

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE APLICADA À MANUTENÇÃO**

HERALDO JOSÉ LOPES DE SOUZA

**PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
CENTRADA NA CONFIABILIDADE PARA UMA
IMPRESSORA INDUSTRIAL**

MONOGRAFIA - ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2012**

HERALDO JOSÉ LOPES DE SOUZA

**PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
CENTRADA NA CONFIABILIDADE PARA UMA
IMPRESSORA INDUSTRIAL**

Monografia de conclusão do curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade Aplicada à Manutenção do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Confiabilidade Aplicada à Manutenção

Orientador: Prof. Dr. Eng. Emerson Rigoni

**CURITIBA
2012**

HERALDO JOSÉ LOPES DE SOUZA

**PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
CENTRADA NA CONFIABILIDADE PARA UMA
IMPRESSORA INDUSTRIAL**

Esta monografia foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Especialista** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Confiabilidade Aplicada na Manutenção**, ministrado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 06 de Outubro de 2012.

Prof. Dr. Eng. Emerson Rigoni.
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eng. Emerson Rigoni
UTFPR
Orientador

Prof. M.Sc. Carlos Henrique Mariano
UTFPR

Prof. M.Sc. Marcelo Rodrigues
UTFPR

AGRADECIMENTOS

Este projeto é mais uma fase de minha vida, onde consegui superar mais um desafio.

Agradeço a meu orientador Prof.^o Dr. Eng. Emerson Rigoni que com muita paciência, atenção, disponibilizou um tempo para me ajudar a melhorar este projeto.

Agradeço o Prof.^o M.Sc. Carlos Henrique Mariano da UTFPR, o qual muito contribuiu com informações e conhecimento.

Agradeço a Prof.^a Dra. Faimara do Rocio Strauhs da UTFPR.

Agradeço aos meus amigos Leonardo Silva, Édio de Araujo, e Roger Vicente que me forneceram dados para utilizar neste projeto.

Agradeço ao Sr. Oscar Labhardt Junior pelos trabalhos de impressão e encadernação.

Dedico à minha mãe, que muito sofreu para eu ter minha formação.

Dedico à minha esposa Denise, minha filha Francine e meus filhos Luis Gustavo e Luis Guilherme.

Dedico a ti ***.

Se o equipamento operar fora das condições para qual foi projetado, a manutenção nada pode fazer para melhorar a confiabilidade.

(ALAN KARDEC; LAFRAIA, 2002)

RESUMO

Souza, Heraldo José Lopes de. **PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE PARA UMA IMPRESSORA INDUSTRIAL**. 2012. 73 f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade aplicada à manutenção) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-PR, Curitiba, 2012.

Para realização deste trabalho foi desenvolvido um programa de Manutenção Centrada na Confiabilidade para o equipamento DOMINO A300, de modo a otimizar suas tarefas de manutenção e aumentar a sua disponibilidade.

O programa de MCC foi concebido com base em dados de campo, tratados sob a ótica da Engenharia da Confiabilidade, seguindo os preceitos da norma SAE JA1011 e SAE JA1012.

Este projeto baseia-se em métodos documentais, ponderando e analisando dados por um período de 90 dias recentes.

Dentre os principais resultados alcançados estão a visão dos problemas mais pontuais, como: Cabeçote de impressão, reposição de insumos e problemas no viscosímetro.

Palavras chave:Manutenção Centrada na Confiabilidade. SAE JA1011. SAE JA1012.

ABSTRACT

Souza, Heraldo José Lopes de. **Proposal of a reliability Centered Maintenance for an industrial Printer**. 2012. 73 f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade aplicada à manutenção) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-PR, Curitiba, 2012.

For this study, was developed a program of Reliability Centered Maintenance for equipment DOMINO A300 in order to optimize their maintenance tasks and increase their availability.

The MCC program is designed based on field data, treated from the standpoint of reliability engineering, following the precepts of standard SAE SAE JA1011 and JA1012.

This project is based on documentary methods, pondering and analyzing data for a recent 90-day period.

Among the main achievements of the vision problems are more specific, such as printhead, replacement supplies and problems in viscometer.

.

Keywords: Reliability Centered Maintenance. SAE JA1011. SAE JA 1012.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Comparação da MCC com a manutenção tradicional.....	22
Quadro 2	Comparação das sistemáticas para aplicação da MCC.....	27
Quadro 3	Avaliação dos pré-requisitos.....	33
Quadro 4	Avaliação dos pré-requisitos abaixo do ideal com justificativa e plano de ação.....	34
Quadro 5	Sugestões de critérios para avaliar a severidade dos efeitos do modo de falha.....	47
Quadro 6	Sugestões de critérios para avaliar a ocorrência da Causa de falha.....	48
Quadro 7	Sugestões de critérios para avaliar a ocorrência da Causa de falha.....	48
Quadro 8	Sugestões de critérios para avaliar a Detecção de Causa de falha.....	49
Quadro 9	Comparação Manutenção atual e o proposto pela MCC.....	67

LISTA DE FORMULÁRIOS

Formulário 1	Formulário de preparações.....	38
Formulário 2	Formulário de coleta de informações.....	44
Formulário 3	Análise de modos de falha.....	52
Formulário 4	Seleção das funções significantes e classificação de seus modos de falha.....	56
Formulário 5	Seleção das tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas...	64
Formulário 6	Definições dos intervalos iniciais e agrupamento das tarefas de manutenção.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tipos de manutenções e seus intervalos.....	21
Figura 2	Curva da banheira e os tipos de manutenção.....	24
Figura 3	Estrutura das metodologias estudadas.....	25
Figura 4	Metodologia da implantação deste projeto.....	28
Figura 5	Procedimento de referência para implementação da MCC.....	30
Figura 6	Avaliação dos pré-requisitos de adequação da MCC.....	31
Figura 7	Diagrama radar do questionário de avaliação da impressora Domino.....	32
Figura 8	Avaliação da preparação da MCC.....	35
Figura 9	Caractere impresso na Inkjet.....	37
Figura 10	Esquema do circuito de tinta.....	38
Figura 11	Sistema eletrônico.....	39
Figura 12	Diagrama de blocos.....	40
Figura 13	Organização da coletas de informações.....	50
Figura 14	Árvore de falha.....	51
Figura 15	Diagrama Lógica de Seleção.....	53
Figura 16	Classificação dos modos de falhas das funções significantes...	55
Figura 17	EEO – Seleção das tarefas de manutenção aplicáveis e efetiva.....	63

LISTA DE FOTOGRAFIA

Fotografia 1	Impressora Domino A300.....	14
--------------	-----------------------------	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Últimos chamados – Motivos.....	42
Gráfico 2	Últimos chamados – Soluções.....	43

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
RCM	Reability Centered Maintenance
LCC	Life Cycle Cost
FAA	Federal Aviation Authority
FMECA	Failure Mode and Effects and Criticality Analisis
FTA	Fault Tree Analysis
NPR	Número de Prioridade de Risco
MEK	Metiletilcetona
CQ	Controle de qualidade
NASA	National Aeronautics and Space Administration

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	TEMA	14
1.1.1	Delimitação da Pesquisa.....	15
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	15
1.3	OBJETIVOS	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos Específicos	16
1.4	JUSTIFICATIVA	16
1.5	METODOLOGIA DE PESQUISA	17
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	MANUTENÇÃO MODERNA	19
2.1	HISTÓRICO DA MCC.....	19
2.2	CONCEITOS.....	20
2.3	OBJETIVOS DA MCC.....	22
2.4	CONSEQUÊNCIA DE FALHAS.....	23
2.5	PREMISSAS DA MCC.....	25
2.6	SEQUÊNCIA DA IMPLEMENTAÇÃO.....	25
2.6.1	REFERÊNCIA PARA IMPLANTAÇÃO DA MCC.....	26
3	PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE – MCC	29
3.1	PROCEDIMENTOS PARA A ADEQUAÇÃO DA MCC – ETAPA 0.....	31
3.2	PROCEDIMENTOS PARA PREPARAÇÃO – ETAPA 1.....	35
3.3	PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES – ETAPA 2.....	37
3.3.1	DESCRIÇÃO TEXTUAL DO SISTEMA.....	37
3.3.2	SISTEMA ELETRÔNICO.....	39
3.3.3	DIAGRAMA DE BLOCOS.....	40
3.3.4	FORMULÁRIO DE COLETAS DE INFORMAÇÃO.....	40
3.4	ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, SEUS EFEITOS E CRITICIDADE (FMECA) – ETAPA 3.....	45
3.4.1	ÁRVORE DE FALHAS (FTA).....	45
3.4.2	<i>Failure Mode and Effects and Criticality Analysis (FMECA)</i>	46
3.5	SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA – ETAPA 4.....	53

3.5.1	LÓGICA DE SELEÇÃO.....	53
3.5.2	CLASSIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHA DAS FUNÇÕES SIGNIFICATIVOS – ETAPA 3.....	55
3.6	SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFTIVAS – ETAPA	57
3.6.1	SERVIÇO OPERACIONAL.....	58
3.6.2	INSPEÇÃO PREDITIVA.....	58
3.6.3	RESTAURAÇÃO PREVENTIVA.....	59
3.6.4	SUBSTITUIÇÃO PREVENTIVA.....	60
3.6.5	INSPEÇÃO FUNCIONAL.....	60
3.6.6	MANUTENÇÃO COMBINADA.....	61
3.6.7	MUDANÇA DE PROJETO.....	61
3.6.8	REPARO FUNCIONAL.....	62
3.7	INTERVALOS INICIAIS E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO – ETAPA 6.....	65
3.8	REDAÇÃO DO MANUAL E IMPLEMENTAÇÃO – ETAPA 7 E REALIMENTAÇÃO – ETAPA 8.....	66
3.9	COMPARAÇÃO.....	66
3.10	ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS SEM MCC IMPLEMENTADA...	68
4	CONCLUSÃO	69
4.1	TRABALHOS FUTURO.	71
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo contempla o tema desenvolvido neste trabalho, com suas delimitações, problemas, premissas e objetivos.

1.1 TEMA

A complexidade dos equipamentos e o nível de disponibilidade exigido, apontam para necessidades crescentes de sistemas mais confiáveis. E aproveitando os históricos de manutenção que as empresas possuem, esses históricos são dados para pesquisas onde se pode alcançar bons resultados em relação a credibilidade, disponibilidade, maior produção e aumento dos lucros (PETROBRAS, 2003, p18).

Neste contexto, estudos fundamentados na Engenharia da Confiabilidade podem contribuir com o aumento da disponibilidade dos ativos e competitividade das empresas. O ativo objeto de estudo deste trabalho, é o equipamento de impressão DOMINO A300, que aparece na Fotografia 1.



Fotografia 1: Impressora DOMINO A300.
Fonte: Autoria própria (2012).

1.1.1 Delimitação da Pesquisa

A tecnologia dos equipamentos atuais está exigindo da manutenção técnicas de execução mais apuradas e mão de obra cada vez mais especializada com visão global do processo produtivo e de nível de automatização maior e mais complexo, obtendo maior disponibilidade e produtividade (PETROBRAS, 2003, p18).

Neste contexto, Siqueira, Kardec e Lafraia (2002, p50), apontam que com a passagem dos anos se teve uma evolução das metodologias de manutenção, onde se podem verificar as diferentes gerações. Em meados de 1950 a manutenção só era feita após a falha. Nos anos 60 julgou-se que a combinação de preventiva e corretiva traria menores custos. Com a evolução da tecnologia e com a evolução do programa espacial, passou-se ao uso das técnicas preditivas, sendo que a complexidade dos equipamentos e dos sistemas industriais passou a não satisfazer ao contento estas práticas. Com isto formou-se uma nova filosofia de manutenção que se deveria aplicar. Nascendo assim a geração da manutenção baseada na Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) ou em inglês *Reability Centered Maintenance* (RCM), onde as técnicas de manutenções são utilizadas para aumentar níveis de segurança, e disponibilidade operacional das máquinas sem se descuidar das questões ambientais (SIQUEIRA; KARDEC. LAFRAIA, 2002, p50).

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

O equipamento DOMINO A300 possui atualmente um número elevado de manutenções que, associados aos abastecimentos de insumos e o tempo de indisponibilidade tem um forte impacto negativo no processo produtivo.

A partir deste indicativo de problema a ser resolvido é, **como planejar de forma mais adequada as tarefas de manutenção para a impressora DOMINO A300 de modo a ter uma disponibilidade melhor?**

1.3 OBJETIVOS

Neste tópico será apresentado, o objetivo geral e específico da monografia.

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um programa de MCC para o equipamento DOMINO A300 para facilitar em suas tarefas de manutenção e ter uma disponibilidade melhor.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Detalhar um procedimento de referência para implantação de programas de MCC;
- Estudar o procedimento de referência para implantação de programas de MCC;
- Implementar cada uma das etapas do procedimento de referência para implantação de um programa de MCC;
- A partir do histórico de falhas atuais do equipamento DOMINO A300, facilitar as tarefas de manutenções com base nos diagramas de decisão da MCC e estudos qualitativos da sua confiabilidade;
- Validar com especialistas o programa de manutenção proposto.

1.4 JUSTIFICATIVA

Atualmente o equipamento DOMINO A300 tem elevados números de manutenções. Este trabalho pretende estabelecer um programa mais adequado de manutenção de modo a mudar a disponibilidade do equipamento e facilitar as intervenções de manutenção. Com essa disponibilização nas manutenções a empresa irá dispor de maior tempo de sua mão de obra técnica e do equipamento.

Nesta proposta não será desenvolvida as questões relacionadas aos custos.

1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

O método científico de pesquisa é o caminho que se busca para atingir o objetivo proposto. Conforme Gil (1999, p.42) a pesquisa tem um caráter pragmático, é um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. Têm-se várias formas de classificar as pesquisas. Elas podem ser por ponto de vista da sua natureza, da forma da abordagem do problema, quanto aos fins e quanto aos meios de investigação.

Em relação à pesquisa desenvolvida neste trabalho é possível classificá-la como:

- Pesquisa Aplicada, conforme ponto de vista da sua natureza será uma pesquisa objetiva que gerará conhecimentos para aplicação prática.
- A investigação será explicativa, com os dados coletados poderá ser esclarecido quais os fatores contribuem para um consumo alto de insumos, excesso de preventivas e custo elevado.
- Na pesquisa Documental, o método qualitativo será utilizado com base nos dados numéricos obtidos diretamente do banco de dados da empresa.

Com esses métodos de pesquisas terão dados suficientes para poder estudar e compará-las com a situação atual, podendo ou não implementar um programa completo de MCC.

Com a reunião desses dados, que será analisado e comparado com os da MCC será encontrado a melhor solução para as manutenções que serão efetuadas no equipamento.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 1 aborda a introdução deste estudo, mostrará tema da pesquisa, estudo da MCC aplicada na impressora DOMINO, definindo-se o problema e premissas, o objetivo proposto, a justificativa de execução do mesmo, a metodologia de pesquisa adotada e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 trata dos conceitos gerais da MCC e da Engenharia da Confiabilidade.

O capítulo 3 aborda a implantação da MCC no sistema proposto conforme as normas e procedimentos definidos no capítulo 2.

O capítulo 4 apresenta as conclusões e recomendações deste trabalho.

O capítulo 5 apresenta as referências que foram utilizadas neste trabalho.

2 MANUTENÇÃO MODERNA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica referente a Manutenção Centrada na Confiabilidade e seus assuntos correlatos começando com o Histórico da MCC, evoluindo para seus conceitos e finalizando com as sequências da implantação da MCC.

2.1 HISTÓRICO DA MCC

Um das primeiras aplicações da MCC foi uma necessidade de certificação da linha de aeronaves Boeing 747, pela FAA nos Estados Unidos (SIQUEIRA, 2005). Eles aprenderam pela experiência que a mudança, a freqüência, o conteúdo programados de intervalo fixo de revisões não teve efeito sobre a taxa de falhas de certos motores. A equipe formada por representantes da empresa aérea e fabricantes de aviões foi formado em 1960 para estudar a eficácia da implementação da manutenção preventiva (THERIAC, 2012).

A mesma equipe desenvolveu uma técnica lógica básica para se fazer manutenções preventivas com nome de MSG-1, liderada pelo Vice-presidente para planejamento de manutenção, Thomas D. Matteson, composta pelos engenheiros Bill Mentzer, F. Stanley Nowlan e Haword F. Heap, encarregado de rever a aplicabilidade dos métodos existentes a estas aeronaves. O relatório disponibilizado por esta equipe se tornou um clássico da literatura sobre manutenção, que formou os conceitos da Manutenção Centrada na Confiabilidade, descrita no primeiro livro de Nowlan e Heap em 1978, pedido pelo Departamento da Defesa americana (SIQUEIRA, 2005).

