), assim como seu efeito sobre o conjunto. Portanto, a ferramenta cria a possibilidade de se minimizar as falhas potenciais e evitar seus efeitos.

O FMEA deve ser elaborado em equipe, que deve ser composta (de preferência) por membros com diferentes especialidades, para que os resultados obtidos alcancem os maiores níveis de excelência possíveis. Todos os integrantes do grupo devem interagir durante todas as decisões. Primeiramente, deve-se determinar se o FMEA será de produto ou processo; isso muda o modo como a leitura do FMEA será feita posteriormente (serve mais para informar ao leitor o tipo de documento que ele tem em mãos).

Segundo Silveira (2017), existem vários tipos de FMEA utilizados no mundo todo. Dentre eles, alguns podem ser mais utilizados do que outros diferindo em alguns aspectos como forma de classificar os riscos e nomes dados aos elementos. Entretanto, todos possuem o mesmo objetivo: identificar falhas que podem causar danos em potencial ou prejuízo para o usuário do produto ou serviço oferecido. Os tipos mais comuns de FMEA são os de produto e o de processo, mas existem outros a citar:

- FMEA de Produto: Nele são analisadas falhas que poderão acontecer nas especificações do produto focando em componentes e subsistemas. Este tipo também pode ser chamado – FMEA de projeto.
- FMEA de Processos: Tem como objetivo analisar a falhas no planejamento e execução do processo e conseqüentemente melhorá-lo.
- FMEA de Sistema: Foca nas funções globais de sistemas.
- FMEA de Serviço: Foca em processos de manufatura e montagem.
- FMEA de Software: Foca em funções de software.

2.3.1 Benefícios

- Realizar um processo produtivo com maior qualidade;
- Trabalhar com maior confiabilidade e segurança;
- Trabalhar com menor custo e menores avarias;
- Diminuir a probabilidade de falhas nos produtos e processos.

2.3.2 Como elaborar uma análise FMEA

Segundo Silveira (2017) alguns termos são utilizados em um documento FMEA. São eles:

- Falha: Perda de função quando ela é necessária.
- Modo de Falha: Como você observa a falha / dano causado.
- Efeito da falha: Resultado ou consequência da falha.
- Ocorrência ou Frequência de falha: Quantas vezes isto acontece.

- Severidade ou criticidade de falha: O quão grave é a falha quando ela ocorre?
- Detecção de falha: Posso encontrar a falha antes dela ocorrer?
- RPN: *Risk priority number* – É o risco calculado que fica associado ao modo de falha.

Para Silveira (2017), o FMEA funciona da seguinte forma: um grupo identifica as funções do produto e processo, as possíveis falhas, as causas e os efeitos derivados desta. Em seguida, é analisado o risco (RPN) que cada falha pode fornecer e então são avaliadas quais medidas de melhoria e ações corretivas podem ser aplicadas de forma a diminuir os riscos analisados. Uma planilha ou documento para a análise FMEA de processo inclui os seguintes campos:

- Nome: Nome do componente, subcomponente ou sistema que está sendo analisado;
- Função: é a função que o componente ou sistema desempenha;
- Modo de Falha: é o evento que faz com o que o componente ou sistema perca sua função e a forma como a Falha é percebida pelo homem, através de seus sentidos ou de instrumentos.
- Efeitos: Aspecto aparente que o cliente irá notar. É o que a falha provoca como consequência;

Classificação da Severidade ou Criticidade: Pode variar de 0 a 10, ou outra sequência que a organização considera mais adequada, sendo 0 igual a uma gravidade mínima e 10 uma gravidade máxima; quando houver risco de acidente à integridade física do homem, ativos, meio ambiente, perda de produção proporcional ao tempo de equipamento parado; custo de reparo do equipamento. Neste trabalho será usado a tabulação 1,3,5 e 7. A Figura 02 representa a classificação de Criticidade.

FIGURA 2: CLASSIFICAÇÃO DE CRITICIDADE

CRITICIDADE	
1	Quando houver risco de acidente à integridade física do homem, ativos, meio ambiente, perda de produção entre 1min. e 15 min.; custo de reparo até R\$ 2000
3	Quando houver risco de acidente à integridade física do homem, ativos, meio ambiente, perda de produção entre 15min. e 45 min.; custo de reparo até R\$ 10.000.
5	Quando houver risco de acidente à integridade física do homem, ativos, meio ambiente, perda de produção entre 45 min. e 120 min.; custo de reparo até R\$ 30.000.
7	Quando houver risco de acidente à integridade física do homem, ativos, meio ambiente, perda de produção entre 120 min. e 600 min.; custo de reparo maior que R\$ 60.000.

Fonte: O autor (2016)

- Causa: Apresentação das possíveis causas para a falha ocorrer;
- Classificação e Frequência da Ocorrência: Pode variar de Um a Dez, sendo um igual a uma frequência mínima e Dez uma frequência constante ou máxima. Neste trabalho será usado a tabulação 1,3,5 e 7. A Figura 03 representa a classificação de Frequência.

FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO DE FREQUÊNCIA

Frequência	
1	01 ocorrência a mais de um ano
3	01 ocorrência a cada seis meses
5	01 ocorrência por mês
7	01 ocorrência por dia

Fonte: O autor (2016)

- Classificação da detecção: Pode variar de Zero a Dez, sendo Zero igual a uma detecção máxima e Dez uma detecção nula. Neste trabalho será usado a tabulação 1,3,5 e 7. A Figura 04 representa a classificação de Frequência.

FIGURA 4: CLASSIFICAÇÃO DE DETECÇÃO

Frequência	
1	01 ocorrência a mais de um ano
3	01 ocorrência a cada seis meses
5	01 ocorrência por mês
7	01 ocorrência por dia

Fonte: O autor (2016)

- Ações e procedimentos atuais;
- Ações Recomendadas;
- Responsabilidade;
- Data Prevista;
- Ação Tomada;

Posteriormente, são identificadas as ações necessárias para poder diminuir os maiores riscos que foram calculados. Estas ações podem ser levantadas através do conhecimento e criatividade da equipe, sessões de *brainstorm*, etc. Após agrupar todas as alternativas, será avaliado a viabilidade das mesmas e as tarefas serão distribuídas entre os envolvidos da equipe.

O documento gerado deverá ser analisado e revisado periodicamente, afim de verificar se houveram alterações no produto e processo ou mesmo se surgiram falhas não previstas durante o processo anterior.

2.4 ÁREA AUTOMOTIVA

A indústria automobilística é um dos principais setores da economia. Ela é impulsionadora de grandes inovações tecnológicas, sobretudo em função do elevado investimento em pesquisa e desenvolvimento, com o intuito de agregar funcionalidades, conforto e segurança aos veículos automotivos. Assim também, os diversos equipamentos instalados na fabricação de automóveis são de alta tecnologia, seguros e ergonômicos.

Uma planta automotiva, está dividida em três grandes prédios: a Armação, a Pintura e Montagem Final.

A Armação é responsável pela construção física do carro, é onde é feita a estrutura, ou carroceria. A chapa de aço chega na fábrica em grandes bobinas de aço, no setor de Estamparia, onde é cortada e conformada em portas, tetos, laterais, assoalhos e capuz. Depois estas peças são enviadas para a Armação, que no processo de soldagem, junta-se as outras dezenas de peças menores e nasce assim a carroceira.

Após a construção da carroceria, a mesma é transportada ao prédio da Pintura, chegando lá, ela passa por diversos processos de tratamento antes da pintura final.

E por fim a carroceria chega ao prédio da Montagem Final, onde todos os itens do carro é adicionado, como por exemplo: painel, volante, rodas, motor, enfim, todos os itens que compõem um veículo.

2.5 SISTEMA DE SOLDA A PONTO

Segundo o manual de treinamento da Marimax (2004), Solda por Resistência, o processo de solda por resistência, conhecido também por Solda a Ponto, é utilizado para a fusão de metais. As peças são pressionadas entre eletrodos onde a corrente de alta intensidade proporciona calor para atingir ponto de fusão. Consiste basicamente em gerar calor através da passagem de corrente elétrica por uma resistência elétrica.

Este processo une duas ou três chapas de aço sem adição de material. As chapas são aquecidas até se fundirem uma na outra. Neste processo de solda temos três parâmetros variáveis, força (Newton), tempo (Segundos) e corrente (Amperes).

A energia, equação 10, necessária para produzir o aquecimento é fornecida pelo transformador fixado na pinça e o controle da corrente (i), o tempo (t) e a força (N) é feito pelo o comando de solda.

$$E = R * i^2 * t \quad \text{equação (10)}$$

E = Energia [watts]

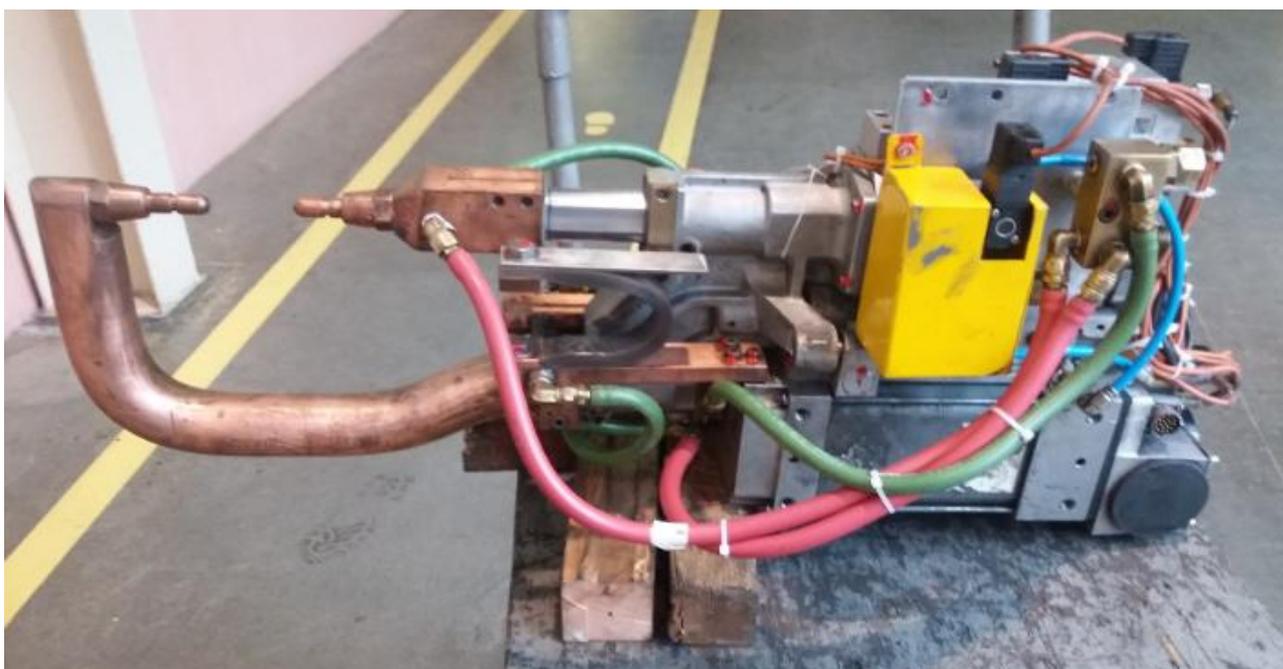
R= Resistência [ohms]

I= Corrente elétrica [amper]

T=Tempo [segundos]

A pinça, mostrada na Figura 05, é a ferramenta de solda a ponto, com braços de cobre, transformador de potência, válvulas para abertura e fechamento dos braços, cilindro pneumático, sensores para controle da posição dos braços. A pinça fica acoplada na flange do robô ou em um pedestal fixo.

FIGURA 5: PINÇA PNEUMÁTICA



Fonte: O autor (2016)

Todo processo tem variação, e no processo de solda não é diferente, para isto é preciso entender as fontes de variação do processo de solda.

As variações do processo de solda pode ser: assentamentos das chapas irregular, cola entre chapas, não perpendicularidades das pontas de solda, eletrodos sujos de óleo, variação da espessura da chapa, variação da força no fechamento da pinça, variação das espessuras da chapa.

As variações apresentadas podem ocasionar falhas no processo, o que pode acarretar perda de produtividade e, conseqüentemente, não atingir os objetivos dos indicadores de manutenção.

3 ESTUDO DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA

A diversidade de falhas ocorridas nas estações de solda, contribui em muito para um baixo volume de produção, tornando-se um desafio para o sistema produtivo e para os responsáveis pela manutenção destas estações. Este capítulo trata do sistema de produção da linha de carroceria, particularmente o sistema da estação de solda X, da base de dados disponível, referente as perdas de produção ocorridas, do levantamento dos indicadores de manutenção associados as estações, permitindo visualizar as perdas por falhas e do emprego da ferramenta de confiabilidade FMEA, buscando o aprimoramento do plano de manutenção existente e assim a redução das perdas por falhas.

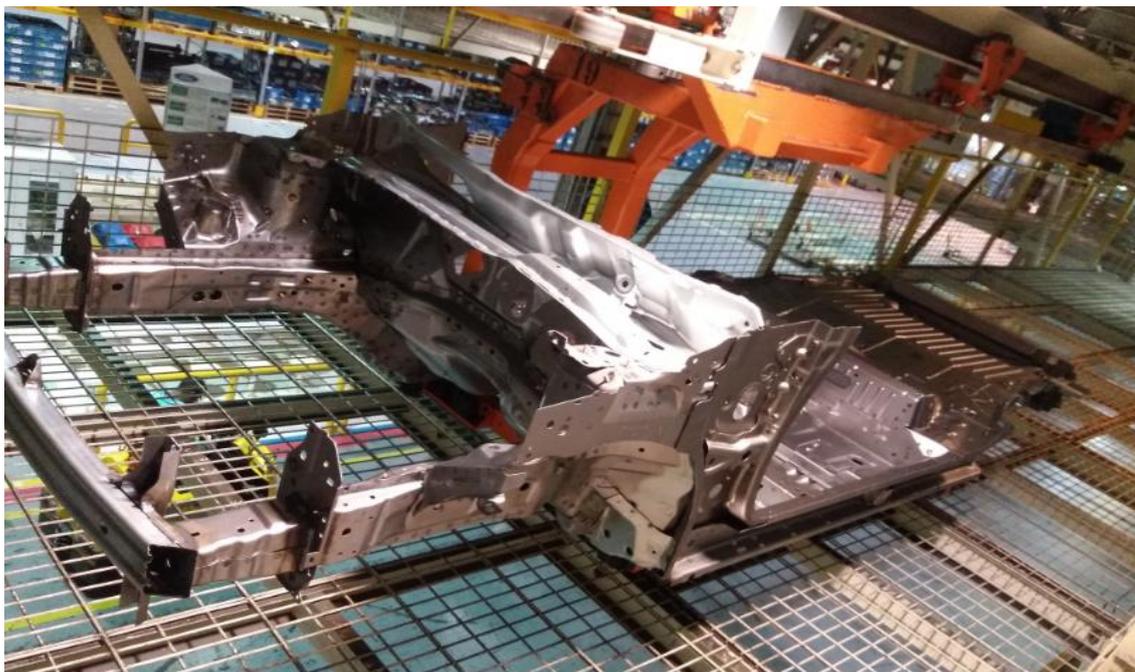
A estrutura do Capítulo está assim organizada:

- Descrição macro da produção de carroceria do setor de armação, na fábrica de Camaçari – BA;
- Descrição da estação X;
- Coleta de dados dos indicadores a ser acompanhados;
- Elaboração da FMEA;
- Elaboração da sugestão de revisão do plano de manutenção.

3.1 DESCRIÇÃO MACRO DA PRODUÇÃO DE CARROCERIA DO SETOR DE ARMAÇÃO DO VEÍCULO

O processo de construção de carroceria dentro do setor de armação é muito complexo, e constituída em diversas estações de trabalho. A construção da carroceria é dividida em quatro grandes áreas: Assoalho, Laterais, Fechamento e Partes Móveis.

Na área do Assoalho é construído a base do carro, mostrado na Figura 06. Ele é dividido em três partes: o compartimento do motor, o assoalho intermediário (onde se colocam os pés) e o assoalho traseiro (porta-malas). Nesta área utiliza-se aproximadamente 60 robôs.

FIGURA 6: ASSOALHO COMPLETO

Fonte: O autor (2016)

Na área das laterais, são construídas as laterais direita e esquerda da carroceria, vistas na Figura 07. Elas são divididas em quatro partes: lateral externa direita e esquerda, lateral interna direita e esquerda. Na área das laterais, utiliza-se aproximadamente 50 robôs.

FIGURA 7: LATERAL DIREITA E ESQUERDA

Fonte: O autor (2016)

Na área do Fechamento, se faz a união do assoalho com as laterais e teto para se formar a carroceria, mostrada na Figura 08.

FIGURA 8: CARROCERIA



Fonte: O autor (2016)

Na primeira parte do Fechamento são feitos os pontos de geometria, ou seja, de amarração das estruturas da carroceria. São 6 estações utilizando 27 robôs. Na segunda parte, são aplicados os pontos de fechamento executados por 10 estações com 40 robôs ao todo.

Após a passagem do carro pela área do Fechamento, ele chega à área das partes móveis, onde são fabricadas e montadas as portas dianteiras e traseiras esquerda e direita, capuz e tampas traseiras. Nesta área utiliza-se aproximadamente 50 robôs.

No processo total de construção de uma carroceria são aplicados aproximadamente 2.000 pontos de solda. Todas essas áreas têm em comum estações de solda.

3.2 DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO X

Diversas são as estações de solda dentro do processo produtivo de uma carroceria. Neste trabalho, onde utilizou-se o estudo de aplicação da ferramenta de confiabilidade FMEA, foi escolhida a estação X da linha do Fechamento como sistema e o processo de solda, como subsistema. A escolha da estação de solda X deveu-se

ao fato de ser o gargalo da linha do Fechamento, onde se tem o tempo de trabalho mais demorado, ciclo mais alto com 75 segundos, onde operam 7 robôs com ferramentas de solda e conseqüentemente mais falhas de soldas ocorrem. O tempo de ciclo ideal para cada estação são de 60 segundos.

A estação de solda X é uma estação complexa, composta por diversos equipamentos que trabalham em conjunto. O objetivo desta estação é garantir a geometria dos automóveis produzidos, obtendo-se assim a repetitividade do produto. Dois conjuntos mecânicos, um do lado direito (ASA-LD) acoplado a dispositivo mecânico Open Gate direito e outro do lado esquerdo (ASA-LE) acoplado a dispositivo mecânico Open Gate esquerdo são compostos por vários grampos pneumáticos que travam a carroceria a ser soldada por 7 robôs. Na Figura 09, pode-se observar a ASA-LE e ASA-LD avançadas e seus grampos pneumáticos fechados travando a carroceria para que os robôs possam soldar.

