

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO**

**GABRIELI TAVARES SILVA
JOÃO VITOR RIBEIRO ABRAHÃO**

**GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA
CONFIABILIDADE EM PROCESSO DE FIXAÇÃO E
COLAGEM DE PARA-BRISA**

**VOLTA REDONDA
2020**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO**

**GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA
CONFIABILIDADE EM PROCESSO DE FIXAÇÃO E
COLAGEM DE PARA-BRISA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do UniFOA como requisito à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Alunos:

Gabrieli Tavares Silva
João Vitor Ribeiro

Orientado:

Prof. Dr. Hélio Amorim

VOLTA REDONDA

2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alunos:

Gabrieli Tavares Silva

João Vitor Ribeiro Abrahão

Título da Monografia: Gerenciamento de manutenção centrada na confiabilidade em processo de fixação e colagem de para-brisa.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Amorim

Banca Examinadora

Prof. Me. Edson de Paula Carvalho

Prof. Dr. Hélio de Paiva Amorim Júnior

Prof. Me. Mauricio Ferreira Haddad

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente Deus por ter nos guiado até aqui.

Agradecemos aos nossos pais por todo apoio e incentivo a nossa educação.

A todos os professores, em especial ao professor orientador Dr. Hélio Amorim e professor ESP. Aloano Regio que nos ensinou e direcionou pelo melhor caminho.

RESUMO

Este trabalho trata-se de um gerenciamento de manutenção fundamentada na manutenção centrada na confiabilidade para um processo de fixação de para-brisa que apresenta grandes problemas de disponibilidade e confiabilidade para uma fábrica automobilística, no mesmo é relatado como funciona um plano de manutenção centrada na confiabilidade, quais dados precisam ser levantados do processo e até mesmo quais devem ser calculados para que esse gerenciamento tenha sucesso.

É apresentado a metodologia apropriada para um gerenciamento competente, baseado em diversas estratégias e teorias com fundamentos comprovados, ou seja, são definidos indicadores e procedimentos de acordo com o histórico de funcionamento dos equipamentos do processo, tornando possível as decisões mais correta para cada possível procedimento da manutenção necessário.

No mesmo é descrito todas as definições necessárias para o entendimento do processo que será analisado, a apresentação do histórico de dados e falhas dos equipamentos dentro processo, como tipo de falha, tempo de reparo e número de falhas, além de toda metodologia que será aplicada para a elaboração desse plano de manutenção.

Tendo como resultado elaborar um gerenciamento de manutenção, com as variações de aplicações como corretiva planejada, corretiva não planejada, preventiva, preditiva, proativa e o próprio RCM, para a equipe de manutenção atue da melhor maneira possível de acordo com cada situação apresentada, com a meta de atingir médias globais de disponibilidade e confiabilidade.

Palavras-chave: Gerenciamento, Manutenção e confiabilidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVO.....	14
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
1.2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	15
1.3	METODOLOGIA.....	15
2	MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	16
2.1	EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	16
3	TIPOS DE MANUTENÇÃO	18
3.1	MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PLANEJADA E PLANEJADA	18
3.2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	18
3.3	MANUTENÇÃO PREDITIVA	19
3.4	MANUTENÇÃO PROATIVA.....	19
3.5	MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE	20
3.5.1	INDICADORES.....	20
3.5.1.2	Cálculo de Confiabilidade	20
3.5.1.3	Cálculo de Disponibilidade.....	21
3.5.1.4	Cálculo de Manutenibilidade	22
3.5.1.5	Clico de vida	22
3.5.1.6	Princípio de Pareto.....	24
3.5.1.7	Criticidade	24
3.5.1.8	Curva PF	26
3.5.2	ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHAS	28
3.5.2.1	Índice de risco.....	28
3.5.2.2	Brainstoming	30
3.5.2.3	Diagrama de Ishikawa.....	30

SUMÁRIO

3.5.3	CICLO PDCA.....	31
3.6	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO.....	32
4	ROBÔS NA ÁREA AUTOMOBILÍSTICA.....	34
4.1	ROBÔ DE COLAGEM E FIXAÇÃO DE VIDRO DE PARA-BRISA.....	34
5	ESTUDO DE CASO	36
5.1	GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE	36
5.1.1	FLUXOGRAMA	36
5.1.2	DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE COLAGEM E FIXAÇÃO	38
5.1.3	ESPECIFICAÇÃO DO ROBÔ	39
5.1.4	HISTÓRICO	40
5.1.5	INDICADORES.....	43
6.1.5.1	Diagrama de Pareto	43
5.1.5.1	MTBF	45
5.1.5.2	MTTR.....	46
5.1.5.3	Disponibilidade.....	46
5.1.5.4	Manutenibilidade.....	47
5.1.5.5	Confiabilidade	48
5.1.5.6	Criticidade	49
6	RESULTADOS.....	51
6.1	FMEA	52
6.1.1	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	53
6.2	PDCA	59
6.3	CONSIDERAÇÕES DOS RESULTADOS	60
7	CONCLUSÃO	62
8	REFERÊNCIAS.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RCM - Realiability Centered Maintenance

MTBF - Mean Time Between Failures

MTTR - Mean Time To Repair

FMEA - Failure Mode and Effects Analysis

LCC - Life Cycle Cost

RAM - Reliability, Avaliability e Maintainability

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critério de avaliação de criticidade.....	26
Tabela 2 – Índice de ocorrência, gravidade e detecção.....	29
Tabela 3 – Falhas de setembro.....	41
Tabela 4 – Falhas de outubro.....	42
Tabela 5 – Histórico semestral.....	43
Tabela 6 – MTBF semestral.....	45
Tabela 7 – MTBF setembro.....	45
Tabela 8 – MTBF outubro.....	45
Tabela 9 – MTTR semestral.....	46
Tabela 10 – MTTR setembro.....	46
Tabela 11 – MTTR outubro.....	46
Tabela 12 – Disponibilidade semestral.....	47
Tabela 13 – Disponibilidade setembro.....	47
Tabela 14 – Disponibilidade outubro.....	47
Tabela 15 – Manutenibilidade semestral.....	47
Tabela 16 – Manutenibilidade setembro.....	48
Tabela 17 – Manutenibilidade outubro.....	48
Tabela 18 – Confiabilidade semestral.....	48
Tabela 19 – Confiabilidade setembro.....	48
Tabela 20 – Confiabilidade outubro.....	49
Tabela 21 – Classificação A, B ou C.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 22 – Padrão FMEA.....	53
Tabela 23 – Padrão FMEA do bico da cola bico/purga, parte 1.....	54
Tabela 24 – Padrão FMEA do bico da cola bico/purga, parte 2.....	55
Tabela 25 – Padrão FMEA do bico ventosa, parte 1.....	56
Tabela 26 – Padrão FMEA do bico ventosa, parte 2.....	57
Tabela 27 – Padrão FMEA do bico sensor, parte 1.....	58
Tabela 28 – Padrão FMEA do bico sensor, parte 2.....	59

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Padrão de falhas.....	23
Figura 2 – Fluxograma de classificação de criticidade.....	25
Figura 3 - Curva PF.....	27
Figura 4 - Diagrama de Ishikawa.....	31
Figura 5 – Etapas PDCA.....	32
Figura 6 - Fluxograma parte 1.....	36
Figura 7 - Fluxograma parte 2.....	37
Figura 8 – Fluxograma parte 3	38
Figura 9 – Aplicação da classificação da criticidade.....	50
Figura 10 – Estrutura para implementação do RCM.....	51
Figura 11 - Diagrama de causa e efeito limpeza/purga.....	53
Figura 12 - Diagrama de causa e efeito da falha da ventosa.....	56
Figura 13 - Diagrama de causa e efeito da falha do sensor.....	58
Figura 14 – Aplicação do PDCA.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Falhas de setembro.....	41
Gráfico 2 – Falhas de outubro.....	42
Gráfico 3 – Princípio de Pareto – setembro.....	44
Gráfico 4 – Princípio de Pareto – outubro.....	44

LISTA DE ANEXO

Anexo 1.....	65
Anexo 2.....	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Em todas as indústrias um plano de manutenção é imprescindível para um desempenho transcendente, a produtividade e qualidade elevada depende diretamente do funcionamento correto de seus equipamentos e máquinas. A manutenção certifica que o equipamento cumpra adequadamente sua função requerida.

Torna-se essencial o gerenciamento da manutenção, o RCM atualmente encontra-se em evidência em diversas indústrias tendo em vista a melhoria de qualidade, produtividade e segurança do processo industrial no qual for empregado.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo geral

O propósito geral neste trabalho, é o gerenciar para obter um plano amplo e eficaz de manutenção centrada na confiabilidade, para robô industrial de colagem de para-brisa, onde pode ser aplicado em diversos setores área automotiva e outros de acordo com os indicadores que serão descritos no trabalho.

1.2.2 Objetivo específico

- Analisar o funcionamento do equipamento e do sistema onde está inserido.
- Levantar a maior quantidade possível dados de falhas e defeitos.
- Aplicar e analisar indicadores.
- Identificar e analisar os modos, efeitos, consequências das falhas e sua periodicidade.
- Selecionar metas.
- Avaliar possíveis melhorias contínuas.

1.3 Metodologia

O gerenciamento de uma eficiente Manutenção é baseado no estudo da função do equipamento no sistema, da análise dos ativos, inspeções e históricos. A partir da consulta dessas informações é definido as tomadas de decisões com base nos resultados dos:

- MTBF
- MTTR
- Princípio de Pareto
- Cálculo de disponibilidade
- Cálculo de manutenibilidade
- Cálculo de confiabilidade
- Diagrama de causa e efeito
- FMEA
- PDCA

2 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A palavra manutenção é derivada do latim, que tem o significado "mantenus tenere" traduzindo seria "manter aquilo que se tem". A manutenção a todo momento esteve presente de certo aspecto na civilização, ou seja, de forma espontânea em pequenas atividades visando o conceito de conservação de objetos e ferramentas. Portanto a manutenção hodiernamente conhecida, avançou conforme o desenvolvimento industrial.

2.1 Evolução da manutenção industrial

Existem diversos procedimentos responsáveis por preservar e garantir o bom funcionamento de um equipamento, perto de sua melhor performance funcional possível, esses procedimentos são denominados de manutenção.

Entretanto não é de hoje que esses procedimentos começaram a ser realizados e aprimorados a cada dia. A manutenção possui uma grande importância na história da evolução mundial, tanto nas revoluções indústrias quanto até mesmo nas guerras que aconteceram pelo mundo.

Tudo começou com a manutenção corretiva, que teve suas primeiras aplicações no final do século XVIII, no decorrer da 1ª revolução industrial. Juntamente com esse conceito de perdas na produção por parada das máquinas, deram origem aos primeiros relatórios de falhas dos equipamentos.

Logo após, no decorrer da 2ª Guerra Mundial, surgiu a manutenção preventiva. Planejada pelos militares com o intuito de garantir o bom funcionamento dos equipamentos bélicos, evitando falhas durante conflitos diretos entre soldados.

A manutenção preditiva, surgiu logo após, se iniciando nos 60, com técnicas de monitoramento baseado nas condições dos equipamentos e com o uso de dos sentidos humano para detecção de mal funcionamento.

Por fim, como a mais eficaz das manutenções desenvolvidas até os dias de hoje, está a manutenção proativa, surgiu por volta de 2000 e está totalmente atrelada com os conceitos da indústria 4.0.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a evolução da manutenção é dividida em quatro gerações:

- A primeira geração incorpora a realidade antes da segunda guerra mundial, no qual as indústrias eram elementares, por isso a manutenção não era estruturada, deste modo empregava-se a manutenção corretiva.
- A segunda geração compreende a realidade da indústria do século XX. A segunda guerra Mundial ocasionou o avanço evidente da mecanização.
- A terceira geração, iniciou na década de 70, relata a mudança da manutenção com o crescimento da automação, com isso garantir disponibilidade e confiabilidade torna-se indispensável. O conceito desta geração é o sistema Just-in-time (na hora certa), isto é moderar o estoque e custos derivados.
- A quarta geração iniciou-se aproximadamente nos anos 2000, neste período a engenharia de manutenção conquista maior credibilidade e confiabilidade.

3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

3.1 Manutenção corretiva não planejada e planejada

A manutenção corretiva não planejada consiste em intervir após a falha, ou seja, ocorre uma intervenção repentina. Este tipo de manutenção é indesejada e tem custo elevado. A planejada mantém o conceito de agir posteriormente a sua falha, porém a data execução não ocorre repentinamente, mas sim com uma previsão, proveniente de inspeções anteriores, desta maneira possibilita mais eficiência em sua execução.

3.2 Manutenção Preventiva

O próprio nome indica o conceito desta manutenção, prevenir, é centrado em manter a funcionalidade sem anormalidades, o equipamento é analisado com uma determinada periodicidade e executa-se reparos para evitar a manutenção corretiva e garantir sua integridade.

A manutenção ocorre com intervalos de tempos determinados de acordo com indicação do fabricante, com os critérios prescritos de projeto e com a análise de históricos de falhas. Como em toda manutenção é indispensável a sua realização por profissionais capacitados.