Vieram a seguir novos grupos, depois dos primeiros resultados do MSG-1, o MSG-2 em 1970, onde define e padroniza a lógica para o desenvolvimento de um programa de manutenção eficaz e econômica e MSG-3 em 1980, esta é uma visão conjunta dos fabricantes e operadores de aeronaves e das autoridades regulatórias. Esta versão influencia o projeto de novos aviões, contribuindo para a melhoria da manutenção (SIQUEIRA, 2005).

A partir daí a marinha americana começou utilizar a MCC para modificações em sistemas navais. Houve rapidamente aplicações para MCC nas indústrias. É muito utilizada em plantas de usinas nucleares, em ferrovias, usinas elétricas e demais fábricas (THERIAC, 2012). Devido disputas comerciais por marcas, foi necessária a normalização da metodologia.

Em 1999 iniciou a publicação da norma IEC 60300-3-11, com recomendações para a criação de um programa de manutenção preventiva, para equipamentos e estruturas. Em agosto ocorreu a publicação da norma SAE JA 1011, onde os critérios mínimos que um processo deve apresentar para que seja chamado de RCM ou MCC. Em 2002 foi publicada a norma SAE JA 1012, onde interpretam cada item da norma SAE JA 1011 (SIQUEIRA, 2005).

2.2 CONCEITOS

Conforme NBR 5462/1994, confiabilidade é capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo (ASSOCIAÇÃO, 1994)

Conforme Kardec e Lafraia (2002), confiabilidade é a confiança de que um componente, equipamento ou sistema desempenhe a sua função básica, durante um período de tempo, sob condições padronizadas de operação.

Moubray (2001) define a MCC é um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários esperam que seu contexto operacional presente.

O conceito de confiabilidade está diretamente relacionado com a credibilidade que se tem em um produto, equipamento e/ou sistema. A análise de confiabilidade se caracteriza por uma avaliação probabilística do risco/falha de um sistema ou produto em fase de projeto, pois, para um produto já em produção ou distribuição, praticamente nada pode ser feito para a melhoria dessa confiabilidade. (PETROBRAS, 2003, p.17).

Na Figura 1 apresentada, mostra tipos de manutenção e seus intervalos durante o ciclo de vida de um equipamento ou sistema.

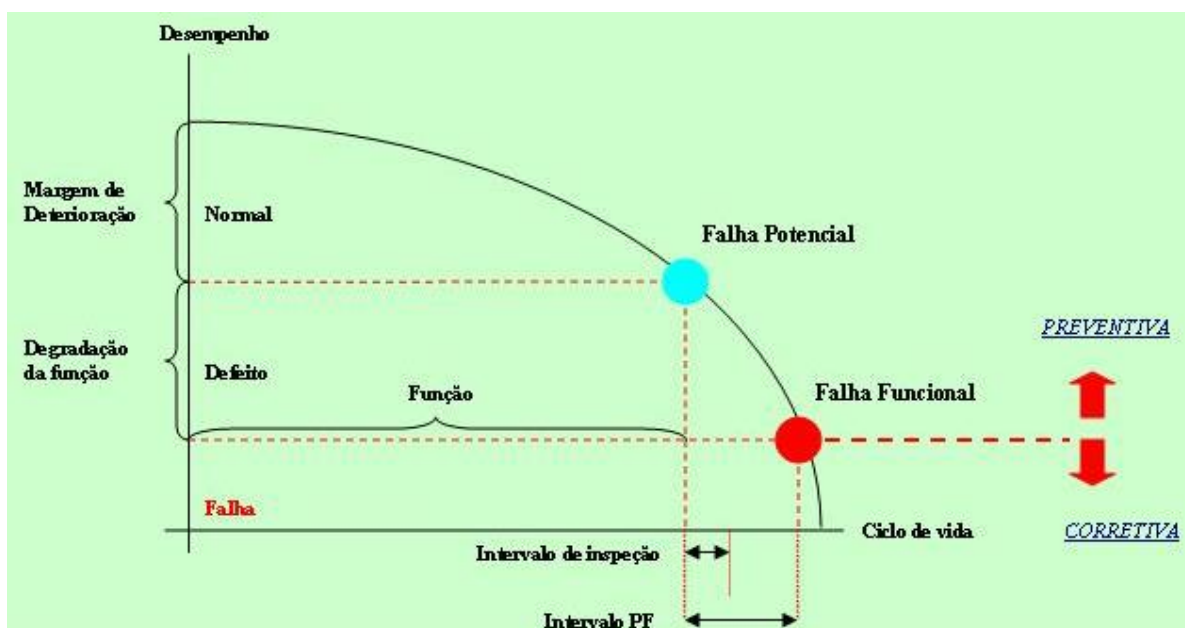


Figura 1 – Tipos de manutenção e seus intervalos.

Fonte: Rigoni (2012).

- Falha potencial é a condição identificável e mensurável que indica uma falha funcional pendente ou em processo de ocorrência. (RIGONI,2012).
- Defeito é qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos. (ASSOCIAÇÃO..., 1994).
- Intervalo PF é o intervalo entre o momento da falha potencial e a falha funcional.
- Margem de deterioração é o tempo de uso do mecanismo, equipamento, sistema, que irá levar à uma falha instantânea e crescente ao longo do tempo.
- Degradação da função é a depreciação gradual e parcial das funções necessárias para prover um dado serviço.

2.3 OBJETIVOS DA MCC

Como visto nas definições, a MCC propõe uma mudança nos objetivos da manutenção. A exigência de profissionais com conhecimento especializado e com uma visão sistemática global do processo de produção. Essa proposta, esta contida nas normas IEC 60300-3-11 e no relatório ATA MSG-3 (SIQUEIRA, 2005).

- Preservar as funções dos equipamentos, com a segurança requerida;
- Restaurar sua confiabilidade e segurança projetada, após a deterioração;
- Otimizar a disponibilidade;
- Minimizar o custo do ciclo de vida (LCC – *Life Cycle Cost*);
- Atuar conforme os modos de falha;
- Realizar apenas as atividades que precisam ser feitas;
- Agir em função dos efeitos e conseqüências de falha; e
- Documentar as razões para escolha das atividades.

O Quadro 1 traz comparações das características principais entre MCC e a manutenção tradicional.

Característica	Manutenção Tradicional	MCC
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o equipamento	Preservar a função
Atuação	Componente	Sistema
Atividades	O que pode ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória e Sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturado
Combate	Deterioração do equipamento	Conseqüência das falhas
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por função

Quadro 1 - Comparações da MCC com a manutenção tradicional

Fonte: Siqueira (2005).

Com a visão destas comparações, notamos que as características e objetivos entre elas são bens diferentes. Com um programa de manutenção que, simultaneamente, coletando dados para a melhoria da confiabilidade das funções requeridas (SIQUEIRA, 2005).

2.4 CONSEQUÊNCIAS DE FALHAS

Nem sempre os equipamentos iguais a fases de vida são parecidas, mas sempre tem diferentes tipos de manutenções. Todas as instalações podem ter falhas que geram consequências insignificantes ou desprezíveis, ou afetar sistemas vitais para negócios e a sociedade ou a segurança das pessoas (SIQUEIRA, 2005).

Os equipamentos elétricos, eletrônicos, engrenagens e controles, tanto nos estudos não estruturais de aeronaves quanto nos resultados dos estudos feitos pela NASA, apontaram enormes contribuições para a MCC, pressupondo que a maior parte dos componentes dos sistemas modernos não apresentava sintomas de falhas por desgastes. Apenas 4 % obedecem à tradicional curva da banheira, gráfico que apresenta de maneira geral as fases de vida de um componente, que é o modelo universal de falhas (SIQUEIRA, 2005).

A figura 2 apresenta análise de diferentes formas, podendo-se determinar o tipo da manutenção necessária. No início da curva notamos de forma clara falhas decrescente, já no período de mortalidade infantil, houve um aumento da taxa de falhas, diminuindo a confiabilidade. Nesta fase podem ter diversas causas: Processos de fabricação deficitária, falha no Controle de Qualidade (CQ), falha de qualificação dos operadores, amaciamento insuficiente, testes iniciais insuficientes, materiais de baixa qualidade ou fora da especificação, erro humanos, instalações impróprias, entre outras. Aplicando-se um programa eficaz de CQ de manutenção e fabricação, evitam as causas desta fase (KARDEC; LAFRAIA, 2002).

Na fase da vida útil estudamos estatisticamente as falhas de origem aleatórias e algumas causas neste período são: Problemas com energia elétrica, fator de segurança falho, erros humanos durante o uso, fenômenos naturais imprevisíveis, entre outras. Para esta fase não há uma manutenção preventiva que evitas as falhas, devido ser de difícil previsão, sendo assim se usa manutenção corretiva (KARDEC; LAFRAIA, 2002).

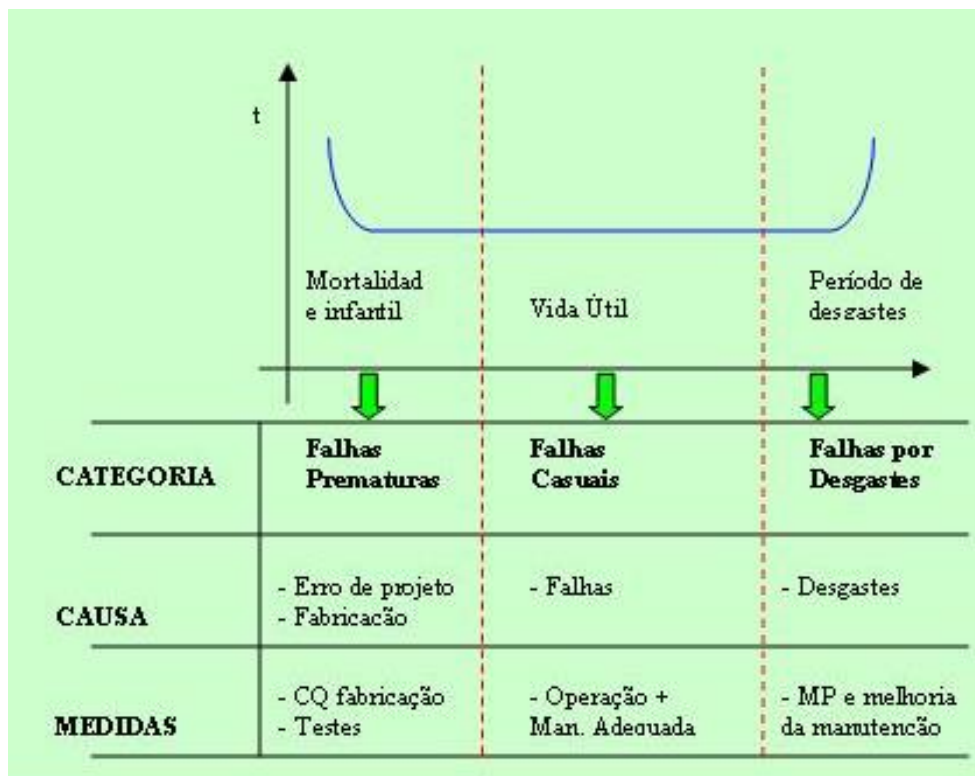


Figura 2 – Curva da banheira e os tipos de manutenção

Fonte: Kardec; Lafraia (2002, p.53)

Na última fase que é o período de desgastes, esse período do envelhecimento do equipamento ou sistema, degradação de resistência, fadiga, desgaste mecânico, elétrico, eletrônico, corrosão, manutenção deficitária e outros.

Segundo Siqueira, as conseqüências significantes são aquelas que afetam um dos seguintes aspectos do ambiente operacional:

- Segurança de pessoal;
- Qualidade do meio ambiente;
- Operação do processo; ou a
- Economia do processo.

2.5 PREMISSAS PARA MCC

Siqueira estabelece para a MCC, métodos adequados para a manutenção, obtendo assim respostas corretas e precisas a questões aplicáveis ao sistema objeto da manutenção:

- Quais as funções a preservar?
- Quais as falhas funcionais?
- Quais os modos de falha?
- Quais os efeitos das falhas?
- Quais as conseqüências das falhas?
- Quais as tarefas aplicáveis e efetivas?
- Quais as alternativas restantes?
- Quais as freqüências ideais das tarefas?

Para resposta de cada questão, a MCC tem métodos e ferramentas de um conjunto aberto de soluções, algumas tradicionais e modernas, segundo uma sequência estruturada e bem documentada, passível de ser auditado (SIQUEIRA, 2005).

2.6 SEQUÊNCIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Há diversas metodologias de sequências para implantação do MCC. Todas essas metodologias seguem as mesmas estruturas (Figura 3), a qual se tem as entradas e pré-requisitos de cada etapa do processo de implantação, com suas atividades e saídas esperadas de cada etapa.

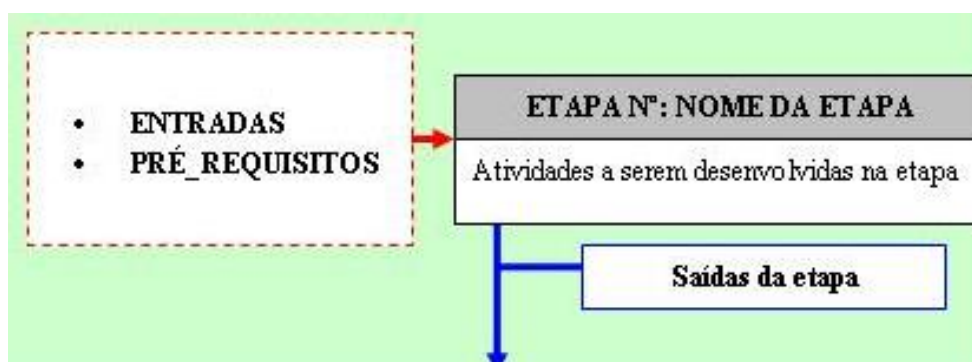


Figura 3 – Estrutura das metodologias estudadas
Fonte: Rigoni (2009, p42).

Para a sistemática da aplicação do MCC, há diversas abordagens para se referenciar, como: Moubray (2001), Smith (1993), NASA (2000), Siqueira (2005), IEC 60300-4 (1994), SAE JA 1011/1012, ABS (2004), e outros.

No Quadro 2, apresentado a seguir, demonstra as comparações das sistemáticas para a aplicação da MCC.

2.6.1 REFERÊNCIA PARA IMPLANTAÇÃO DA MCC

Com base nas comparações anteriores, visualizando diversas metodologias, verificamos uma grande divergência nas etapas de cada autor.

Como em todas as implementações da MCC se tem uma dificuldade em escolher o melhor método a ser aplicado. Rigoni, 2009 elaborou um procedimento de referência que incorporou todas as características sugeridas pelos autores das metodologias pesquisadas.

Como referência foi buscada a mesma metodologia trabalhada por Rigoni na elaboração de etapas para implantação do MCC.

Os procedimentos de referências desenvolvidas pelo Rigoni, 2009 estão na figura 4, onde mostra cada etapa com suas entradas, seus requisitos específicos para compor a implantação da MCC.

ETAPAS	MOUBRAY	SMITH	NASA	SIQUEIRA	IEC 60300-4	SAE JA 1011/1012	ABS
1	Definições das funções	Seleção do sistema e coleta de dados	Identificação do sistema e suas fronteiras	Seleção do sistema e coletas de informações	Coleta de informação	Funções	Definir os sistemas
2	Falhas funcionais	Fronteiras do sistemas	Funções e falhas	Análise de modos de falhas e efeitos	Identificação dos sistemas	Falhas funcionais	Função e falhas funcionais
3	FMEA	Sistemas e diagrama de blocos	Modos de falha	Seleção de funções Significantes	Identificação das funções do sistema	Modos de falha	Conduzir a FMECA
4	Consequência da falha	Funções e falhas funcionais	Confiabilidade	Seleção de atividades aplicáveis	Seleção dos sistemas	Efeitos das falhas	Selecionar estratégias de gerenciamento das falhas
5	Tarefas preventivas	FMEA	Características da falha	Avaliação da efetividade das atividades	Identificação e classificação das falhas	Consequência da falha	
6	Tarefas preditivas	Diagrama de decisão	FMEA	Seleção das atividades aplicáveis e efetivas	Itens funcionalmente significantes	Gerenciamento da falha	
7	Ações padrões	Seleção das tarefas	Componentes do programa	Definição da periodicidade das atividades	Seleção das tarefas de manutenção	Gerenciamento das consequências	
8					Programa inicial	Programação das tarefas	
9					Avaliação e realimentação	Reprojeto e manutenção preventiva	
10						Seleção das tarefas	

Quadro 2 - Comparações das sistemáticas para aplicação da MCC

Fonte: Siqueira (2005).