FIGURA 9: ESTAÇÃO DE SOLDA X

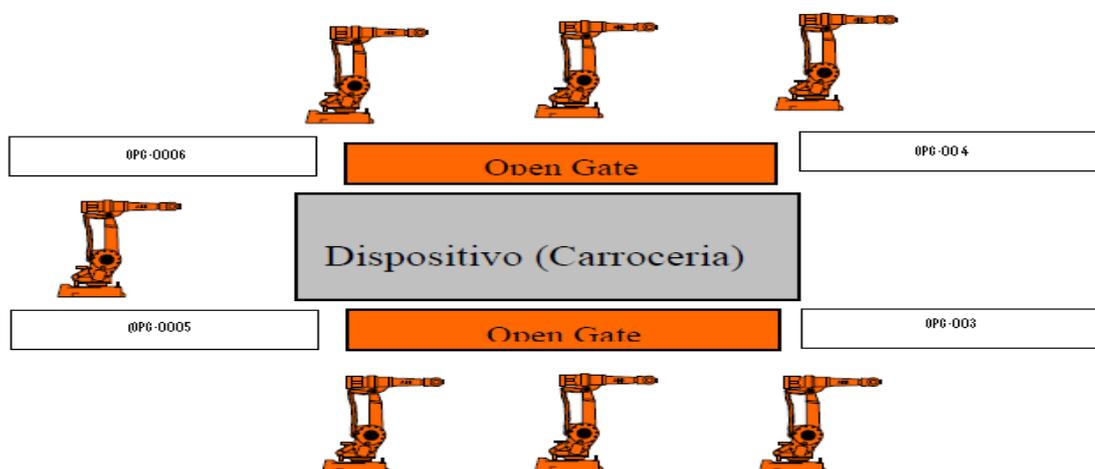


Fonte: O autor (2016)

A estação de solda X é composta por 7 robôs, em cada robô está acoplado uma ferramenta de solda, a pinça pneumática. Ela possui dois dispositivos de geometria, Asa direita (ASA-LD) e Asa esquerda (ASA-LE), uma mesa de rolos, uma mesa de elevação, um dispositivo central de geometria, 7 comandos de solda, sensores indutivos, válvulas pneumáticas, cilindros pneumáticos, cabos, motores. Para fazer o controle de todos os dispositivos, é utilizado um Controlador Lógico Programável (CLP). Na estação é fornecido 440Vca para alimentação dos painéis elétricos, 24Vcc para comando dos acionamentos e sensores, água para o processo

de solda e ar comprimido para dispositivos pneumáticos, os grampos para fixação da carroceria. A Figura 10 ilustra o layout da Estação de Solda X.

FIGURA 10: LAYOUT DA ESTAÇÃO DE SOLDA X



Fonte: Aplicação da teoria das restrições, REIS, M. (2004).

O funcionamento sequencial da estação X é:

1. Entrada da carroceria na estação;
2. Posicionamento da carroceria e carregamento do modelo a ser produzido;
3. Fechamento dos grampos de pré-disposição do assoalho;
4. Descida da mesa de elevação Expert;
5. Espera da mesa na posição baixa para confirmar presença de assoalho;
6. Fechamento dos grampos do assoalho;
7. Avanço das ASA-LD e ASA-LE;
8. Espera das ASA-LD e ASA-LE avançada para confirmar a presença de lateral;
9. Avanço das unidades basculantes;
10. Inserção dos pinos guias das travessas;
11. Fechamento dos grampos;
12. Início das soldas com os robôs;

13. Soldar carroceria;

14. Finalização das soldas, robô em *home*;
15. Abrir os grampos e pinos;
16. Recuar basculante;
17. Recuar ASA-LD e ASA-LE;
18. Espera das ASA-LD e ASA-LE recuada;
19. Abrir grampos do assoalho;
20. Subir mesa de elevação Expert;
21. Esperar mesa alta;
22. Abrir os grampos de pré-disposição do assoalho;
23. Avançar carroceria (fim de ciclo).

3.3 TRATAMENTO DE DADOS DOS INDICADORES E ÍNDICES A SER ACOMPANHADOS

Neste item é apresentado o formato do banco de dados disponível bem como o tratamento dos dados dos Indicadores: Tempo de Parada (TP ou Down Time, sigla em inglês), Tempo Médio entre Falhas (*MTBF*, sigla em inglês) e Tempo Médio para Reparo (*MTTR*, sigla em inglês), e seus respectivos Índices, apresentados no Capítulo 2, referente as estações de solda de **A** a **Z**, da área do Fechamento.

Os dados referentes ao funcionamento das estações são lançados em um banco de dados no formato de planilha em Excel, mostrada no Anexo 1, que é alimentada pelo manutencista da área do Fechamento. Nesta planilha se descreve o problema, a ação executada para recolocar o equipamento em operação. Depois são gerados os gráficos de barra contendo os tempos em minutos e as ocorrências, os gráficos dos Indicadores e Índices de TMPR (*MTTR*), TMEF (*MTBF*) e TP (*Down Time*), os quais são analisados, aplicando a teoria de Pareto e identificando as prioridades de manutenção.

A parte inferior esquerda do Anexo 1, é mostrada na Figura 11 onde são identificadas as estações, o equipamento em falha, o problema e a ação requerida para recolocar a estação em funcionamento.

FIGURA 11: ESTAÇÃO, EQUIPAMENTO, PROBLEMA E AÇÃO

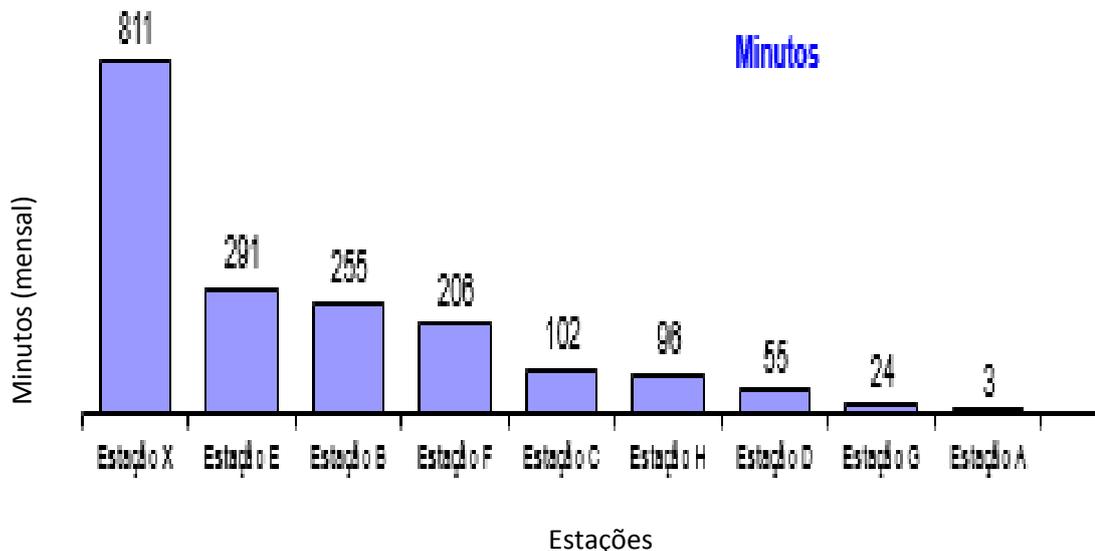
Estação	Equipamento	Problema	Ação
D	Disp. Abastecimento manual	Não libera abastecimento	(1) Alinhamento da barreira de Luz
X	Disp. Geometria Assoalho	Sensor de presença de peça não acionado	(1) Carroceria fora de posição
	Pinça automática - R1P1	Falha de solda	(1) Limpado excesso de cola
A	Mesa pivotada	Falha de trânsito	(1) Posicionado carroceria no lugar
C	Dispositivo -LD	Falha no depósito da peça	(1) Posicionado carroceria no lugar
	Pinça automática - R2P1	Falha de solda	(1) Troca do porta eletrôdo
		Falha de solda	(1) Limpado excesso de cola
	Robo - R2	Não entra em modo automático	(1) reiniciado sistema do robô
	Transp. Roletes expert	Falha de trânsito	(1) Posicionado skid no lugar

Fonte: O autor (2016)

Com base no banco de dados das falhas apresentadas no Anexo 1, são construídas informações mostradas nas Figuras 11, 12, 13 e 14.

A Figura 12 mostra a representação das estações com seus respectivos valores de TP em minutos, na forma de Gráfico de Pareto.

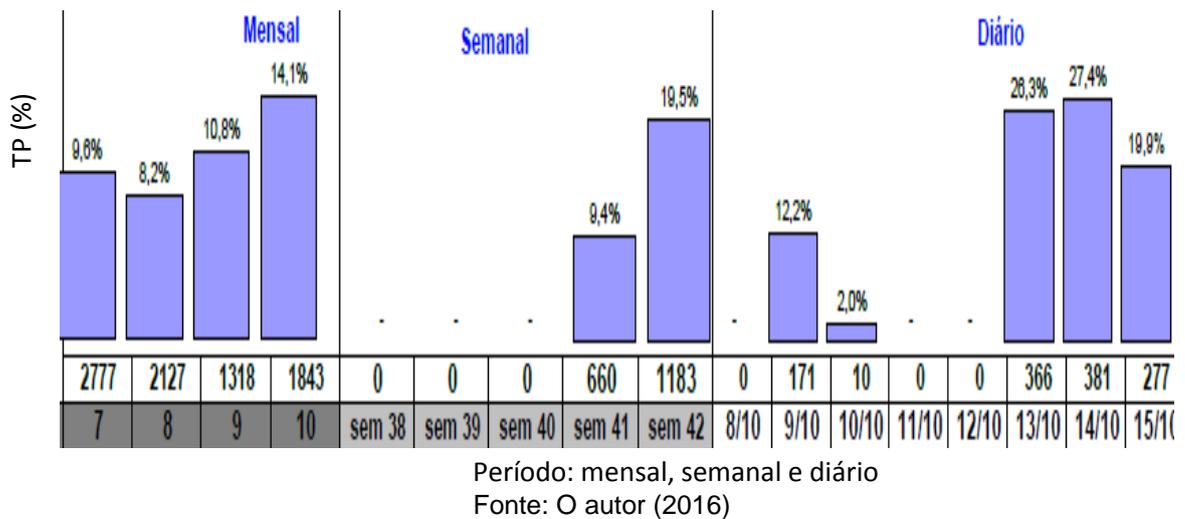
FIGURA 12: GRÁFICO DE PARETO DAS ESTAÇÕES - TEMPO DE PARADAS EM MINUTOS



Fonte: O autor (2016)

A Figura 13 mostra a representação dos valores do TP (*Down Time*) mensal (meses de 7 à 10 – julho a outubro), semanal (semana 38 à semana 42) e diário (08/10 à 15/10) em percentual no gráfico de colunas, obtido através da razão entre *TTP* (*Tempo Total de Parada*) e o *TTDP* (*Tempo Total Disponível de Produção*), mostrado na equação (3). Na parte inferior as colunas do gráfico, são mostrados os valores totais mensais em minutos, dos TP, O destaque em relação as perdas é a do mês 7(julho) que foi de 2.777 minutos.

FIGURA 13: GRÁFICO INDICADOR DE TP EM % – MENSAL, SEMANAL E DIÁRIO



A Figura 14 mostra a correlação entre as estações de solda e os tipos de falhas ocorridas e na coluna central, qual a parte da estação que apresentou a falha. Estas informações comporão a montagem da planilha FMEA.

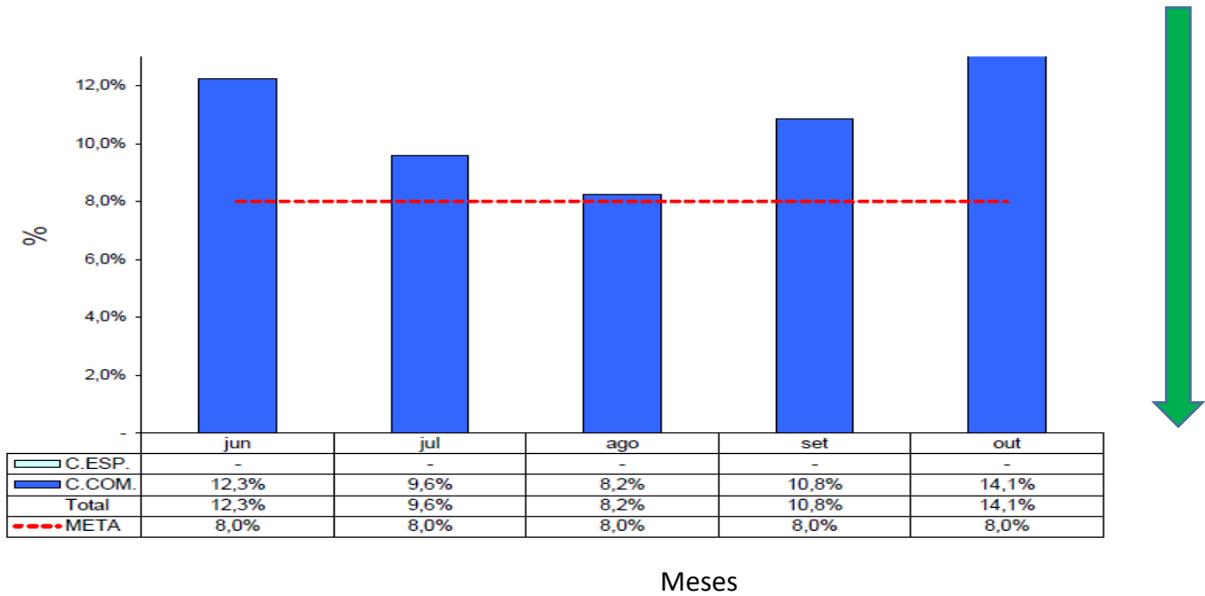
FIGURA 14 - GRÁFICO INDICADOR DA ESTAÇÃO, EQUIPAMENTO E OCORRÊNCIA

	Estação	Equipamento	Ocorrência
1	Estação X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	QUALIDADE - FALHA PINO / GRAMPO/BASCULANTE
2	Estação X	PINÇA AUTOMÁTICA (DELTA) -	MANUTENÇÃO - VAZAMENTO DE ÁGUA
3	Estação E	ROBO - IRC5 - R2	MANUTENÇÃO - FALHA DE SINCRONISMO
4	Estação F	GRIPPER - R6	MANUTENÇÃO - QUEBRA/TRINCA/EMPENAMENTO NA
5	Estação B	PINÇA AUTOMÁTICA (DELTA) -	MANUTENÇÃO - VAZAMENTO DE ÁGUA
6	Estação E	TRANSP. ROLETES ELEV. EXP	MANUTENÇÃO - SENSOR DE MESA ALTO INATIVO
7	Estação F	PINÇA AUTOMÁTICA - R3	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA
8	Estação X	OPEN GATE (B562) - LE-B562	MANUTENÇÃO - FALHA NO SINAL DO GRAMPO
9	Estação X	PINÇA AUTOMÁTICA (DELTA) -	QUALIDADE - FALHA NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO
10	Estação X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO	QUALIDADE - FALHA DE GEOMETRIA/DIMENSIONAL
11	Estação X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO	QUALIDADE - FALHA DE GEOMETRIA/DIMENSIONAL
12	Estação C	PINÇA AUTOMÁTICA - R3P1	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA
13	Estação B	DISPOSITIVO - LD	MANUTENÇÃO - FALHA NO DEPOSITO DA PEÇA
14	Estação B	PINÇA AUTOMÁTICA - R2P1	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA
15	Estação X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO	MANUTENÇÃO - SENSOR DO BASCULANTE NÃO ACIO
16	Estação E	PINÇA AUTOMÁTICA - R5	MANUTENÇÃO - VAZAMENTO DE ÁGUA
17	Estação X	OPEN GATE (B562) - LE-B562	QUALIDADE - FALHA DE PEÇA DESLOCADA
18	Estação E	ROBO - IRC5 - R2	QUALIDADE - FALHA NA TRAJETORIA
19	Estação X	OPEN GATE (B562) - LE-B562	QUALIDADE - FALHA NO SINAL DO GRAMPO
20	Estação F	GRIPPER - R6	QUALIDADE - FALHA NO DEPOSITO DA PEÇA
21	Estação B	TRANSP. ROLETES ELEV. EXP	MANUTENÇÃO - FALHA DE TRÂNSITO
22	Estação G	MESA TRANSP. ELEV. EXC. RO	MANUTENÇÃO - TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO INDEVIDA
23	Estação X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	MANUTENÇÃO - FALHA NO SINAL DO GRAMPO

Fonte: O autor (2016)

Em face aos dados levantados em Nov./2014, que não foram considerados satisfatórios, a direção da empresa definiu objetivos e metas, os Indicadores, a serem atingidas pelo setor de manutenção. Os objetivos foram garantir a disponibilidade dos equipamentos para produção com zero acidente, zero retrabalho e sem agredir o meio ambiente. Para medir o comportamento da manutenção em relação as metas, foram estabelecidos 3 indicadores principais, mostrado nas Figuras 15, 16 e 17, respectivamente, que são os: índices de TP (*Down Time*), TMEF e TMPR, apropriados mensalmente e extraído do banco de dados cuja a estrutura é mostrada no Anexo 1. Em cada um deles, são vistos uma linha vermelha tracejada, indicando os limites estabelecidos, metas, pela Direção da Organização.

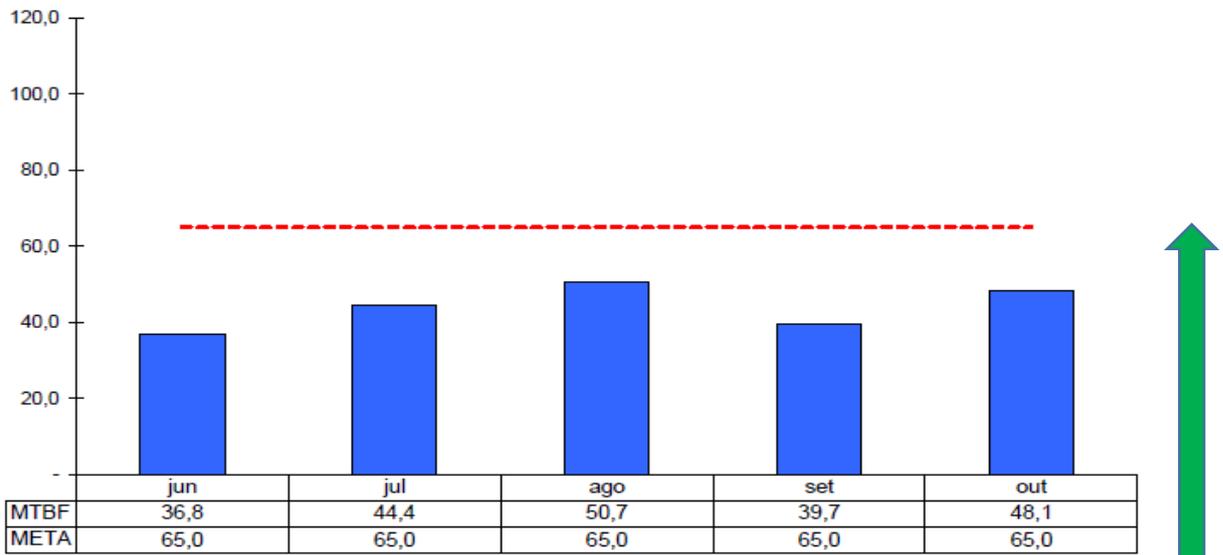
FIGURA 15 - GRÁFICO INDICADOR DE TEMPO DE PARADA (TP) EM PERCENTUAL – MENSAL



Meses

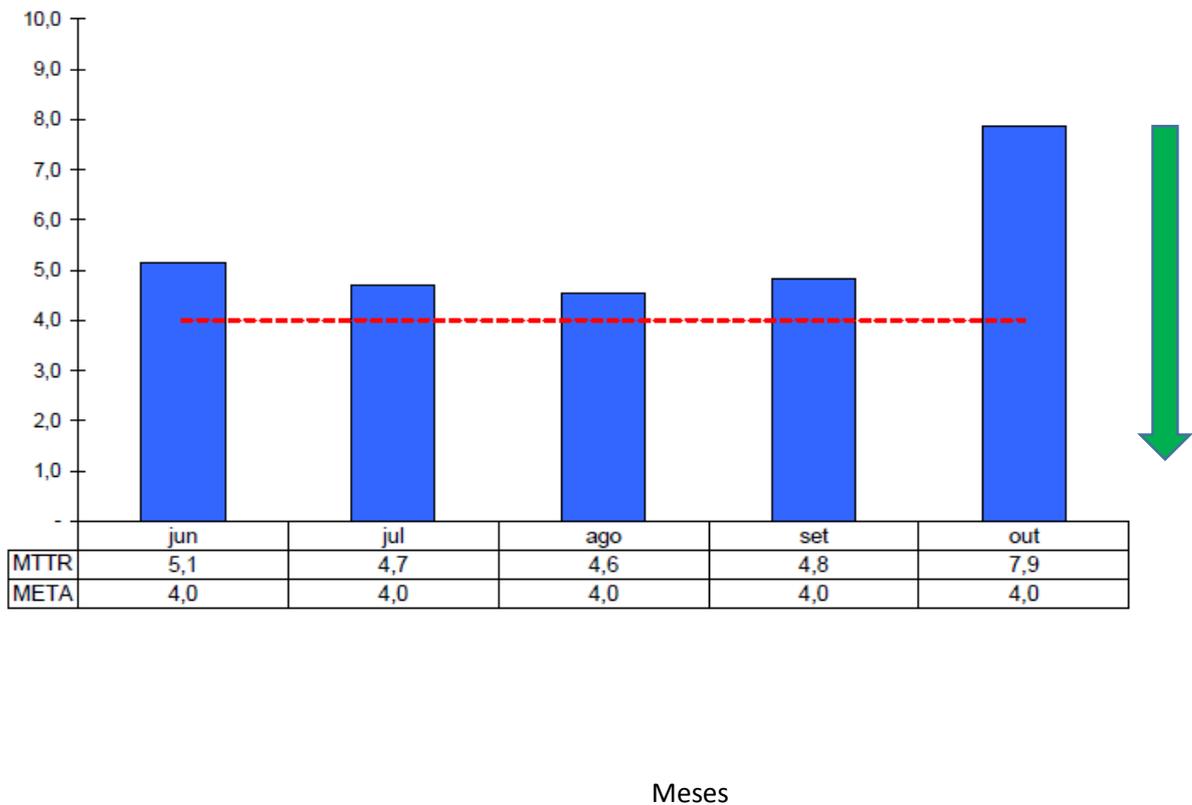
Fonte: O autor (2016)

FIGURA 16 - GRÁFICO INDICADOR DE TMEF EM MINUTOS – MENSAL



Meses

Fonte: O autor (2016)

FIGURA 17 - GRÁFICO INDICADOR DE TMRP EM MINUTOS – MENSAL

Fonte: O autor (2016)

Com base nos dados disponíveis e as metas estabelecidas, foi iniciada uma avaliação com o objetivo de direcionar ações que pudessem caminhar na direção dos indicadores estabelecidos.