As vantagens que manutenção preventiva pode gerar são:

- Eliminar ou reduzir as falhas potenciais
- Evitar manutenção não planejada
- Aumentar a disponibilidade do equipamento
- Reduzir custos

A redução de custo é resultado da prevenção de uma falha, que pode ocasionar por exemplo: parada de produção, compra de componentes danificado/quebrado ou o

mais extremo a compra de um equipamento novo.

3.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é fundamentada no monitoramento e inspeção de um ativo para analisar seus índices de qualidade e alcançar benefícios como o aumento da disponibilidade dos equipamentos e redução de custos.

Para se manter em um mercado cada vez mais competitivo, empresas e indústrias precisam otimizar seus processos, buscando sempre os melhores resultados de maneira contínua. Dessa forma, a implementação da manutenção preditiva pode ser descrita como uma solução inteligente.

A manutenção preditiva corresponde a uma manutenção planejada e periódica de um ativo, com o intuito de trazer um diagnóstico mais completo e elaborado do estado desse ativo.

Esse acompanhamento atua diagnosticando possíveis falhas, desta forma garantir a eficiência e programar possíveis reparos, para isto acontecer é necessário utilizar equipamentos sofisticados capazes de realizar diversas análises.

3.4 Manutenção proativa

Esta concepção de manutenção é aplicada no cotidiano, ou seja, caso o empregado encontre uma possível falha ou encontre algo fora do normal, pode se realizar ou solicitar o reparo do mesmo. O defeito pode ocorrer a qualquer momento, por isso a importância de analisar o ativo e agir de acordo com a experiência adquirida para evitar a falha do equipamento.

Falha e defeito são palavras distintas, com significados diferentes. A falha de um equipamento impossibilita o seu funcionamento por um todo, no entanto o defeito impossibilita o equipamento de exercer a sua função com total desempenho, ou seja, não age normalmente de acordo com o projeto.

3.5 Manutenção Centrada na Confiabilidade

Com a necessidade de um método eficaz para manter seus ativos, as Forças Armadas Americanas, em meados de 1974, criaram uma forma de realizar suas manutenções. Surge então a Manutenção Centrada na Confiabilidade, (RCM) por sua sigla em inglês (Reliability Centered Maintenance), que atualmente é muito usado em diversas empresas de atuações diferentes.

Essa metodologia tem como objetivo principal a redução do LCC (Life Cycle Cost) de um ativo, sendo LCC resumidamente o somatório de custos desde sua projeção, passando pela instalação e aplicação e fechando esse ciclo com o descarte desse ativo.

Essa nova política de manutenção, trata-se de uma análise para estruturar a melhor estratégia a se aplicar manutenção, dentro das já citadas: Corretiva, Preventiva, Preditiva e Proativa, em um determinado ativo, e tem como principal característica a normalização de suas atividades, tendo como base principal as normas SAE JA 1011 e IEC 60300-3-11.

3.5.1 Indicadores

Os indicadores são ferramentas que auxiliam o gerenciamento da manutenção, pois permitem a análises de fatores importantes para o planejamento e entendimento de funcionamento de um equipamento. A partir dos indicadores é identificado a criticidade do equipamento, as falhas potenciais, a frequência e causa das falhas, a disponibilidade, manutenibilidade e confiabilidade.

3.5.1.2 Cálculo de Confiabilidade

Representada por $R(t)$, determina a capacidade de um ativo desempenhar, de forma satisfatória, uma determinada função, dentro de suas especificações e normalidades, durante certo intervalo de tempo.

Seu cálculo é desenvolvido pela seguinte equação:

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

Onde:

$$\lambda = \frac{\text{n}^\circ \text{ de falhas}}{\text{n}^\circ \text{ de horas de operação}} = \frac{1}{MTBF}$$

$$MTBF = \frac{\sum \text{horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{n}^\circ \text{ de paradas para manutenção corretiva}}$$

Sendo:

λ = Taxa de falhas

t = Período

MTBF = Média de tempos entre o fim de uma falha e o início de outra (Mean Time Between Failures)

3.5.1.3 Cálculo de Disponibilidade

É a taxa de tempo em que um ativo executa uma certa função em um determinado intervalo de tempo pré-determinado. Em síntese seria a relação entre tempo de produzido e tempo programado.

Seu cálculo é desenvolvido pela seguinte equação:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

Onde:

$$MTTR = \frac{\sum \text{tempos de raparo}}{\text{n}^\circ \text{ de intervenções realizadas}}$$

Sendo:

MTTR = Média aritmética dos tempos de reparo (Mean Time To Repair)

3.5.1.4 Cálculo de Manutenibilidade

Representada pela variável $M(t)$, equivale a capacidade de um ativo receber manutenção, dentro do período de tempo e custos pré-determinados. Quanto mais próximo de 1 maior a possibilidade de receber a manutenção dentro do período t .

Seu cálculo é desenvolvido pela seguinte equação:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu.t}$$

Onde:

$$\mu = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de reparos efetuados}}{\text{tempo total de reparos}} = \frac{1}{MTTR}$$

Sendo:

μ = Taxa de reparos.

3.5.1.5 Ciclo de vida

O ciclo de vida de um ativo, se diz respeito de toda sua trajetória, desde sua instalação até o término de sua vida útil, contendo em suas documentações todos os registros de operações ao longo desse período.

Durante um período de 30 anos, depois de muitas análises, relatórios e diagnósticos de diversos ativos ao longo de toda sua vida útil, a United Airlines e outras empresas de segmentos semelhantes, com a implementação da RCM chegaram à conclusão de que existiam padrões que relacionava a vida do ativo com sua frequência de falhas.

Esses padrões se alternavam entre seis tipos de curvas que foram nomeadas de curvas de falhas, sendo subdivididas por letras: A até F, de acordo com o desempenho de cada ativo. Indicado na Figura 1.







Padrão de falha	Idade/ Probabilidade de falha	UAL 1963	Bromberg 1973	US Navy 1982
A		4	3	3
B		2	1	17
C		5	4	3
D		7	11	6
E		14	15	42
F		68	66	29

Figura 1 – Padrão de falhas

Fonte: GREGÓRIO, Gabriela; SIIVEIRA, Aline (2018 p.163)

Padrão A: Denominado também de curva da banheira, possui um grande índice de falhas em seu início e fim de vida, e mantém uma constância de menor número falhas no seu intermédio de vida.

Padrão B: Mantem um número de falhas constante durante quase toda sua vida, porém tem um aumento significativo de falhas no seu fim de vida.

Padrão C: Aumento gradativo do seu número de falhas de acordo com a evolução da sua vida útil.

Padrão D: Baixo número de falhas inicial, seguida com um aumento significativo e estabilização logo após durante o restante de sua vida útil.

Padrão E: Índice de falhas constante durante toda a vida útil do ativo.

Padrão F: Alto índice de falhas inicial, mas diminuição e estabilidade durante o restante de sua vida, mantendo uma constância.

3.5.1.6 Princípio de Pareto

Desenvolvido pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto, esse princípio tem suas primeiras anotações baseadas nas colheitas de ervilhas onde ele observou que 20% das vargens eram responsáveis por 80% das ervilhas. Durante suas pesquisas em seu país natal, o sociólogo notou que cerca de 80% das terras eram propriedade de apenas 20% da população daquele lugar e que esse padrão era bem comum.

Publicado em 1897, pelo sociólogo e economista italiano, o Princípio de Pareto também conhecido como regra 80/20, nos diz que 80% dos resultados alcançados são consequência de apenas 20% dos esforços realizados.

Apesar de publicado naquela época, o princípio só ganhou visibilidade quando o consultor de negócios Joseph Moses Juran sugeriu a publicação, após utilizar as observações de Pareto em seus trabalhos com gestão de qualidade, em 1940 anos depois da sua publicação inicial, e notamos que esse princípio é muito utilizado até atualmente.

3.5.1.7 Criticidade

Criticidade de um equipamento define o quanto processo depende do bom funcionamento dele, quanto mais crítico é o equipamento mais prejuízo terá o processo caso ele aconteça uma falha, desta forma é indicado a manutenção preditiva para classe A, preventiva para classe B e corretiva para classe C.

De acordo com JPM (Japan Institute of Plant Maintenance) que desenvolveu o método de classificação de criticidade ABC, baseada no princípio de Pareto definindo

que apenas 20% dos equipamentos podem ser classe A, essa metodologia classifica a criticidade como A (alta), B (média) e C (baixa). A estrutura para definir a criticidade é definida um fluxograma (figura 2) e uma tabela (tabela 2).

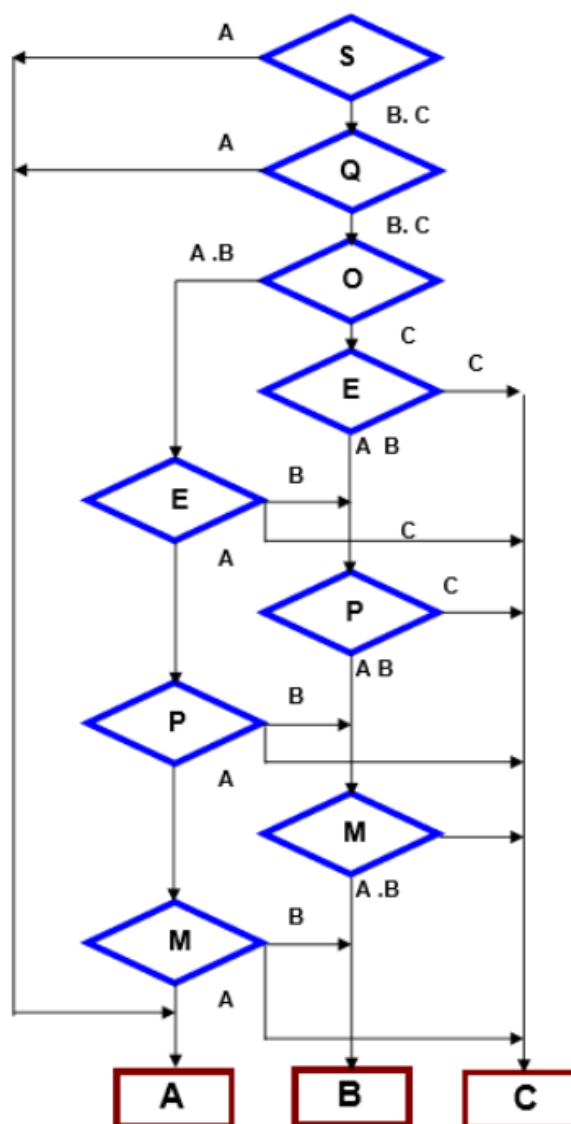


Figura 2: Fluxograma de classificação de criticidade

Fonte: Cyrino, Luiz (2016)

Tabela 1: Critério de avaliação de criticidade

FATORES DE AVALIAÇÃO	FATORES DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		
		A	B	C
S	Segurança e meio ambiente	Caso sofra parada, provoca acidente grave e problemas de contaminação com o meio ambiente	Caso sofra parada, pode provocar algum tipo de acidente, porém só material, mas não ao meio ambiente.	Caso sofra parada, sem probabilidade de provocar qualquer tipo de acidente, nem ao meio ambiente.
Q	Qualidade do produto	Caso sofra parada, haverá com certeza queda de qualidade e geração de refugos podendo gerar reclamação de clientes	Caso sofra parada, haverá possível queda de qualidade e poucos refugos, sem possibilidade de reclamação do cliente.	Caso sofra parada, não haverá queda de qualidade e nem refugos, sem possibilidade de reclamação do cliente.
O	Condição de operação	Tempo de utilização da máquina ou equipamento acima de 90% ao mês durante o turno de trabalho	Tempo de utilização do equipamento de 50% à 90% ao mês durante o turno de trabalho	Tempo de utilização do equipamento abaixo de 50% ao mês durante o turno de trabalho
E	Condições de Entrega	Caso sofra parada, pode parar a linha de produção sem nenhuma alternativa a curto prazo	Caso sofra uma parada, pode parar uma linha de produção, porém com alternativas imediatas.	Caso sofra uma parada, não interfere parar uma linha de produção, e com alternativas imediatas.
P	Índice de paradas	MTBF abaixo de 3 horas	MTBF abaixo de 3 até 16 horas	MTBF acima de 16 horas
M	Manutenibilidade	MTTR acima de alto	MTTR acima de médio	MTTR abaixo

Fonte: Cyrino, Luiz (2016) Modificado: Autores (2020)

3.5.1.8 Curva PF

Quando estamos falando de manutenção centrada na confiabilidade, uma ferramenta de extrema relevância que não podemos deixar de levar em consideração é a elaboração da curva PF (Potential Failure), do equipamento.

A plotagem dessa curva, pode informar a vida útil desse equipamento, através de seu histórico de falhas e direcionar a manutenção para a mais adequada possível em cada momento. Apesar saber que os equipamentos possuem certa vida útil, com

uma manutenção realizada da maneira correta, podemos evitar o fim dessa vida útil precocemente do mesmo. Indicado na Figura 3.