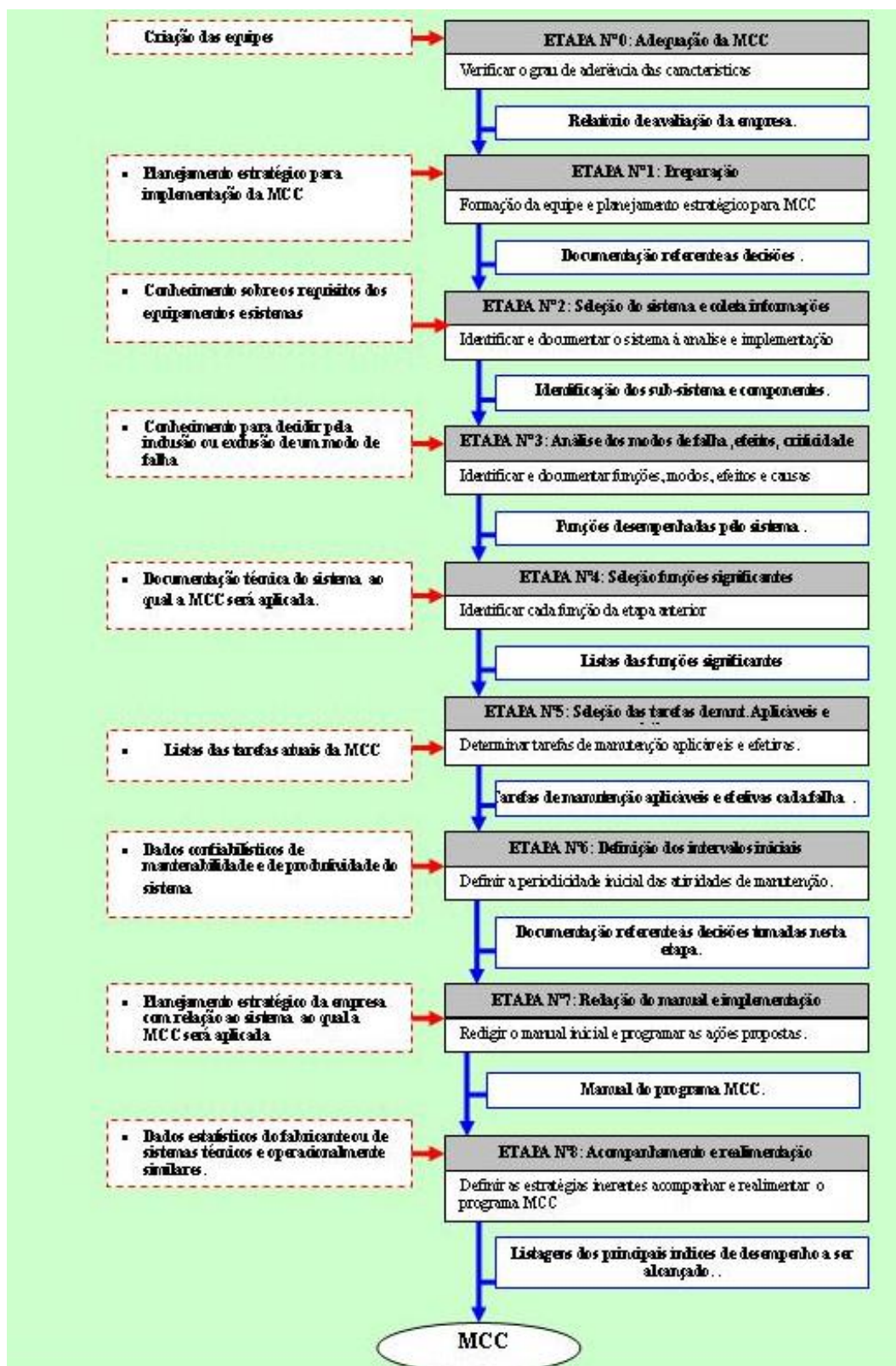


FIGURA 4 – Metodologia de implantação desse projeto

Fonte: Rigoni (2009).

3 PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE - MCC.

Este capítulo aborda os procedimentos para implantação da MCC. Os procedimentos alcançarão os objetivos da MCC, conforme o capítulo 2, que são: (A) Preservar as funções dos equipamentos, com a segurança requerida; (B) Restaurar sua confiabilidade e segurança projetada, após a deterioração; (C) Otimizar a disponibilidade; (D) Minimizar o custo do ciclo (LCC –*Life Cycle Cost*); (E) Atuar conforme os modos de falhas; (F) Realizar apenas as atividades que precisam ser feitas; (G) Agir em função dos efeitos e conseqüências da falhas; e (H) Documentar as razões para a escolha das atividades (SIQUEIRA, 2005, p 16).

Tem-se diversos procedimentos de implantação de um programa de MCC conforme (NOWLAN e HEAP, 1978; SMITH, 1993; SMITH e HINCHCLIFFE, 2004; MOUBRAY, 2001; IEC 60300-3-11; 1999; SAE JÁ 1011, 1999; SAE JÁ, 1012, 2002; ABS, 2004) conforme Rigoni (2009, p.99) há divergência em alguns aspectos quando comparados entre si. Neste caso foi utilizado os mesmos procedimentos seguidos por RIGONI (2009, p100).

A sequência estruturada são composta de 9 etapas: Adequação da MCC; Preparação; Sistema e coleta de informação; Análise dos modos de falha, seus efeitos e criticidade (FMECA); Seleção das funções significantes e classificação de seus modos de falha; Seleção de tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas; Definição dos intervalos iniciais e agrupamento das tarefas de manutenção; Redação do manual e implementação; Acompanhamento e realimentação.

A FIGURA 5 mostra a estrutura das nove etapas da MCC e depois seguem a descrição de como foi realizado cada etapa.

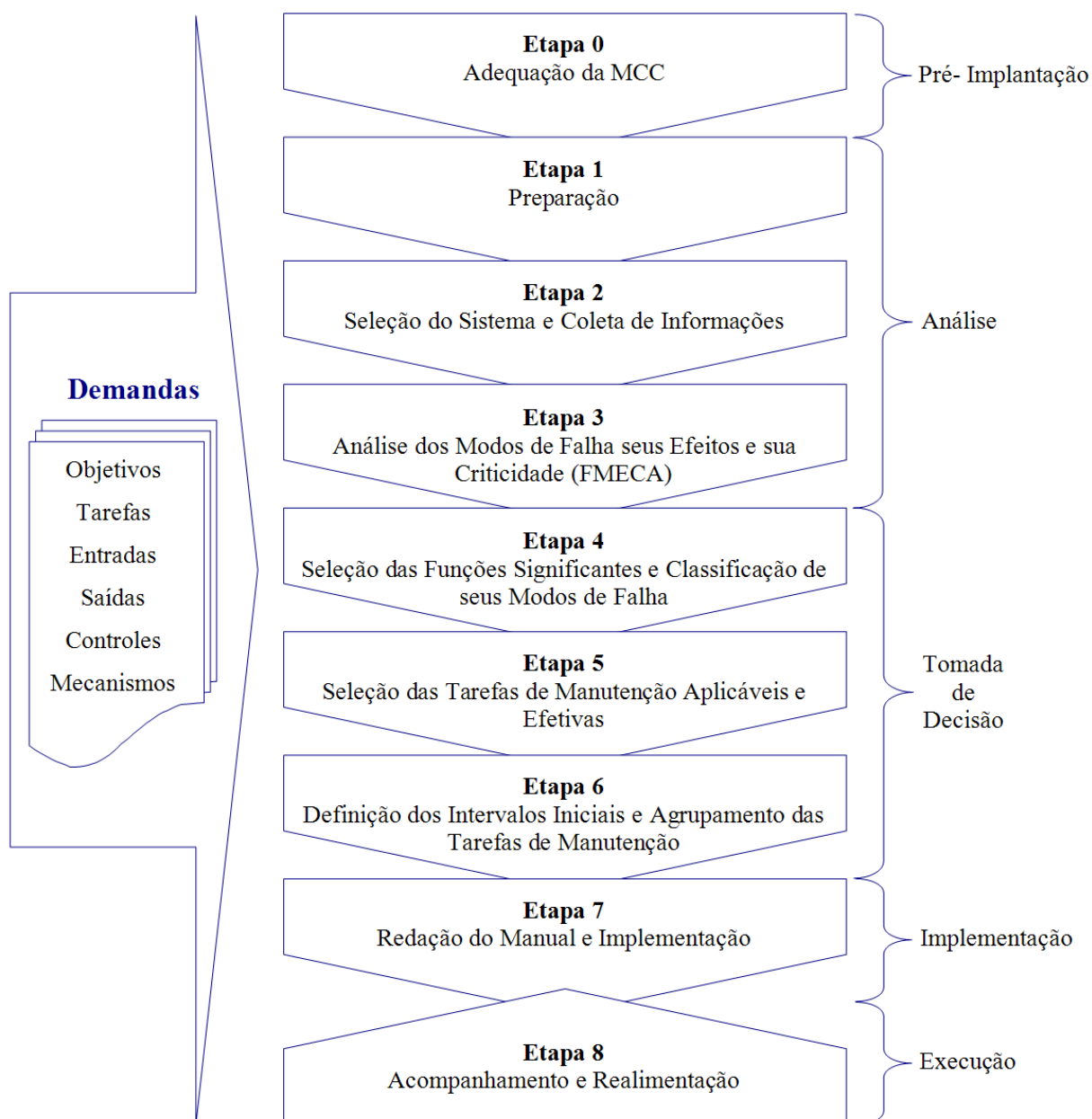


Figura 5: Procedimento de referência para implantação da MCC.
 Fonte: Rigoni (2009, p100).

3.1 PROCEDIMENTOS PARA ADEQUAÇÃO DA MCC - ETAPA 0

Este trabalho necessita para o correto procedimentos de um especialista em MCC, que irá implementar as etapas. Esse especialista necessita mudar paradigmas na empresa, em todos os setores.

Foi formulada uma avaliação de pré-requisitos distribuídos entre os diversos setores e cargos, para verificação se o MCC é adequado para seu desenvolvimento e implementação. Os critérios para o desenvolvimento desta etapa são mostrados na figura 6.

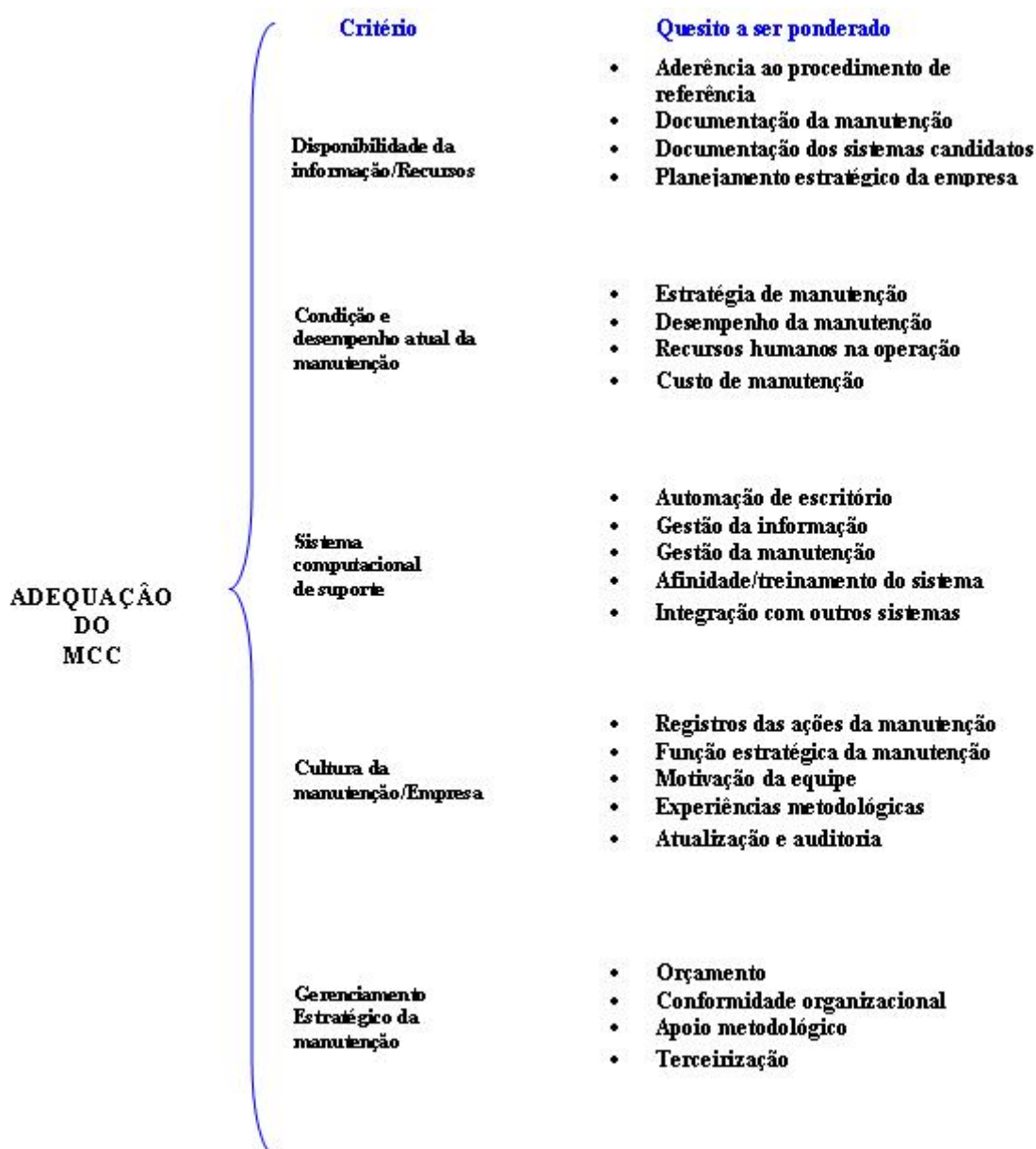


Figura 6 – Avaliação dos Pré-requisitos da Adequação da MCC.
Fonte: Rigoni (2009, p 119).

Com essa avaliação foi colocado em uma ferramenta de nome diagrama radar ou diagrama aranha, onde mostra visualmente as etapas entre o estado atual com o estado ideal com base no consenso entre o especialista em MCC e no sistema onde se pretende implementar (Figura 7).

Esta nota é embasada em um *Benchmark*¹referência de um sistema implementado em uma outra empresa externa, que serviu para garantir que a empresa tenha os requisitos confiáveis para considerações pelo especialista para tal aplicação. O ponto ideal foi estabelecido conforme consenso, não necessariamente teria que ser 8 e nem igual para todos os critérios

Com base no equipamento a ser avaliado foi montado um formulário (Quadro 3) para resposta dos funcionários e com estes pode-se avaliar a atual situação da empresa no equipamento Domino. Nele, foi identificado o valor ideal igual a 8 e chegou-se a valores abaixo . Os valores abaixo serão justificados e terão planos de ações (Quadro 4).

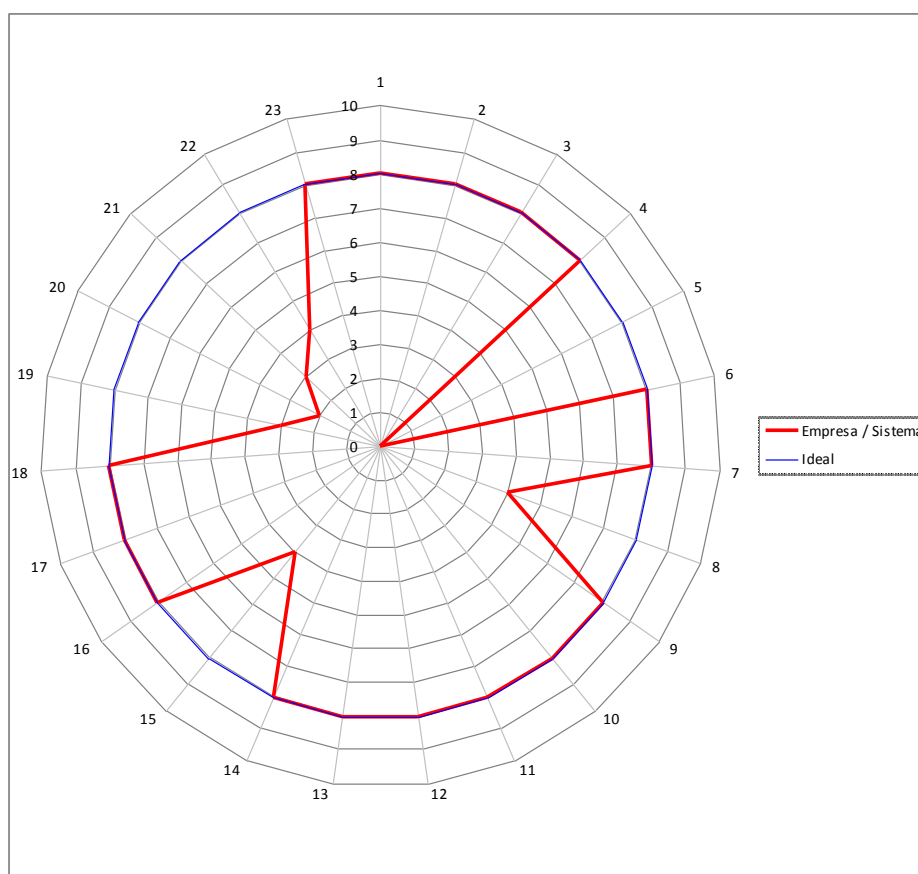


Figura 7 – Diagrama radar do questionário de avaliação da impressora DOMINO.
Fonte: Autoria própria (2012).¹

¹ Benchmark – É o processo de comparação do desempenho entre dois ou mais sistemas.