3.3.1 Avaliação dos Indicadores e índices em 2014 na área do Fechamento

Com base no banco de dados das falhas apresentadas, abordados no item anterior, nas estações da área do Fechamento no ano de 2014, foram construídas informações mostradas nos Anexos 2, 3 e 4.

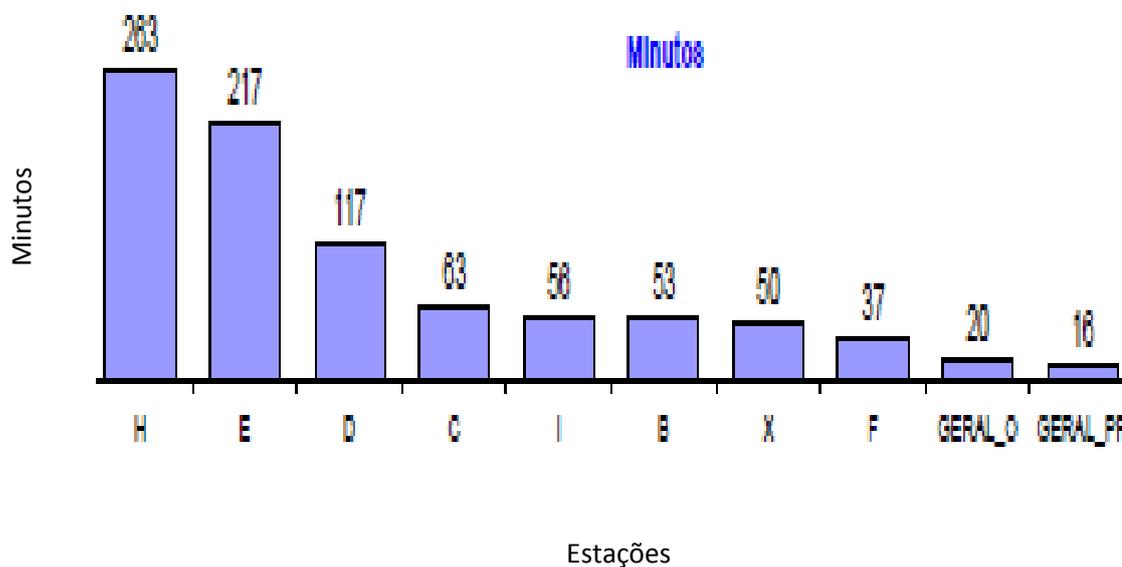
No Anexo 2 é mostrado a representação das estações com seus respectivos valores de TP em minutos, na forma de Gráfico de Pareto, a representação dos valores do TP (*Down Time*) mensal (meses de 8 à 11 – agosto a novembro), semanal (semana 41 à semana 45) e diário (30/10 à 8/11) em percentual no gráfico de colunas.

No Anexo 3 é mostrado a representação das estações, na forma de Gráfico de Pareto, a representação mensal (meses de 8 à 11 – agosto a novembro), semanal (semana 41 à semana 45) e diário (30/10 à 8/11) da quantidades de ocorrências de parada das estações.

No Anexo 4 são mostrados os indicadores de 2014, Tempo de Paradas (*Down Time*), TMEF e TMPR com as metas indicadas pela linha tracejada em vermelho. Através deles, pode-se avaliar os dados, mensalmente, semanalmente e diariamente e compará-los com as suas respectivas meta.

A Figura 18, extraída do Anexo 2, mostra a representação das estações no eixo x com seus respectivos valores de paradas em minutos nos gráficos de barras, na forma de Gráfico de Pareto. Pode-se observar que a Estação H é a que apresenta o maior tempo de parada, com 263 minutos e a Estação E com 217.

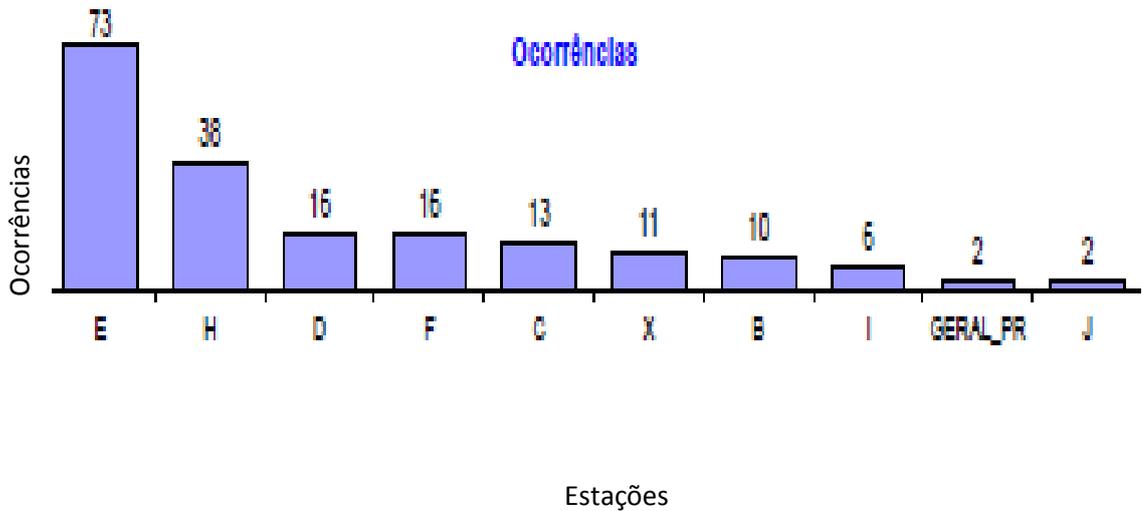
FIGURA 18 - GRÁFICO INDICADOR DE PARADA EM MINUTOS -2014



Fonte: O autor (2016)

A Figura 19, extraída do Anexo 3, mostra a representação das estações no eixo x com seus respectivos números de ocorrências nos gráficos de colunas, na forma de Gráfico de Pareto. Pode-se observar que a Estação E é a que apresenta a maior quantidade de ocorrências, com 73 vezes e a Estação H com 38 ocorrências.

FIGURA 19: GRÁFICO INDICADOR DE NÚMERO DE OCORRÊNCIA - 2014

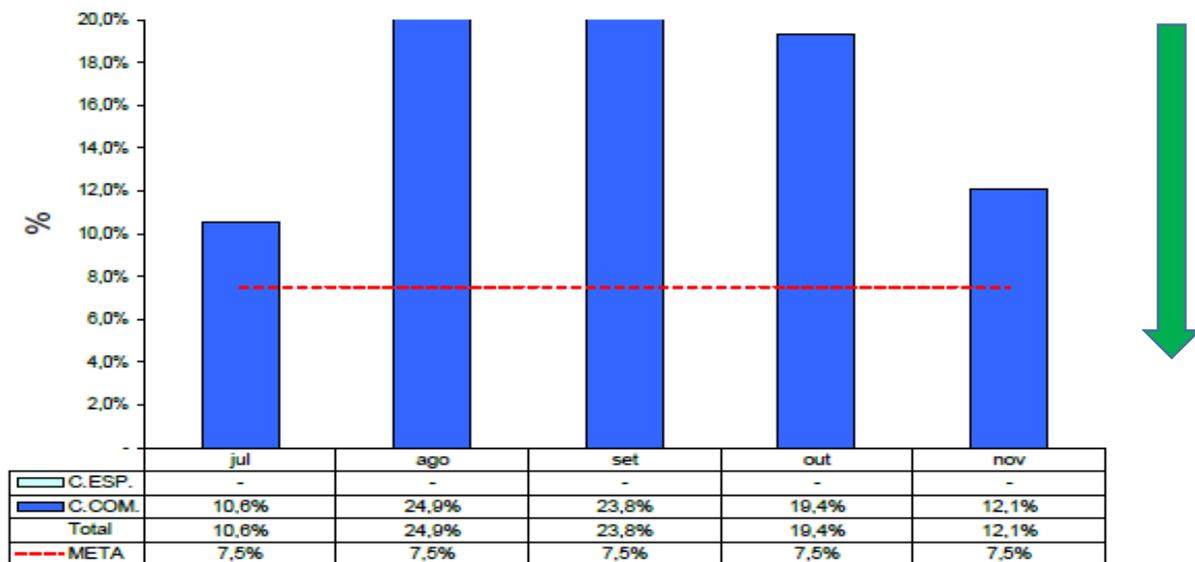


Fonte: O autor (2016)

As Figuras 20, 21, e 22 fazem parte do Anexo 4 onde são mostrados os indicadores de 2014, Tempo de Paradas (*Down Time*), TMEF e TMPR.

Na Figura 20 encontram-se representados dados relacionados ao Tempo de paradas mensal (*Down Time*) de 2014 em percentual (%) de várias estações da área do Fechamento. Os valores estão acima do objetivo que é de 8%. O mês novembro apresenta o valor de 12.1%, uma melhora em relação ao mês de outubro que foi de 19.4% e setembro 23.8%.

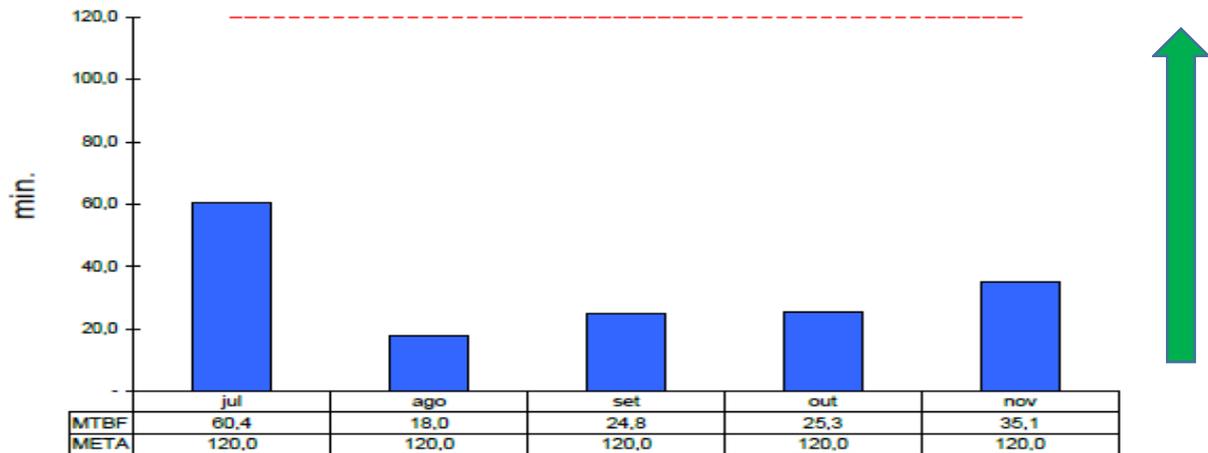
FIGURA 20: GRÁFICO INDICADOR DE TEMPO DE PARADA (TP) EM PERCENTUAL – MENSAL 2014



Fonte: O autor (2016)

Na Figura 21 apresenta-se o TMEF mensal de 2014 de várias estações da área do Fechamento. Os valores estão muito abaixo do objetivo de 120 minutos. O mês de novembro apresenta um TMEF de 35.1 minutos, uma melhora em relação a outubro em que o TMEF foi de 25.3 minutos.

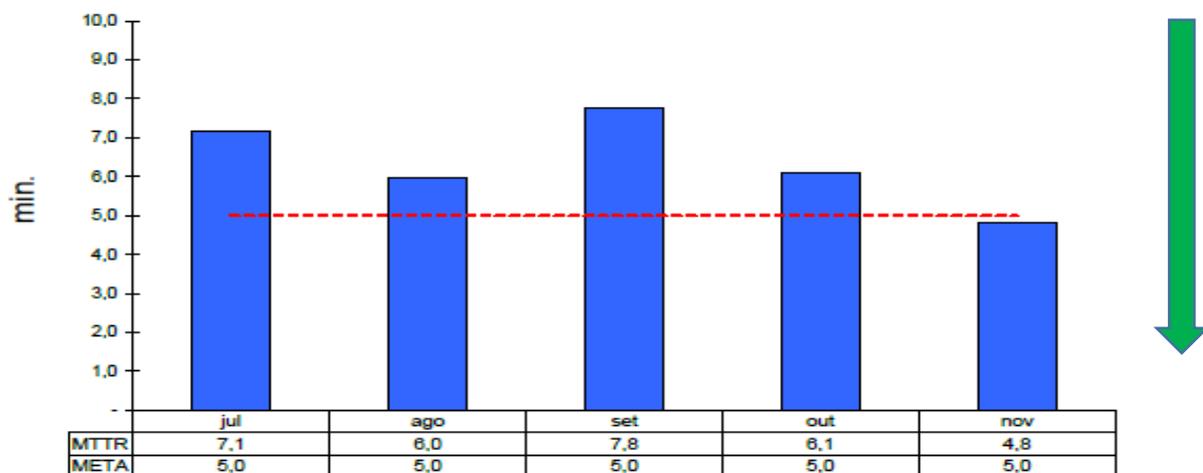
FIGURA 21: GRÁFICO INDICADOR DE TMEF EM MINUTOS – MENSAL/2014



Fonte: O autor (2016)

Na Figura 22 apresenta-se o TMPR mensal de 2014 de várias estações da área do Fechamento. Os valores estão acima do objetivo de 5 minutos, somente no mês de novembro o valor de 4.8 está dentro do objetivo.

FIGURA 22: GRÁFICO INDICADOR DE TMPR EM MINUTOS – MENSAL/2014



Fonte: O autor (2016)

Com o auxílio dos dados de TP (*Down Time*), TMEF e TMPR, estratificados nos gráficos e quadros das estações da linha do Fechamento, considerando o ano 2014 foi verificado que as estações H e E que eram as que mais impactavam nos indicadores conforme pode ser verificado na Figura 17 e Figura 18.

A partir dos dados acompanhados no ano de 2014 foram efetuadas algumas ações de melhorias particularmente nas estações H e E que estavam gerando as maiores perdas de produção.

Na estação H, onde chega a lateral do veículo, foi melhorado o dispositivo superior. Foi trocado grampos para fixar lateral, melhorado os apoios e convites de assentamento da peça, foi reorientado os movimentos dos robôs R1 e R2 na fixação da lateral no dispositivo superior e no depósito da lateral na estação H. Foi eliminado um transportador de peça, eliminado o robô R3.

Na Estação E, foi modificado a lógica de funcionamento do transportador, foi instalado fotocélula na posição de carga e descarga de peça, alterado o programa do robô R6 para fazer pega da peça com antecipação de modelo.

Cabe observar que estas melhorias foram efetuadas sem utilizar a ferramenta de confiabilidade FMEA, somente avaliando os indicadores e executando as ações conforme as prioridades dos gráficos.

3.3.2 Avaliação dos indicadores e Índices em 2015 na área do Fechamento.

Com base no banco de dados das falhas apresentadas nas estações da área do Fechamento no ano de 2015, são construídas informações mostradas nos Anexos 5, 6 e 7.

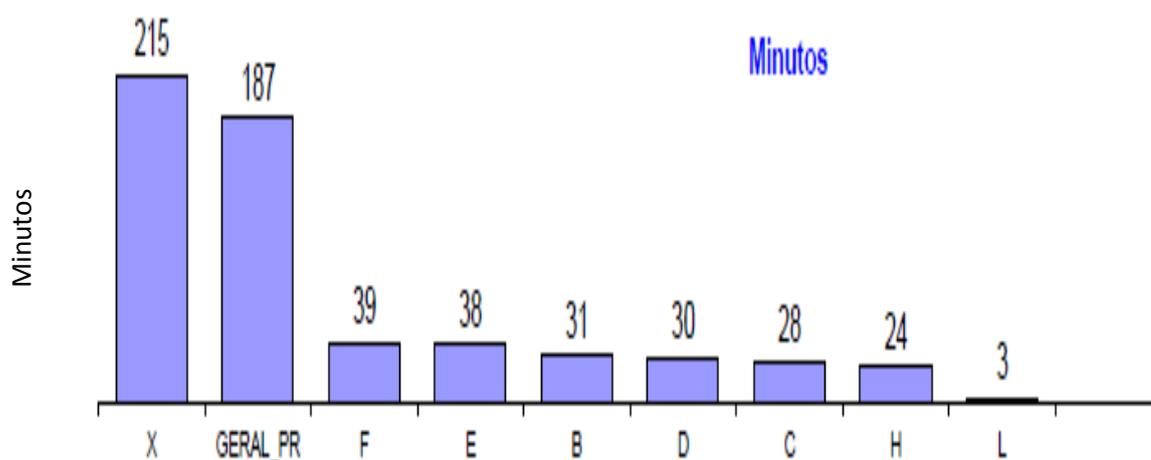
No Anexo 5 é mostrado a representação das estações com seus respectivos valores de TP em minutos, na forma de Gráfico de Pareto, a representação dos valores do TP (*Down Time*) mensal (meses de 8 à 11 – agosto a novembro), semanal (semana 41 à semana 45) e diário (27/10 à 5/11) em percentual no gráfico de colunas.

No Anexo 6 é mostrado a representação das estações, na forma de Gráfico de Pareto, a representação mensal (meses de 8 à 11 – agosto a novembro), semanal (semana 41 à semana 45) e diário (27/10 à 5/11) da quantidades de ocorrências de parada das estações.

No Anexo 7 são mostrados os indicadores, Tempo de Paradas (*Down Time*), TMEF e TMPR com as metas indicadas pela linha tracejada em vermelho. Através deles, pode-se avaliar os dados, mensalmente, semanalmente e diariamente e compará-los com as suas respectivas metas.

A Figura 23 é parte do Anexo 5, na qual é mostrada a representação das estações no eixo x com seus respectivos valores de paradas em minutos no gráficos de colunas, na forma de gráfico de Pareto. Pode-se observar que a Estação X é a que apresenta o maior tempo de parada, com 215 minutos e a Estação H com 24 minutos na oitava posição.