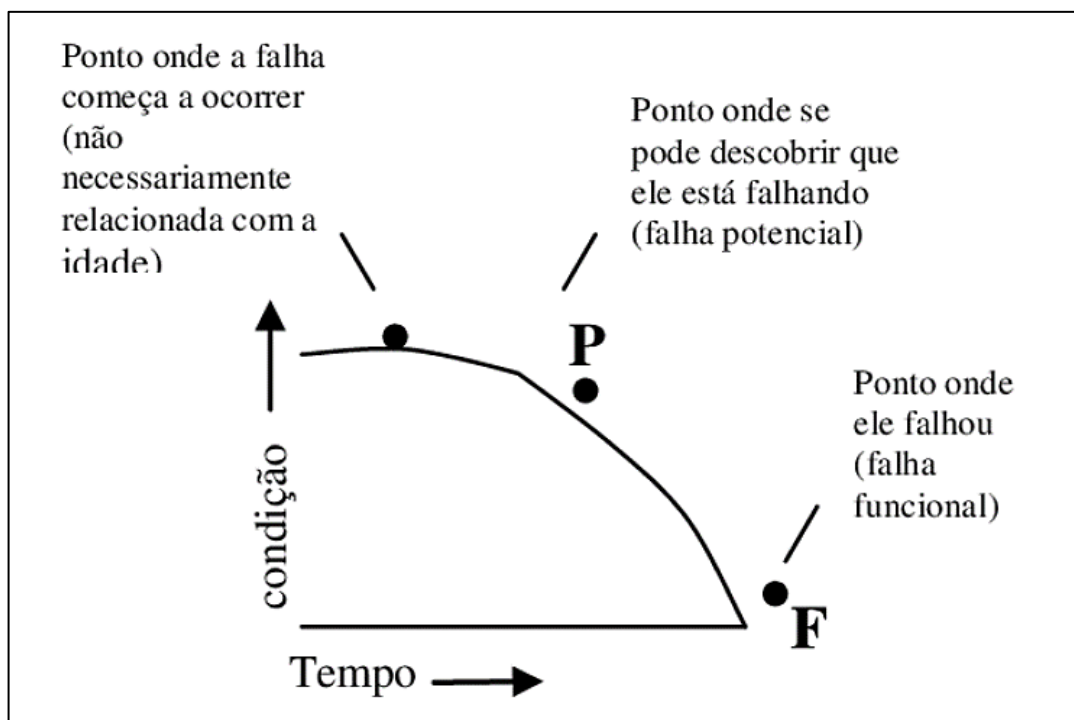


Figura 3: Curva PF

Fonte: Moubray, John (2000)

A curva segue o padrão acima, e demonstra os seguintes fatores:

- **Ponto P (Potencial):** É quando existe um Modo de falha, esses seriam como de sintomas de falhas, nesses estão elevação dos níveis de vibração, elevação dos níveis de temperatura, um determinado vazamento, etc. Seriam alteração na forma de trabalho no equipamento antes da falha, podemos dizer que é o momento em que a falha nasce, uma falha em estágio inicial sendo que essa não compromete por completo o funcionamento do equipamento, mas diminui sua performance a cada minuto que se passa.
- **Ponto F (Funcional):** Ocorre quando acontece a quebra do ativo fazendo com que o sistema pare de atender a um padrão de desempenho especificado em projeto.

Quando descoberto esse intervalo de tempo entre a falha potencial e a falha funcional, será realizado um gerenciamento de manutenção para aumentar ao máximo a vida útil desse ativo, manutenções como preditiva e preventiva são aplicadas nesse intervalo, trazendo as informações necessárias e mantendo o equipamento sempre em sua melhor performance possível.

3.5.2 Análise de modo e efeitos de falhas

Este método, conhecido como FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), foi elaborado pelo exército americano em meados de 1949. A FMEA é essencial para a manutenção, consiste em analisar as falhas com o intuito de prognosticar suas consequências, no sistema e equipamento, desta forma permitir antecipadamente uma tomada de decisão. Isto permite um melhor estudo do sistema e conseqüentemente um plano de manutenção mais eficaz e com maior confiabilidade

Pode-se dividir a FMEA em quatro tipos, de projeto, processo, serviço e sistema.

- A FMEA de projeto é possível identifica as falhas para garantir a especificação do produto.
- A FMEA de processo possibilita identificar e impedir falhas na execução do processo.
- A FMEA de serviço age com intuito de impedir as falhas no decorrer de prestações de serviços.
- A FMEA de sistema analisa de forma geral seu sistema, para evitar as falhas e buscando sempre a sua otimização.

3.5.2.1 Índice de risco

Todos as falhas são indesejadas, mas com o auxílio da equação de índice de risco é possível classificar a sua priorização.

Seu cálculo é desenvolvido pela seguinte equação:

$$IR = IO \times IG \times ID$$

Onde:

IO - índice de ocorrência

IG - índice de gravidade

ID - índice de detecção

IR - índice de risco

Os valores desses índices são, conforme Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Índices de ocorrência, gravidade e detecção

Índices	Valores normalizados
Índice de ocorrência	Probabilidade de ocorrência Muito remota (excepcional) = 1 Muito pequena = 2 Pequena = 3 Moderada = 4 – 5 – 6 Alta (frequente) = 7 – 8 Muito alta (inevitável) = 9 – 10
Índice de gravidade	Sem consequência = 1 Leve consequência = 2 Média consequência = 3 Parada de subsistema por menos de quatro horas = 4 Parada de subsistema por MAIS de quatro horas = 5
Índice de detecção	Facilmente detectada = 1 Razoavelmente detectada = 2 Difícilmente detectada = 3 Muito difícilmente detectada = 4 Impossível de ser detectada = 5
Índice de risco	$IR = IG \times IO \times ID$

Fonte: GREGÓRIO, Gabriela; SIIVEIRA, Aline (2018 p.169)

3.5.2.2 Brainstoming

Referente a Alex Osborn (1987), o criador do método de Brainstoming na década 40, as soluções e ideias tem maior qualidade e aproveitamento quando vem de um grupo de pessoas ao invés de uma única pessoa, ou seja, quanto maior a quantidade de pessoas pensando conseqüentemente melhor será o resultado das proposições. Com este método pessoas tímidas são incentivadas a expor suas ideias, o princípio deste método é obter a numerosa quantidade de ideias que surgem através de diversas pessoas.

Em manutenção este método é essencial para determinar possíveis causas de falhas, obtendo ideias dos funcionários que trabalham efetuando a manutenção na área (auxiliares, técnicos) junto aos funcionários que gerenciam e supervisionam tal manutenção (gerentes e supervisores).

3.5.2.3 Diagrama de Ishikawa

Segundo Isikawa (1982), o diagrama, conhecido também como diagrama espinha de peixe, tem como objetivo identificar as causas raízes das falhas e suas possíveis conseqüências.

Para tomadas de decisões no setor de manutenção é muito utilizado o diagrama de Kaoru Ishikawa (figura 4), com o objetivo de facilitar a detecção das possíveis causas e efeitos de falhas.

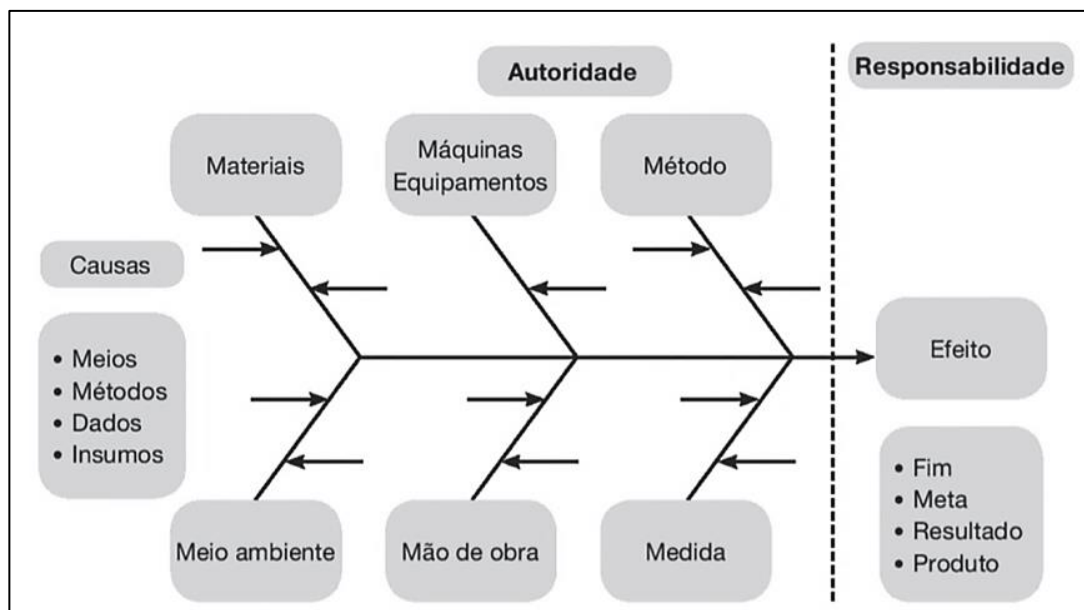


Figura 4– Diagrama de Ishikawa

Fonte: GREGÓRIO, Gabriela; SIIVEIRA, Aline (2018 p.168)

3.5.3 Ciclo PDCA

De acordo com Mattos (2010) o método PDCA trata-se do processo de melhoria contínua, visando o planejamento em geral e não apenas sua aplicação na área técnica. Segundo Érika Andrade Castro Alves (2015), o ciclo PDCA não possui um fim determinado, pois sempre busca melhoras nos resultados, tem primórdio tornar os processos envolvidos mais compreensível e ágeis, identificando tanto as causas como as soluções para o problema. O Ciclo é dividido em 4 etapas (figura 5) P, D, C e A:

- P do inglês *Plan* – é o planejamento, ou seja, nesta etapa ocorre o planejamento de todas as tarefas relacionada ao processo.
- D do inglês *Do* - é a execução, ou seja, nesta etapa ocorre a execução das tarefas planejadas.
- C do inglês *Check* – é a verificação, ou seja, após a execução as tarefas são verificadas e monitoradas de acordo com o estabelecido. Nesta etapa é muito

importante relatar todas as informações possíveis e desta forma garantir um banco de dados de qualidade.

- A do inglês *Act* – é a ação, ou seja, comparar as informações com as metas padronizadas. Se o resultado obtido é que as metas não foram atingidas é elaborado um plano atingir as metas, se resultado foi positivo, ou seja, as metas foram atingidas é elaborado estratégias para melhorias contínuas.



Figura 5: Etapas PDCA

Fonte: Oliveira, Ricardo (2017)

3.6 Engenharia de manutenção

A Engenharia de Manutenção é responsável pela construção do projeto de manutenção, em todo o ciclo de vida de um equipamento, isto é, sua organização, planejamento e controle, definindo um ou mais tipos de manutenções, sua periodicidade e equipe de trabalho, tencionando a três fatores determinantes a confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade. É essencial a busca por melhorias, utilizando diversas técnicas, ferramentas, pesquisa de avanço tecnológico, e seu custo

e benefício. Entre as diversas técnicas e ferramentas é utilizada a análise de modo de falhas.

A análise de RAM (Reliability, Availability e Maintainability / Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade) fundamental para a otimização da manutenção, procura atingir o equilíbrio dos procedimentos, visando o custo e sua necessidade de aplicação. Avalia o equipamento, seu processo, aplicações de manutenção e operação. É muito utilizado o índice de OR, é um cálculo que permite saber numericamente o risco relacionado ao modo de falha.

4 ROBÔS NA ÁREA AUTOMOBILÍSTICA

A utilização de robôs nas indústrias é uma prática bem atual, com o desenvolvimento da indústria 4.0 e dos robôs autônomos, a aplicação desses robôs está cada dia maior nos mais diversos ramos e processos nas indústrias.

Devido à sua grande precisão e um ótimo padrão de qualidade nos procedimentos, dentro de vários processos que necessitam desse fator, a substituição da mão-de-obra humana pelo a de um robô é fundamental. Em diversos sistemas, as operações em todas as linhas de produção da área da fábrica são realizadas perfeitamente e sem erros.

As fabricas e montadoras automobilísticas necessitam de robôs em diversos de seus processos. Com a utilização de robôs, as montadoras podem reduzir seu tempo de montagem, aumentando sua capacidade de demanda, além de manter um ótimo padrão de qualidade.

Outro fator relevante na utilização de robôs nas montadoras automobilísticas, senão o mais relevante, seria a flexibilidade dos mesmos. Os veículos estão em constantes mudanças e sempre com um novo designer inovador acompanhando as tendências dos mercados. Com a utilização de robôs não é preciso remodelar as máquinas e os postos para os mesmos mudarem sua maneira de processo, basta apenas alterar configurações em seus softwares e eles executam a nova função com a maior precisão possível, e isso pode economizar milhões para uma empresa do ramo.