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal
Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	Q1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequação da MCC), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão disponíveis.	8	8
	Q2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção.	8	8
	Q3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada.	8	8
	Q4	O planejamento estratégico da empresa, com relação à manutenção, está documentado de forma auditável e contempla a manutenção e a implantação da MCC	8	8
Critério 2 (C2) – Condição e Desempenho Atual da Manutenção	Q1	O percentual de Inspeções Preditivas ou Manutenção Baseada na Condição é significativo quando comparado à Manutenção Preventiva Sistemática (baseada no tempo) ou Corretiva.	0	8
	Q2	O desempenho atual da manutenção é satisfatório e homogêneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada para o desempenho de sua função.	8	8
	Q3	Historicamente o número de operadores, no chão de fábrica, é pequeno quando comparado a sistemas similares.	8	8
	Q4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção quando comparados a outros sistemas similares.	4	8
Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	Q1	Para auxiliar a implantação do programa de MCC, um sistema computacional de automação de escritório estará disponível com as seguintes funcionalidades: desenho técnico, processamento de texto, banco de dados e planilhas eletrônicas.	8	8
	Q2	Existe um sistema de gestão da informação integrado, implantado na empresa, que atende de forma satisfatória às necessidades do setor/equipe de manutenção.	8	8
	Q3	A gestão da manutenção conta com um sistema computacional adequadamente dimensionado para o tamanho da empresa e do sistema que se quer implantar a MCC.	8	8
	Q4	O sistema computacional de gestão da manutenção é de uso amigável, toda a equipe possui treinamento adequado para utilizá-lo e sua utilização faz parte da rotina de trabalho da equipe de manutenção.	8	8
	Q5	O sistema computacional de gestão da manutenção permite integração com softwares específicos de implantação e gestão da MCC. Caso contrário, conta com no mínimo as seguintes funcionalidades: inclusão de novas tarefas com períodos customizados; controle estatístico da manutenção; e agrupamento de tarefas de manutenção de forma otimizada.	8	8
Critério 4 (C4) – Cultura da Manutenção/Empresa	Q1	O setor e/ou equipe de manutenção atual registra suas ações de forma suficientemente detalhada para suportar uma análise estatística de tais ações.	8	8
	Q2	A manutenção tem função estratégica dentro da empresa e ocupa um lugar de destaque na estrutura organizacional.	4	8
	Q3	A equipe e/ou setor de manutenção, em suas diferentes categorias profissionais, são motivados, cooperativos e conscientes de seu papel estratégico dentro de empresa.	8	8
	Q4	Outras metodologias de gestão da manutenção foram previamente adotadas e/ou estudadas e culminaram com a adoção da MCC, por ser de custo/benefício mais vantajosa.	8	8
	Q5	O atual programa de manutenção é continuamente atualizado e auditado por pessoal interno ou externo à empresa ou setor de manutenção.	8	8
Critério 5 (C5) – Gerenciamento Estratégico da Manutenção	Q1	Existe um orçamento para viabilizar a implantação da MCC e que supra as seguintes necessidades: treinamento de pessoal dentro da filosofia da MCC; disponibilidade de recursos humanos; implantação de ações preditivas; e implementação de sistemas computacionais de suporte a MCC, caso necessário.	2	8
	Q2	As decisões referentes às estratégias de gestão da manutenção estão em conformidade e tem suporte por outros setores da empresa, o que caracteriza o bom relacionamento institucional.	7	8
	Q3	Os níveis gerenciais vêem a manutenção como investimento e não como um custo.	4	8
	Q4	A MCC é visualizada como parte de um processo geral/global de gerenciamento da manutenção, com métodos e técnicas, podendo coexistir outras metodologias de gestão da manutenção em paralelo ou integradas à MCC.	4	8
	Q5	Grande parte da manutenção é terceirizada, entretanto, seus controles, registros e demais itens de gestão estão a cargo da empresa ou seu representante.	8	8

Quadro 3 – Avaliação dos pré-requisitos.

Fonte: Autoria própria (2012).

CrITÉRIOS	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
CrITÉRIO 2 (C2) – Condição e Desempenho Atual da Manutenção	Q1	O percentual de Inspeções Preditivas ou Manutenção Baseada na Condição é significativo quando comparado à Manutenção Preventiva Sistemática (baseada no tempo) ou Corretiva.	0	8	Não existe preditiva, pois não contempla um sistema com dispositivo para o monitoramento	Implantar sistema de controle monitoramento de resultados
	Q4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção quando comparados a outros sistemas similares.	4	8	Não é efetuado manutenção preditiva	Implementar manutenção preditiva
	Q2	A manutenção tem função estratégica dentro da empresa e ocupa um lugar de destaque na estrutura organizacional.	4	8	A manutenção é vista como centro de despesas	Apresentar cases de sucesso onde a manutenção é um centro de lucros para a organização
CrITÉRIO 5 (C5) – Gerenciamento Estratégico da Manutenção	Q1	Existe um orçamento para viabilizar a implantação da MCC e que supra as seguintes necessidades: treinamento de pessoal dentro da filosofia da MCC; disponibilidade de recursos humanos; implantação de ações preditivas; e implementação de sistemas computacionais de suporte a MCC, caso necessário.	2	8	Não está previsto	Elaborar um plano de investimento para a implantação do MCC
	Q2	As decisões referentes às estratégias de gestão da manutenção estão em conformidade e tem suporte por outros setores da empresa, o que caracteriza o bom relacionamento institucional.	7	8	Há dificuldade na comunicação entre os departamentos.	Efetuar workshops para integrar os departamentos
	Q3	Os níveis gerenciais vêem a manutenção como investimento e não como um custo.	4	8	A manutenção é vista como centro de despesas	Apresentar cases de sucesso onde a manutenção é um centro de lucros para a organização
	Q4	A MCC é visualizada como parte de um processo geral/global de gerenciamento da manutenção, com métodos e técnicas, podendo coexistir outras metodologias de gestão da manutenção em paralelo ou integradas à MCC.	4	8	Não está implantado	Implementar o MCC

Quadro 4 – Avaliação dos pré-requisitos abaixo do ideal com justificativas e planos de ação.

Fonte: Autoria própria (2012).

3.2 - PROCEDIMENTOS PARA PREPARAÇÃO. ETAPA 1

Na Figura 8 pode-se visualizar os 4 critérios e 14 quesitos a ser ponderados na etapa 1. Esta etapa prepara e organiza a estrutura da implementação para ser mais clara.

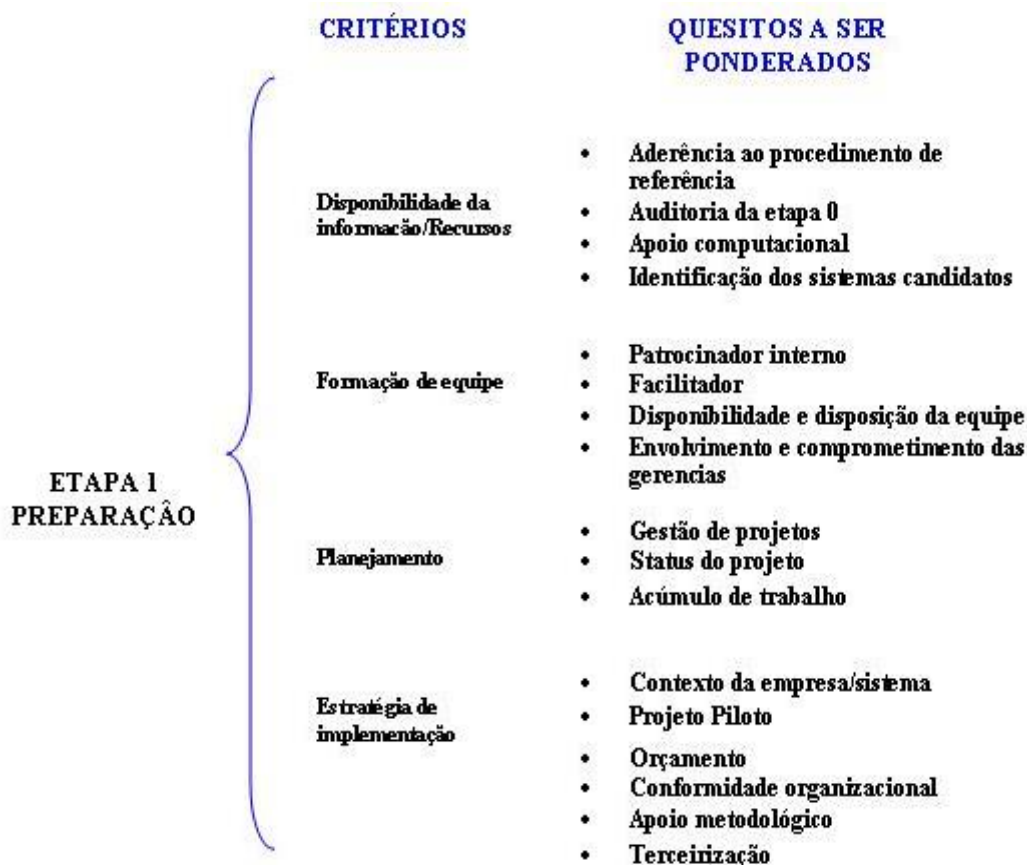


Figura 8 – Avaliação da preparação do MCC.

Fonte: Rigoni (2009, p 143).

Nesta etapa os objetivos principais são: Formação da equipe e do planejamento estratégico para implementação do MCC.

A implementação necessita de um patrocinador interno e um facilitador. A equipe é formada por profissionais técnicos da empresa. O projeto piloto será em um ativo localizado em Curitiba. Os treinamentos serão administrados para os suportes e técnicos de manutenção.

Toda as sextas feiras das 13:30h as 16:30h foi programado reuniões da equipe. O cronograma e orçamento previsto estão a seguir (Formulário 1):

Etapa 1 - Preparação

Responsável pela Análise: Heraldo José Lopes de Souza	Equipe: Técnica	Data: 03-10-2012
Auditado por: Rigoni		Página / De:

- 1. Equipe de Implantação;**
Leonardo da Silva; Heraldo Souza; Silvio da Matta.
- 2. Patrocinador Interno:**
Oscar Labarth Junior.
- 3. Facilitador:**
Angelo Perez (engenheiro eletricitista)
- 4. Estratégia de Implementação:**
Projeto Piloto
- 5. Sistemas Candidatos:**
Impressora inkjet DOMINO A300
- 6. Projeto Piloto:**
Impressora inkjet DOMINO A300 que se localiza em Curitiba.
- 7. Treinamento:**
Suporte, Técnicos de manutenção.
- 8. Calendário de Reuniões:**
Semanal – às sextas das 13:30h às 16:30h.
- 9. Cronograma de Implantação:**

Cronograma de implantação										
	nov/1	dez/1	jan/1	fev/1	mar/1	abr/1	mai/1	jun/1	jul/1	ago/1
	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Apresentação do projeto										
Definição das etapas										
Definição das sub equipes										
Coleta dos dados										
Compilação dos dados										
Apresentação dos resultados										
Treinamentos										

10. Previsão Orçamentária:

Valor Global: R\$ 50.000,00

Formulário 1 – Formulário de preparações

Fonte: Rigoni (2009).

3.3 PROCEDIMENTO PARA SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÃO ETAPA 2

Os objetivos desta etapa são selecionar, detalhar e documentar o sistema ou processo que será submetido à análise. O passo inicial é analisar o projeto do equipamento deste trabalho. Existem os seguintes produtos gerados para análise desta etapa (SIQUEIRA, 2005):

- Descrição textual do sistema;
- Definição do contexto operacional;
- Caracterização das fronteiras e interfaces entre os subsistemas;
- Diagrama organizacional da hierarquia dos subsistemas e componentes;
- Diagrama funcional;
- Diagrama lógico funcional do sistema.

3.3.1 Descrição textual do sistema

A impressora *Inkjet* é o meio de impressão utilizado nas linhas de produção de grandes empresas. Ela imprime as informações recebidas, como uma data de fabricação, data de validade e lote.

Cada caractere impresso é constituído de uma matriz de pontos feita de colunas, também chamadas de pulsos e de gotas de tinta (Figura 9). O espaçamento entre as gotas de tinta de cada coluna se dá por deflexão elétrica e as colunas são espaçadas entre si pelo movimento da superfície de impressão sob o cabeçote.

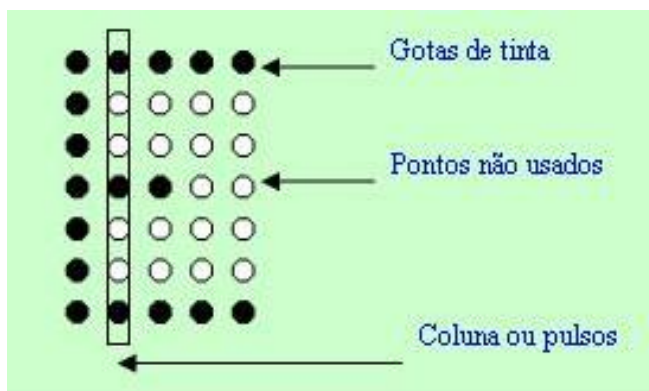


Figura 9 – Caractere impresso na *Inkjet*.
Fonte: Domino (2010).

O jato de tinta é gerado pelo bloco gerador de gotas, o qual é constituído de um ressonador, câmara de tinta e placa do canhão, pelo qual o jato é expelido. O ressonador gera ondas de pressão ultra-sônica na linha.

O sistema de controle inclui ainda uma função de sangria que aumenta o fluxo da tinta através do gerador de gotas e varre quaisquer traços de ar ou materiais sólidos. (DOMINO, 2010).

O sistema de tinta abastece o cabeçote de impressão com a correta pressão e viscosidade da tinta. A impressora contém um reservatório de tinta. A tinta é feita a base de solvente sujeito a evaporação, e esta, por sua vez, afeta a viscosidade da tinta.

O sistema de tinta, portanto, verifica regularmente a viscosidade da tinta e a mantém dentro de limites cuidadosamente controlados pela adição de fluido fornecido à partir de um segundo reservatório, que também é preenchida por um cartucho descartável ou manual. (DOMINO, 2010).

Segue o esquema do circuito de tinta.(Figura 10):

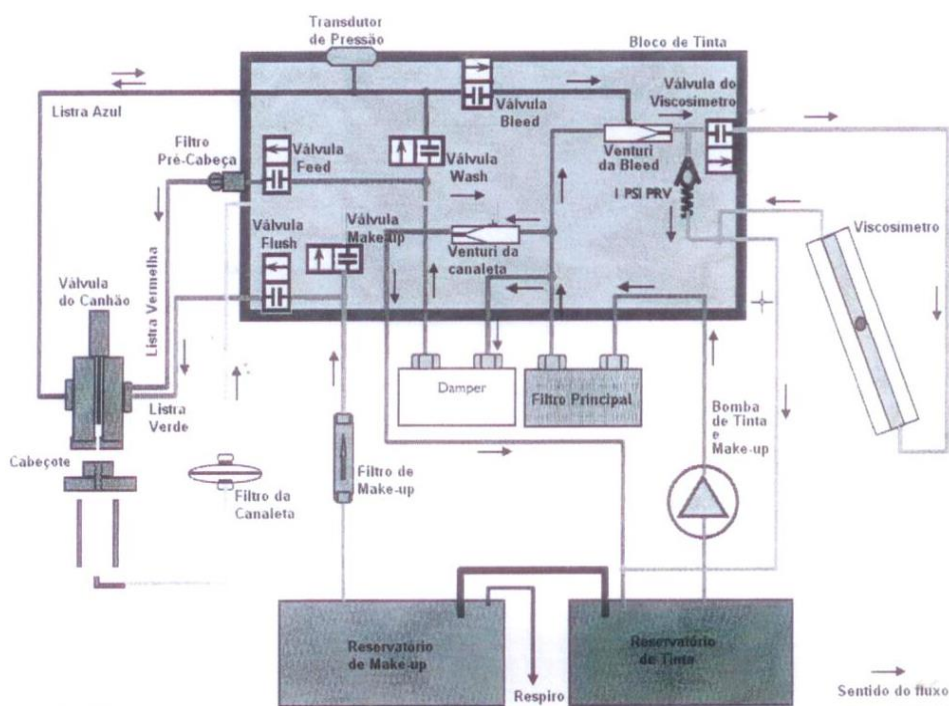


Figura 10 – Esquema do circuito de tinta
Fonte: Domino (2010).