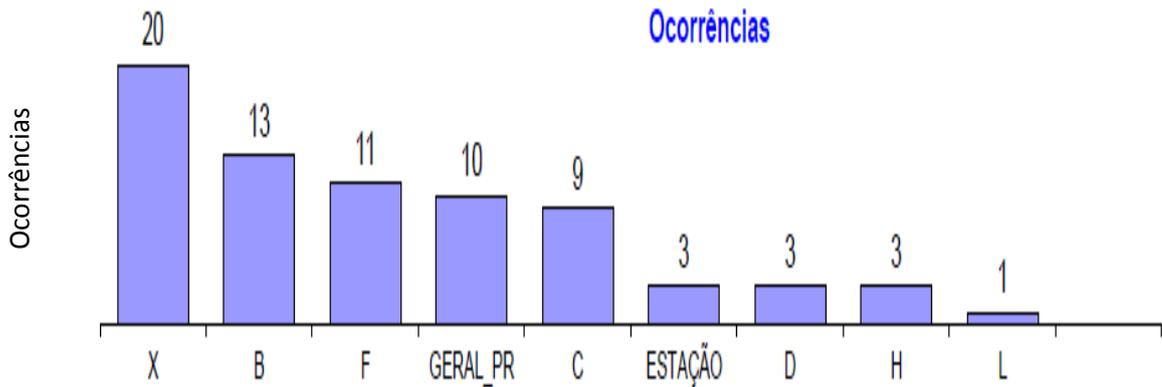
FIGURA 23: GRÁFICO INDICADOR DE PARADA EM MINUTOS - 2015



Fonte: O autor (2016)

A Figura 24 é parte do Anexo 6, na qual é mostrada a representação das estações no eixo x com seus respectivos números de ocorrências nos gráficos de colunas, na forma de gráfico de Pareto. Pode-se observar que a Estação X é a que apresenta a maior quantidade de ocorrências, com 20 vezes e a Estação H com 3 ocorrências na oitava posição.

FIGURA 24: GRÁFICO INDICADOR DE NÚMERO DE OCORRÊNCIA - 2015

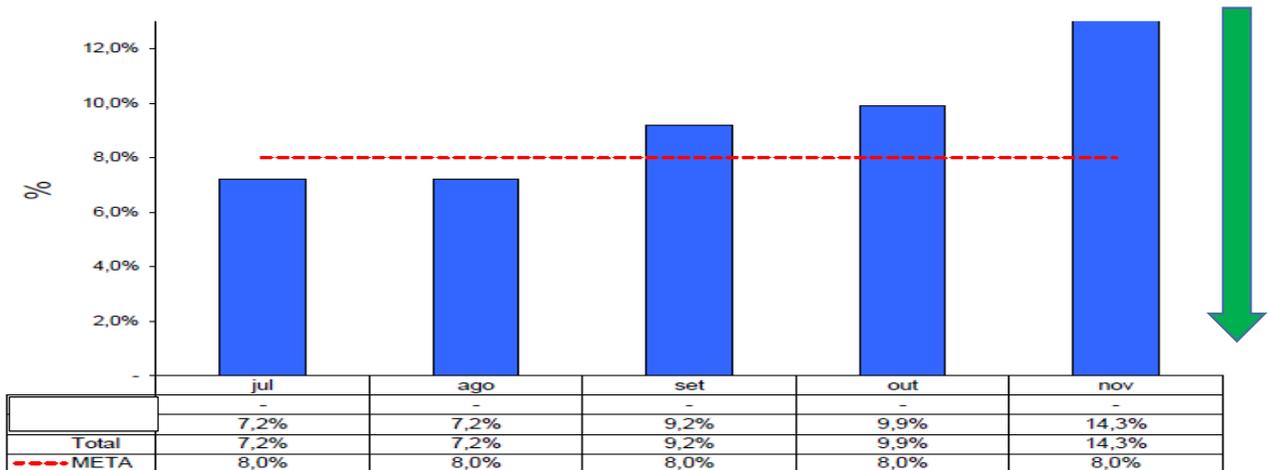


Fonte: O autor (2016)

As Figuras 25, 26, e 27 fazem parte do Anexo 7 onde são mostrados os indicadores de 2015, TP (*Down Time*), TMEF e TMPR

Na Figura 25 encontram-se representados dados relacionados ao TP (*Down Time*) mensal de 2015 em percentual (%) de várias estações da área do Fechamento. Os valores estão acima do objetivo que é de 8% nos três últimos meses. O mês setembro apresenta o valor de 9.2%, outubro 9.9 % e novembro 14.3%.

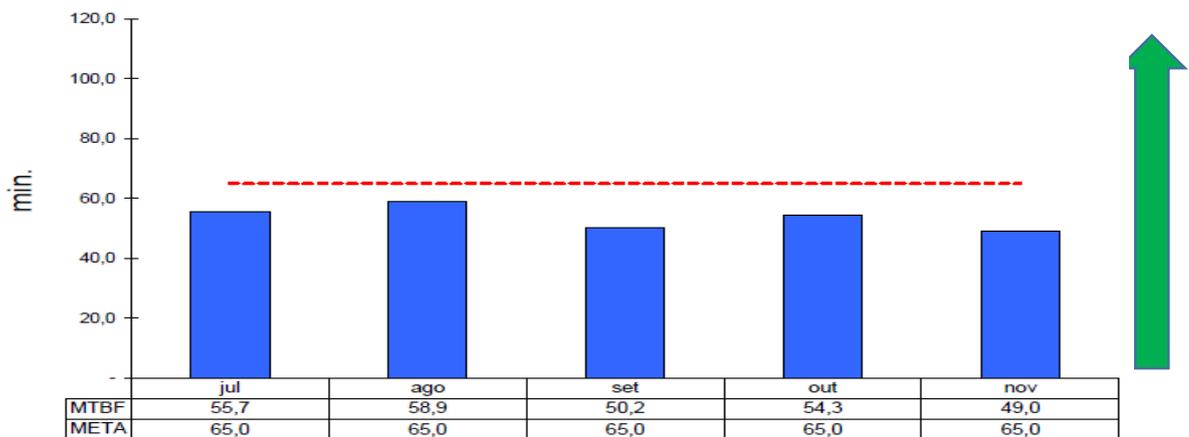
FIGURA 25: GRÁFICO INDICADOR DE TEMPO DE PARADA (DOWN TIME) EM % – MENSAL/2015



Fonte: O autor (2016)

A Figura 26 apresenta-se o TMEF *mensal* de 2015 de várias estações da área do Fechamento. Os valores estão abaixo do objetivo de 65 minutos. Vale observar que o objetivo em 2014 era de 120 min. O mês de novembro apresenta um TMEF de 49.0 minutos, uma degradação em relação a outubro em que o TMEF foi de 54.3 minutos.

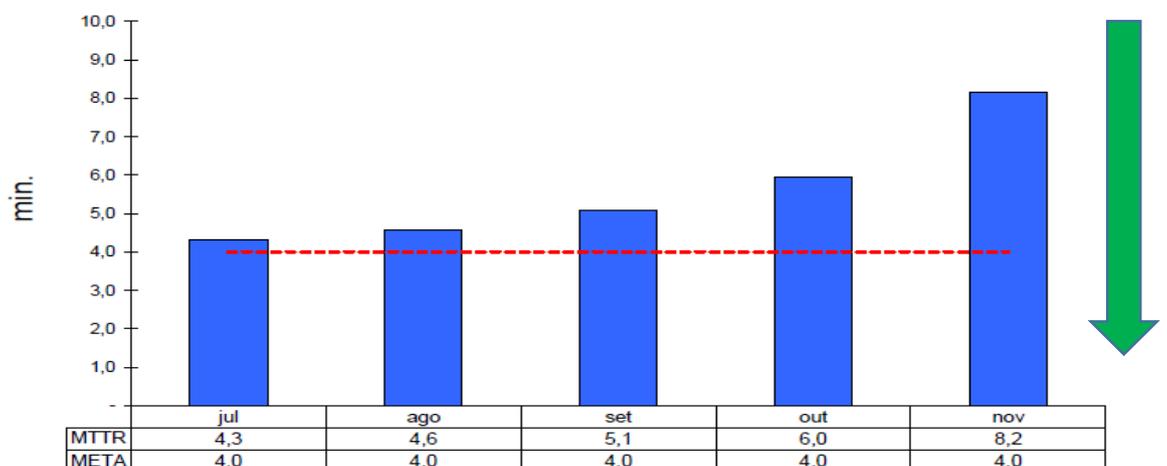
FIGURA 26: GRÁFICO INDICADOR DE TMEF EM MINUTOS – MENSAL/2015



Fonte: O autor (2016)

Na Figura 27 apresenta-se o TMRP *mensal* de 2015 de várias estações da área do fechamento. Os valores de todos os meses estão acima do objetivo de 4 minutos, no mês de novembro apresentou o valor de 8.2 minutos.

FIGURA 27: GRÁFICO INDICADOR DE TMRP EM MINUTOS – MENSAL/2015



Fonte: O autor (2016)

Após diversas ações executadas na Estação H e Estação E no decorrer de 2014 e 2015, e acompanhando os indicadores, é verificado que em novembro de 2015, que elas não mais impactam os indicadores e que deixaram de ser os gargalos da área do Fechamento. Observando a Figura 23 e Figura 24 a estação que foi identificada como a mais impactante negativamente nos indicadores, foi a Estação X.

A Estação X, passa a ser o principal foco no ano de 2015. Avaliando os indicadores, diversas ações foram realizadas para atender os objetivos dos indicadores da manutenção. Estas ações visaram um aumento da confiabilidade e da disponibilidade operacional, buscando diminuir o tempo de ciclo da tarefa, eliminando o gargalo na estação, melhorando a qualidade do produto, diminuir o TP (*Down Time*), aumentar o TMEF e diminuir o TMPR.

Para a Estação X foi listado algumas atividades realizadas listadas a seguir:

- Troca de 3 robô ABB S4 por IRC5 - (TMEF).
- Troca da mesa de elevação de biela por expert - (TMEF).
- Troca do dispositivo posicionador de *skid* por centralizador de cremalheira - (TMEF).
- Alterações nas lógicas de comando dos grampos - (Tempo de ciclo).
- Alteração da posição de pré-solda dos robôs - (Tempo de ciclo).
- Instalação de sensores na abertura do *Open Gate* para antecipar a subida da mesa - (Tempo de ciclo).
- Troca de comando de solda convencional por média frequência nos robôs R5, R6 e R7 - (Tempo de ciclo).
- Troca do software padrão (PLC) de controle - (TMEF).
- Treinamento de pneumática - (TMPR).
- Treinamento de motoredutores - (TMPR).
- Treinamento de redes industriais- (TMPR).
- Treinamento em Solda a ponto - (TMPR).

3.3.3 Avaliação dos indicadores e Índices em 2016 na área do Fechamento

Com base no banco de dados das falhas apresentadas nas estações da área do Fechamento no ano de 2016, são construídas informações mostradas nos Anexos 8, 9 e 10.

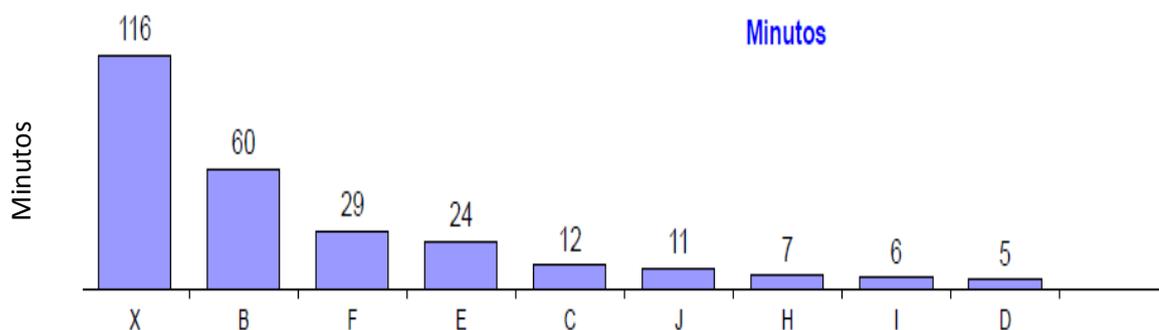
No Anexo 8 é mostrado a representação das estações com seus respectivos valores de TP em minutos, na forma de Gráfico de Pareto, a representação dos valores do TP (*Down Time*) mensal (meses de 8 à 11 – agosto a novembro), semanal (semana 41 à semana 45) e diário (26/10 à 4/11) em percentual no gráfico de colunas.

No Anexo 9 é mostrado a representação das estações, na forma de Gráfico de Pareto, a representação mensal (meses de 8 à 11 – agosto a novembro), semanal (semana 41 à semana 45) e diário (27/10 à 5/11) da quantidade de ocorrências de parada das estações.

No Anexo 10 são mostrados os indicadores, Tempo de Paradas (*Down Time*), TMEF e TMPR com as metas indicadas pela linha tracejada em vermelho. Através deles, pode-se avaliar os dados, mensalmente, semanalmente e diariamente e compará-los com as suas respectivas metas.

A Figura 28 é parte do Anexo 8, na qual é mostrada a representação das estações no eixo x com seus respectivos valores de paradas em minutos nos gráficos de barras, na forma de gráfico de Pareto. Pode-se observar que a Estação X é a que apresenta o maior tempo de parada, com 116 minutos e a Estação H com 7 minutos na sétima posição.

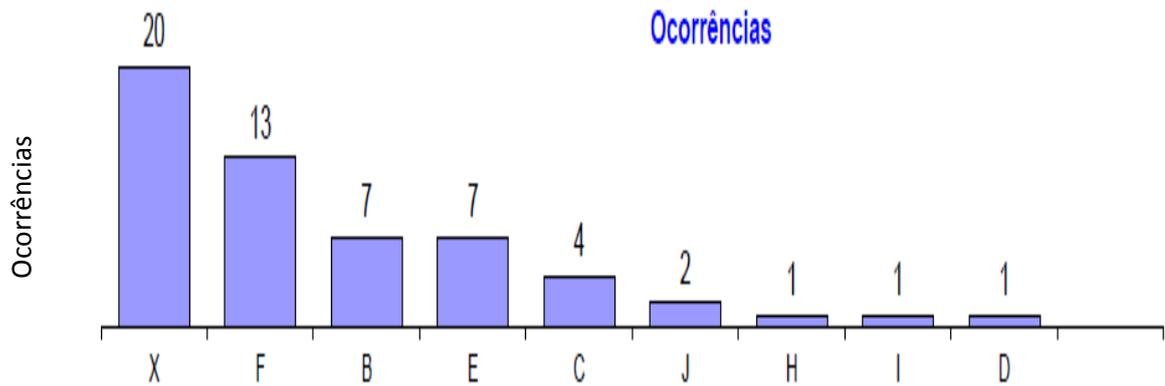
FIGURA 28: GRÁFICO INDICADOR DE TP EM MINUTOS -2016



Fonte: O autor (2016)

A Figura 29 é parte do Anexo 9, na qual é mostrada a representação das estações no eixo x com seus respectivos valores de paradas por ocorrências nos gráficos de barras, na forma de gráfico de Pareto. Pode-se observar que a Estação X é a que apresenta a maior quantidade de ocorrências, com 20 vezes e a Estação H com 1 ocorrência na sétima posição.

FIGURA 29: GRÁFICO INDICADOR DE NÚMERO DE OCORRÊNCIAS – 2016

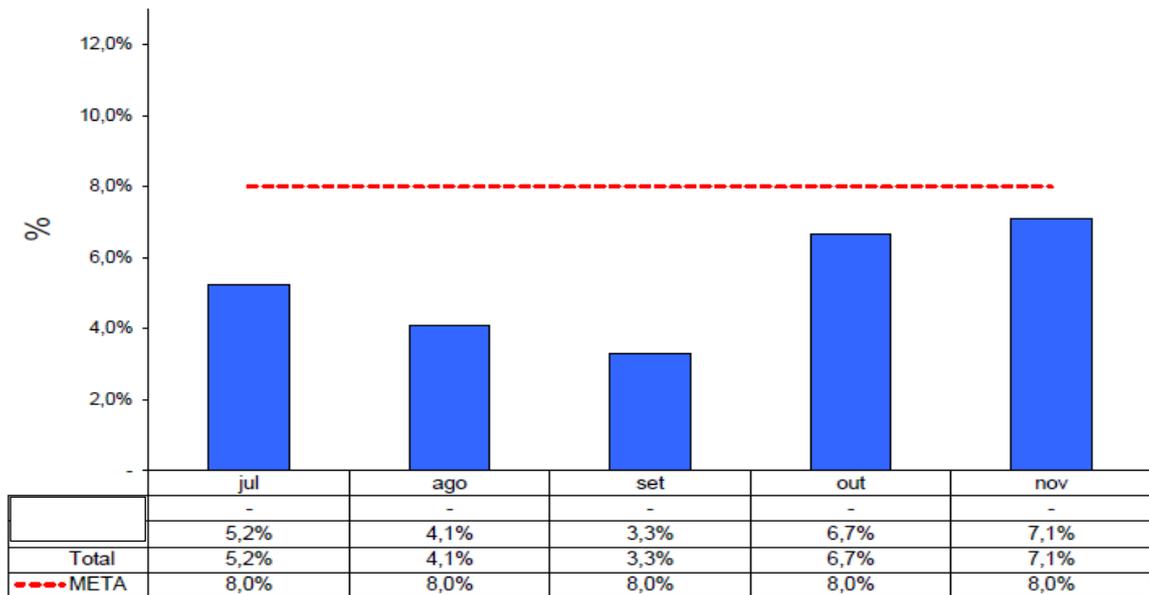


Fonte: O autor (2016)

As Figuras 30, 31, e 32 fazem parte do Anexo 10 onde são mostrados os indicadores de 2015, Tempo de Paradas (*Down Time*), TMEF e TMPR.

Na Figura 30 encontram-se representados dados relacionados ao Tempo de paradas mensal (*Down Time*) de 2016 em percentual (%) de várias estações da área do fechamento. Os valores estão dentro do objetivo que é de 8%. O mês de outubro apresenta o valor de 6.7%, novembro 7.1%.

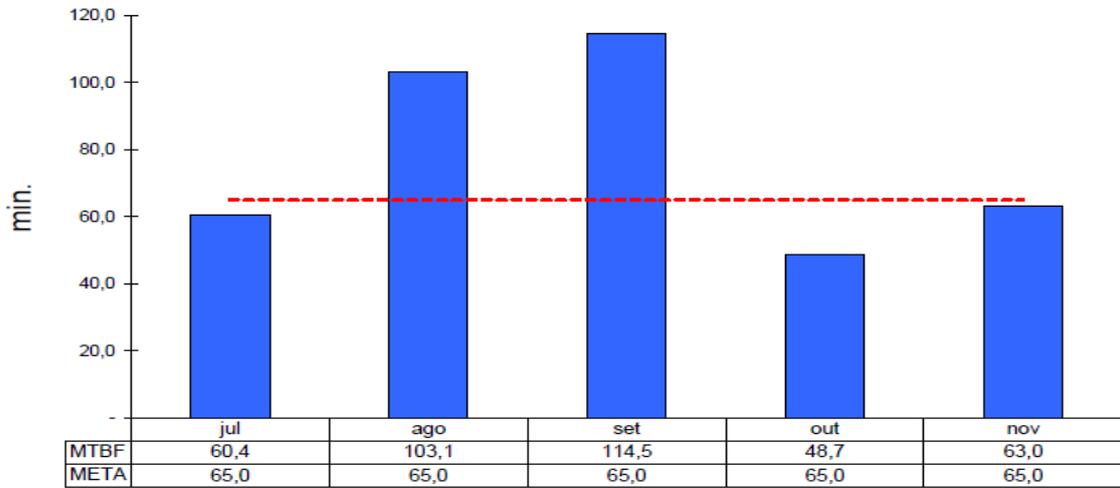
FIGURA 30: GRÁFICO INDICADOR DE TEMPO DE PARADA (DOWN TIME) EM % – MENSAL/2016



Fonte: O autor (2016)

Na Figura 31 apresenta-se o TMEF mensal de 2016 de várias estações da área do fechamento. Os valores estão variando sobre o objetivo de 65 minutos. O mês de agosto com 103.1 e setembro com 114.5 minutos, estão dentro do objetivo, porém julho, outubro e novembro com os respectivos valores de 60.4, 48.7 e 63.0 minutos estão abaixo dos objetivos estipulados.