4.1 Robô de colagem e fixação de vidro de para-brisa

Descrevendo sucintamente uma linha de produção pode se dividir em 6 etapas:

- Estamparia - onde ocorre o recorte e modelamento das chapas de aço através de programações com suas dimensões exatas.

- Estruturação – conhecida como body shop, é a etapa de montagem da carroceria do automóvel, sendo que aproximadamente 70% da solda são feitas por robôs.
- Funilaria – nesta etapa é finalizado alguns acabamentos, é testado diversos detalhes como por exemplo as aberturas de portas e normalmente neste momento o automóvel recebe seu número de chassi.
- Pintura – neste estágio todo o tratamento pré-pintura e a sua pintura.
- Motor – o motor é instalado adequadamente.
- Montagem - é a parte final, ou seja, se instala todos os equipamentos internos e externos como por exemplo, bancos, carpetes, painel, rodas, entre outros. Nesta etapa que o vidro do para-brisa é posicionado e fixado no automóvel.

O robô tratado neste trabalho é responsável pela colagem e fixação do vidro para-brisa, ele se encontra na etapa final de montagem e é extremamente preciso, através de sensores de detector de vidro e programação específica de posicionamento o robô manipula o vidro, aplica a cola e fixa no para-brisa do automóvel.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Gerenciamento de manutenção centrada na confiabilidade

5.1.1 Fluxograma

Neste estudo de caso, é definido uma estratégia de gerenciamento, a partir de históricos e indicadores para se obter uma manutenção centrada na confiabilidade eficaz. O fluxograma (figura 6, figura 7 e figura 8) abaixo descrevem este gerenciamento.

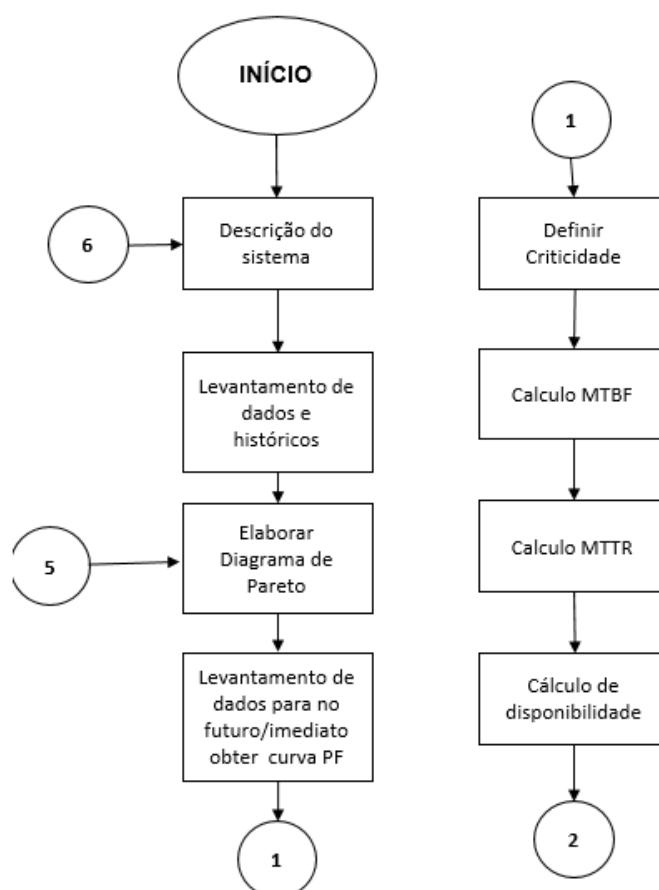


Figura 6: Fluxograma parte 1

Fonte: Autores (2020)

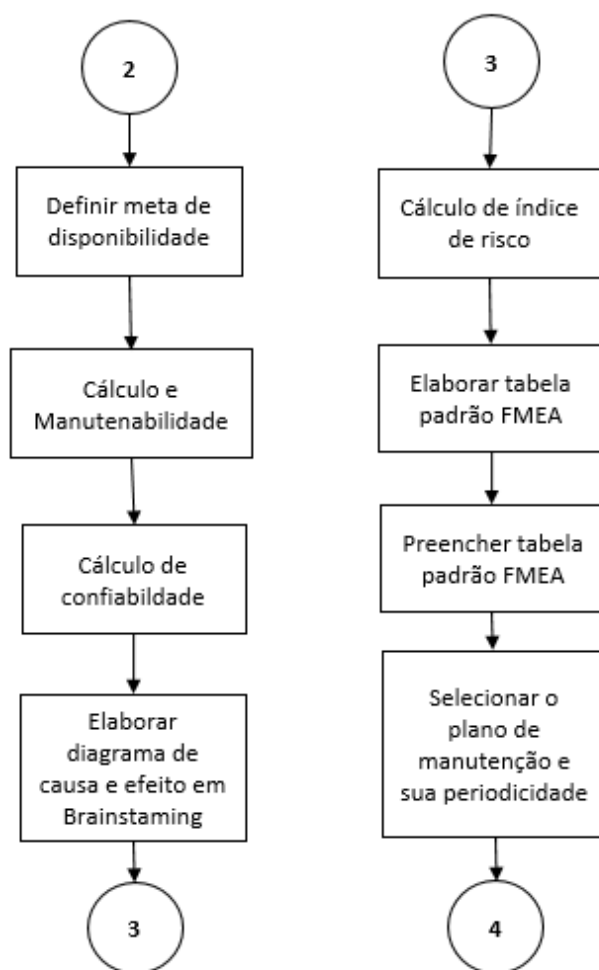


Figura 7: Fluxograma parte 2

Fonte: Tavares, Gabrieli; Ribeiro, João Vitor (2020)

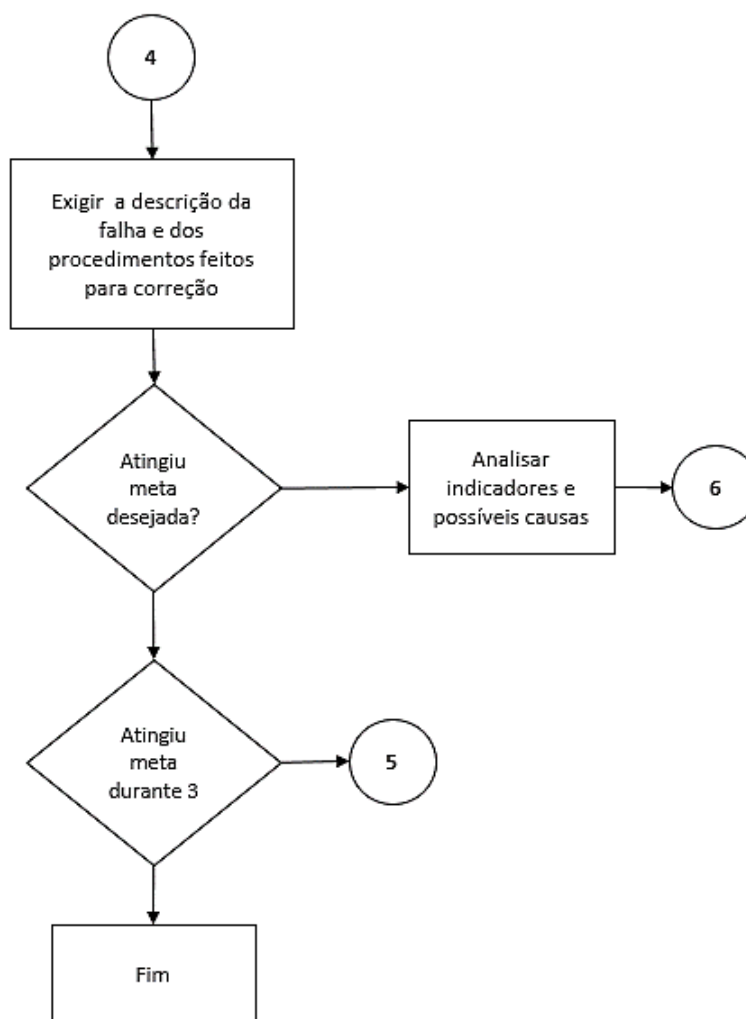


Figura 8: Fluxograma parte 3

Fonte: Autores (2020)

No Anexo 1, está o fluxograma em uma única figura em formatação paisagem.

5.1.2 Descrição do processo de colagem e fixação

O processo de colagem de forma geral se resume em leitura de posicionamento, aplicação da cola e fixação do para-brisa. Este processo é similar na fixação do teto, retrovisores, painéis, para-brisas e nos vidros laterais dos automóveis.

Antes da colagem do para-brisa é feita a colagem do painel, posteriormente para finalizar o processo é realizado posicionamento e colagem dos vidros laterais. É

importante a compreensão de que uma falha na etapa da colagem do painel afeta o processo de colagem do para-brisa, assim como a falha da colagem do para-brisa afeta o processo colagem dos vidros laterais.

No anexo 2 está o fluxograma do processo.

As etapas do processo de colagem e fixação do para-brisa são:

- Retirada do para-brisa da embalagem.
- Limpeza da superfície de aplicação de cola e aplicação do ativador.
- Acionamento do robô.
- Leitura de posicionamento de vidro.
- Limpeza e purge do bico aplicador de cola.
- Colocar os calços e espaçadores referentes a cabine.
- Transferencia do para-brisa até a cabine onde é realizado a colagem.

5.1.3 Especificação do robô

Para a realização de um plano de manutenção é essencial e indispensável conhecer a especificação técnica do equipamento.

O robô de colagem de para-brisa tem as seguintes especificações

- Carga útil nominal = 120 Kg
- Carga total nominal = 170 Kg
- Peso aproximadamente 1221 Kg
- Temperatura ambiente durante a operação de 10 °C a 55 °C
- Número total de eixos = 6

A partir dos eixos o robô é programado para o posicionamento específico para a tarefa de colagem, a faixa de movimentos são:

- A1 $\pm 185^\circ$;
- A2 $-120^\circ / 70^\circ$;
- A3 $-120^\circ / 155^\circ$;

- A4 $\pm 350^\circ$;
- A5 $\pm 125^\circ$;
- A6 $\pm 350^\circ$.

5.1.4 Histórico

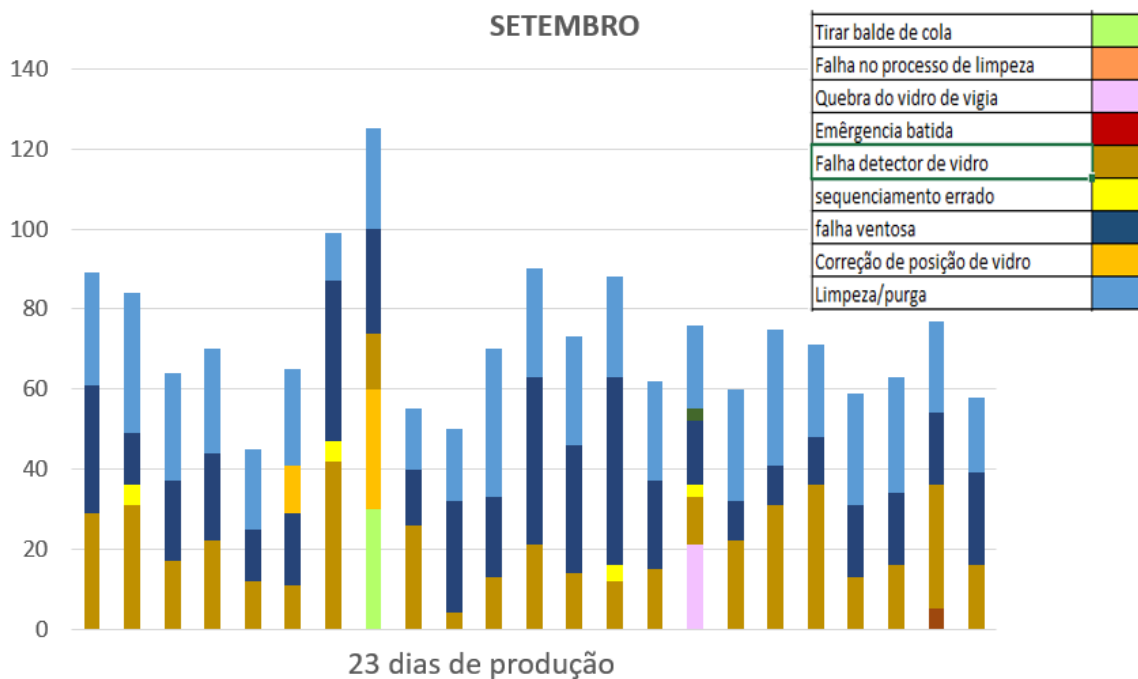
Um plano de manutenção confiável é realizado a partir de históricos do equipamento, quanto maior o tempo de histórico mais efetivo será o plano de manutenção. É importante enfatizar que a empresa tem que definir um local e padrão para memorizar os dados, criando um histórico adequado, poder ser por exemplo em: Planilhas no Excel, SAP, Máximo ou a combinação de ambos.