O circuito de tinta de impressão é mantido em um reservatório substituível, no qual é montado um *manifold* portando um cartucho substituível. O *make-up* é também mantido em um reservatório não substituível no qual se monta um cartucho de *make-up* descartável. O cartucho de tinta é lacrado sobre o *manifold* salvo por dois tubos de imersão de diferentes comprimentos que se estendam para baixo, do *manifold* até o reservatório. À medida que o nível da tinta cai abaixo da extremidade do tubo mais curto, o ar entra no cartucho. Tinta fresca pode então ser drenada, através do tubo mais longo, para dentro do reservatório até que o nível da tinta se eleve acima da extremidade do tubo mais curto. Os níveis de tinta e de *make-up* são monitorados por sensores de nível em cada reservatório (DOMINO, 2010).

3.3.2 SISTEMA ELETRÔNICO

Todo o controle do operador, comandos de manutenção e aviso de falhas acontecem via painel frontal, que se comunica com o sistema eletrônico.

O sistema eletrônico (Figura 11) é centralizado no conjunto das placas de controle. Este conjunto é composição de 3 placas:

- Supervisora de impressão;
- Geradora de pulsos;
- Motor de impressões.

As conexões deste conjunto de placas de controle e todas partes da impressora são feitas via conexão direta ou através de 3 outras placas periféricas. Placas do subsistema de tinta, Placa de interface externa e Placa do painel frontal.

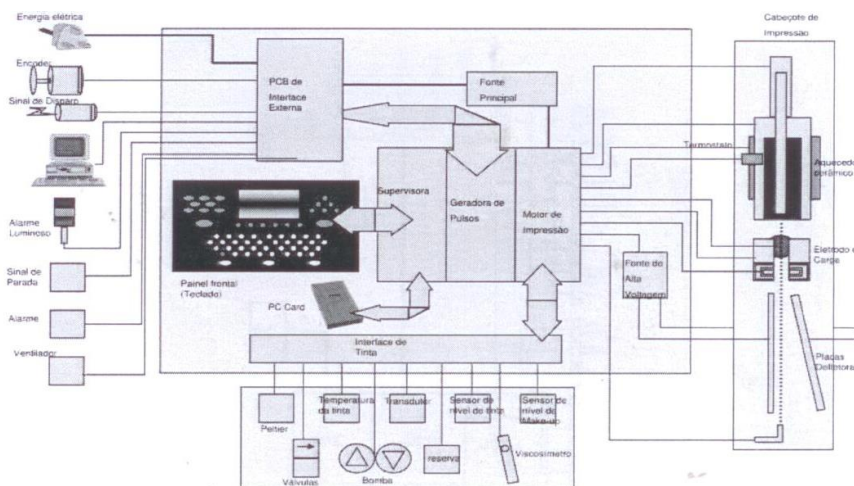


Figura 11 – SISTEMA ELETRÔNICO

Fonte: Domino (2010).

3.3.3 DIAGRAMA DE BLOCOS

Este elemento ilustrado na figura 12 mostra a partir de um diagrama de blocos todos os fluxos de entradas e saídas do sistema.

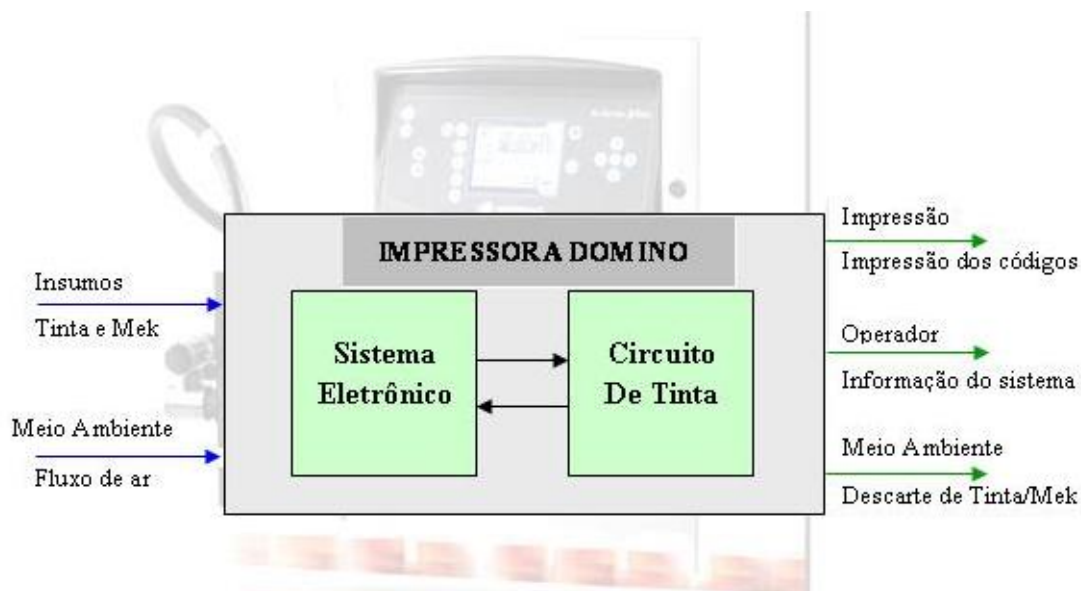


Figura 12 – Diagrama de blocos

Fonte: Siqueira (2005).

3.3.4 FORMULÁRIO DE COLETAS DE INFORMAÇÕES

Nesta etapa foi definido o formulário de coletas de informações, registrando as definições das funções permitindo a documentação do subsistema associado e os componentes deste subsistema.

As informações tiradas dos sistemas que controlam os chamados diários do equipamento durante o período de 3 meses de sua produção. Mostra um total de 198 chamados, identificado ainda os defeitos que foram chamados (gráfico 1) e também as soluções que foram executadas. (gráfico 2).

No gráfico 1, foram visualizados 54 chamados para problemas do cabeçote de impressão, 33 chamados referente a abastecimento de Mek e Tinta, 22 chamados em relação ao Gabinete ECP, 21 da câmara cognex para reconhecimento da impressão dos códigos, 20 com problemas no viscosímetro e os demais com outros chamados,

No gráfico 2 onde são demonstrados as soluções relatadas, as limpezas foram as maiores soluções aplicadas, abastecimentos de tinta e Mek, problemas com sensores e sujeiras onde provocaram algum tipo de troca do componente, onde a limpeza somente não surtiu efeito.

ÚLTIMOS CHAMADOS

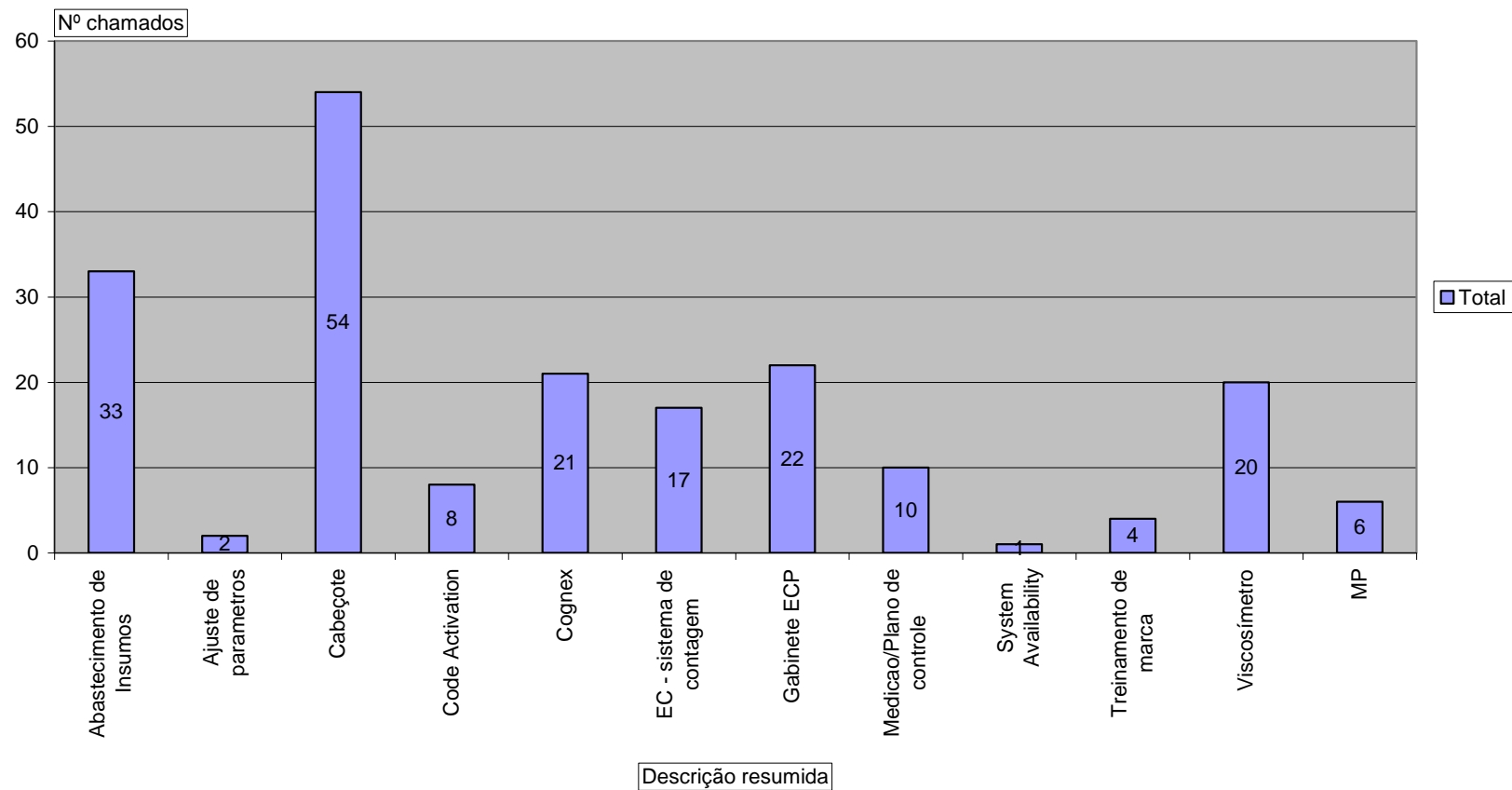


Gráfico 1 – Últimos chamados - Motivos.
Fonte: Domino (2010).

SOLUÇÕES

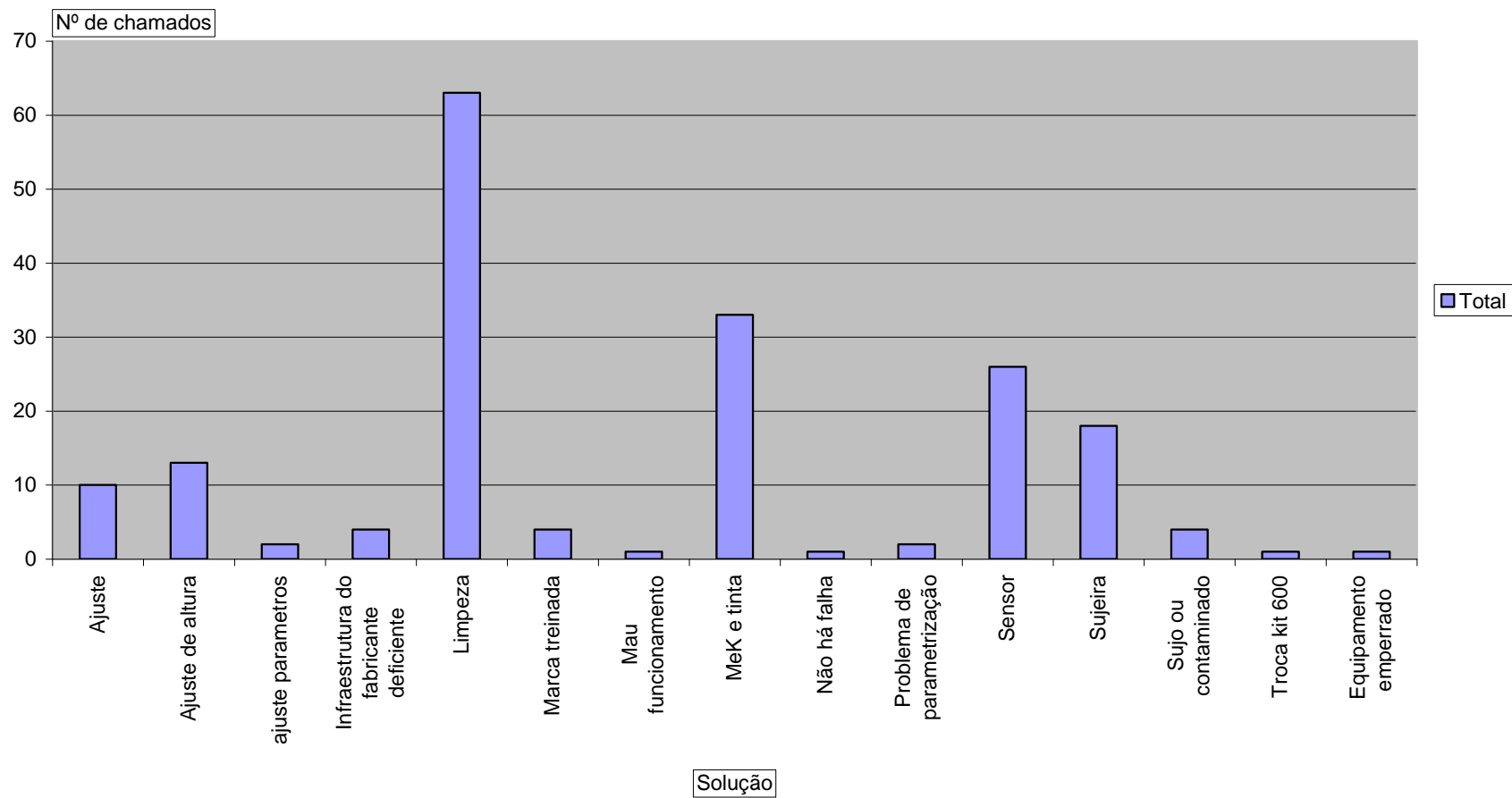


Gráfico 2 – Últimos chamados - soluções

Fonte: Domino (2010).

Este formulário contém no cabeçalho, identificação e codificação do sistema e dos analistas de MCC, descrito no formulário 2. Os campos restantes são utilizados para documentar os subsistemas, funções e componentes associados (RIGONI, 2009).

Etapa 2 - Seleção do Sistema e Coleta de Informações

Responsável pela Análise: Heraldo Souza	Equipe: Leonardo da Silva; Heraldo Souza; Silvio da Matta.	Data:
Auditado por: Rigoni		Página / De:

1) Seleção do Sistema

1.1) Métodos utilizados para Seleção do Sistema:

- Existe manutenção Corretiva e preventiva.
- Custo alto.
- Falta de estratégia de manutenção do equipamento (plano de manutenção);

1.2) Critérios utilizados para Seleção do Sistema:

- Pelo fato de ter somente manutenção corretiva e preventiva com o custo de manutenção é muito alto.

1.3) Resultados obtidos para a Seleção do Sistema:

- Manutenibilidade e disponibilidade do sistema com um custo mais baixo.

2) Coleta de Informações

2.1) Documentação do Sistema:

- Manual de manutenção e operação;
- Projetos de instalação dos equipamentos;
- Histórico de paradas operacionais;

2.2) Definição das Fronteiras do Sistema:

Id_Sistema / Sistema: IMP-01 Impressão de códigos.			
Id_Subsistema	Subsistema	Id_Componente	Componente
IMP-01-001	Impressora	IMP-01-001-01	Insumos
		IMP-01-001-02	Cabeçote
		IMP-01-001-03	Viscosímetro
		IMP-01-001-04	Cognex
		IMP-01-001-05	ECP
		IMP-01-001-06	Sistema de Contagem

Formulário 2 – Formulário de coleta de informações

Fonte: Rigoni (2009).

3.4 ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, SEUS EFEITOS E CRITICIDADE (FMECA) – ETAPA 3

Nesta etapa são identificadas e documentadas todas as funções e seus modos de falhas, dos efeitos adversos. Utilizando a metodologia FMECA (*Failure Mode and Effects and Criticality Analysis*) são documentados os seguintes aspectos da instalação (SIQUEIRA, 2005):

- Funções desempenhadas pelo sistema;
- Falhas associadas a cada função;
- Modos como as falhas se originam;
- Efeitos provocadas pelas falhas;
- Severidades de cada efeito.

As ferramentas utilizadas são:

- Árvores de falha e de eventos;
- Diagramas Lógicos e Funcionais do sistema.
- Registro dos resultados no formulário FMECA.

3.4.1 - Árvore de falhas (FTA)

A Força Aérea Americana em 1962, desenvolveu uma nova maneira de avaliar o sistema de controle do míssil balístico *Minuteman*. Este sistema, Análise de Árvore de Falha (*Fault Tree Analysis – FTA*), é uma ferramenta que se utiliza para analisar de cima para baixo (*top-down*) (RIGONI, 2011).