FIGURA 31: GRÁFICO INDICADOR DE TMEF EM MINUTOS – MENSAL/2016



Fonte: O autor (2016)

Na Figura 32 apresenta-se o TMRP mensal de 2016 de várias estações da área do fechamento. Os valores estão variando sobre o objetivo de 4 minutos. Os meses de julho, setembro e outubro estão dentro do objetivo com os respectivos valores de 3.3, 3.9, e 3.5 minutos. Os meses de agosto e novembro tem os respectivos valores de 4.4 e 4.8 minutos.

FIGURA 32: GRÁFICO INDICADOR DE TMRP EM MINUTOS – MENSAL/2016



Fonte: O autor (2016)

Avaliando os indicadores do ano de 2016, Figura 29, pode-se observar que as estações da área do Fechamento estão dentro do objetivo de TP (*Down Time*), ou seja, abaixo de 8%. Na Figura 30 o TMEF está variando, precisa-se de uma ação para melhorar este indicador, e na Figura 31, pode-se observar que o TMPR está muito melhor que 2015, Figura 26.

Apesar das ações desenvolvidas, não se atingiram valores satisfatórios nos Indicadores acompanhados. Concluiu-se que é preciso robustecer o sistema, garantir que todo o conjunto de dispositivo trabalhe em harmonia e garanta a confiabilidade necessária, através de um plano de manutenção consistente.

Chegou-se à conclusão da necessidade de implantação de uma ferramenta de Confiabilidade, visto que as ações anteriormente tomadas, partiram de avaliações pontuais das equipes de trabalho. A ferramenta selecionada foi o FMEA e a Estação X escolhida para sua aplicação inicial, devido ao número de perdas por falhas nos equipamentos de solda, a pinça, demonstrada no Anexo 8 e 9.

3.4 ELABORAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA

Para elaboração do FMEA de processo de solda da estação X, foi elaborado uma planilha em Excel mostrada na figura 33. Nela foram inseridos os dados: Nome do componente, função, modo de falha, efeito, causa, criticidade, frequência, dificuldade, tipo de ação, ação, máquina parada e a frequência da manutenção requerida (diária, mensal, trimestral, semestral ou anual).

FIGURA 33: PLANILHA EXCEL DA FERRAMENTA FMEA

F M E A ESTAÇÃO X DE SOLDA DA AREA DO FECHAMENTO																			
DATA	23/06/2016																		
REVISÃO	30/06/2017																		
COORDENADOR	FÁBIO LOPES																		
COORDENADOR	Engenheiros e técnicos de manutenção da Estação Automática de Solda																		
NOME DO COMPONENTE	FUNÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO	CAUSA	CRITICIDADE	FREQUÊNCIA	DIFICULDADE	TOTAL - NPR	TIPO DE AÇÃO	AÇÃO	Máquina Parada?	DIÁRIA	SEMANAL	QUINZENAL	MESESAL	TRIMESTRAL	SEMIESTRAL	ANUAL	

Fonte: O autor (2016)

3.5 ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

De posse dos dados do Anexo 11, foi melhorado os planos de manutenção preditiva e manutenção preventiva com suas respectivas periodicidades.

3.5.1 Plano de manutenção preditiva da pinça automática - trimestral

1. Medir temperatura no corpo da pinça e transformador (25° a 40°).
2. Medir temperatura na tomada de potência da pinça. (25° a 35°).
3. Medir temperatura nas tomadas de potência da placa do eixo 3. (25° a 35°).
4. Medir temperatura nas tomadas de potência na base do robô. (25° a 35°).
5. Medir temperatura nas tomadas de potência no painel de solda. (25° a 35°).

Nº identificação do aparelho de medida:

Data vencimento da calibração:

3.5.2 Plano de manutenção preventiva da pinça automática - semestral

1. Verificar a fixação das tomadas de potência: na pinça, placa de fixação do eixo 3, base do robô e painel de solda.
2. Verificar a fixação das tomadas dos cabos de sinais: na pinça, placa de fixação do eixo 3, base do robô e painel de solda.
3. Verificar a fixação e estado de conservação dos barramentos flexíveis.
4. Verificar a fixação dos cabos nos distribuidores de sinais.
5. Verificar a fixação dos sensores de pinça aberta, fechada e posição intermediária.
6. Verificar o funcionamento dos sensores e válvula executando a rotina de teste sinais e comando da pinça: rotina de Teste pinça.
7. Limpar os cabos de sinais que estão com projeções de solda;
8. Reapertar parafusos de fixação entre o cabo de potência e o transformador;
9. Verificar os porta eletrodos quanto ao alinhamento;
10. Verificar o alinhamento dos eletródos na lâmina da fresadora.
11. Verificar fixação dos tomadas e bobinas solenóides das válvulas;
12. Verificar o funcionamento do sistema de compensação (balanceamento), com a pinça aberta o braço fixo deve estar rígido, e com a pinça fechada o braço fixo deve estar leve com o avanço de trabalho de 5 mm.
13. Verificar o alinhamento entre os braços de solda;
14. Verificar estado físico do *loom*;

3.5.3 Plano de manutenção preventiva da pinça automática - anual

1. Limpar a pinça com pano seco, removendo as projeções de solda, acúmulos de graxa e/ou óleos.
2. Verificar o estado de conservação dos cabos de sinais, se encontrar algum Cabo danificado trocar.
3. Limpar os cabos de sinais que estão com projeções de solda.
4. Reapertar conectores dos cabos de sinais (mau contato).
5. Medir a resistência de isolamento dos terminais do transformador ($\Rightarrow 2000 \text{ M}\Omega$).
6. Reapertar parafusos de fixação entre o cabo de potência e o transformador.

7. Retirar lâminas quebradas. Substituir barramento flexível se estiver com menos de 80% de suas lâminas.
8. Verificar barramento rígido quanto a folga, vazamento ou marcas de contato.
9. Verificar se há marcas de colisão com a peça, se houver, reorientar.
10. Verificar a pinça (em geral) quanto a vazamentos de água e ar.
11. Verificar se as conexões estão bem fixadas.
12. Trocar mangueiras danificadas, ressecadas ou cortadas;
13. Verificar posicionamento e a fixação das mangueiras.
14. Verificar se há estrangulamentos ou torções.
15. Verificar cilindro quanto a alinhamento, conexões, fixação, folgas e vazamentos.
16. Verificar folga no eixo e na bucha da articulação.
17. Verificar visualmente se há ranhuras na haste do cilindro, se encontrar trocar o cilindro.
18. Verificar aperto da contra porca de trava anti-giro da haste.
19. Verificar possíveis trincas nos braços, pontos de descarga.
20. Substituir anéis de vedação da Pinça.
21. Verificar a fixação dos braços de solda.
22. Verificar se há arruelas de pressão nos parafusos de fixação dos barramentos rígidos, caso não haja instalar os mesmos.
23. Verificar os porta eletrodos quanto ao alinhamento.
24. Verificar obstrução do tubo de refrigeração.
25. Verificar estado de conservação dos cones, se estiver gasto trocar.
26. Reapertar parafusos de fixação.
27. Retirar os eletrodos, retirar a pressão e realizar o fechamento manualmente.
As extremidades devem se tocar ou no máximo estar a distância de 5 mm.
28. Verificar fixação das tomadas e bobinas solenóides das válvulas.
29. Retirar e verificar estado dos parafusos de fixação do bloco de válvulas.
30. Reapertar parafusos de fixação do bloco de válvulas.
31. Verificar os acionamentos das válvulas.
32. Verificar a fixação do anel elástico da tampa do cilindro de contrabalanço.
33. Verificar parafusos de fixação das válvulas.
34. Verificar o cilindro de compensação quanto a vazamentos de ar.
35. Verificar o reaperto da porca do eixo do cilindro do contrabalanço.

36. Verificar o funcionamento do sistema de compensação (balanceamento), com a pinça aberta o braço fixo deve estar rígido, e com a pinça fechada o braço fixo deve estar leve com o avanço de trabalho de 5 mm.
37. Verificar se os silenciadores pneumáticos de 3/8 não estão obstruídos, dificultando o escape do ar.
38. Verificar o alinhamento entre os braços de solda.
39. Verificar se a folga lateral entre os braços é de no máximo 1 mm para um curso até 400 mm, e de no máximo 2 mm para um curso acima de 400 mm.
40. Verificar folga no eixo de anti-rotação (guia linear e mancal).
41. Reapertar parafusos de fixação entre braço condutor e condutor do shunt (parte móvel da pinça).
42. Verificar as folgas das articulações.
43. Verificar o livre movimento de seus componentes.
44. Verificar o aperto dos tirantes.
45. Verificar se não há nenhum tirante quebrado.
46. Verificar folga do cilindro de compensação em relação a haste lateral. Havendo folga, ajustar.
47. Verificar a fixação da pinça no rabo de andorinha ou no trocador de ferramenta. Não deve haver folga nesta parte.
48. Verificar o aperto dos parafusos do acoplamento da pinça com o robô ou trocador de ferramenta.
49. Verificar aperto dos componentes fixados no chassi da pinça.
50. Verificar funcionamento dos sensores (sinais chegando no distribuidor de sinais).
51. Verificar parafusos de fixação dos sensores.
52. Verificar sensores de proximidade quanto a marcas de colisão.
53. Verificar fixação do atuador dos sensores.
54. Verificar alinhamento da régua de fixação dos sensores.
55. Verificar o paralelismo do curso do atuador com a régua de fixação.
56. Verificar aperto dos parafusos do corpo da pinça.
57. Verificar possíveis trincas no corpo da pinça.
58. Verificar proteção das mangueiras e pacote de cabos quanto a desgaste e colisões.

3.5.4 Plano de manutenção preditiva do painel solda - trimestral

1. Medir temperatura na conexão de entrada de alimentação 440 Vca (25° a 45°).
2. Medir temperatura na conexão de saída para o transformador da pinça (25° a 45°).
3. Medir temperatura na régua de bornes. (25° a 35°).

Nº identificação do aparelho de medição:

Data vencimento da calibração:

3.5.5 Plano de manutenção preventiva painel de solda e calibração da pinça - semestral

1. Salvar uma cópia do programa de solda, na pasta " Cópia" do computador localizada na pasta de trabalho. Nomear arquivo de acordo com padrão: Ano/mês/dia/estação/maquina/Hora/Minuto. Ex: xxxx/yy/zz AAAA/BBBB/CC/DD.
2. Desligar a alimentação do painel.
3. Retirar os fusíveis de alimentação do painel de solda no painel de distribuição geral.
4. Verificar ausência de tensão no painel de solda. (Testar funcionamento do multímetro, teste vivo/morto).
5. Reapertar conexões dos cabos de potência: entrada e saída, contator.
6. Limpar/ substituir se necessário o filtro de ar do regulador de pressão.
7. Verificar se existe vazamento de ar no regulador de pressão
8. Verificar calha e cabos do painel.
9. Reapertar conectores e bornes do painel.
10. Verificar existência de vazamento de água no tiristor.
11. Ligar alimentação do painel.
12. Verificar funcionamento das comunicações serial e ethernet caso não comuniquem com o computador substituir o comando de solda.
13. Verificar a pinça (em geral) quanto a vazamentos de água e ar.
14. Verificar se as conexões estão bem fixadas.
15. Verificar se há trincas nas conexões.

16. Medir corrente com amperímetro e comparar com corrente medida pelo software, se diferente, calibrar sonda de corrente.
17. Medir força com dinamômetro e comparar com força medida pelo software, se diferente, calibrar servo-válvula.
18. Checar se a válvula proporcional está ativa.
19. Salvar cópia, no computador . Nomear arquivo de acordo com padrão:
Ano/mês/dia/estação/maquina Ex: xxxx/xx/xx AAAA/BBBB/CC/DD.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de desenvolvimento do pensamento sistêmico não deve ser considerado como um fim em si mesmo, ao contrário, deve servir às organizações garantindo-lhes elementos capazes de torná-las hábeis a enfrentar a competitividade dos mercados em que atuam. Em face da intensificação da competição industrial no segmento automotivo a cada ano é necessária a contínua redução dos custos de produção dos veículos, além da busca de produtos com maior qualidade.

Assim, a crescente aplicação de novas tecnologias aplicadas ao veículo e as exigências de uma competição acirrada torna imprescindível a inserção da manufatura em um sistema de produção que englobe práticas ou ferramentas que possam tornar eficiente e auxiliar o alcance das metas e superação de desafios. Estas práticas e ferramentas orientam os processos de forma ordenada e sistêmica desde o desenvolvimento do produto, influenciando diretamente no processo produtivo.

O objetivo geral desse trabalho foi propor melhorias no sentido de reduzir as perdas por falhas em equipamentos através do melhoramento do plano de manutenção preventiva e preditiva, de uma estação de solda na indústria automotiva, instalada no Polo Industrial de Camaçari - Ba, buscando melhorar a qualidade dos serviços prestados e a eficácia do processo produtivo. Como facilitador para elaboração deste trabalho, utilizou-se de uma das ferramentas da Confiabilidade, o FMEA, suportado por banco de dados de históricos de 03 anos, 2014, 2015 e 2016 e elaborado pela equipe de manutenção no sistema estudado. Registre-se que já havia um plano original de manutenção preventiva, bem como algumas melhorias implantadas, mas não era considerado satisfatório devido a oportunidades de melhoras encontrada nestes planos utilizando a ferramenta de confiabilidade FMEA. Outro facilitador, não menos importante, foi a riqueza de dados do sistema de controle e programação da manutenção, que permitiu o estudo e aprimoramento do processo; e sem o qual o estudo não poderia ser realizado de forma eficaz.

Foi importante a percepção do sistema FMEA não apenas como a determinação de planos que orientem seu desempenho, mas também como observação dos padrões de ação executados ao longo dos anos, como forma de

potencializar o aprendizado organizacional para a perpetuação dos acertos e a correção dos desvios ocorridos no processo sistêmico.

A compreensão do sistema, bem como sua criação e implantação na empresa, deve obrigatoriamente contemplar as interações políticas que permeiam o ambiente, alinhando interesses e criando coalizões que conduzam ao alcance das metas corporativas.

Ainda como desdobramento deste estudo, conclui-se que um grande avanço na melhoria do processo produtivo na estação de solda, seria obtido com a troca de todos os comandos de solda convencional por média frequência, que melhoraria a eficiência da solda com baixo consumo de energia, acompanhado da troca das pinças pneumáticas por pinça com servomotor (*servogun*) e a troca dos 4 robôs ABB S4 por robô IRC5.

O valor do trabalho foi ter utilizado a Ferramenta FMEA para obter uma proposta mais consistente de ações de melhorias no processo produtivo, uma vez que aquelas efetuadas anteriormente, com a iniciativa do grupo de trabalho, tiveram seus méritos, contudo não conseguiram ser tão amplas.

Esse estudo não pretende esgotar o assunto, pois as práticas de manutenção estão em constante aperfeiçoamento. Mas, pode ser utilizado para incentivar pesquisas nessa área, como proposta para trabalhos futuros e dando continuidade ao processo de melhoria e efetivação dos processos produtivos na empresa em estudo e, ou, na área industrial como um todo.

REFERÊNCIAS

- ABB, ASEA BROWN BOVERI: **Manual de engenharia de manutenção**. Camaçari. 2003.
- GURSKI. Carlos Alberto. **Curso de formação de operadores de refinaria** - Noções de confiabilidade e manutenção industrial. Disponível em: <http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/petrobras/confiabilidade_e_manutenc_ao.pdf>. Acesso em: 19/08/2016.
- KARDEC, A.; XAVIER, J.A.N., **Manutenção Função Estratégica**. 4a. Edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, ABRAMAN, 2013.
- LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**, Rio de Janeiro: Qualimark, 2014.
- MARIMAX. **Solda por resistência**. São Paulo. 2004. Disponível em: www.asmtreinamentos.com.br/downloads/soldador/arquivo94.pdf. Acesso em: 18/11/2017.
- Qualyteam. **Diagrama Ishikawa**. Balneário Camboriú, SC. 2014. Disponível em: www.blog.qualidadesimples.com.br/2011/03/14/diagrama-de-ishikawa/. Acesso em: 20/03/2018.
- REIS, Marco Antônio dos. **Aplicação da teoria das restrições – um estudo de caso**. In: Encontro Nac. de Engenharia de Produção - Florianópolis, 03 a 05 de nov. de 2004.
- SEIXAS, Eduardo de Santana. **Confiabilidade Aplicada na Manutenção**, Rio de Janeiro: Novo Polo, 2001.
- SILVEIRA. Cristiano Bertulucci. FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. **Citisystems**. Disponível em: < <https://www.citisystems.com.br/fmea-processo-analise-modos-falhas-efeitos/>> Acesso em: 15/01/2017.
- TAVARES, Lourival. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 1999.
- TAVARES, Lourival Augusto; SILVA FILHO, Aristides Antônio. **A manutenção como uma atividade corporativa**. 15º Congresso brasileiro de manutenção. 2000. Disponível em: <<http://www.bhnet.com.br/tecem>>. Acesso em: 05/12/2016.

ANEXOS

Anexo 1 – Planilha de anotações de falhas no Excel.