- Excel é um software da Microsoft, onde é possível realizar tabelas, fluxogramas, cálculos e diversos gráficos.
- SAP é um software empresarial, usado globalmente, que possibilita o processamento de inúmeros dados.
- Máximo é um software de gerenciamento de ativos, possibilitando os armazenamentos de diversas informações.

Neste estudo de caso é realizado com o histórico de 6 meses do equipamento, contendo as falhas, o tempo de falha e também o número de paradas devido as falhas.

Os últimos 2 meses de análise, setembro e outubro, são detalhados por dia, contendo o tempo de falha e de parada diárias. O histórico de falha diário de setembro e outubro estão representados nos gráficos 1 e 2 e nas tabelas 3, 4 e 5.

Gráfico 1: Falhas de setembro



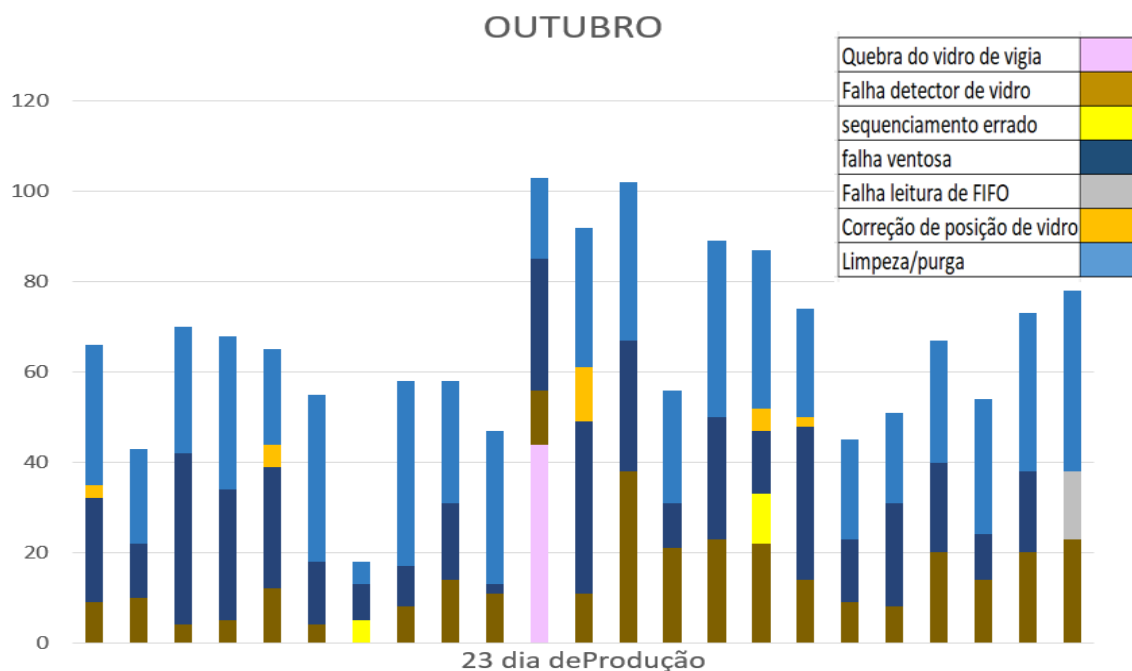
Fonte: Autores (2020)

Tabela 3: Falhas de setembro

1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29	
0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Tirar balde de cola
0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Falha no processo de limpeza
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	Quebra do vidro de vigia
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	Quebra do vidro de vigia
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	Emergência batida
29	31	17	22	12	11	42	14	26	4	13	21	14	12	15	12	22	31	36	13	16	31	16	Falha detector de vidro
0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	sequenciamento errado
32	13	20	22	13	18	40	26	14	28	20	42	32	47	22	16	10	10	12	18	18	18	23	falha ventosa
0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Correção de posição de vidro
28	35	27	26	20	24	12	25	15	18	37	27	27	25	25	21	28	34	23	28	29	23	19	Limpeza / purga
89	84	64	70	45	65	99	125	55	50	70	90	73	88	62	76	60	75	71	59	63	77	58	Total diário
33	29	27	29	15	25	30	28	26	27	31	32	37	27	25	23	25	28	27	21	23	32	22	Nº de parada no processo
Tabela de falhas diárias do em turno de 16 horas																							

Fonte: Empresa automotiva Modificada: Autores (2020)

Gráfico 2: Falhas de outubro



Fonte: Autores (2020)

Tabela 4: Falhas de Outubro

1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Quebra do vidro de vigia
9	10	4	5	12	4	0	8	14	11	12	11	38	21	23	22	14	9	8	20	14	20	23	Falha detector de vidro
0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	sequenciamento errado
23	12	38	29	27	14	8	9	17	2	29	38	29	10	27	14	34	14	23	20	10	18	0	falha ventosa
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	Falha leitura de FIFO
3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	Correção de posição de vidro
31	21	28	34	21	37	5	41	27	34	18	31	35	25	39	35	24	22	20	27	30	35	40	Limpeza/purga
66	43	70	68	65	55	18	58	58	47	103	92	102	56	89	87	74	45	51	67	54	73	78	Total diário
31	24	26	24	21	15	13	23	25	12	32	28	29	22	25	27	25	19	24	17	28	27	30	N° de parada no processo
Tabela de falhas diárias - turno de 16 horas																							

Fonte: Empresa automotiva Modificada: Autores (2020)

Com o intuito de destinar a manutenção a uma maior disponibilidade do processo, foi realizado uma análise geral indicando as principais falhas que ocasionam o declínio da disponibilidade, está análise foi efetuada de acordo com o Princípio de Pareto.

O histórico de falha semestral está representado na tabela 5 abaixo:

Tabela 5: Histórico Semestral

HITÓRICO RESUMIDO SEMESTRAL						
Robô de Colagem de Para-brisas	Tempo (minutos)					
	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Limpeza / purga	420	522	515	442	576	660
Falha ventosa	29	51	108	387	514	445
Falha detector de vidro	251	289	343	635	460	312
TOTAL DE TEMPO	700	862	966	1464	1550	1417
Robô de Colagem de Para-brisas	Números de paradas					
	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Limpeza / purga	145	181	179	131	153	158
Falha ventosa	14	21	58	187	198	129
Falha no detector de vidro	118	146	124	260	271	260
TOTAL DE PARADAS	277	348	361	578	622	547

Fonte: Empresa automotiva Modificada: Autores (2020)

5.1.5 Indicadores

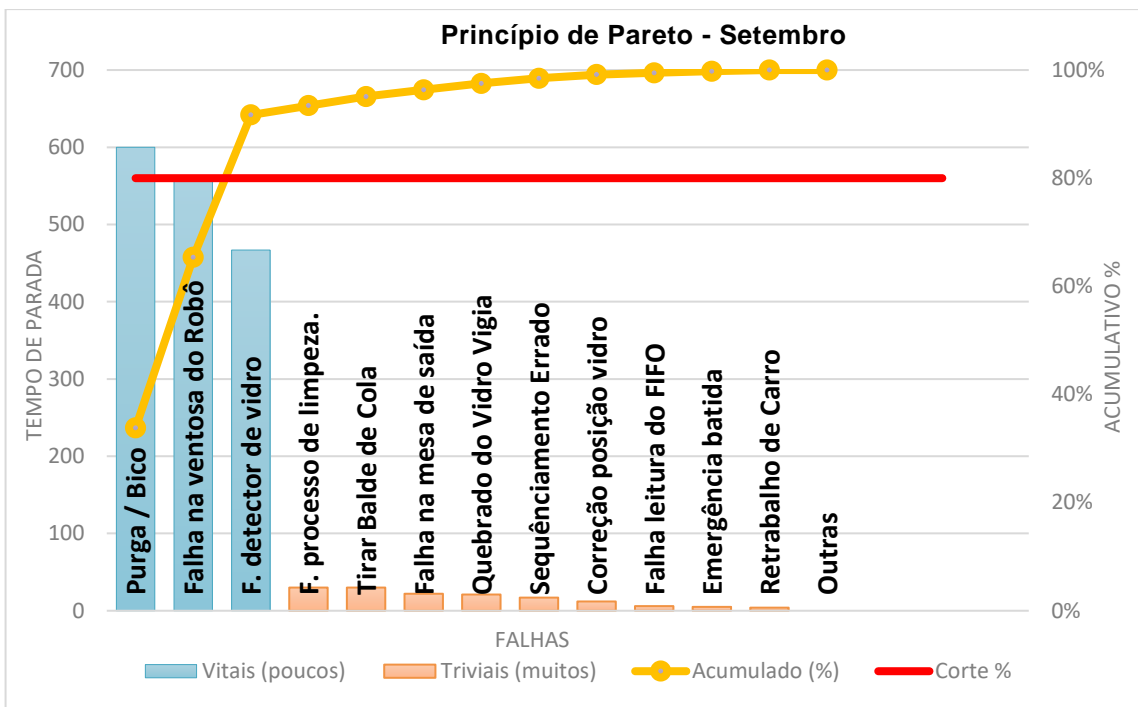
6.1.5.1 Diagrama de Pareto

Após a análise detalhada dos gráficos de registros de falhas do processo, notamos que um padrão se manteve, algumas falhas eram mais recorrentes e consequentemente resultavam em paradas na linha de produção com mais frequência que outras.

Nota-se então, que o Princípio de Pareto era totalmente aplicável ao gerenciamento, pois com a solução dessas falhas mais recorrentes resultaria na diminuição do tempo de parada da produção.

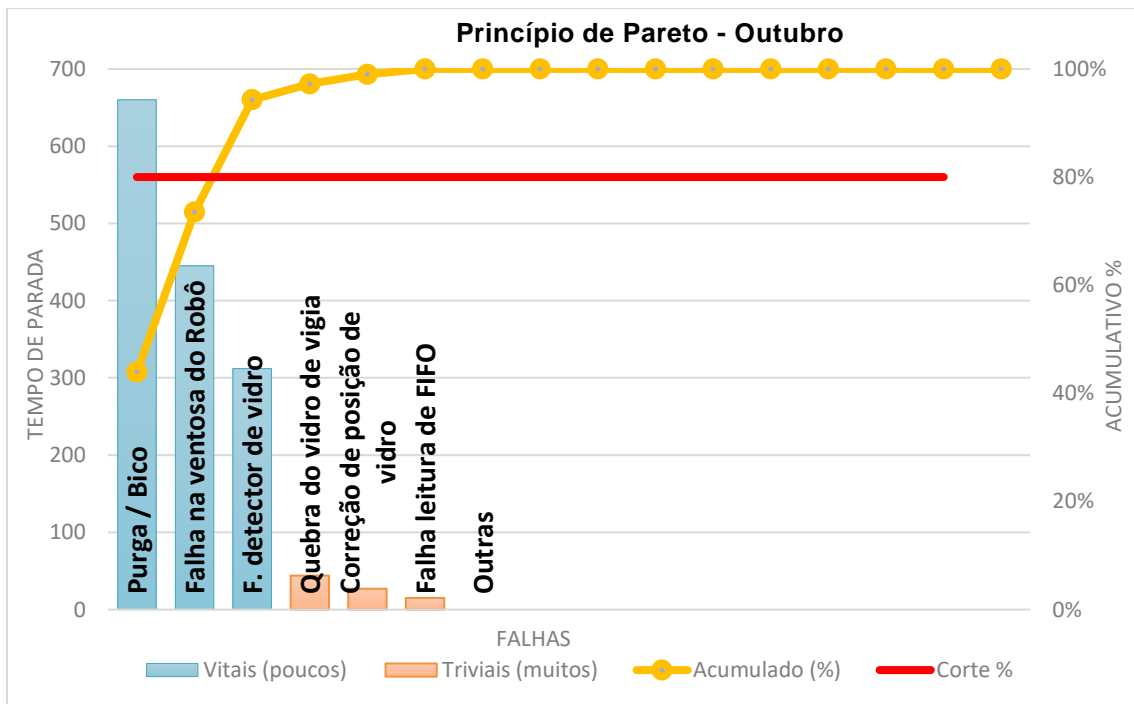
Desta forma os gráficos 3 e 4 para ilustrarem melhor como esse princípio foi aplicado.

Gráfico 3: Princípio de Pareto setembro



Fonte: Autores (2020)

Gráfico 4: Princípio de Pareto outubro



Fonte: Autores (2020)

Após a elaboração do gráfico nota-se que três falhas eram responsáveis, em média, por cerca de 93% do tempo de paradas na linha de produção, sendo essas três: Purga/Bico, Falha na ventosa do robô e Falha no detector de vidro respectivamente.

Conclui-se então que se traçado a estratégia certa de gerenciamento de manutenção para esse top três falhas, conseguiríamos atingir os resultados desejados, na disponibilidade e confiabilidade do processo.

5.1.5.1 MTBF

O cálculo de MTBF foi realizado de acordo com as fórmulas descrita no trabalho, foi utilizado o Excel para facilitar o cálculo do mesmo.