As aplicações da FTA são (RIGONI,2011):

- Identificação do modo de falha e o relacionamento entre as causas;
- Analisar a confiabilidade de um sistema/processo (qualitativo e quantitativo);
- Facilitar o entendimento do comportamento do sistema;
- Treinamento para operação de sistemas e planejamento de testes e inspeções;
- Analisar e projetar sistemas de segurança ou sistemas alternativos de produtos;

- Forma de explicitação do conhecimento para operação e manutenção;
- Auxílio gráfico – Analisar projetos identificando:
 - ✓ Alternativas lógicas e de equipamentos;
 - ✓ Simplificações e aperfeiçoamentos;
 - ✓ Reprojetado de partes ou condições críticas.

Nesta etapa foi utilizado FTA (Figura 14) para que fossem analisados os defeitos referentes ao equipamento DOMINO A300.

3.4.2 – FAILURE MODE AND EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS (FMECA)

A FMECA é um procedimento que através de cada falha potencial é analisado para determinar e detectar as ações a serem tomadas para reparar o defeito (MIL STD 1629A,.1980).

Os objetivos da FMECA, conforme a norma SAE JA1739, são:

- Reconhecer e avaliar a falha ou processo e os efeitos dessa falha;
- Identificar ações que possam eliminar ou reduzir as chances de uma falha ocorrer;
- Documentar o processo de análise:
 - ✓ Estudos e desenvolvimentos futuros;
 - ✓ Comunicação e treinamento;
 - ✓ Ferramenta para gestão de conhecimento.
- Permite rastrear a análise suas decisões e ações recomendadas.

Nesta etapa foi utilizado FMECA, a equipe toda deve concordar com os dados que o formulário ira precisar. Para o desenvolvimento destes formulários foram utilizados alguns critérios já estabelecidos na norma SAE JÁ 1739.

Neste FMECA foi pedido três critérios:

- Severidade (S): É uma avaliação referente a gravidade do efeito do modo de falha.
- Ocorrência (O): É a probabilidade da frequência de uma ocorrência dos modos de falha.

- Detecção (D): Refere-se a probabilidade de que as características do projeto e as verificações irão detectar os modos de falhas.
- NPR's: É o número de prioridade de risco, é o produto dos índices de severidade (S), ocorrências (O) e detecção (D).

$$\text{NPR} = \text{S} * \text{O} * \text{D}$$

A seguir estão listadas os quadros 5, 6, 7 e 8, para serem consultados quando do preenchimento do formulário 3 FMECA.

Severidade (S) do efeito do modo de falha	Impacto da função devido a severidade dos efeitos de falha.	Classificação
Perigoso sem aviso	Impacto na segurança, saúde ou meio ambiente. A falha ocorrerá sem aviso.	10
Perigoso com aviso	Impacto na segurança, saúde ou meio ambiente. A falha ocorrerá com aviso.	9
Muito Alto	Impacto muito alto. A função é perdida e é necessário um longo período de tempo para restauração da normalidade.	8
Alto	Impacto alto. Parte da função é perdida e é necessário um longo período de tempo até a restauração da normalidade.	7
Moderado	Impacto Moderado. Parte da função é perdida e é necessário um período de tempo moderado até a restauração da normalidade.	6
Baixo	Impacto Baixo. A função é prejudicada necessitando ser verificada	5
Muito Baixo	Impacto Muito Baixo. Parte da função é prejudicada necessitando ser verificada.	4
Pequeno	Impacto reduzido. A falha demora algum tempo para ser reparada, mas não afeta a função.	3
Muito Pequeno	Impacto insignificante. A falha pode ser reparada rapidamente.	2
Nenhum	Não se verificam efeitos na segurança, saúde ou meio ambiente.	1

Quadro 5 – Sugestões de critérios para avaliar a severidade dos efeitos do modo de falha.

Fonte: SAE J1739 (2002).

Probabilidade de Ocorrência (O) da Causa de falha	Taxa de falha (λ) provável ao longo do ciclo de vida.	Classificação
Muito alto: Falhas persistentes	≥ 100 por mil itens.	10
	50 por mil itens.	9
Alta : Falha frequentes	20 por mil itens.	8
	10 por mil itens.	7
Moderada: Falha Ocasionalis	5 por mil itens.	6
	2 por mil itens.	5
	1 por mil itens.	4
Baixa: relativamente poucas falhas.	0,5 por mil itens.	3
	0,1 por mil itens.	2
Remota: Falha improvável	$\leq 0,01$ por mil itens.	1

Quadro 6 – Sugestões de critérios para avaliar a ocorrência da Causa de falha.

Fonte: SAE J1739 (2002). (FEMECA processos).

Nº de falhas em função do tempo em operação (Horas)	Nº de falhas em função do Ciclo operacional (Ciclo)	Confiabilidade baseada no tempo requerido pelo usuário [C(t)%]	Classificação
1 em 1	1 em 90	C(t) < 1% -- MTBF= 10% de operação	10
1 em 8	1 em 900	C(t) < 5% -- MTBF= 30% de operação	9
1 em 24	1 em 36000	C(t) < 19% -- MTBF= 60% de operação	8
1 em 80	1 em 90000	C(t) < 37% -- MTBF= igual operação	7
1 em 350	1 em 180000	C(t) < 61% -- MTBF= 2 vezes maior operação	6
1 em 1000	1 em 270000	C(t) < 78% -- MTBF= 4 vezes maior operação	5
1 em 2500	1 em 36000	C(t) < 85% -- MTBF= 6 vezes maior operação	4
1 em 5000	1 em 540000	C(t) < 90% -- MTBF= 10 vezes maior operação	3
1 em 10000	1 em 900000	C(t) < 95% -- MTBF= 20 vezes maior operação	2
1 em 25000	1 em + de 900000	C(t) < 98% -- MTBF= 50 vezes maior operação	1

Quadro 7 – Sugestões de critérios para avaliar a ocorrência da Causa de falha.(Usar 1 de 3 critérios)

Fonte: SAE J1739 (2002). (FEMECA máquinas).

Chances de Detecção (D)	Critério para avaliar a probabilidade de Detecção (D) da causa de falha.	Classificação
Quase impossível	Os dispositivos de controle existentes não irão detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha. Ou não existe um dispositivo de controle relacionado com esta causa/mecanismo.	10
Muito remota	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem as causas/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é muito remota.	9
Remota	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem as causas/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é remota.	8
Muito Baixo	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem as causas/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é muito baixo.	7
Baixo	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem as causas/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é baixo.	6
Média	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem as causas/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é média.	5
Moderada alta	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem as causas/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é moderado alta.	4
Alta	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem as causas/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é alta.	3
Muito Alta	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem as causas/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é muito alta.	2
Quase certa	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem as causas/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é quase certa.	1

Quadro 8 – Sugestões de critérios para avaliar a Detecção de Causa de falha.

Fonte: SAE J1739 (2002). (FEMECA máquinas).

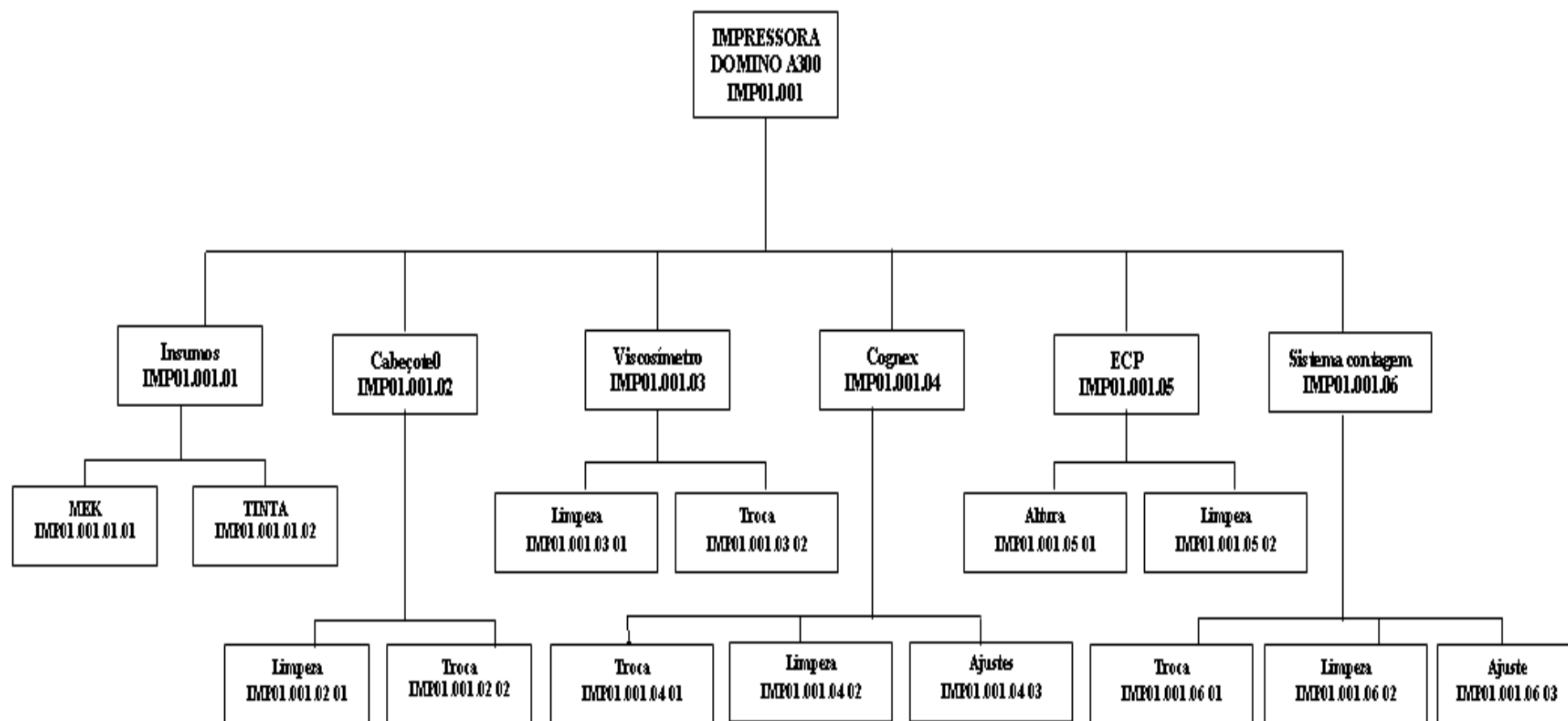


Figura 13 – Organização da coletas de informações.

Fonte: Autoria própria (2012).

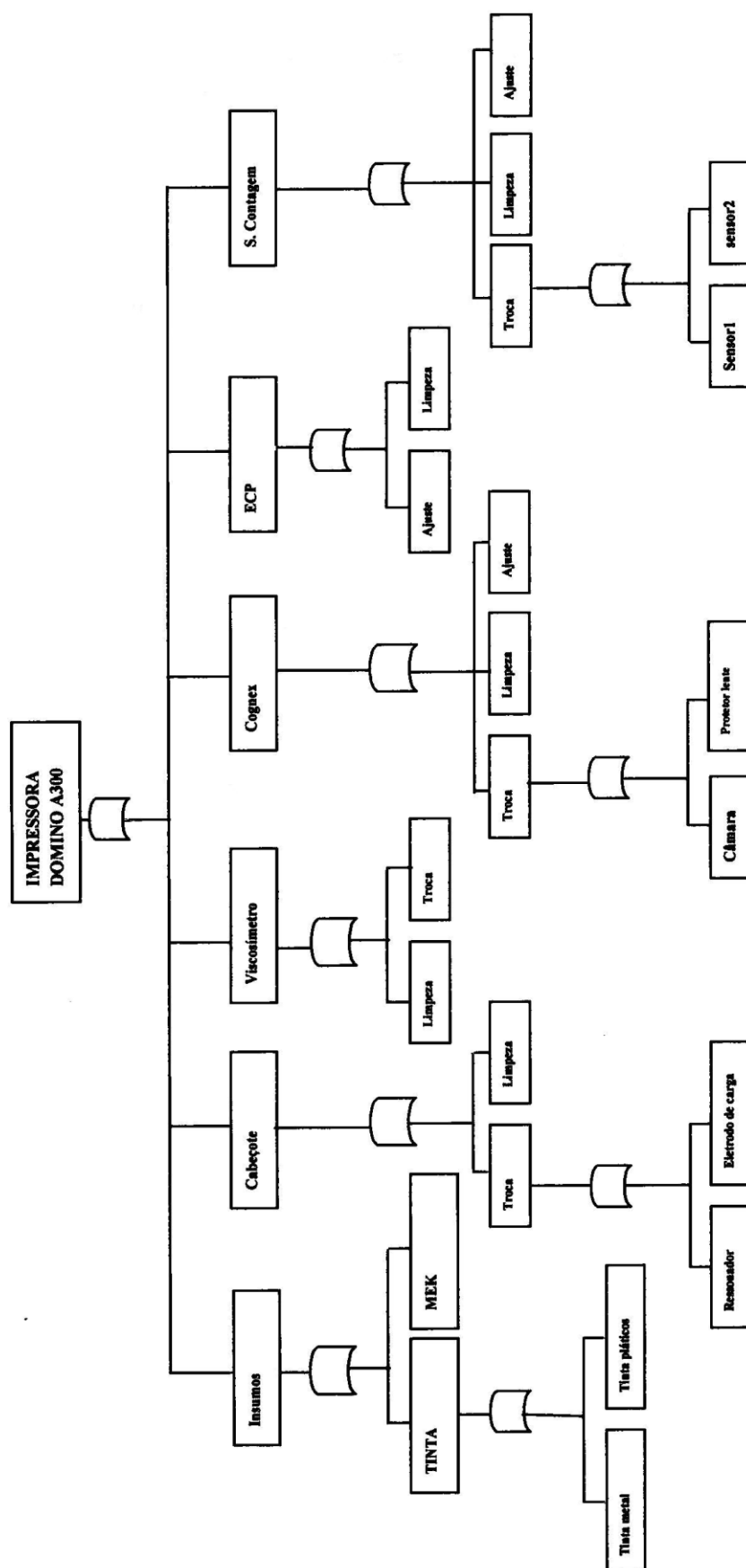


Figura 14 – Árvore de Falha
Fonte: Autoria própria (2012).

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

Responsável pela Análise: Heraldo Souza.	Equipe: Leonardo da Silva; Heraldo Souza; Sílvio da Matta.	Data:
Auditado por: Rigoni	Página / De: 1/1	
Sistema: Impressão de códigos.	Id_Sistema: IMP-01.001	
Subsistema Analisado: Impressora	Id_Subsistema: IMP-01-001.01/2/3/4/5/6	

Id_Função	Função	Id_Falha_Funcional	Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Detecção (D)	NPR (S.O.D)
						Local	Sistema	Planta						
1	INSUMO-MEK ¹	1.1	Termino	1.2	Falha de operação	Equipamento com erro de falha	Parada da Impressora	Parada da Impressora	6	Falta de MEK.	7	-Procedimento de manutenção. -Abastecimento	3	126
1	INSUMO-MEK ¹	1.2	Excesso	2.2	Falha de operação	Equipamento com erro de falha	Parada da Impressora	Parada da Impressora	6	Excesso de MEK;	7	-Procedimento de manutenção. -Abastecimento	3	126
1	INSUMO-Tinta	1.3	Termino	3.2	Falha de operação	Equipamento com erro de falha	Parada da Impressora	Parada da Impressora	6	Excesso de Tinta; Falta de Tinta.	7	-Procedimento de manutenção. -Abastecimento	3	126
1	INSUMO-Tinta	1.4	Termino	4.2	Falha de operação	Equipamento com erro de falha	Parada da Impressora	Parada da Impressora	6	Excesso de Tinta; Falta de Tinta.	7	-Procedimento de manutenção. -Abastecimento	3	126
2	Impressão	2.1	Sem impressão	5.2	Defeito cabeçote	Sem impressão	Sem impressão	Sem impressão	7	Defeito cabeçote; Sujeira no cabeçote.	8	-Procedimento de manutenção. -Troca - Limpeza	3	168
3	Ver viscosidade	3.1	Erro de viscosímetro	6.2	Defeito no viscosímetro	Impressão de códigos ruins	Falha impressão	Falha impressão	6	Sujeira; Defeito.	6	-Procedimento de manutenção. -Troca - Limpeza	3	108
4	Leitura dos códigos	4.1	Erro de leitura	7.2	Falha do equipamento	Não reconhece códigos	Erro no reconhecimento	Erro no reconhecimento	5	Defeito; Sujeira.	5	-Procedimento de manutenção. -Limpeza - Troca	3	75
5	Regulagem da altura	5.1	Erro na altura	8.2	Falha de operação	Falha de impressão e leitura	Falha impressão e leitura	Falha impressão e leitura	5	Regulagem da Altura Sujeira.	3	-Procedimento de manutenção. -Ajuste - Limpeza	3	45
6	Contagem de produtos	6.1	Não conta	9.2	Falha de Sensores	Falha na contagem	Falha na informação	Falha na informação	5	Falha nos sensores; Sujeira	3	-Procedimento de manutenção. -Limpeza - Troca	3	45

Formulário 3 – Análise dos modos de falha.