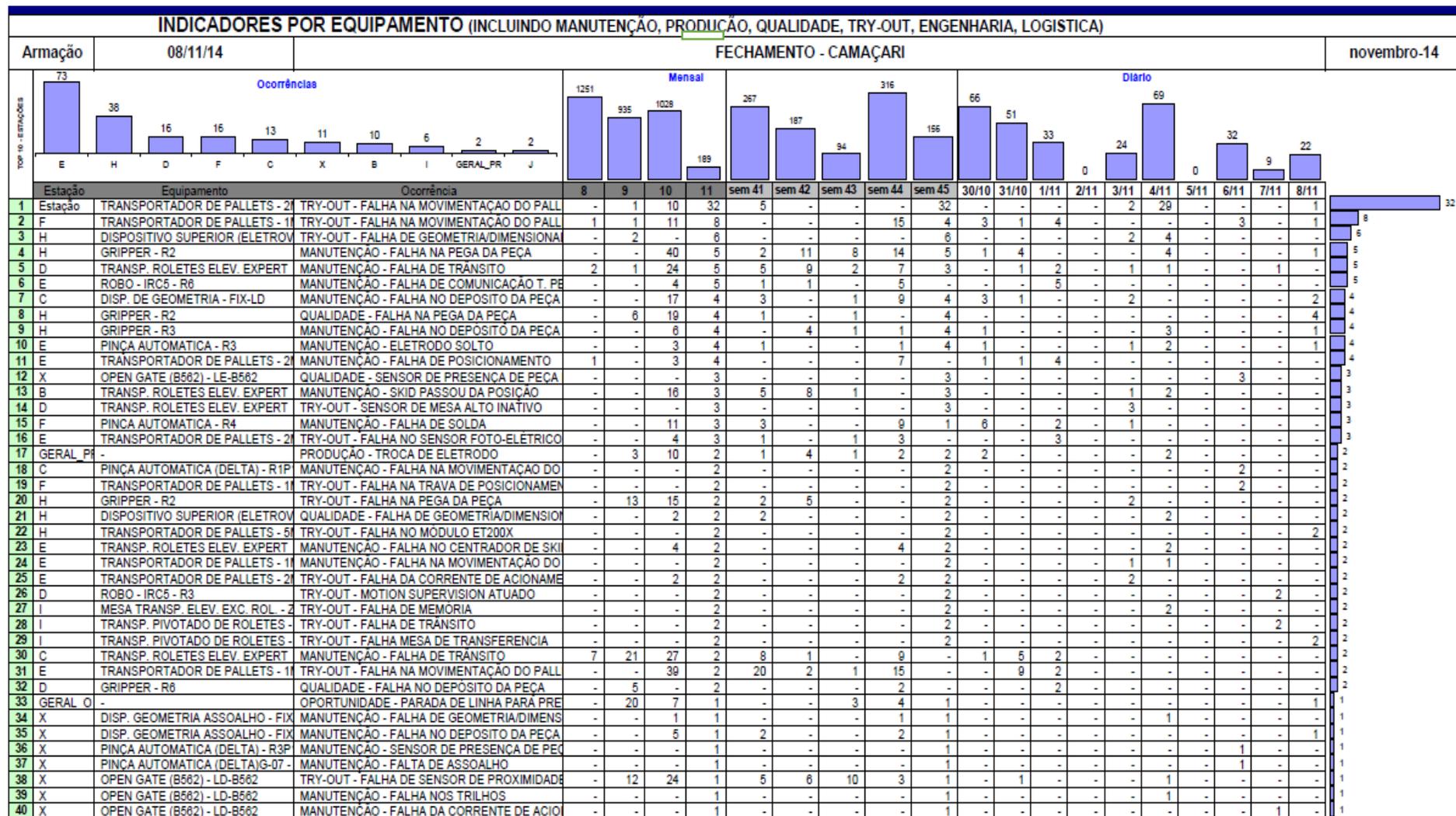
		Industrial Services										
		v										
Área:		1ª H	2ª H	3ª H	4ª H	5ª H	6ª H	7ª H	8ª H	9ª H	Total	
Data: 29/08/2014		8:10	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	Manhã	
Turno: 2		7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	14:50	168	
		Produzido	21	20	6	21	28	21	20	11	21	
		Dif - gross	-11	-18	-33	-17	-10	-17	-18	-27	-11	
		% Downtime	6	9	0	3	12	20	13	47	0	
		Disp. %	88%	85%	100%	95%	80%	67%	78%	22%	100%	
		Min. a Justif.	0	0	0	0	0	0	-19	0	-19	
Ectação	Equipamento	Problema	Ação									Responsável
-	-	ESTEIRA CHEIA	(1) EXCESSO ALINHAMENTO DA BARREIRA DE LUZ DO TETO									P. ANTERIOR
	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO - FIXLD	SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NÃO ACIONADO	(1) CARROCERIA FORA DE POSIÇÃO \ POSICIONADA EM MANUAL									TRY-OUT
	PIÇA AUTOMÁTICA (DELTA)H-07 - R1P1	FALHA DE SOLDA	(1) FALHA DE SOLDA DEVIDO EXCESSO DE SELEAR NO COW SIDE									MANUTENÇÃO
	MESA PIVOTADA PNEUMÁTICA	FALHA DE TRÁNSITO	(1) CARROCERIA FORA DE POSIÇÃO \ POSICIONADO EM MANUAL									MANUTENÇÃO
	DISPOSITIVO - LD	FALHA NO DEPOSITO DA PEÇA	(1) CARROCERIA FORA DE POSIÇÃO \ POSICIONADA EM MANUAL									QUALIDADE
	PIÇA AUTOMÁTICA - R2P1	ELETRODOS DESALINHADOS	(1) TROCA DO PORTA ELETRODO									MANUTENÇÃO
	ROBO - R2	NÃO ENTRA EM MODO AUTOMÁTICO	(1) FALHA DE SOLDA DEVIDO EXCESSO DE SELEAR NA TRAVESSA DIANTEIRA \ LIBERADO EM MANUAL									QUALIDADE
	TRANSP. ROLETES ELEV. EXPERT	FALHA DE TRÁNSITO	(1) TRAVOU O SISTEMA DO ROBO \ RESTART DO ROBO E RESET DO PAINEL SERRA									MANUTENÇÃO
	TRANSP DE ROL ELEV(FIXO)	FALHA DE TRÁNSITO	(1) SKID PASSOU DA POSIÇÃO \ POSICIONADO EM MANUAL									MANUTENÇÃO
	DISP. DE GEOMETRIA - FIX-LD	SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NÃO ACIONADO	(1) SKID PASSOU DA POSIÇÃO / POSICIONADO SKID E LIBERADO.									MANUTENÇÃO
	TRANSP. ROLETES ELEV. EXPERT	FALHA DE TRÁNSITO	(1) CARROCERIA FORA DE POSIÇÃO \ POSICIONADO EM MANUAL PELO PAINEL VIEW									TRY-OUT
	PIÇA AUTOMÁTICA - R1	FALHA DE SOLDA	(1) SKID NÃO CHEGOU NA POSIÇÃO \ POSICIONADO EM MANUAL									MANUTENÇÃO
	ROBO - IRC5 - R1	COLISÃO	(1) FALHA NA SEQUENCIA DCP									TRY-OUT
	DISPOSITIVO - LD	FALHA NO DEPOSITO DA PEÇA	(1) CARROCERIA FORA DE POSIÇÃO NO DISPOSITIVO \ POSICIONADO EM MANUAL PELO PAINEL VIEW									TRY-OUT
	DISPOSITIVO - LE	SENSOR DO GRAMPO NÃO ACIONADO	(1) FALHA NA PEGA DO COW TOP \ LIBERADO EM MANUAL									TRY-OUT
	PIÇA AUTOMÁTICA - R1	ELETRODOS GASTOS	(1) FALHA NA ABERTURA DO GRAMPO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO DO GRIPER R2 Y21 \ ABERTO EM MANUAL									TRY-OUT
	TRANSPORTADOR DE PALLETES - 1M LOWER S.	FALHA DE PRESENÇA DE PEÇA	(1) TROCA DE ELETRODO R1 E R3; NÃO INCREMENTOU CONTADOR DE FRESAGEM.									MANUTENÇÃO
	DISPOSITIVO - LD	SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NÃO ACIONADO	(1) FALHA DE SOLDA DEVIDO MATERIAL NO ELETRODO \ RETIRADO ROBO E LIMPADO O ELETRODO									MANUTENÇÃO
	PIÇA AUTOMÁTICA - R1	ELETRODOS GASTOS	(1) EXCESSO NÃO PEGOU A PEÇA PORQUE A FOTO-CELULA NÃO ESTAVA ATUADA \ PEÇA FORA DE POSIÇÃO									TRY-OUT
	PIÇA AUTOMÁTICA - R3	FALHA DE SOLDA	(1) CARROCERIA FORA DO PINO MASTER \ POSICIONADO EM MANUAL									TRY-OUT
	ROBO - IRC5 - R1	NÃO ENTRA EM MODO AUTOMÁTICO	(1) TROCA DE ELETRODO GERANDO COLISÃO E FALHA DE CALIBRAÇÃO DA PINÇA \ CALIBRADA A PINÇA									TRY-OUT
			(2) TROCA DE ELETRODO R1 E R3 \ R1 NÃO INCREMENTOU O CONTADOR DE FRESAGEM E R3 NÃO ZEROU O CONTADOR (R1 NÃO CORTOU A ÁGUA.)									MANUTENÇÃO
			(1) FALHA DE SOLDA DEVIDO EXCESSO DE SELEAR NO LOWER BACK \ LIBERADO EM MANUAL E EFETUADO									TRY-OUT
			(1) FALHA NO SINAL DO CONTADOR DE TROCA DE ELETRODO \ AJUSTADO CONTADOR NO PLC									TRY-OUT

Anexo 2 - Gráfico indicador paradas em minutos - 2014

INDICADORES POR EQUIPAMENTO (INCLUINDO MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO, QUALIDADE, TRY-OUT, ENGENHARIA, LOGISTICA)																														
Armação	08/11/14									FECHAMENTO - CAMAÇARI										novembro-14										
TOP 10 - ESTAÇÕES	Minutos										Mensal					Diário														
	H	E	D	C	I	B	X	F	GERAL_O	GERAL_PR	7487	7251	6251	910	1468	1054	604	2113	803	437	214	107	0	139	260		0	132	109	163
	Estação	Equipamento	Ocorrência	8	9	10	11	sem 41	sem 42	sem 43	sem 44	sem 45	30/10	31/10	1/11	2/11	3/11	4/11	5/11	6/11	7/11	8/11								
1	E	TRANSPORTADOR DE PALLETS - 2M	TRY-OUT - FALHA NA MOVIMENTAÇÃO DO PALL	-	7	28	91	12	-	-	-	91	-	-	-	-	27	60	-	-	-	-	4	51						
2	H	TRANSPORTADOR DE PALLETS - 5M	TRY-OUT - FALHA NO MODULO ET200X	-	-	-	55	-	-	-	-	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55						
3	D	ROBO - IRC5 - R3	TRY-OUT - MOTION SUPERVISION ATUADO	-	-	-	42	-	-	-	-	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	42						
4	H	DISPOSITIVO SUPERIOR (ELETROVIA)	TRY-OUT - FALHA DE GEOMETRIA/DIMENSIONAL	-	16	-	37	-	-	-	-	37	-	-	-	-	10	27	-	-	-	-	-	37						
5	H	GRIPPER - R2	MANUTENÇÃO - FALHA NA PEGA DA PEÇA	-	-	248	31	22	68	42	93	31	13	19	-	-	21	-	-	-	-	-	10	31						
6	I	TRANSP. PIVOTADO DE ROLETES - Z2	TRY-OUT - FALHA DE TRANSITO	-	-	-	31	-	-	-	-	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	31						
7	D	TRANSP. ROLETES ELEV. EXPERT	MANUTENÇÃO - FALHA DE TRANSITO	18	15	131	30	25	45	5	36	20	-	12	10	-	9	5	-	-	-	6	-	30						
8	H	GRIPPER - R2	QUALIDADE - FALHA NA PEGA DA PEÇA	-	34	120	24	7	-	8	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	24						
9	GERAL	-	OPORTUNIDADE - PARADA DE LINHA PARA PRE	-	-	836	183	20	-	-	10	173	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20						
10	B	ROBO - R2	MANUTENÇÃO - NÃO ENTRA EM MODO AUTOMA	18	-	42	20	4	7	12	20	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	20						
11	F	TRANSPORTADOR DE PALLETS - 1M	TRY-OUT - FALHA NA MOVIMENTAÇÃO DO PALL	8	3	47	18	-	-	-	55	10	11	5	8	-	-	-	-	-	-	6	4	18						
12	GERAL	-	PRODUÇÃO - TROCA DE ELETRODO	-	69	144	16	15	40	22	27	16	27	-	-	-	16	-	-	-	-	-	16	16						
13	H	GRIPPER - R2	TRY-OUT - FALHA NA PEGA DA PEÇA	-	112	101	16	18	23	-	-	16	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	16						
14	C	PINÇA AUTOMATICA (DELTA) - R1P1	MANUTENÇÃO - FALHA NA MOVIMENTAÇÃO DO	-	-	-	15	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	15						
15	I	TRANSP. PIVOTADO DE ROLETES - Z2	TRY-OUT - FALHA MESA DE TRANSFERENCIA	-	-	-	14	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	14						
16	H	DISPOSITIVO SUPERIOR (ELETROVIA)	QUALIDADE - FALHA DE GEOMETRIA/DIMENSIO	-	-	16	14	16	-	-	-	14	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	14						
17	E	PINÇA AUTOMATICA - R3	MANUTENÇÃO - ELETRODO SOLTO	-	-	20	13	13	-	-	2	13	2	-	-	-	3	7	-	-	-	-	3	13						
18	D	TRANSP. ROLETES ELEV. EXPERT	TRY-OUT - SENSOR DE MESA ALTO INATIVO	-	-	-	13	-	-	-	-	13	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	13						
19	H	DISPOSITIVO SUPERIOR (ELETROVIA)	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA	-	-	-	12	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	12						
20	C	DISP. DE GEOMETRIA - FIX-LD	MANUTENÇÃO - FALHA NO DEPOSITO DA PEÇA	-	-	62	11	6	-	2	32	11	11	2	-	-	7	-	-	-	-	-	4	11						
21	I	MESA TRANSP. ELEV. EXC. ROL - Z20	TRY-OUT - FALHA DE MEMORIA	-	-	-	11	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	11						
22	X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO - FIXLD	MANUTENÇÃO - FALHA DE GEOMETRIA/DIMENS	-	-	23	10	-	-	-	23	10	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	10						
23	X	OPEN GATE (B562) - LE-B562	QUALIDADE - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA	-	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	10						
24	C	PINÇA AUTOMATICA (DELTA) - R1P1	MANUTENÇÃO - SENSOR DO GRAMPO NÃO ACIM	-	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	10						
25	C	PINÇA AUTOMATICA (DELTA) - R1P1	MANUTENÇÃO - SENSOR DE PRESENÇA DE PEC	-	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	10						
26	B	TRANSP. ROLETES ELEV. EXPERT	MANUTENÇÃO - SKID PASSOU DA POSIÇÃO	-	-	47	10	13	24	3	-	10	-	-	-	6	4	-	-	-	-	-	-	10						
27	H	DISPOSITIVO SUPERIOR (ELETROVIA)	MANUTENÇÃO - FALHA NA TRAVA DE POSICION	-	33	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	10						
28	H	DISPOSITIVO SUPERIOR (ELETROVIA)	TRY-OUT - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NA	18	-	18	10	-	6	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	10						
29	E	ROBO - IRC5 - R6	MANUTENÇÃO - FALHA DE COMUNICAÇÃO T. PE	-	-	25	10	5	6	-	10	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	10						
30	H	GRIPPER - R3	MANUTENÇÃO - FALHA NO DEPOSITO DA PEÇA	-	-	26	9	-	15	5	6	9	6	-	-	-	7	-	-	-	-	-	2	9						
31	E	TRANSPORTADOR DE PALLETS - 1M	MANUTENÇÃO - FALHA NA MOVIMENTAÇÃO DO	-	-	-	9	-	-	-	-	9	-	-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	9						
32	E	TRANSPORTADOR DE PALLETS - 2M	TRY-OUT - FALHA DA CORRENTE DE ACIONAME	-	-	15	9	-	-	-	15	9	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	9						
33	J	TRANSPORTADOR DE ROLETES ELEV	QUALIDADE - RETIRADA DE ELEMENTO SUCATA	-	63	88	9	68	-	-	20	9	14	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	9						
34	E	TRANSPORTADOR DE PALLETS - 2M	TRY-OUT - FALHA NO SENSOR FOTO-ELETTRICO	-	-	12	9	4	-	3	9	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	9						
35	D	GRIPPER - R6	QUALIDADE - FALHA NO DEPOSITO DA PEÇA	-	153	-	9	-	-	-	9	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	9						
36	H	DISPOSITIVO SUPERIOR (ELETROVIA)	TRY-OUT - FALHA DE TRANSITO	-	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8						
37	E	DISPOSITIVO - LE	TRY-OUT - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NA	4	-	22	8	-	-	-	22	8	-	6	-	-	8	-	-	-	-	-	-	8						
38	D	DISPOSITIVO - LD	MANUTENÇÃO - FALTA DE ASSOALHO	-	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8						
39	F	PINÇA AUTOMATICA - R4	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA	-	-	39	8	10	-	-	32	3	19	-	5	-	3	-	-	-	-	-	-	8						
40	B	TRANSP. ROLETES ELEV. EXPERT	MANUTENÇÃO - SENSOR DE MESA ALTO INATIV	-	17	-	7	-	-	-	-	7	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	7						

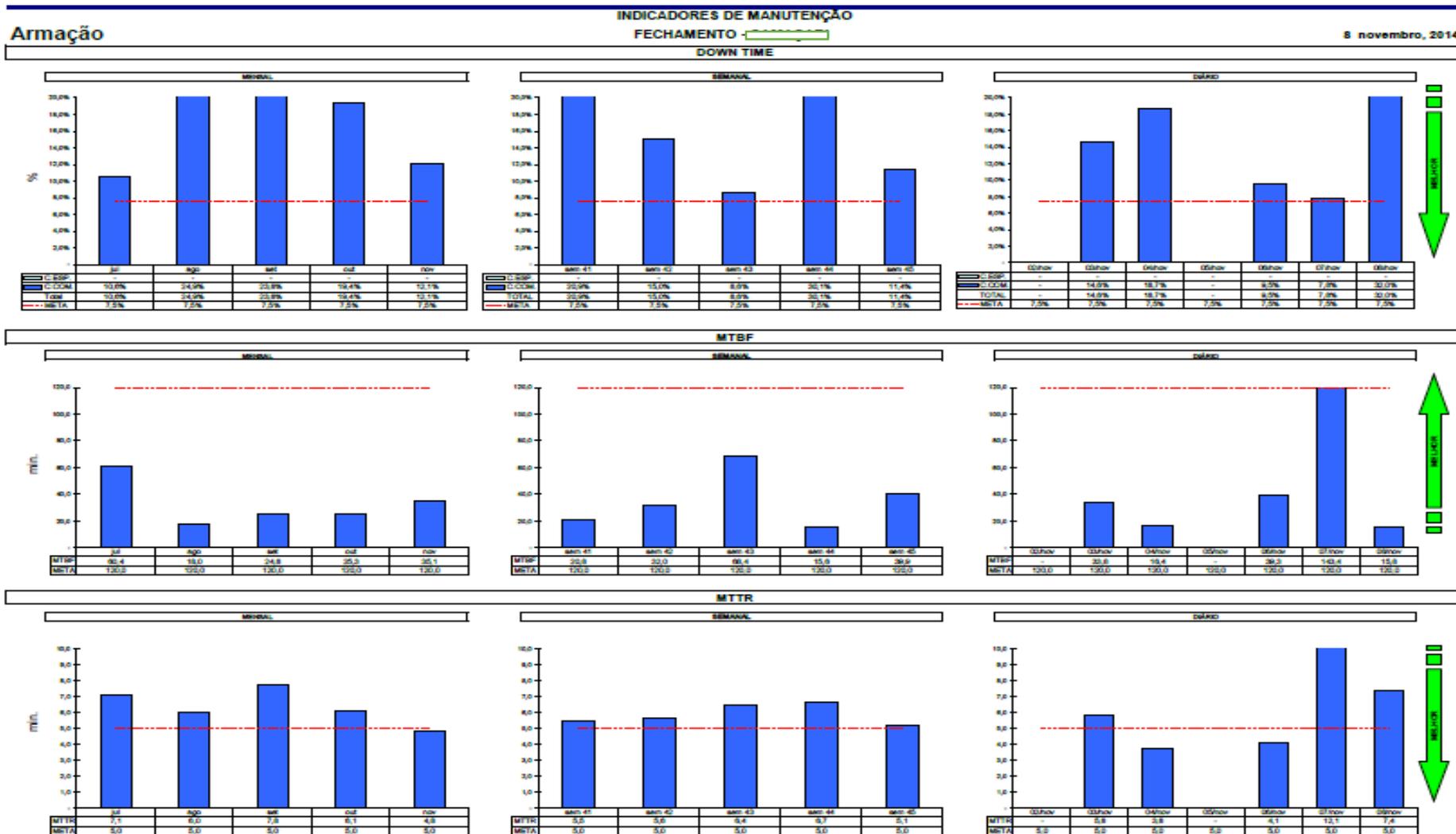
Fonte: O autor (2016)

Anexo 3 - Gráfico indicador de parada por ocorrência - 2014



Fonte: O autor (2016)