Abaixo estão as tabelas de MTBF:

Tabela 6: MTBF semestral

CÁLCULOS	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
MTBF MENSAL (minutos)	77,18	60,97	58,49	35,67	33,01	37,77

Fonte: Autores (2020)

Tabela 7: MTBF setembro

MTBF DIARIO (minutos)											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
29,09	33,10	35,56	33,10	64,00	38,40	32,00	34,29	36,92	35,56	30,97	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
30,00	25,95	35,56	38,40	41,74	38,40	34,29	35,56	45,71	41,74	30,00	43,64

Fonte: Autores (2020)

Tabela 8: MTBF outubro

MTBF DIARIO (minutos)											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
28,84	38,21	34,23	37,17	42,62	60,33	72,46	39,22	36,08	76,08	26,78	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
31,00	29,59	41,05	34,84	32,33	35,44	48,16	37,88	52,53	32,36	32,85	29,40

Fonte: Autores (2020)

5.1.5.2 MTTR

O cálculo de MTTR foi realizado de acordo com as fórmulas descrita no trabalho, foi utilizado o Excel para facilitar o cálculo do mesmo.

Abaixo estão as tabelas de MTTR:

Tabela 9: MTTR semestral

CÁLCULOS	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
MTTR MENSAL (minutos)	2,53	2,48	2,68	2,53	2,49	2,59

Fonte: Autores (2020)

Tabela 10: MTTR setembro

MTTR DIARIO (minutos)											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
2,70	3,24	2,37	2,41	3,00	2,60	3,30	4,46	2,12	1,85	2,26	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
2,81	1,97	3,26	2,48	3,17	2,40	2,68	2,63	2,81	2,74	2,41	2,64

Fonte: Autores (2020)

Tabela 11: MTTR outubro

MTTR DIARIO (minutos)											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
2,13	1,79	2,69	2,83	3,10	3,67	1,38	2,52	2,32	3,92	3,22	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
3,29	3,52	2,59	3,56	3,22	2,96	2,37	2,13	3,94	1,93	2,70	2,60

Fonte: Autores (2020)

5.1.5.3 Disponibilidade

O cálculo da disponibilidade foi realizado de acordo com as fórmulas descrita no trabalho, foi utilizado o Excel para facilitar o cálculo do mesmo.

seguir estão as tabelas de disponibilidade:

Tabela 12: Disponibilidade semestral

CÁLCULOS	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
DISPONIBILIDADE	96,83	96,10	95,63	93,37	92,98	93,58

Fonte: Autores (2020)

Tabela 13: Disponibilidade setembro

DISPONIBILIDADE											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
91,52	91,08	93,75	93,20	95,52	93,66	90,65	88,48	94,58	95,05	93,20	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
91,43	92,93	91,60	93,93	92,93	94,12	92,75	93,11	94,21	93,84	92,57	94,30

Fonte: Autores (2020)

Tabela 14: Disponibilidade outubro

DISPONIBILIDADE											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
93,13	95,52	92,71	92,92	93,23	94,27	98,13	93,96	93,96	95,10	89,27	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
90,42	89,38	94,06	90,73	90,94	92,29	95,31	94,69	93,02	94,38	92,40	91,88

Fonte: Autores (2020)

5.1.5.4 Manutenibilidade

O cálculo da disponibilidade foi realizado de acordo com as fórmulas descrita no trabalho, foi utilizado o Excel para facilitar o cálculo do mesmo.

A seguir estão as tabelas de manutenibilidade:

Tabela 15: Manutenibilidade semestral

CÁLCULOS	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
MANUTENIBILIDADE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Autores (2020)

Tabela 16: Manutenibilidade setembro

MANUTENIBILIDADE											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
0,9987	0,9952	0,9979	0,9922	0,9722	0,9995	0,9998	0,9992	0,9987	0,9952	0,9979	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
0,9966	0,9997	0,9926	0,9984	0,9935	0,9987	0,9975	0,9977	0,9966	0,9971	0,9987	0,9977

Fonte: Autores (2020)

Tabela 17: Manutenibilidade outubro

MANUTENIBILIDADE											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
0,9995	0,9999	0,9974	0,9965	0,9943	0,9873	1,0000	0,9982	0,9990	0,9832	0,9931	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
0,9923	0,9894	0,9979	0,9888	0,9930	0,9955	0,9988	0,9995	0,9827	0,9998	0,9973	0,9979

Fonte: Autores (2020)

5.1.5.5 Confiabilidade

O cálculo da disponibilidade foi realizado de acordo com as fórmulas descrita no trabalho, foi utilizado o Excel para facilitar o cálculo do mesmo.

Abaixo estão as tabelas de confiabilidade.

Tabela 18: Confiabilidade semestral

CÁLCULOS	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
CONFIABILIDADE (16 hrs)	81,28	76,92	76,07	63,85	61,58	65,47

Fonte: Autores (2020)

Tabela 19: Confiabilidade setembro

CONFIABILIDADE (16 hrs)											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
61,67	77,88	65,92	60,65	62,71	64,83	63,76	59,65	61,67	77,88	65,92	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
58,66	53,97	63,76	65,92	68,16	65,92	62,71	63,76	70,47	68,16	58,66	69,30

Fonte: Autores (2020)

Tabela 20: Confiabilidade outubro

CONFIABILIDADE (16 hrs)											
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	14	
57,42	65,79	62,66	65,02	68,70	76,71	80,19	66,50	64,18	81,03	55,02	
15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	29
59,68	58,23	67,72	63,18	60,97	63,67	71,73	65,54	73,74	60,99	61,44	58,03

Fonte: Autores (2020)

5.1.5.6 Criticidade

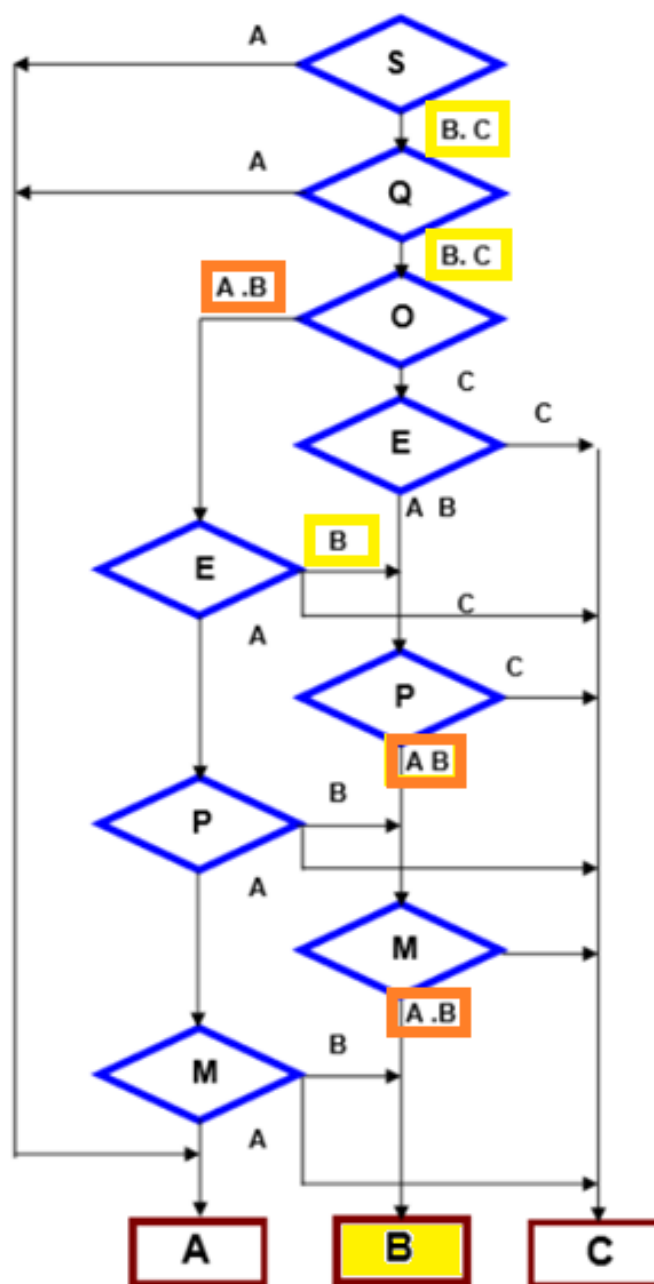
De acordo com a análise do equipamento no processo, os critérios de avaliação (A, B e C) para cada um dos fatores estão sinalizados na tabela 21 e no fluxograma (figura 9).

Tabela 21: classificação A, B e C

FATORES DE AVALIAÇÃO	FATORES DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		
		A	B	C
S	Segurança e meio ambiente	Caso sofra parada, provoca acidente grave e problemas de contaminação com o meio ambiente	Caso sofra parada, pode provocar algum tipo de acidente, porém só material, mas não ao meio ambiente.	Caso sofra parada, sem probabilidade de provocar qualquer tipo de acidente, nem ao meio ambiente.
Q	Qualidade do produto	Caso sofra parada, haverá com certeza queda de qualidade e alta geração de refugos podendo gerar reclamação de clientes	Caso sofra parada, haverá possível queda de qualidade e poucos refugos, e possibilidade de reclamação do cliente.	Caso sofra parada, não haverá queda de qualidade e nem refugos, sem possibilidade de reclamação do cliente.
O	Condição de operação	Tempo de utilização da máquina ou equipamento acima de 90% ao mês durante o turno de trabalho	Tempo de utilização do equipamento de 50% a 90% ao mês durante o turno de trabalho	Tempo de utilização do equipamento abaixo de 50% ao mês durante o turno de trabalho
E	Condições de Entrega	Caso sofra parada, pode parar a linha de produção sem nenhuma alternativa a curto prazo	Caso sofra uma parada, pode parar uma linha de produção, porém com alternativas imediatas.	Caso sofra uma parada, não interfere parar uma linha de produção, e com alternativas imediatas.
P	Índice de paradas	MTBF abaixo de 3 horas	MTBF abaixo de 3 até 16 horas	MTBF acima de 16 horas
M	Manutenibilidade	MTTR acima de alto	MTTR acima de médio	MTTR abaixo

Fonte: Cyrino, Luiz (2016) Modificado: Autores (2020)

Figura 9: Fluxograma de classificação de criticidade



Fonte: Cyrino, Luiz (2016) Modificado: Autores (2020)

A análise indica que a classificação de criticidade é a B, que indica a manutenção preventiva para o equipamento.

6 RESULTADOS

Foi efetuado uma estrutura para facilitar a compreensão e a implementação do RCM e indicando o profissional adequado, nas duas primeiras etapas do fluxograma (figura 10), é onde se encontra o foco do estudo de caso proposto, tem a função de fornecer as informações necessárias para que ocorra a elaboração dos procedimentos e a execução da manutenção.

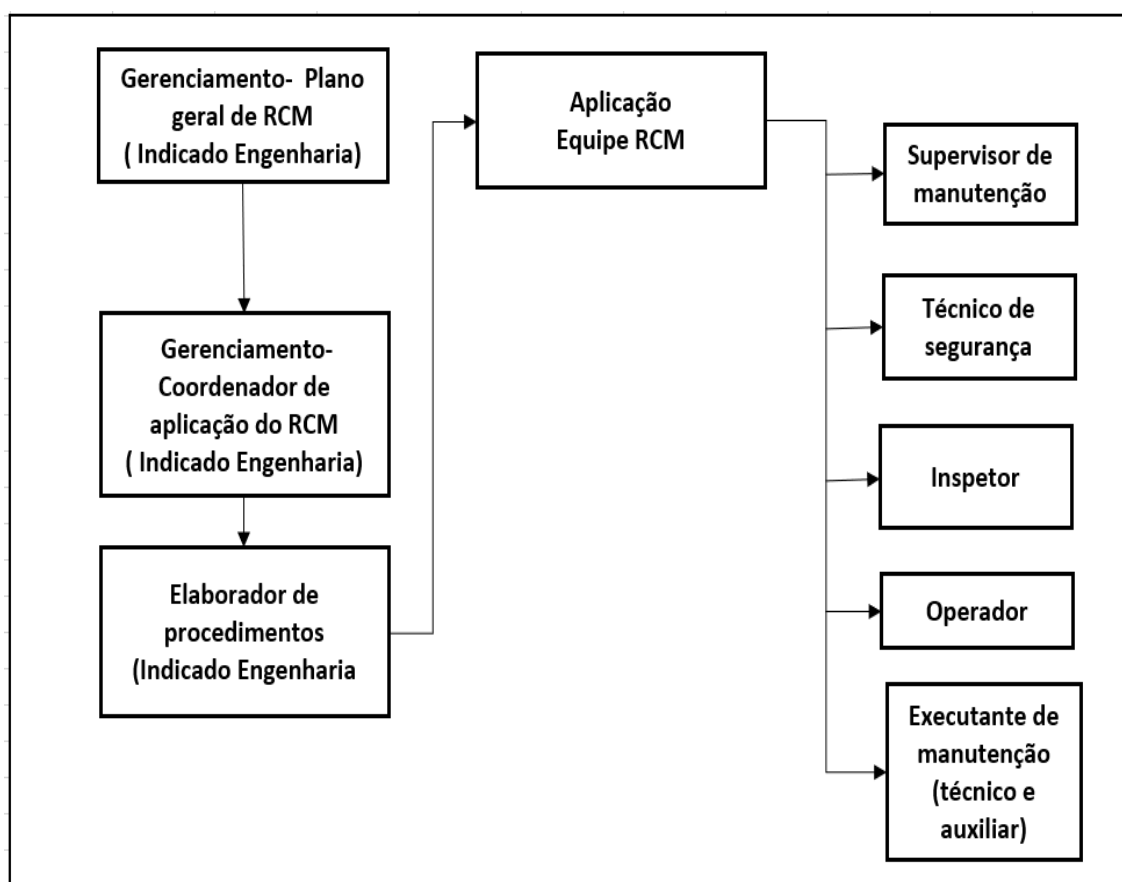


Figura 10: Estrutura para implementação de RCM

Fonte: Kardeck e Nascif (2010) Modificado: Autores (2020)

Gerenciamento geral de RCM- Direcionar o coordenador, definir o objetivo de aumentar o MTBF e diminuir o MTTR, solicitar que seja realizado um banco de dados com os históricos dos equipamentos e todas as informações necessárias do

fabricante, garantir que tenha softwares para os armazenamentos desses dados e definir quais indicadores devem-se utilizados.