Fonte: Rigoni (2009).

¹ **MEK** – Metiletilcetona – Solvente utilizado na impressora Inkjet Domino A300.

3.5 SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA – ETAPA 4

Nesta etapa se utiliza um processo de análise de cada função encontrado na etapa 3, e ver se a falha verificada tem efeito significativo, se utilizando sempre os aspectos do ambiente operacional da MCC:(SIQUEIRA, 2005).

- ✓ Segurança;
- ✓ Meio ambiente;
- ✓ Operação;
- ✓ Economia do processo.

O estudo de severidade dos efeitos de falhas, demonstrados na etapa anterior, são dados que serão utilizados para análise de riscos e consequências. Neste momento será documentada as funções significativas no formulário 3, que serão utilizadas nas etapas subseqüentes .A funções não significativas serão documentadas apenas até essa etapa.(SIQUEIRA, 2005).

3.5.1 LÓGICA DE SELEÇÃO

A lógica simples de seleção, mostra os critérios e se já existe uma manutenção aplicada para a falha correspondente. A Figura 15 mostra a lógica através de um fluxograma.

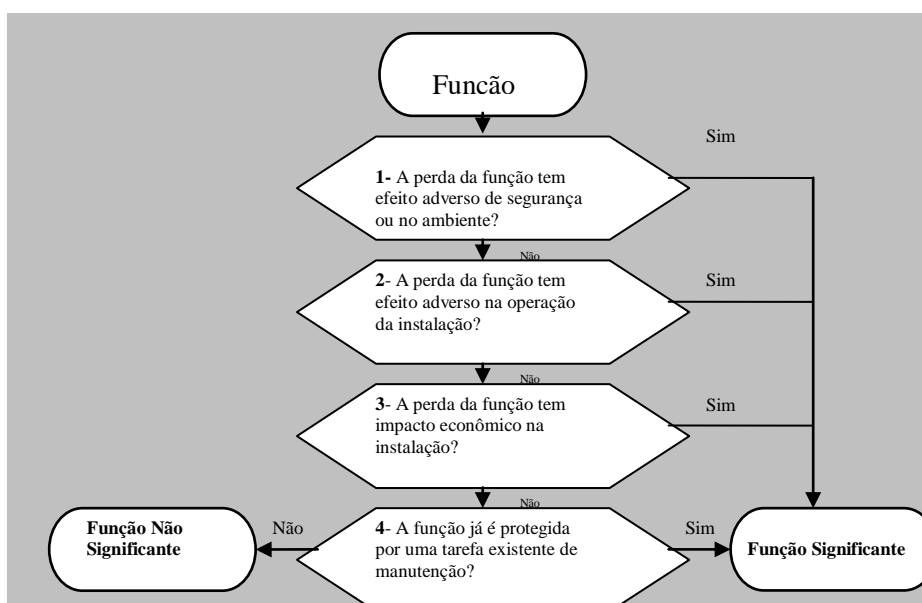


Figura 15 – Diagrama Lógica de Seleção.

Fonte: Siqueira (2005).

No diagrama lógica de seleção, o item 1 mostra a visibilidade impactante na segurança e/ou ambiente. Seus critérios são:

- Ameaça a vida do operador (dentro ou fora do ambiente);
- Ameaça a vida coletiva (dentro ou fora do ambiente);
- Infração de uma lei ou padrão ambiental (dentro ou fora do ambiente);
- Utiliza a severidade \geq valor de consenso;
- Utiliza a criticidade \geq valor de consenso.

O item 2 mostra a visibilidade impactante operacionalmente. Seus critérios são:

- Reduz a produtividade do sistema;
- Ameaça a qualidade do produto;
- Gera insatisfação do cliente (interno e externo);
- Afeta outros processos e/ou equipamentos do processo produtivo;
- Dependente do tempo de paralisação e frequência da utilização.

O item 3 mostra a visibilidade impactante economicamente. Seus critérios são:

- Aumenta o consumo do sistema (combustível, energia, água,...);
- Aumenta o desperdício de matéria prima;
- Apresenta um custo alto de reparação;
- Causa danos secundários mais onerosos do que o custo de reparo

O item 4 mostra a função protegida. Seus critérios são:

- Já existe tarefa associada a falha no programa atual de manutenção;
- A equipe de implementação e os especialistas concordam em manter alguma tarefa manutenção associada à falha funcional sob análise;
- Oculto para a equipe de operação e/ou possui falhas múltiplas associadas.

3.5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHAS DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES

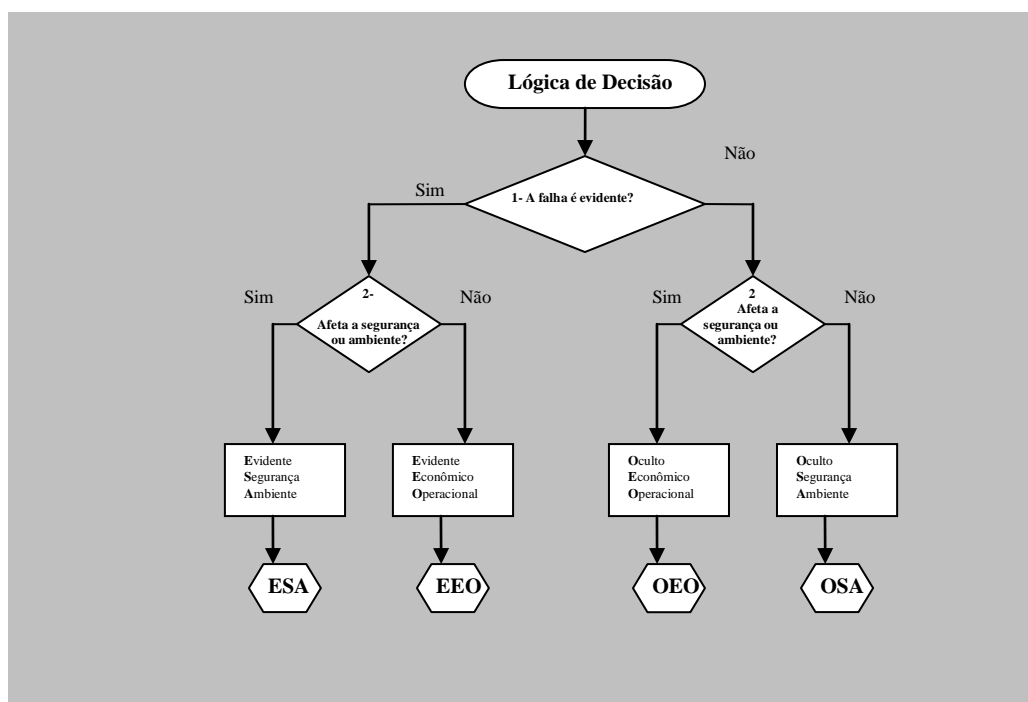


Figura 16 – Classificação dos modos de falhas das funções significantes.

Fonte: Siqueira (2002).

Os critérios para classificar os modos de falhas das funções significantes (Figura 16), são os mesmos relatados no diagrama de decisão item 1.

Sendo assim, pode-se agora preencher o Formulário 4 para funções significantes e classificação dos modos de falhas.

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

Responsável pela Análise: Heraldo souza	Equipe: Leonardo da Silva; Heraldo Souza; Silvio da Matta	Data: 09-12-2011
Auditado por: Rigoni		Página / De: 1/6
Sistema: Impressão de códigos		Id_Sistema: IMP-01-001
Subsistema Analisado: Impressora		Id_Subsistema: IMP-01-001- 01/02/03/04/05/06

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha é Evidente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha afeta a Segurança e/ou o Meio Ambiente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha tem conseqüências Econômicas e/ou Operacionais?	Categoria ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional
1	1.1 1.2	1.2 2.2	MEK: Falha de operação	Sim	Não	Sim	EEO
1	1.3 1.4	3.2 4.2	Tinta: Falha de operação	Sim	Não	Sim	EEO
2	2.1	5.2	Defeito no cabeçote	Sim	Não	Sim	EEO
3	3.1	6.2	Defeito viscosímetro	Sim	Não	Sim	EEO
4	4.1	7.2	Falha do equipamento na leitura de códigos	Sim	Não	Sim	EEO
5	5.1	8.2	Falha de operação na altura ECP	Sim	Não	Sim	EEO
6	6.1	9.2	Falhas de sensores na contagem	Sim	Não	Sim	EEO

Formulário 4 – Seleção das funções significantes e classificação de seus modos de falhas.

Fonte: Rigoni (2009).

3.6 SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFETIVAS – ETAPA 5

A seleção das tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas, se utilizam de um processo para determinar a melhor maneira de efetuar a tarefa em prevenir e corrigir falhas. Para a seleção das tarefas aplicáveis, não só a viabilidade técnica, mas também a praticidade das atividades propostas. Os critérios para a aplicabilidade, são: (SIQUEIRA,2005).

- Prevenir os modos de falha;
- Reduzir a taxa de deterioração;
- Detectar a evolução da falha;
- Descobrir falhas ocultas;
- Suprir a necessidade e consumíveis do processo;
- Reparar o item após a falha.

Como a seleção anterior, a seleção das tarefas efetivas também tem seus critérios para a efetividade, que são:

- Ser aplicável tecnicamente;
- Ser viável com os recursos disponíveis;
- Produzir os resultados esperados;
- Ser executável a um intervalo razoável.

Esses critérios levam a uma lista de atividades de manutenção a serem selecionadas, que são:(SIQUEIRA,2005).

- Serviço operacional;
- Inspeção preditiva;
- Restauração preventiva;
- Substituição preventiva;
- Inspeção funcional;
- Manutenção combinada;
- Mudança de projeto;
- Reparo funcional.

3.6.1 – SERVIÇO OPERACIONAL

Este processo de manutenção efetuado pelo operador da instalação, geralmente atividades simples e repetitiva, necessita requisitos de praticidade, compatíveis com a formação e disponibilidade de recursos e tempo do indivíduo.

Os critérios de aplicabilidade e efetividade da tarefa desta manutenção, são:

- Reduzir a taxa de deterioração funcional;
- Baixa complexidade – Passíveis de serem executadas pelo operador;
- Atende um requisito de projeto conforme recomendação do fabricante;
- Frequência de execução aceitável – Nem tem impacto significativo na rotina operacional;
- ESA ou OSA – Reduz, a nível aceitável, o risco associado a falha;
- EEO ou OEO – Reduz a probabilidade de falha e tem custo reduzido < custo de falha.

3.6.2 – INSPEÇÃO PREDITIVA

Por definição, uma inspeção preditiva é qualquer inspeção programada com a finalidade de detectar uma condição de falha potencial, não inclui ações baseadas nas condições. Com minimização das interferências externas (humanas) (SIQUEIRA,2005).

Na inspeção preditiva os parâmetros de inspeções, são:

- Custo ;
- Viabilidade;
- Intervalo PF – Disparo de ações preventivas e corretivas.

Os critérios de aplicabilidade e efetividade da tarefa de inspeção preditiva, são:

- É possível identificar ou prever uma deterioração funcional por teste ou inspeção, sem desmontagem do ativo/sistema;
- O intervalo PF (Falha Potencial → Funcional) é suficiente para uma ação de prevenção;
- É prático monitorar o ativo/sistema a intervalos inferiores ao intervalo PF;
- O intervalo PF (Falha Potencial → Funcional) é consistente;
- ESA ou OSA – Reduz, a nível aceitável, o risco associado a falha;
- EEO ou OEO – Reduz a probabilidade de falha e tem custo reduzido < custo de falha.

3.6.3 – RESTAURAÇÃO PREVENTIVA

Restauração preventiva é restabelecer danos decorrente do tempo preventivamente, manutenção por um especialista em uma data previamente adequada no calendário da produção.

Os critérios de aplicabilidade e efetividade da tarefa da restauração preventiva (ASSOCIAÇÃO..., 1994), são:

- A degradação é função do tempo em operação ou da última manutenção realizada;
- É possível uma ação preventiva antes do período de desgastes;
- Uma proporção alta de itens/componentes sobrevive à idade onde a degradação é identificável;
- É possível restaurar o item/componente a um padrão especificado que seja adequado;
- ESA ou OSA – Reduz, a nível aceitável, o risco associado a falha;
- EEO ou OEO – Reduz a probabilidade de falha e tem custo reduzido < custo de falha.

3.6.4 – SUBSTITUIÇÃO PREVENTIVA

Substituição preventiva é tarefa programada de descarte e substituição do item/componente.

Os critérios de aplicabilidade e efetividade da tarefa da substituição preventiva (RIGONI, 2012), são:

- A degradação é função do tempo em operação ou da última manutenção realizada;
- A substituição garante a condição original do item/componente;
- O ativo/sistema mostra degradação em uma idade identificável;
- Uma proporção alta de itens/componentes sobrevive à idade onde a degradação é identificável;
- A restauração do item/componente é impossível ou antieconômico;
- ESA ou OSA – Reduz, a nível aceitável, o risco associado a falha;
- EEO ou OEO – Reduz a probabilidade de falha e tem custo reduzido < custo de falha.

3.6.5 – INSPEÇÃO FUNCIONAL

É a análise dimensional ou funcional de itens/componentes para continuar a ter suas funções dentro do especificados.

Os critérios de aplicabilidade e efetividade da tarefa da inspeção funcional, são:

- A tarefa de manutenção é capaz de revelar falha ou defeito oculto;
- A falha não se revela na operação normal do ativo/sistema;
- A falha só aparece na ocorrência de outra falha ou evento;
- É possível exercitar o funcionamento do item/componente sem danificá-lo;
- ESA ou OSA – Reduz, a nível aceitável, o risco associado a falha;
- EEO ou OEO – Reduz a probabilidade de falha e tem custo reduzido < custo de falha.

3.6.6 – MANUTENÇÃO COMBINADA

A manutenção combinada é a tarefa aplicada quando nenhuma ação de manutenção anterior pode, isoladamente, identificar e/ou corrigir a falha (RIGONI,2012).

Os critérios de aplicabilidade e efetividade da tarefa de manutenção combinada, são:

- Viabilidade técnica e econômica da frequência das tarefas de manutenções combinadas;
- ESA ou OSA – Reduz, a nível aceitável, o risco associado a falha;
- EEO ou OEO – Reduz a probabilidade de falha e tem custo reduzido < custo de falha.

3.6.7 – MUDANÇA DE PROJETO

Esta levará a introduzir novas modificações ou adaptações que não estavam previstas no projeto inicial. (SIQUEIRA,2005).

Os critérios de aplicabilidade e efetividade da tarefa de mudança de projeto, são:

- O ativo/sistema tem alta prioridade e/ou a análise de custo/benefício é favorável;
- Nenhuma ação de manutenção pode identificar e/ou corrigir a falha;
- Não é a viabilidade técnica e/ou econômica para uma ação de manutenção;
- ESA ou OSA – Reduz, a nível aceitável, o risco associado a falha;
- EEO ou OEO – Reduz a probabilidade de falha e tem custo reduzido < custo de falha.

3.6.8 – REPARO FUNCIONAL

O reparo funcional é operar o ativo/sistema até a ocorrência da falha sem preventiva ou mudança de projeto (*Run-to-failure*), Restaurando ou substituindo o ativo ou componente. (SIQUEIRA, 2005);(RIGONI, 2012).

Os critérios de aplicabilidade e efetividade da tarefa do reparo funcional, são:

- Não é a viabilidade técnica e/ou econômica para uma ação de manutenção;
- As consequências da falha são insignificantes;
- O ativo/sistema tem baixa prioridade;
- O reparo funcional é mais atrativo do que uma mudança de projeto e é aceitável do ponto de vista da segurança e preservação ambiental.

Conforme a etapa 4, onde ao preencher o formulário identificou que todos os modos de falha apresentados são Evidentes Econômicos Operacional – EEO.