Anexo 4 - Gráfico indicador de Tempo de Paradas, TMEF, TMRP - 2014



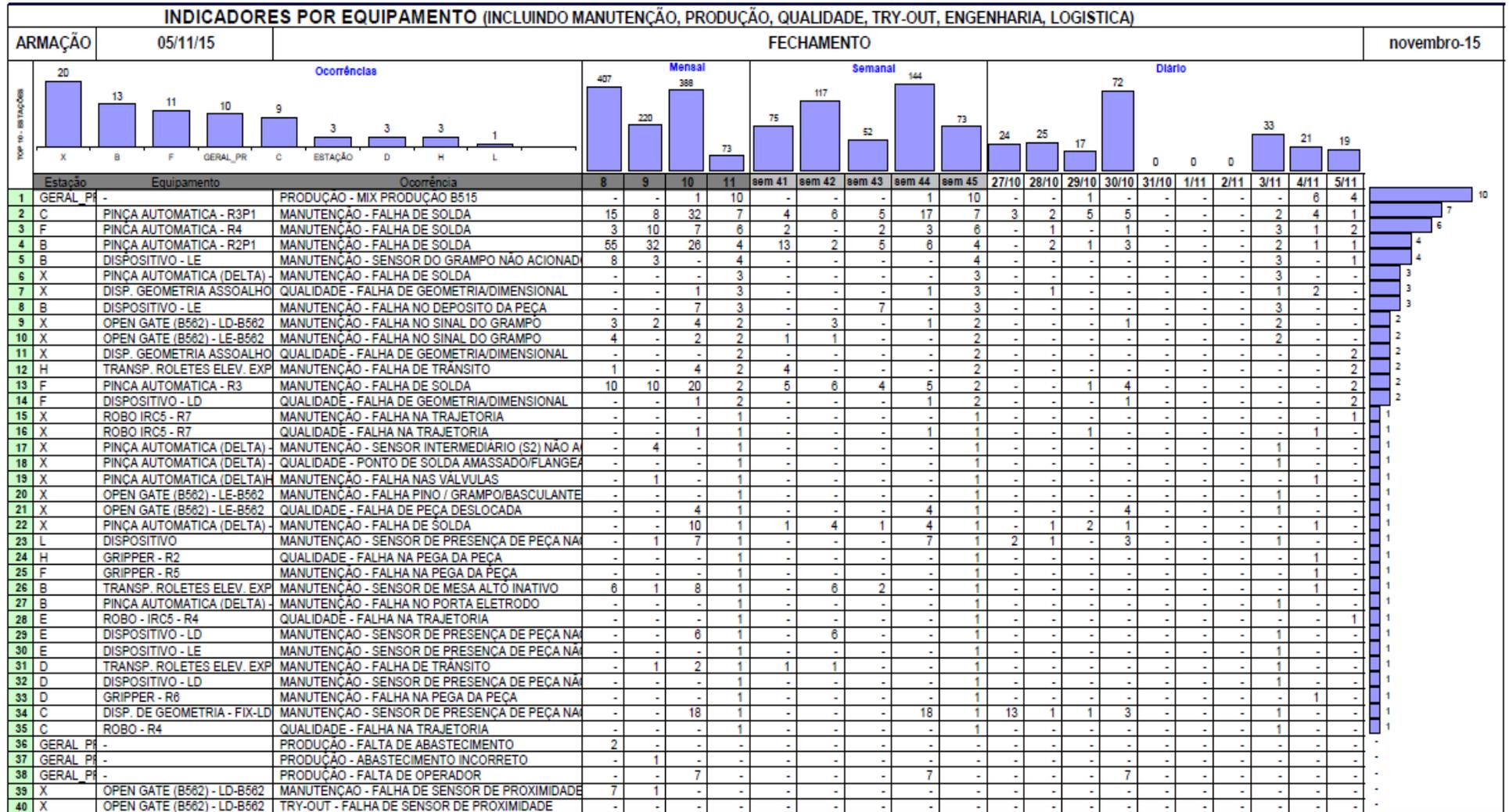
Fonte: O autor (2016)

Anexo 5 - Gráfico indicador paradas em minutos - 2015

INDICADORES POR EQUIPAMENTO (INCLUINDO MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO, QUALIDADE, TRY-OUT, ENGENHARIA, LOGISTICA)			FECHAMENTO																	novembro-15											
ARMAÇÃO	05/11/15																														
TOP 10 - BARRAGENS	Minutos		Mensal				Semanal					Diário																			
	X	GERAL_PR	F	E	B	D	C	H	L	1862	1118	2309	595	sem 41	sem 42	sem 43	sem 44	sem 45	27/10	28/10	29/10	30/10	31/10	1/11	2/11	3/11	4/11	5/11			
Estação	Equipamento	Ocorrência	8	9	10	11																									
1	GERAL PR	PRODUÇÃO - MIX PRODUÇÃO B515	-	-	21	187	-	-	21	187	-	-	21	187	-	-	21	187	-	-	21	-	-	-	-	-	-	122	65	187	
2	X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO	QUALIDADE - FALHA DE GEOMETRIA/DIMENSIONAL	-	-	-	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	
3	X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO	QUALIDADE - FALHA DE GEOMETRIA/DIMENSIONAL	-	-	15	34	-	-	-	-	-	15	34	-	-	15	34	-	15	-	-	-	-	-	-	10	24	-	34	
4	X	OPEN GATE (B562) - LE-B562	MANUTENÇÃO - FALHA PINO / GRAMPO/BASCULANTE	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	25	
5	X	ROBO IRC5 - R7	QUALIDADE - FALHA NA TRAJETORIA	-	-	16	20	-	-	-	-	-	16	20	-	-	16	20	-	16	-	-	18	-	-	-	-	20	-	20	
6	C	PINÇA AUTOMÁTICA - R3P1	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA	39	21	88	17	9	24	16	39	17	6	5	10	12	-	-	6	5	10	12	-	-	-	-	4	10	3	17	
7	D	GRIPPER - R6	MANUTENÇÃO - FALHA NA PEGA DA PEÇA	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	
8	X	PINÇA AUTOMÁTICA (DELTA) -	MANUTENÇÃO - SENSOR INTERMEDIÁRIO (S2) NÃO A	-	15	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	15	
9	F	GRIPPER - R5	MANUTENÇÃO - FALHA NA PEGA DA PEÇA	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	
10	E	ROBO - IRC5 - R4	QUALIDADE - FALHA NA TRAJETORIA	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	
11	E	DISPOSITIVO - LD	MANUTENÇÃO - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NÃO	-	-	21	14	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	14	
12	H	TRANSP. ROLETES ELEV. EXP1	MANUTENÇÃO - FALHA DE TRANSITO	5	-	21	12	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	
13	F	PINÇA AUTOMÁTICA - R4	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA	11	20	17	12	4	-	4	9	12	-	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2	4	12	
14	H	GRIPPER - R2	QUALIDADE - FALHA NA PEGA DA PEÇA	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	
15	X	PINÇA AUTOMÁTICA (DELTA) -	QUALIDADE - PONTO DE SOLDA AMASSADO/FLANGEA	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	11	
16	X	ROBO IRC5 - R7	MANUTENÇÃO - FALHA NA TRAJETORIA	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
17	E	DISPOSITIVO - LE	MANUTENÇÃO - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NÃO	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	10	
18	D	DISPOSITIVO - LD	MANUTENÇÃO - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NÃO	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	10	
19	X	PINÇA AUTOMÁTICA (DELTA) -	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	9	
20	F	DISPOSITIVO - LD	QUALIDADE - FALHA DE GEOMETRIA/DIMENSIONAL	-	-	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
21	B	PINÇA AUTOMÁTICA - R2P1	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA	126	61	56	8	26	6	10	14	8	-	6	2	6	-	-	6	-	6	-	-	-	-	-	4	2	2	8	
22	B	DISPOSITIVO - LE	MANUTENÇÃO - SENSOR DO GRAMPO NÃO ACIONADO	15	9	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	8	
23	X	PINÇA AUTOMÁTICA (DELTA)H	MANUTENÇÃO - FALHA NAS VALVULAS	-	10	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
24	C	ROBO - R4	QUALIDADE - FALHA NA TRAJETORIA	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	8	
25	X	OPEN GATE (B562) - LE-B562	QUALIDADE - FALHA DE PEÇA DESLOCADA	-	-	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	6	
26	B	PINÇA AUTOMÁTICA (DELTA) -	MANUTENÇÃO - FALHA NO PORTA ELETRODO	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	6	
27	B	DISPOSITIVO - LE	MANUTENÇÃO - FALHA NO DEPOSITO DA PEÇA	-	-	14	6	-	-	14	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	6	
28	F	PINÇA AUTOMÁTICA - R3	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA	25	159	75	4	12	31	15	17	4	-	-	3	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
29	X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	MANUTENÇÃO - FALHA NO SINAL DO GRAMPO	6	9	27	4	-	23	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4	-	-	4	
30	X	OPEN GATE (B562) - LE-B562	MANUTENÇÃO - FALHA NO SINAL DO GRAMPO	153	-	43	4	33	10	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4	
31	D	TRANSP. ROLETES ELEV. EXP1	MANUTENÇÃO - FALHA DE TRANSITO	-	5	13	4	8	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4	
32	X	PINÇA AUTOMÁTICA (DELTA) -	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA	-	-	29	3	3	15	3	8	3	-	3	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	
33	L	DISPOSITIVO	MANUTENÇÃO - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NÃO	-	8	16	3	-	-	-	-	-	-	16	3	3	4	-	6	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	
34	L	TRANSP. ROLETES ELEV. EXP1	MANUTENÇÃO - SENSOR DE MESA ALTO INATIVO	40	5	31	3	-	22	9	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	
35	C	DISP. DE GEOMETRIA - FIX-LD	MANUTENÇÃO - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NÃO	-	-	41	3	-	-	-	41	3	30	3	2	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	
36	GERAL PR	-	PRODUÇÃO - FALTA DE ABASTECIMENTO	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	GERAL PR	-	PRODUÇÃO - ABASTECIMENTO INCORRETO	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	GERAL PR	-	PRODUÇÃO - FALTA DE OPERADOR	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	MANUTENÇÃO - FALHA DE SENSOR DE PROXIMIDADE	7	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	TRY-OUT - FALHA DE SENSOR DE PROXIMIDADE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2016)

Anexo 6 - Gráfico indicador de parada por ocorrência - 2015



Fonte: O autor (2016)

Anexo 7 - Gráfico indicador de Tempo de Paradas, TMEF, TMR - 2015

ARMAÇÃO

INDICADORES DE MANUTENÇÃO

FECHAMENTO

5 novembro, 2015



Fonte: O autor (2016)

Anexo 8 - Gráfico indicador paradas em minutos - 2016

INDICADORES POR EQUIPAMENTO (INCLUINDO MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO, QUALIDADE, TRY-OUT, ENGENHARIA, LOGISTICA)				FECHAMENTO																	novembro-16										
ARMAÇÃO		04/11/16																													
TOP 10 - EST. AÇORES	Minutos			Mensal				Semanal					Diário																		
	X	B	F	E	C	J	H	I	D	954	673	1267	270	316	394	348	167	312	22	64		7	0	0	42	67	126	27	50		
Estação	Equipamento	Ocorrência			8	9	10	11	sem 41	sem 42	sem 43	sem 44	sem 45	26/10	27/10	28/10	29/10	30/10	31/10	1/11	2/11	3/11	4/11								
1	B	PAINEL DE ROBO - R2PR1	MANUTENÇÃO - FALHA NA FONTE DE ALIMENTAÇÃO	-	-	-	40	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	-	40
2	X	OPEN GATE (B562) - LE-B562	MANUTENÇÃO - FALHA PINO / GRAMPO/BASCULANTE	-	-	-	37	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	
3	F	DISPOSITIVO - LD	MANUTENÇÃO - SENSOR DO GRAMPO NAO ACIONAD	-	-	-	17	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	
4	X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	QUALIDADE - FALHA NO CILINDRO	-	-	-	16	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	
5	X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	MANUTENÇÃO - TRAVESSA TRASEIRA SENSOR DE PR	-	-	79	16	-	15	29	35	16	-	3	-	-	-	-	-	-	10	6	-	-	-	-	-	-	-	16	
6	X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO	QUALIDADE - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NAO A	-	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
7	X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO	QUALIDADE - FALHA NA TRAVA DE POSICIONAMENTO	-	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
8	E	TRANSP. ROLETES ELEV. EXP	MANUTENÇÃO - FALHA DE TRANSITO	-	-	62	8	62	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
9	J	TRANSPORTADOR DE ROLETE	MANUTENÇÃO - FALHA DE TRANSITO	-	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
10	C	PINÇA AUTOMATICA - R4P1	MANUTENÇÃO - ELETRODO SOLTO B562N	72	28	59	7	13	18	18	2	15	-	-	-	2	-	-	-	8	-	3	4	-	-	-	-	-	-	7	
11	X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	MANUTENÇÃO - FALHA DE TRANSITO	3	-	-	7	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	
12	B	DISPOSITIVO - LE	MANUTENÇÃO - FALHA NO DEPOSITO DA PEÇA	14	2	8	7	6	-	2	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	
13	H	BOMBA DE APLICACAO DE SEA	MANUTENÇÃO - FALHA NO SIST. ALIMENTAÇÃO DE CO	-	-	-	7	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	7	
14	X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	MANUTENÇÃO - FALHA DE PEÇA DESLOCADA	-	38	138	6	22	8	96	12	6	-	10	2	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
15	E	TRANSPORTADOR DE PALLET	MANUTENÇÃO - FALHA DE PRESENÇA DE PEÇA	4	-	-	6	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
16	I	ELEVADOR - ELV 50	MANUTENÇÃO - FALHA NA BARREIRA DE LUZ	-	-	-	6	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
17	F	DISPOSITIVO - LE	MANUTENÇÃO - GRAMPO DO COPO DA MOLA NAO FE	-	-	-	6	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
18	B	ROBO - R4	QUALIDADE - FALHA NA TRAJETORIA	-	-	-	5	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
19	X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO	QUALIDADE - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA NAO A	-	-	-	5	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
20	C	DISP. DE GEOMETRIA - FIX-LD	MANUTENÇÃO - GRAMPO DO APOIO TRASEIRO SINAL	-	-	-	5	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
21	D	GRIPPER - R6	QUALIDADE - FALHA NA PEGA DA PEÇA	-	-	-	5	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
22	E	PINÇA AUTOMATICA - R3	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA B562H	-	-	6	5	-	-	-	6	5	-	6	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
23	E	BOMBA DE APLICACAO DE SEA	QUALIDADE - FALHA NO SIST. ALIMENTAÇÃO DE COLA	-	-	-	5	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
24	B	TRANSP. ROLETES ELEV. EXP	MANUTENÇÃO - FALHA DE TRANSITO	-	11	34	5	8	7	7	12	5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
25	X	PINÇA AUTOMATICA (DELTA)H	MANUTENÇÃO - ELETRODO FURADO	-	-	-	4	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
26	X	PINÇA AUTOMATICA (DELTA) -	MANUTENÇÃO - ELETRODO FURADO	-	-	-	4	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
27	F	PINÇA AUTOMATICA - R4	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA B562H	22	15	19	4	6	7	6	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
28	X	PINÇA AUTOMATICA (DELTA) -	MANUTENÇÃO - ELETRODO FURADO	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
29	J	TRANSPORTADOR DE ROLETE	MANUTENÇÃO - FALHA DE SENSOR DE PROXIMIDADE	6	-	6	3	-	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
30	B	PINÇA AUTOMATICA - R2P1	MANUTENÇÃO - ELETRODO FURADO	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
31	F	PINÇA AUTOMATICA - R4	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA B562N	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
32	X	PINÇA AUTOMATICA (DELTA) -	MANUTENÇÃO - FALHA DE SOLDA B562H	9	2	3	2	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
33	X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	QUALIDADE - FALHA DE PEÇA DESLOCADA	-	-	25	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
34	X	DISP. GEOMETRIA ASSOALHO	QUALIDADE - FALHA DE GEOMETRIA/DIMENSIONAL	-	-	9	-	-	-	-	-	9	-	-	-	3	6	-	-	3	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	
35	X	FRESADORA - R2FR1	MANUTENÇÃO - FALHA NA FRESAGEM	-	-	3	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
36	GERAL P	-	PRODUÇÃO - FALTA DE ABASTECIMENTO	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
37	GERAL P	-	PRODUÇÃO - ABASTECIMENTO INCORRETO	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
38	GERAL P	-	PRODUÇÃO - FALTA DE OPERADOR	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
39	GERAL P	-	PRODUÇÃO - MIX PRODUÇÃO B515	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	X	OPEN GATE (B562) - LD-B562	MANUTENÇÃO - FALHA DE SENSOR DE PROXIMIDADE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fonte: O autor

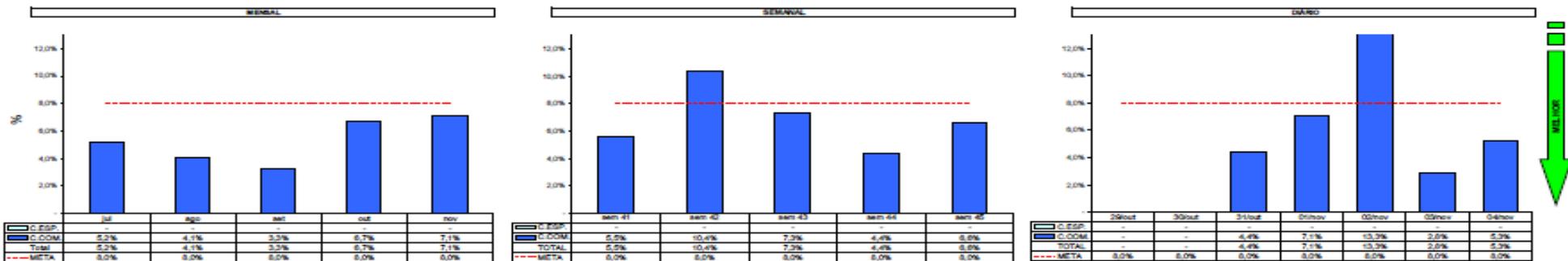
Anexo 10 - Gráfico indicador de Tempo de Paradas, TMEF, Tmpr - 2016