Coordenador de aplicação do RCM – Garantir e verificar se os históricos estão armazenados adequadamente, se necessário ampliar o histórico, aplicar os indicadores efetuando os cálculos de MTBF, MTTR, confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade adequados, solicitar e verificar a capacitação dos operadores, definir metas de disponibilidade e confiabilidade, realizar o diagrama de Isikawa e a tabela padrão FMEA em brainstorming e indicar quais manutenções serão utilizadas (corretiva planejada, preditiva ou preventiva), mas a manutenção pode ser alterada de acordo com a aplicação do PDCA.

Elaborador de procedimentos – analisar as informações e indicações do coordenador, verificar a tabela padrão FMEA e refazer em brainstorming, detalhar com mais precisão com o auxílio da operação, analisar as instruções do fabricante, definir a periodicidade da manutenção e seus procedimentos, ou seja, o passo a passo para o executante obedecer e tudo de acordo com as informações passadas pelo coordenador de aplicação do RCM, enfatizando o aumento do banco de dados a partir das descrições pedidas nos procedimentos.

Aplicação do RCM- esta etapa, a própria frase é autoexplicativa, é toda a equipe que garante a execução da manutenção, desde o Supervisor da área até o executante de manutenção.

6.1 FMEA

Foi realizado um padrão de tabela para o FMEA, com o intuito de padronizar as informações para garantir um melhor entendimento das falhas e suas respectivas falhas.

Com o FMEA é possível identificar a causa da falha e desta forma desenvolver o melhor plano de manutenção, analisando os resultados do FMEA junto ao histórico do equipamento e de seus indicadores descritos acima.

Para preencher a tabela 22 FMEA elabora primeiro é realizada o diagrama de causa e efeito.

Tabela 22: Padrão FMEA

FMEA									
Equipamento:				Data:					
Componente	Função	Falha	Efeitos da falha	Índice de ocorrência	Índice de severidade	Índice de detecção	Índice de risco (IR)	Possível causa raiz	Ação Recomendada

Fonte: Autores (2020)

6.1.1 Diagrama de causa e efeito

Com o resultado do princípio de Pareto realizamos o diagrama de causa e efeito nas 3 principais falhas do robô, onde são responsáveis por aproximadamente mais 90% parada para reparo. Após executar o diagrama de causa e efeito é aplicado a tabela FMEA.

- Falha 1: Necessidade de limpeza extra no bico (figura 11, tabela 23 e 24).



Figura 11: Diagrama de causa e efeito

Fonte: Autores (2020)

Tabela 23: Padrão FMEA do componente bico/purga, parte1

FMEA								
Robô de colagem e fixação de vidro de para-brisa			Componente: Bico da cola e/ou purga					
Função	Falha	Efeitos da falha	IO	IG	ID	IR)	Possível causa raiz	Ação Recomendada
Permitir saída da cola	interrompe a saída de cola totalmente ou parcialmente	Para a etapa de colagem de vidro de para brisa do processo	9	4	1	36	Cola cura rápida	Concepção do projeto, em última escolha é planejado uma revisão para alterar o material.
							Validade da cola	Efetuar a troca da cola e efetuar limpeza do sistema de colagem. S
							Bico entupido	Garantir que a frequência e pressão de atuação da purga limpe o Bico, de acordo com o processo, verificação semanal da pressão de purga. Verificar a vazão de cola na saída do Bico. Aumentar a frequência de limpeza do Bico por turno. Efetuar a limpeza do sistema de cola.
							Bico obstruído	Realizar a cotação de diâmetro do bico, se estiver menor é porque tem resíduos de cola que com o tempo irá obstruir o bico, realizar a medição semanalmente e se necessário purgar. Verificar a vazão de cola na saída do Bico. Aumentar a frequência de limpeza do Bico por turno. Efetuar a limpeza do sistema de cola periodicamente.
							Bico inadequado	Caso o bico utilizado seja diferente do projetado para o sistema emitir a compra do bico adequado o mais rápido possível.
							Temperatura do sistema colagem	Ajustar a temperatura do aparelho de fusão conforme o processo, caso ocorra a mesma falha verificar se está de acordo com o manual do produto.

Fonte: Autores (2020)

Tabela 24: Padrão FMEA do componente bico da cola e/ou purga, parte2

Permitir saída da cola	interrompe a saída de cola totalmente ou parcialmente	Para a etapa de colagem de vidro de para brisa do processo	9	4	1	36	verificação da temperatura da cola	Solicitar/cobrar o procedimento semanal de verificação da temperatura conforme o parâmetro estipulado pelo fornecedor.
							verificação da pressão da purga	Solicitar/cobrar o procedimento semanal de verificação pressão junto a sua calibração.
							verificação das cotas de aplicação	Solicitar/cobrar o procedimento semanal de verificação das cotas junto a sua calibração. Conforme o processo
							procedimento de limpeza inadequado	verificar se o procedimento está de acordo com o processo, caso o problema continue verificar se o processo está de acordo com o manual e recomendações do fabricante.
							instrução de frequência de purga inadequada	verificar se o procedimento está de acordo com o processo, caso o problema continue verificar se o processo está de acordo com o manual e recomendações do fabricante.
							procedimento de vigilância inadequado	verificar se o procedimento está de acordo com o projeto, caso o problema continue verificar se o projeto está de acordo com o manual e recomendações do fabricante.
							instrução do fabricante divergente do procedimento	Analisar se o procedimento está de acordo com o manual e recomendações do fabricante, solicitar a correção imediata.
							falta de procedimentos operacionais	Apenas pessoas que realizaram a capacitação para tal atividade podem efetuar as tarefas e enfatizar/solicitar reuniões de troca de turno.
							ambiente com temperatura elevada	Adequar a temperatura do processo de acordo com a temperatura do ambiente.

Fonte: Autores (2020)

- Falha 2: Falha na ventosa (figura 12, tabela 25 e 26).



Figura 12: Diagrama de causa e efeito da falha da ventosa

Fonte: Autores (2020)

Tabela 25: Padrão FMEA da Ventosa, parte1

FMEA								
Equipamento: Robô de colagem e fixação de vidro de para-brisa			Componente: Ventosa					
Função	Falha	Efeitos da falha	IO	IG	ID	IR	Possível causa raiz	Ação Recomendada
Fixação do vidro para sua movimentação	ventosa não fixa o vidro	Para a etapa de colagem e fixação de vidro de para brisa do processo	9	4	1	36	Qualidade da Ventosa	Verificar a qualidade do material com o fabricante respeitando as normas vigentes e verificar se o fabricante atende as especificações do processo.
							Vidro danificado	Verificar se o para-brisa contém trincas e caso tenha de retirar e substituir por um em perfeito estado.
							Ventosa danificada	Realizar a troca da ventosa. Criar procedimento de inspeção visual da ventosa periodicamente
							Obstrução do orifício do vacometro	Desobstruir o vacometro. Verificar o estado interno da ventosa periodicamente.
							Defeito no vacometro	Realizar a troca do vacometro
							Falha no procedimento de instalação	Corrigir/refazer a instalação de acordo com as recomendações do fabricante.

Fonte: Autores (2020)

Tabela 26: Padrão FMEA da Ventosa, parte2

Fixação do vidro para sua movimentação	ventosa não fixa o vidro	Para a etapa de colagem e fixação de vidro de para brisa do processo	9	4	1	36	Falta de instrução dos procedimentos	Apenas pessoas que realizaram a capacitação para tal atividade podem efetuar as tarefas e enfatizar/solicitar reuniões de troca de turno.
							instrução do fabricante divergente do procedimento	Analisar se as instruções estão de acordo com o manual e recomendações do fabricante, solicitar a correção imediata.
							Verificação da eficiência do Vacometro	Efetuar a medição conforme procedimentos do fabricante.
							Falta de instrução para os funcionários	Permitir apenas funcionários que realizaram a capacitação para tal tarefa pode efetuada e enfatizar/solicitar reuniões de troca de turno.
							Ambiente com alta sujidade	Implementar ações para conter a sujidade no processo.
							Sujidade na Ventosa	Limpeza da ventosa e se necessário efetuar a troca
							Sujidade no vidro	Limpeza do vidro, realiza inspeção visual diariamente com o processo em funcionamento de acordo com as normas e procedimentos de segurança.

Fonte: Autores (2020)

- Falha 3: Falha no sensor de detecção do vidro (figura 13, tabela 27 e 28).

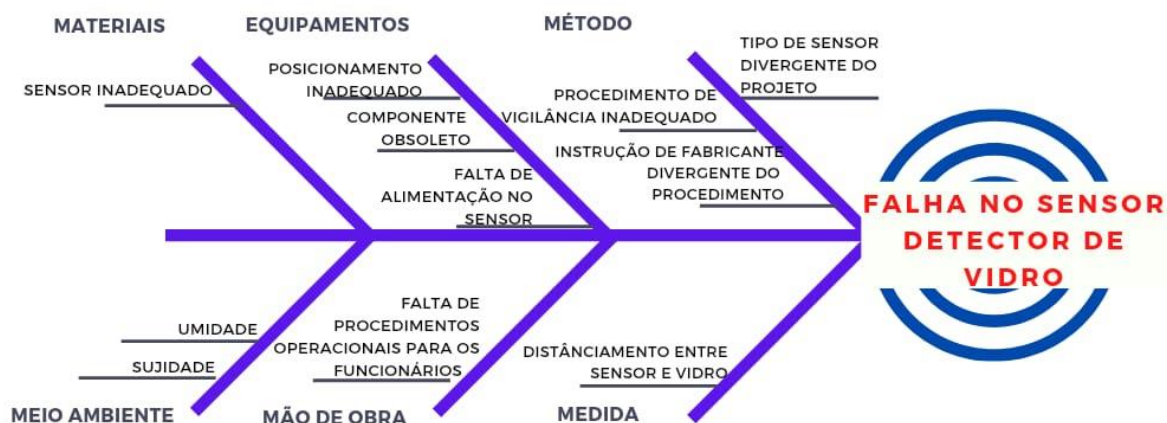


Figura 13: Diagrama de causa e efeito da falha do sensor

Fonte: Autores (2020)

Tabela 27: Padrão FMEA do sensor, parte 1

FMEA								
Equipamento: Robô de colagem e fixação de vidro de para-brisa			Componente: sensor detector de vidro					
Função	Falha	Efeitos da falha	IO	IG	ID	IR	Possível causa raiz	Ação Recomendada
Detectar o vidro para que o robô o manipule para a colagem e fixação	impede a detecção do vidro no processo	Para a etapa de colagem de vidro de para brisa do processo	9	4	1	36	Sensor inadequado	Efetuar a troca do sensor de acordo com as recomendações do fabricante.
							Posicionamento inadequado	Corrigir para o posicionamento de acordo com o processo, solicitar a verificação do distanciamento do sensor ao vidro.
							Componente obsoleto	Efetuar a troca do sensor por um sensor equivalente, porém mais atualizado.
							Tipo de sensor divergente do projeto	Efetuar a troca do sensor de acordo com as recomendações do fabricante.
							Procedimento de vigilância inadequado	Verificar se o procedimento está de acordo com o projeto, caso o problema continue verificar se o projeto está de acordo com o manual e recomendações do fabricante.

Fonte: Autores (2020)

Tabela 28: Padrão FMEA do sensor, parte2

Detectar o vidro para que o robô o manipule para a colagem e fixação	impede a detecção do vidro no processo	Para a etapa de colagem de vidro de para brisa do processo	9	4	1	36	instrução do fabricante divergente do procedimento	Analisar as instruções estão de acordo com o manual e recomendações do fabricante, solicitar a correção imediata.
							Distanciamento entre sensor e vidro	Corrigir para a distância conforme o processo e solicitar o procedimento semanal de verificação da distância entre o vidro e o sensor.
							falta de procedimentos operacionais	Apenas pessoas que realizaram a capacitação para tal atividade podem efetuar as tarefas e enfatizar/solicitar reuniões de troca de turno.
							Umidade do ambiente	Solicitar análise da causa da umidade, caso não haja como diminuir solicitar revisão do processo para alteração do tipo do sensor.
							Ambiente com alta sujidade	Aumentar a frequência de limpeza, caso não seja possível diminuir a sujidade solicitar a troca do sensor.
							Falta de alimentação do sensor	Efetuar a verificação do cabeamento.

Fonte: Autores (2020)

6.2 PDCA

Com aplicação do PDCA garante um melhor aproveitamento da manutenção, pois facilita identificar onde a falha ainda ocorre as melhorias contínuas. Abaixo na figura 14 está a explicação da aplicação do PDCA.

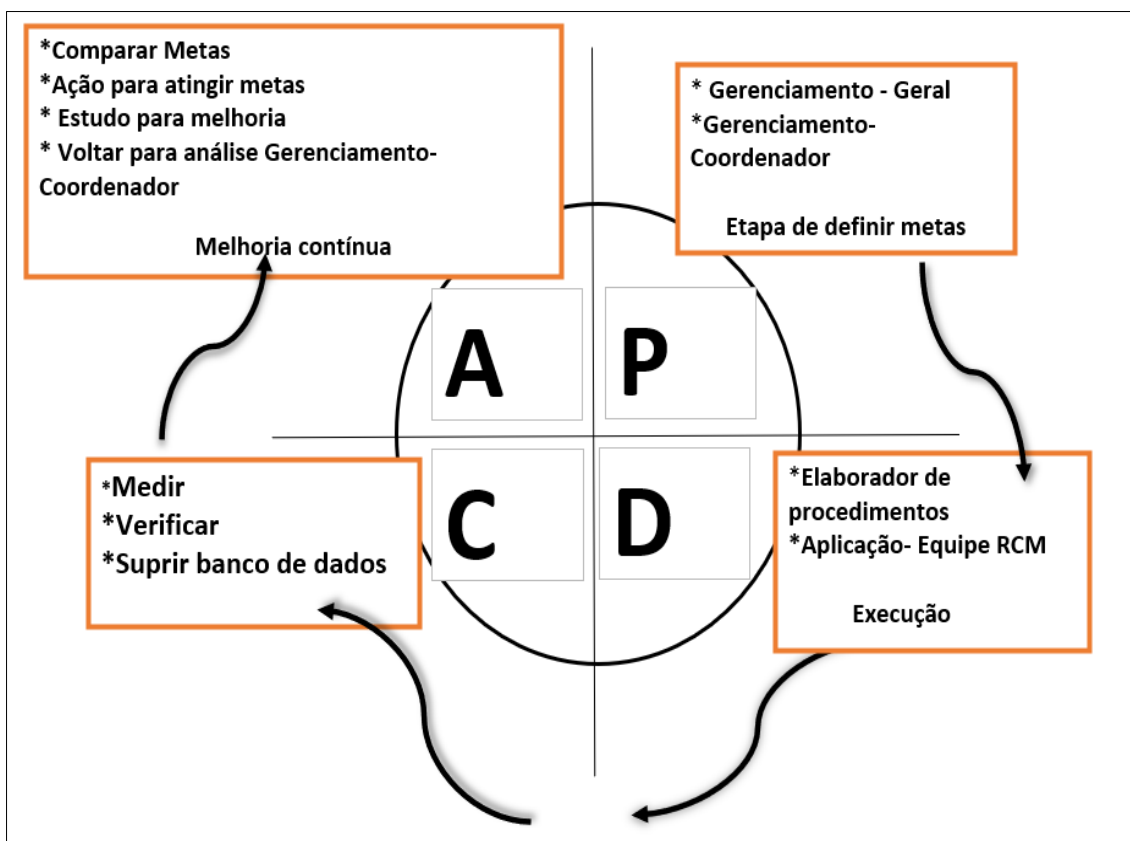


Figura 14: Aplicação PDCA

Fonte: Autores (2020)

6.3 Considerações dos resultados

Após uma análise bem criteriosa de todos os gráficos, dados e indicadores, foi observado que a disponibilidade e a confiabilidade do sistema estão abaixo da média mundial, e o objetivo é atingir a média mundial para esses indicadores.

- Atualmente:

Disponibilidade máxima semestral: 96,83%

Confiabilidade máxima semestral: 81,28%

- Média ABRAMAN (meta do gerenciamento):

Disponibilidade: 99,995%

Confiabilidade: 95,00%

Diminuir o MTTR e aumentar o MTBF com o gerenciamento para alcançar as metas.

Para alcançar essa meta, as estratégias mais coerentes serão traçadas tendo como referência o top três falhas do processo, já que eles são responsáveis por cerca de 93% das paradas na linha de produção no sistema de colagem de para-brisa.

Com a elaboração do FMEA, foram criadas soluções específicas para as possíveis causas que ocasionam essas falhas mais recorrentes, fazendo então que a ação correta seja tomada pela equipe de manutenção dentro das recomendações e procedimentos do fabricante. Além da capacitação e treinamentos aos colaboradores que operam nessa linha de montagem.

É recomendado um levantamento de dados mais aprofundado do processo que será armazenado em softwares específicos para isso, como Excel, SAP, etc. Com um banco de dados bem extenso e elaborado, após o período de um ano, a criação da curva PF será plotada e a mesma auxiliara na programação de manutenções sendo elas preventivas ou até mesmo corretivas programadas.

O gerenciamento também entra em um ciclo de melhorias constantes, pois com todos esses dados sempre atualizados, com a aplicação do ciclo PDCA (indicado abaixo), sempre com o fim de um ciclo um novo se inicia com novas melhorias, ideias mais eficazes e sempre com o objetivo de atingir o melhor gerenciamento de manutenção possível.

Com todo a análise de histórico, indicadores e cálculos realizados neste estudo de caso, foi definido um fluxograma e um PDCA para indicar o gerenciamento do plano de manutenção centrado na confiabilidade.

O processo automotivo necessita de uma linha de produção ativa, onde este gerenciamento tem como objetivo garantir que sua produção não será afetada por um mal funcionamento do robô.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que a aplicação do gerenciamento proposta a manutenção centrada na confiabilidade alcançara as metas propostas. O gerenciamento proporciona diversos aspectos positivos para o processo de colagem de para-brisa. Com o seu gerenciamento é possível garantir a melhor abordagem para a manutenção no processo, visando o aumento de sua confiabilidade e disponibilidade. Outros aspectos são as melhorias na segurança do processo, dos funcionários e também dos futuros compradores do automóvel, desta forma certificar a boa qualidade da marca no mercado.

É essencial a definição dos indicadores e das metas a serem alcançadas, com a manutenção adequada é possível aumentar a vida útil dos ativos, melhorar a produção e conseqüentemente contribuir positivamente para o lucro da empresa.

A aplicação do PDCA contribui para assegurar a melhoria contínua no processo, estudando sempre a melhor maneira de aumenta a produção, com base dos indicadores, mantendo a qualidade e segurança elevada no processo.

8 REFERÊNCIAS

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SILVEIRA, Aline Morais da. – **Manutenção Indústria**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SILVEIRA, Aline Morais da. – **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

MORO, Norberto; AURAS, André Paegle. – **Introdução de Gestão de Manutenção**. Disponível em: <<https://norbertocefetsc.pro.br/downloads/manutencao.pdf>>. Acessado em: Fevereiro de 2020.

PAULA, Deborah de Campos. – **Pesquisa sobre o uso de indicadores de desempenho do equipamento em uma fábrica de geradores**. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120433/paula_dc_tcc_guara.pdf?sequence=1>. Acessado em: Fevereiro de 2020.

TELES, Jhonata. - **O Planejamento e Controle da Manutenção na Indústria 4.0**. Disponível em : <<https://engeteles.com.br/pcm-na-industria-4-0/>>. Acessado em: Fevereiro de 2020

SILVA, Aline Veronese da; RIBEIRO, José Luis Duarte. – **Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade para desenvolvimento de um plano de manutenção em uma distribuidora de combustível**. Disponível em: <<http://static.sapucaia.ifsul.edu.br/professores/debarbajr/02.Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Industrial/12.MCC%20-%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Centrada%20em%20Confiabilidade%20%282009%29.pdf>>. Acessado em : Fevereiro de 2020

MENGUE, Denis Carlos; SELLITTO, Miguel Afonso. – **Estratégia de confiabilidade para uma bomba centrífuga de petrolífera**. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1341>>. Acessado em: Março de 2020.

FRACTTAL. – **Evolução da manutenção**. Disponível em:

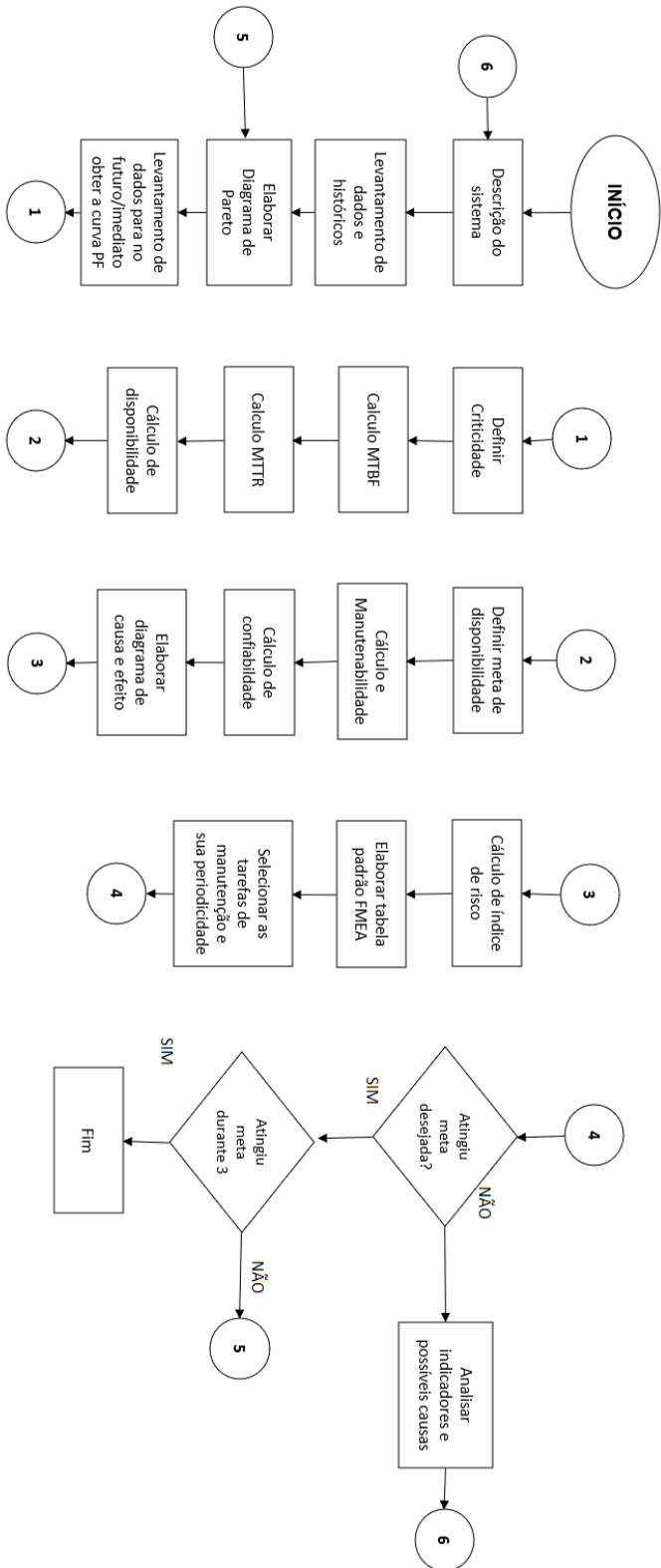
<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/50353027/Poltica_tima_de_manutencao_preventiva_de_s20161116-6339-1eoh2wo.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPolitica_otima_de_manutencao_preventiva.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200228%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200228T113658Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=f4fe40846513984a29793558e7f488c4b7e4a261ca9bb6f55ca9751c0235284a>. Acessado em: Março de 2020

KUKA – Automação na indústria automotiva. Disponível em: <<https://www.kuka.com/pt-br/ramos-de-atividade/ind%C3%BAstria-automotiva>>. Acessado em: Junho de 2020

UNIVERSAL ROBOTS – Fabricação de automóveis na indústria automotiva feita por robôs. Disponível em: <<https://www.universal-robots.com/br/ind%C3%BAstrias/automotiva-e-prestadoras-de-servicos/>>. Acessado em: Junho de 2020

CARVALHO, Isadora - Como funciona uma linha de montagem de automóveis. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/como-funciona-uma-linha-de-montagem-de-automoveis/>>. Acessado em: Junho de 2020

ANEXO 1



ANEXO 2