ARMAÇÃO

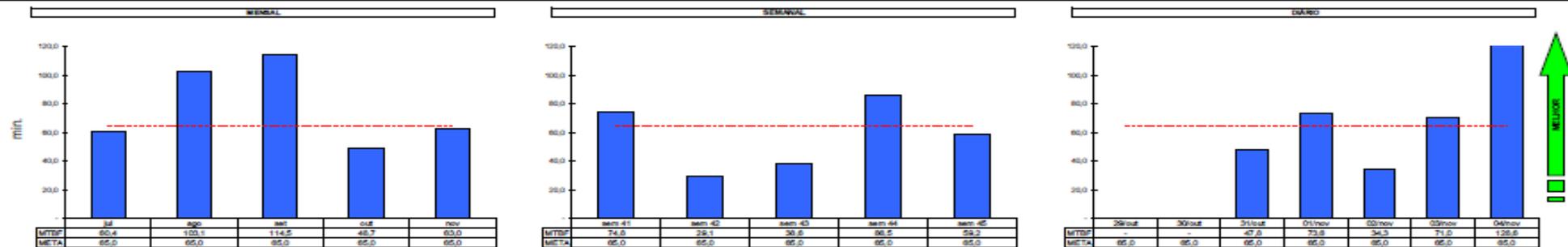
INDICADORES DE MANUTENÇÃO
FECHAMENTO

4 novembro, 2016

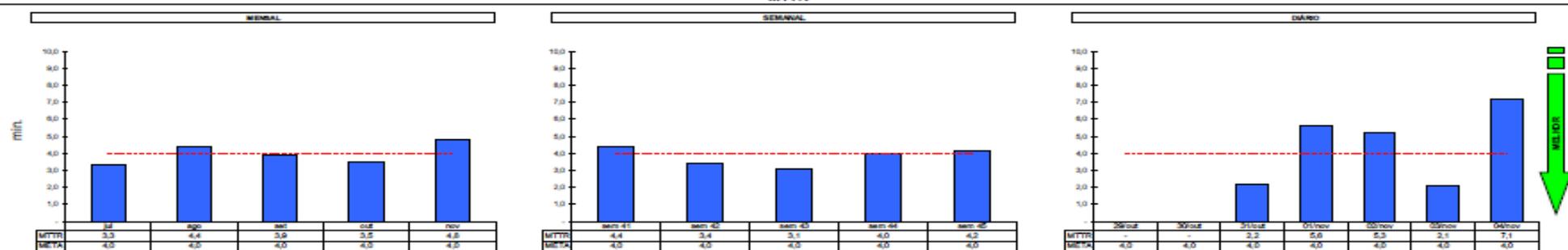
DOWN TIME



MTBF



MTRR



Fonte: O autor

Anexo 11 – Planilha FMEA 1

FMEA - ESTAÇÃO X DE SOLDA DA AREA DO FECHAMENTO																												
DATA	08/06/2018																											
REVISÃO	0000017																											
COORDENADOR	FABIO LOPES																											
COORDENADOR	Engenharia e Manutenção de manufatura da Estação Automática de Solda																											
NOME DO COMPONENTE	FUNÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO	CAUSA	FALHA DE MANEJO	TIPO DE AÇÃO (A SER FEITA PARA EVITAR QUE ACONTEÇA A FALHA DEVIDO A CAUSA)	AÇÃO (DESCRIÇÃO DA TAREFA A SER FEITA)	Máquina Parada?	DATA	MANUAL	QUANTO	ANEXO	TENDENCIA	ALERTAS	ALIAS													
																					SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECTABILIDADE					
PRACA PARALELA (CONJUNTO DE COMPONENTES)	APLICAR PONTOS DE SOLDA EM CHAVAS SUPERFETAS	ROBÔ NÃO AVANÇA PARA PRÓXIMO PONTO	PARALIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDA, SENSOER PUNTO DE SOLDA, PERDA DE PRODUÇÃO EM TEMPO DE 5 MINUTOS A 1 HORA	SENSOR DE PUNTA, POSIÇÃO FECHADA NÃO ADOINADO	3	3	1	3			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR SENSOR PUNTA FECHADO. 2. EXECUTAR PROGRAMA DE TESTE DE SINAIS DOS SENSOERES DE PUNTA.	X								X							
				SENSOR DE PUNTA, POSIÇÃO ABERTA NÃO ADOINADO	3	1	1	3			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR SENSOR PUNTA ABERTA. 2. EXECUTAR PROGRAMA DE TESTE DE SINAIS DOS SENSOERES DE PUNTA.	X										X					
				SENSOR DE PUNTA, POSIÇÃO INTERMEDIARIA NÃO ADOINADO	3	1	1	3			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR SENSOR PUNTA NA POSIÇÃO INTERMEDIARIA. 2. EXECUTAR PROGRAMA DE TESTE DE SINAIS DOS SENSOERES DE PUNTA.	X											X				
				CABO (02) DOS SENSOERES DANIFICADO	3	1	1	3			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR CABO SENSOERES. 2. EXECUTAR PROGRAMA DE TESTE DE SINAIS DOS SENSOERES DE PUNTA.	X												X			
				VÁLVULA (02) DO CONJUNTO PNEUMÁTICO DA PRACA DANIFICADA	3	1	3	3			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR VÁLVULAS. 2. EXECUTAR PROGRAMA DE TESTE DE SINAIS DOS SENSOERES DE PUNTA.	X												X			
				CABO (02) DAS VÁLVULAS DANIFICADO	3	1	3	3			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR CABOS DAS VÁLVULAS. 2. EXECUTAR PROGRAMA DE TESTE DE SINAIS DOS SENSOERES DE PUNTA.	X												X			
				DISTRIBUIDOR DE SINAIS DANIFICADO	3	1	0	10			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR DISTRIBUIDOR DE SINAIS. 2. EXECUTAR PROGRAMA DE TESTE DE SINAIS DOS SENSOERES DE PUNTA.	X													X		
				CABO DE SINAIS DO LOCK SUPERIOR DANIFICADO	3	0	0	70			Inspeção Documentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE SINAIS NO DISTRIBUIDOR. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE SINAIS NA PLACA DE POSIÇÃO DO ROBO 3.	X												X			
				CABO DE SINAIS DA BASE DO ROBO ATE PAINEL DE SOLDA DANIFICADO	3	1	0	10			Inspeção Documentada	1. INSPECIONAR E POSIÇÃO DO CABO DE SINAL NA PLACA DE POSIÇÃO DA BASE DO ROBO. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE SINAIS NO PAINEL DE SOLDA.	X													X		
				CABO DE SINAIS DO LOCK INFERIOR DANIFICADO	3	1	0	10			Inspeção Instrumentada	1. INSPECIONAR E POSIÇÃO DO CABO DE SINAL NA PLACA DE POSIÇÃO DA BASE DO ROBO. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE SINAIS NA PLACA DE POSIÇÃO DO ROBO 3.	X													X		
				SAÍDA (02) DO TIMER DE SOLDA DANIFICADA	3	1	3	10			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR TIMER, PUNTA PUNTA. 2. EXECUTAR LN PROGRAMA DE SOLDA VÁLIDO E EXECUTAR SOLDA.	X													X		
				ENTRADA (02) DO TIMER DE SOLDA DANIFICADA	3	1	3	10			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR TIMER, PUNTA PUNTA. 2. EXECUTAR LN PROGRAMA DE SOLDA VÁLIDO E EXECUTAR SOLDA.	X													X		
				CILINDRO PNEUMÁTICO DA PRACA DANIFICADO	3	1	0	30			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR CILINDRO. 2. EXECUTAR PROGRAMA DE TESTE DE SINAIS DOS SENSOERES DE PUNTA.	X													X		
				CABE DE ACONDIONAMENTO DOS SENSOERES (2) DANIFICADO	3	3	1	3			Substituição (Tarefa)	1. REPARAR CABE. 2. EXECUTAR PROGRAMA DE TESTE DE SINAIS DOS SENSOERES DE PUNTA.	X														X	
				PORTA ELÉTRICO DESALINHADO	3	0	1	10			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR PORTA ELÉTRICO, ALINHAR. 2. TESTAR FUNCIONAMENTO.	X														X	
				ELÉTRICO DE SOLDA DA PRACA DANIFICADA NA CHAVA	3	0	1	10			Substituição (Tarefa)	1. SUBSTITUIR ELÉTRICO. 2. VERIFICAR ALINHAMENTO DE PORTA ELÉTRICO. 3. VERIFICAR REPARAÇÃO.	X		X													
				COLISÃO DA PRACA NA CHAVA	3	0	1	10			Reparação de solda	REPARAR O PROGRAMA DO ROBO E VERIFICAR INTERFERENCIA COM PRACA, RECONSTRUIR SE NECESSÁRIO, FAZER BACKUP DO PROGRAMA.	X													X		
				PORTA ELÉTRICO NÃO PERPENDICULAR A CHAVA	3	3	1	3			Substituição (Tarefa)	1. REPARAR O PROGRAMA DO ROBO E VERIFICAR INTERFERENCIA COM PRACA. 2. RECONSTRUIR SE NECESSÁRIO. 3. FAZER BACKUP DO PROGRAMA.	X														X	
				COLISÃO DA PRACA	3	0	1	3			Reparação de solda	1. REPARAR O PROGRAMA DO ROBO E VERIFICAR INTERFERENCIA COM PRACA, RECONSTRUIR SE NECESSÁRIO. 2. FAZER BACKUP DO PROGRAMA.	X														X	

Fonte: O autor

Anexo 11 – Planilha FMEA 2

FMEA - ESTAÇÃO X DE SOLDA DA ÁREA DO FECHAMENTO																	
DATA	08/06/2018																
REVISÃO	01/06/2017																
COORDENADOR	FABIO LOPES																
COORDENADOR	Engenharia e Manutenção de manutenção da Estação Automática de Solda																
NOME DO COMPONENTE	FUNÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO	CAUSA	SEVERIDADE (0-10)	OCORRÊNCIA (1-10)	DETECTABILIDADE (1-10)	RPN	TIPO DE AÇÃO	AÇÃO	Máquina Parada?	DATA	REALIZADO	QUANTO	MONITORADO	VALIDADO	APROVADO
				CHAMA ABANDONADA	1	2	1	2	Reorientação de nível	1. REPARAR O PROGRAMA DO BOM E VERIFICAR INTERFERÊNCIA COM PEÇA. 2. REORIENTAR SE NECESSÁRIO. 3. FAZER BACKUP DO PROGRAMA.							X
				MOVIMENTO DE ÁGUA DE REFORÇAMENTO DA PEÇA DANIFICADA	1	3	3	9	Substituição (Troca)	1. SUBSTITUIR MANEIRAS E CONDIÇÕES.							X
				MOVIMENTO PNEUMÁTICO DANIFICADO	1	3	3	9	Substituição (Troca)	1. SUBSTITUIR MANEIRAS E CONDIÇÕES. 2. AJUSTAR E VERIFICAR SUCESSO.							X
				CABO FLEXÍVEL (2) DA PEÇA ABERTO (DANIFICADO)	1	1	5	5	Substituição (Troca)	1. SUBSTITUIR CABO. 2. REPARAR PARAFUSO. 3. TESTAR SUBSEQUENTE.						X	
				ELETRODO DE SOLDA DANIFICADO	1	1	1	1	Substituição (Troca)	SUBSTITUIR ELETRODO							X
				ELIMINA ENTRE ELETRODOS E CHAMA	1	1	1	1	Limpieza	LIMPAR ELETRODO							X
				MAU CONTATO NA POSIÇÃO DO BRANCO/VERDE NA PEÇA	1	1	7	7	Inspeção Instrumentada	1. FAZER TERMOCOPULA. 2. VERIFICAR TEMPERATURA ETC. SE ACIMA ABRE O E. PARA VERIFICAR CONDIÇÃO.							X
				MAU CONTATO NA POSIÇÃO DO BRANCO/VERDE NA PEÇA	1	1	7	7	Inspeção Instrumentada	1. FAZER TERMOCOPULA. 2. VERIFICAR TEMPERATURA ETC. SE ACIMA ABRE O E. PARA VERIFICAR CONDIÇÃO.							X
				CABO DE POTÊNCIA DO LIOX SUPERIOR ABERTO (DANIFICADO)	1	3	3	27	Inspeção Documentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PEÇA. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PLACA DE POSIÇÃO DO BOM 2. 3. MEDIR CONTROLORES DOS 2 CABOS NOS PAINES DA TONALIA.							X
				CABO DE POTÊNCIA DO LIOX SUPERIOR ABERTO (DANIFICADO)	1	3	3	27	Inspeção Instrumentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PEÇA. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PLACA DE POSIÇÃO DO BOM 2. 3. MEDIR CONTROLORES DOS 2 CABOS NOS PAINES DA TONALIA.							X
				CABO DE POTÊNCIA DO LIOX SUPERIOR ABERTO (DANIFICADO)	1	1	5	5	Inspeção Documentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PEÇA. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PLACA DE POSIÇÃO DO BOM 2. 3. MEDIR CONTROLORES DOS 2 CABOS NOS PAINES DA TONALIA.							X
				CABO DE POTÊNCIA DO LIOX SUPERIOR ABERTO (DANIFICADO)	1	1	5	5	Inspeção Instrumentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PEÇA. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PLACA DE POSIÇÃO DO BOM 2. 3. MEDIR CONTROLORES DOS 2 CABOS NOS PAINES DA TONALIA.							X
				CABO DE POTÊNCIA BOM DO BOM ATÉ PAINEL DE SOLDA ABERTO (DANIFICADO)	1	1	7	21	Inspeção Documentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PLACA DE POSIÇÃO DA BOM DO BOM. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NO PAINEL DE SOLDA. 3. MEDIR CONTROLORES DOS 2 CABOS NOS PAINES DA TONALIA.							X
				CABO DE POTÊNCIA BOM DO BOM ATÉ PAINEL DE SOLDA ABERTO (DANIFICADO)	1	1	7	21	Inspeção Instrumentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NA PLACA DE POSIÇÃO DA BOM DO BOM. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CABO DE POTÊNCIA NO PAINEL DE SOLDA. 3. MEDIR CONTROLORES DOS 2 CABOS NOS PAINES DA TONALIA.							X
				BORNA DO PRIMÁRIO ABERTO	1	1	5	5	Inspeção Instrumentada	1. FAZER A MEDIÇÃO DA BORNA PARA TERMO COM RESISTENTE DE 100 OHMS TRACAR TRANSDUCIDOR E REPARAR TERMINAIS. 2. INSPECIONAR UM PROGRAMA DE SOLDA VALUO E RESISTOR 500 OHMS.							X

Fonte: O autor

Anexo 11 – Planilha FMEA 3

FMEA - ESTAÇÃO X DE SOLDA DA ÁREA DO FECHAMENTO															
DATA	08/06/2016														
REVISÃO	08/06/2017														
COORDENADOR	FÁBIO LOPES														
COORDENADOR	Engenheiro e Mestre em manutenção de Máquinas Automáticas de Solda														
NOME DO COMPONENTE	FUNÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO	CAUSA	SEVERIDADE (0-10)	FREQUÊNCIA (0-10)	DETECTABILIDADE (0-10)	RPN	TIPO DE AÇÃO	AÇÃO	Máxima Parada?	MANUTENÇÃO	PREVENÇÃO	REPARO	
TRANSFORMADOR DE SOLDA	FURNAR CORRENTE DO PRIMÁRIO PARA SECUNDÁRIO	ERRO 30	PARALIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDA, REPARAR PONTO DE SOLDA, PERDA DE PRODUÇÃO EM TEMPO DE 5 MINUTOS A 4 HORAS	BOBINA SECUNDÁRIO ABERTO	7	1	3	21	Inspeção Instrumentada	1. FAZER A MEDIÇÃO DA BOBINA PARA TERRA COM MICROMETRO, SE <1000 CHAM TROCAR TRANSFORMADOR E REPARAR TERMINAIS. 2. SELECIONAR UM PROGRAMA DE SOLDA VÁLIDO E RECOLTAR SOLDA.	h				X
				BOBINA PRIMÁRIO EM CURTO	7	1	3	21	Inspeção Instrumentada	1. FAZER A MEDIÇÃO DA BOBINA PARA TERRA COM MICROMETRO, SE <1000 CHAM TROCAR TRANSFORMADOR E REPARAR TERMINAIS. 2. SELECIONAR UM PROGRAMA DE SOLDA VÁLIDO E RECOLTAR SOLDA.	h				X
				BOBINA SECUNDÁRIO CURTO	7	1	3	21	Inspeção Documentada	1. FAZER A MEDIÇÃO DA BOBINA PARA TERRA COM MICROMETRO, SE <1000 CHAM TROCAR TRANSFORMADOR E REPARAR TERMINAIS. 2. SELECIONAR UM PROGRAMA DE SOLDA VÁLIDO E RECOLTAR SOLDA.	h				X
	ERRO 40	PARALIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDA, REPARAR PONTO DE SOLDA, PERDA DE PRODUÇÃO EM TEMPO DE 5 MINUTOS A 4 HORAS	TERMOSTATO ATIVADO	3	3	1	9	Inspeção Documentada	1. INSPECIONAR CONDIÇÃO DE REPRESENTAÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA DE SOLDA. 2. SUBSTITUIR TRANSFORMADOR. 3. SELECIONAR UM PROGRAMA DE SOLDA VÁLIDO E RECOLTAR SOLDA.	h					X
			CARDO DE ENRAE DO LOCK SUPERIOR DANIFICADO	3	3	3	27	Inspeção Documentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CARDO DE ENRAE NO DISTRIBUIDOR. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CARDO DE ENRAE NA PLACA DE POSIÇÃO DO BICO S. 3. MEDIR CONTROLORES DOS 3 CARDES NOS PAINES DA TOMADA.	h				X	
			CARDO DE ENRAE DO LOCK INFERIOR DANIFICADO	3	1	3	9	Inspeção Documentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CARDO DE ENRAE NA PLACA DE POSIÇÃO DA SAÍDA DO BICO S. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CARDO DE ENRAE NA PLACA DE POSIÇÃO DO BICO S. 3. MEDIR CONTROLORES DOS 3 CARDES NOS PAINES DA TOMADA.	h				X	
			CARDO DE ENRAE DA SAÍDA DO ROBO ATRÉ PAINEL DE SOLDA DANIFICADO.	3	1	7	21	Inspeção Documentada	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CARDO DE ENRAE NA PLACA DE POSIÇÃO DA SAÍDA DO BICO S. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CARDO DE ENRAE NO PAINEL DE SOLDA. 3. MEDIR CONTROLORES DOS 3 CARDES NOS PAINES DA TOMADA.	h				X	
			TUBO DE REPRESENTAÇÃO OBTURADO	3	3	3	27	Inspeção Documentada	1. VERIFICAR A COLUNAÇÃO DO BURETADO (TEMPERATURA) SE AJUSTADA, VERIFICAR FLUXO.	h					X
			CARDO NO DISTRIBUIDOR DE ENRAE DESCONECTADO	3	1	3	9	Inspeção	1. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CARDO DE ENRAE NA PLACA DE POSIÇÃO DA SAÍDA DO BICO S. 2. INSPECIONAR A POSIÇÃO DO CARDO DE ENRAE NA PLACA DE POSIÇÃO DO BICO S.	h					X
			DISTRIBUIDOR DE ENRAE DANIFICADO	3	1	3	9	Substituição (Troca)	1. SUBSTITUIR DISTRIBUIDOR DE ENRAE. 2. RECOLTAR PROGRAMAS DE TESTE DE ENRAE DOS SENSORES DE PAINEL.	h					X
COMANDO DE SOLDA	CONTROLAR O PROCESSO DE SOLDA	ERRO 20	PARALIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDA, REPARAR PONTO DE SOLDA, PERDA DE PRODUÇÃO EM TEMPO DE 5 MINUTOS A 4 HORAS	VÁLVULA PROPORCIONAL NÃO CONTROLA PRESSÃO	3	1	1	3	Calibração / Ajuste / Aguarde	1. COLIMAR VÁLVULA PROPORCIONAL. 2. RECOLTAR PROGRAMAS DE TESTE DE ENRAE DOS SENSORES DE PAINEL.	h				X
		ERRO 43		FALTA DE FASE	3	1	3	9	Inspeção Documentada	1. MEDIR TENSÃO ENTRE FASES, REPARAR POSIÇÃO CARDO SAÍDA DOS FUSÍVEIS, 2. REPARAR TOMADA NO PAINEL DE SOLDA. 3. REPARAR TOMADA SAÍDA DO ROBO, REPARAR TOMADA NA PLACA DE POSIÇÃO BICO S. 4. REPARAR TOMADA POSIÇÃO DA PAINEL.	h				X
		ERRO 74		FALTA DE TENSÃO DE COMANDO	3	1	3	9	Inspeção Instrumentada	1. MEDIR TENSÃO DE COMANDO, 2. REPARAR BOMBE S1 NO PAINEL DE SOLDA.	h				X

Fonte: O autor

Anexo 11 – Planilha FMEA 4

FMEA - ESTAÇÃO X DE SOLDA DA AREA DO FECHAMENTO																							
DATA	08/06/2018																						
REVISÃO	08/06/2017																						
COORDENADOR	FÁBIO LOPES																						
COORDENADOR	Engenheiro e Técnico de manutenção da Estação Automática de Solda																						
NOME DO COMPONENTE	FUNÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO	CAUSA	PROVOCADO POR MANEIRA DE 7	MANEIRA DE 7	PROVOCADO POR MANEIRA DE 7	TIPO DE AÇÃO (A SER FEITA PARA EVITAR QUE ACORTEÇA A FALHA DEVIDO A CAUSA)	AÇÃO (DESCRIÇÃO DA TAREFA A SER FEITA)	Máquina Parada?	MANUTENÇÃO												
		ERRAR		PROGRAMA BLOQUEADO (POR OPERAÇÃO INCORRETA DO SEQUENCIADOR)	3	1	3	10		Formação Profissional	1. HABILITAR PROGRAMA, 2. TIRAR COLARCOQUES DO PROGRAMA DE COMANDO DE SOLDA.	II										X	

Fonte: O autor