Sendo assim, o fluxograma (Figura 17) para desenvolver o formulário 5 da etapa 5 é:

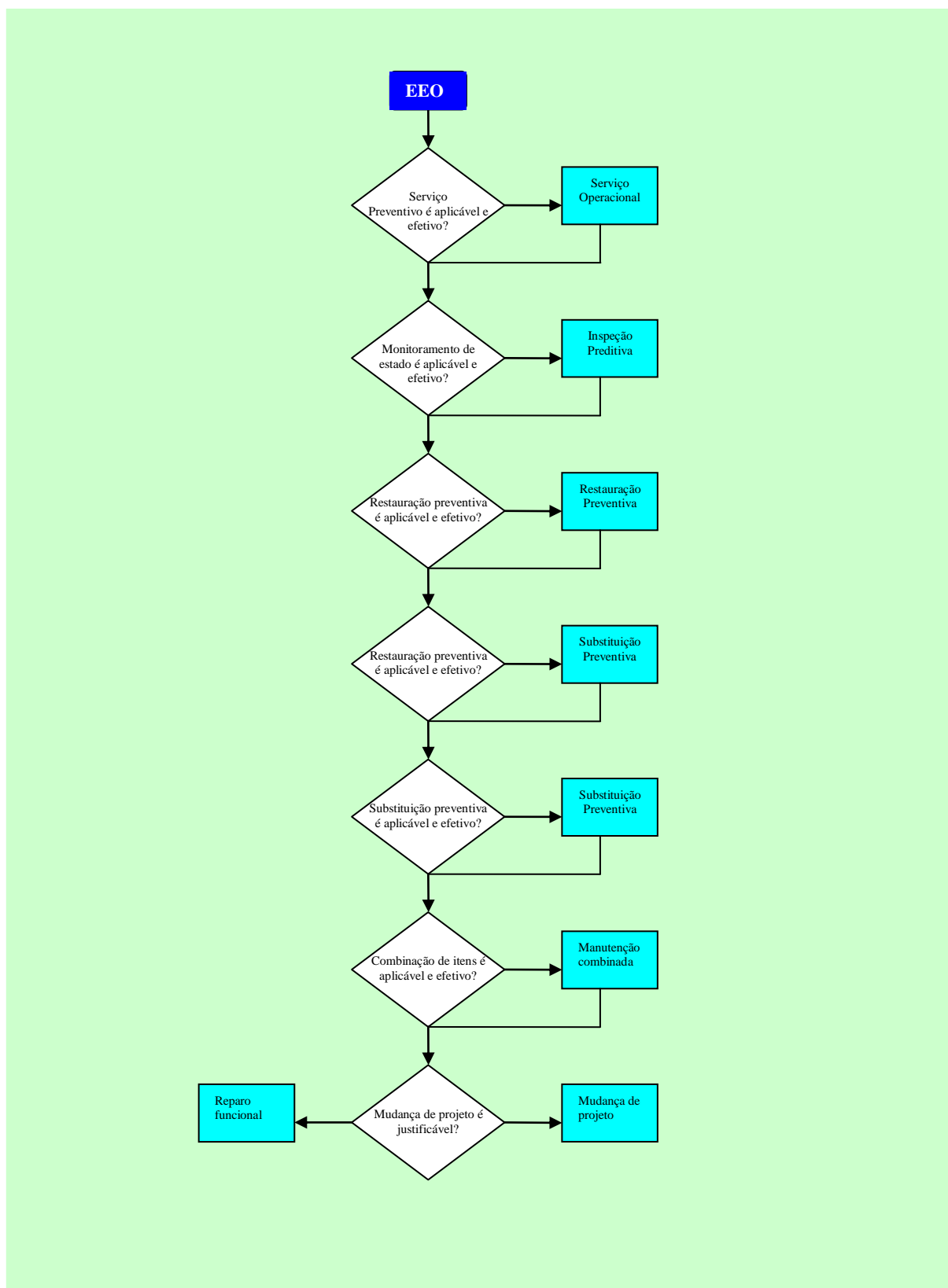


Figura 17 – EEO – Seleção das tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas.
 Fonte: Rigoni (2012).

Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Responsável pela Análise: Heraldo Souza	Equipe: Leonardo da Silva; Heraldo Souza; Silvio da Matta	Data: 09-12-2012
Auditado por: Rigoni		Página / De: 1/1
Sistema: Impressão dos códigos		Id_Sistema: IMP-01
Subsistema Analisado: Impressora		Id_Subistema: IMP-01-001

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Consequência ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Tarefas Possíveis							Tarefa Proposta	Id_Tarefa	
				Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			Reparo Funcional
1	1.1 1.2	1.2 2.2	EEO		X			x				Incluir na rotina a verificação do volume do MEK. Programar inspeção	1.3
1	1.3 1.4	3.2 4.2	EEO		X			x				Incluir na rotina a verificação do volume do Tinta. Programar inspeção	2.3
2	2.1	3.2	EEO		X			X			X	Fazer limpeza do cabeçote. Por na rotina de inspeção preditiva.	3.3
3	3.1	4.2	EEO			X		X				Incluir na rotina de preventiva a limpeza e substituição se necessário	4.3
4	4.1	5.2	EEO			X	X	X				Incluir na rotina de preventiva a limpeza e substituição se necessário	5.3
5	5.1	6.2	EEO								X	Fazer manutenção quando apresentar defeito	6.3
6	6.1	7.2	EEO		X			X				Incluir na rotina de preventiva a limpeza e substituição se necessário	7.3

Formulário 5 – Seleção das tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas.

Fonte: Rigoni (2009).

3.7 INTERVALOS INICIAIS E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO – ETAPA 6

Nesta etapa da MCC foi reunido as informações de todos os formulários da MCC para poder executar as oportunidades para diminuir os custos e poder alterar o processo das manutenções do equipamento (RIGONI, 2012);(INTERNATIONAL...,2008).

A MCC é uma abordagem sistemática para a identificação e execução destas informações coletadas por todas as etapas (Formulário 6).

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

Responsável pela Análise: HERALDO SOUZA	Equipe: Leonardo da Silva; Heraldo Souza; Silvio da Matta	Data: 09-12-2012
Auditado por: Rigoni		Página / De: 1/1
Sistema: Impressão de códigos		Id_Sistema: IMP-01
Subsistema Analisado: Impressora		Id_Subsistema: IMP-01-001

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Equipe Responsável
1	1.1 1.2	1.2 2.2	1.3 2.3	Incluir na rotina diária verificação do volume do MEK. Programar inspeção	Diário	A	Equipe Técnica / Suporte
1	1.3 1.4	2.3 2.4	2.4 2.5	Incluir na rotina diária verificação do volume do Tinta. Programar inspeção	Diário	A	Equipe Técnica
2	2.1	3.2	3.3	Fazer limpeza do cabeçote. Por na rotina de inspeção preditiva.	Diário	B	Equipe Técnica
3	3.1	4.2	4.3	Incluir na rotina de preventiva a limpeza e substituição se necessário	Bimestral	C	Equipe suporte/Técnica
4	4.1	5.2	5.3	Incluir na rotina de preventiva a limpeza e substituição se necessário	Bimestral	C	Equipe suporte
5	5.1	6.2	6.3	Fazer manutenção quando apresentar defeito	Diário	D	Equipe Técnica
6	6.1	7.2	7.3	Incluir na rotina de preventiva a limpeza e substituição se necessário	Bimestral	C	Equipe suporte/Técnica

Formulário 6 – Definição dos intervalos iniciais e agrupamento das tarefas de manutenção.

Fonte: Rigoni (2009)

3.8 REDAÇÃO DO MANUAL E IMPLEMENTAÇÃO - ETAPA 7 e ACOMPANHAMENTO E REALIMENTAÇÃO – ETAPA - 8

Como neste projeto o objetivo é uma proposta de um programa de manutenção centrada na confiabilidade para uma impressora industrial, as etapas 7 e 8 não serão realizadas, deixando para uma continuidade se a proposta for aceita para ser implementada.

3.9 COMPARAÇÃO

Plano de manutenção preventiva deste equipamento em questão é procedimento exclusivo e de execução de pessoal com treinamento técnico.

Na programação de manutenção preventiva do fabricante o cabeçote necessita de substituição a cada 7800 horas de uso ,isso equivale a 325 dias se o funcionamento for contínuo sem interrupções, mas a realidade leva a mais de 1 ano sem a devida manutenção.

No quadro 9, esta descrito a comparação entre o sistema atual de manutenção e o proposto pela MCC para o equipamento DOMINO A300. Nota-se que na manutenção tradicional se efetua, no maior tempo, quando o equipamento sinaliza a falha, mas na proposta deste projeto nota-se que a preservação das funções do ativo.

		ATUAL			MCC		
ITEM	Modo de Falha	Tarefa	Frequência ITEM	Responsável	Tarefa	Frequência	Responsável
1	Defeito cabeçote	Feito limpeza quando apresenta defeito	Manutenção Corretiva	Equipe Técnica	Fazer limpeza do cabeçote. Por na rotina de inspeção preditiva	Diário	Equipe Técnica /Suporte
2	Falha de operação com MEK	Só abastece quando equipamento pede	Manutenção Corretiva	Equipe Técnica	Incluir na rotina a verificação do volume do MEK. Programar inspeção	Diário	Equipe Técnica
3	Falha de operação com TINTA	Só abastece quando equipamento pede	Manutenção Corretiva	Equipe Técnica	Incluir na rotina a verificação do volume do Tinta. Programar inspeção	Diário	Equipe Técnica
4	Defeito viscosímetro	Só se faz manutenção se der defeito	Manutenção Corretiva	Equipe Técnica	Incluir na rotina de preventiva a limpeza e substituição se necessário	Bimestral	Equipe técnica/ Suporte
5	Falha leitura de códigos	Só se faz manutenção se der defeito	Manutenção Corretiva	Equipe Técnica	Incluir na rotina de preventiva a limpeza e substituição se necessário	Bimestral	Suporte
6	Falha operação altura ECP	Só quando troca vasilhame	Diário	Equipe Técnica	Fazer manutenção quando apresentar defeito	Diário	Equipe técnica
7	Falha de sensores	Só se faz manutenção se der defeito	Manutenção Corretiva	Equipe Técnica	Incluir na rotina de preventiva a limpeza e substituição se necessário	Bimestral	Equipe técnica/ Suporte

Quadro 9 – Comparação manutenção atual e o proposto pela MCC.

Fonte: Autoria própria(2012).

3.10 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS SEM MCC IMPLEMENTADA.

Neste projeto notou-se nos dados coletados durante 90 dias, do funcionamento do equipamento, que:

- 27,98 % dos chamados são para defeitos referente ao cabeçote de impressão;
- 17,10 % dos chamados são para defeitos referentes ao abastecimentos de insumos;
- 11,40 % dos chamados são para defeitos no gabinete do ECP;
- 10,37 % dos chamados são para defeitos no viscosímetro;
- 33,15 % de outros problemas;
- Houve um número grande de chamados, com vícios do setor que faz a abertura do mesmo;
- Problemas pequenos, efetuados pelos técnicos, não são abertos no sistema;
- Chamados efetuados não sinalizam o retrabalho.

4 – CONCLUSÃO

Com a evolução da tecnologia, com a evolução do programa espacial, passou ao uso das técnicas preditivas, sendo com a complexidade dos equipamentos e dos sistemas industriais. Com isto formou-se uma nova filosofia de manutenção, a Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC, onde são para aumentar níveis de segurança e disponibilidade operacional, máquinas sem se descuidar das questões ambientais (KARDEC; LAFRAIA, 2002).

Na análise dos modos de falha, seus efeitos e sua criticidade (FMECA), notou-se que a maior número de prioridade de risco (Severidade*Ocorrências* Detecção), são os chamados referentes ao cabeçote de impressão.

As etapas desta MCC, notou-se alguns problemas pontuais, como:

- Realmente o problema principal é de operação, mas o equipamento Domino em questão não tem operador fixo.
- Necessita de registros de todas as intervenções no equipamento;
- Necessita de sinalização de quando for retrabalho;
- Necessita que seja corretamente descrito o defeito do chamado, quando este for aberto;
- Necessita implementação e execução uma rotina de manutenção preditiva, onde visualizou a necessidade de algumas tarefas, onde irá facilitar o desempenho do equipamento, que são:
 - ✓ Limpeza e verificação diária do cabeçote de impressão;
 - ✓ Verificar diariamente o consumo de MEK e o abastecimento, recomendando cuidados com o manuseio, armazenamento desta substância;
 - ✓ Verificar diariamente o consumo de Tinta e o abastecimento, recomendando cuidados com o manuseio, armazenamento desta substância.
- Necessita complemento na rotina de manutenção preventiva, implementando a limpeza bimestral do viscosímetro;

- Necessita complemento na rotina de manutenção preventiva, implementando a limpeza bimestral do Sistema de leitura dos códigos;
- Necessita complemento na rotina de manutenção preventiva, implementando a limpeza bimestral do sistema de sensores do equipamento.

Conforme é citado no capítulo 1, no item 1.3.1, deste trabalho, o objetivo geral do projeto é Desenvolver um programa de MCC para o equipamento DOMINO A300 para modificar suas tarefas de manutenção e melhorar a sua disponibilidade.

Dentro das etapas encontrou-se dados indicativos dos maiores problemas são referentes: cabeçote de impressão, reposição de insumos, viscosímetro. Estes problemas representam 56,48% dos chamados totais.

Dando focos nestes chamados terão um melhoria no desempenho das funções que a impressora DOMINO necessita para desempenhar melhor suas tarefas. Com isto irá modificar a disponibilidade, diminuindo o tempo parado e diminuindo a manutenção corretiva diária.

Os objetivos específicos deste trabalho foram alcançados no desenvolvimento desta MCC, coletando dados do equipamento DOMINO, implementando cada etapa desta proposta, propondo à empresa o trabalho desenvolvido depois da apreciação dos especialistas.

Notou-se que seria melhor o resultado desta análise, se ela fosse não só do equipamento DOMINO, mas, de seus periféricos, como:

- ✓ A linha de produção onde ele esta instalado;
- ✓ *Encoder* e sua parametrização;
- ✓ Sistema de visualização do produto;
- ✓ Câmeras de colorimetria;
- ✓ Sensores óticos e indutivos;
- ✓ E outros.

Esta análise dá uma imagem do técnico imprecisa, onde ele só trabalha em torno de 2,15 chamados diário. Por isso necessita maior cuidado na abertura do

chamado. Com todos esses periféricos se aumentaria os dados coletados com uma realidade maior, podendo assim, visualizar realmente onde se encontra o foco do problema, ajudando a melhoria para todo o sistema.

Em relação a premissa supracitada o problema foi resolvido em partes, mas no futuro pode haver um reformulação desta MCC para alcançar melhores resultados com a disponibilidade do equipamento DOMINO.

4.1 – TRABALHOS FUTURO.

Para um trabalho futuro fazer uma reformulação, refazendo esta MCC mais completa, incluindo todos os sistemas que envolvam a impressora DOMINO A 300.

- Utilizando os dados armazenados de um maior tempo, um ano ou mais de todos os componentes, como:
 - *Encoder*;
 - Sistema de visualização de produtos;
 - A linha de produção que a impressora foi instalado;
 - Sensores;
 - Câmeras de leituras de impressões;
 - e outros além da impressora.
- Utilizar os dados armazenados para poder obter uma posição financeira antes e depois da MCC, assim avaliar os resultados da implementação em relação aos valores financeiros e se este trouxe resultados esperados;

Utilizando os resultados dos trabalhos futuros, para a disponibilidade e eficácia do sistema.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462 TB 116: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 37p.

DOMINO. **Technical Guide**. Reino Unido, n. 1, 2010. 1 CD-ROM.

DOMINGOS, João. **Metodologia Científica**. 4. ed. São Paulo: Editora Futura, 2001.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Application of Reliability Centered Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants**. Áustria: Viena, 2008. 94p.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **Análise de modo e efeitos de falha potencial: Manual de referência**: Manual de referência. IQA, 2000. 44p.

KARDEC, Alan; LAFRAIA, João R. **Gestão Estratégica e Confiabilidade**. Rio de Janeiro: Abraman, 2002.

LAFRAIA, João R. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2001.

MIL STD 1629A. **Procedures for Performing a Failure Mode**. Military Standard, 1980

MIL STD 3034. **Reliability Centered Maintenance**. Department of defense Standard Practice, 2011. 64p.

Moubray, John. **Reliability Centered Maintenance**. New York, Editora Industrial Press, 2001.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Reliability Centered Maintenance Guide**. Washington, 2008. 472p.

PETROBRAS. **Noções de Confiabilidade**: Programa de Formação de Operadores de Produção e Refino de Petróleo e Gás. Rio de Janeiro, 2003.

RELIABILITYWEB. **Guia Centrada em Confiabilidade.** Disponível em <http://www.reliabilityweb.com>. Acessado em dia 29/06/2012

RIGONI, Emerson. **Metodologia da implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade:** uma abordagem fundamentada em Sistema Baseados em Conhecimento e Lógica Fuzzy. Florianópolis, 2009. 342p.

RIGONI, Emerson. **Confiabilidade.** Disponível em www.rigoni.com.br/confiabilidade.htm. Acessado em 15/06/2012.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade:** Manual de Implantação . Rio de Janeiro: Abraman, 2002.

SAE JA 1011. **Evaluation Criteria for Reliability Centered Maintenance (RCM) Processes.** Society of automotive Engineers, 1999

SAE JA 1012. **A Guide to the Reliability Centered Maintenance (RCM) standard.** Society of automotive Engineers, 2002

SAE JA 1739. **Potential Failure Mode and effects Analysis in Design.** Society of automotive Engineers, 2002

THERIAC. **Reliability Centered Maintenance** Disponível em <http://www.theriac.org/DeskReference/viewDocument.php?id=12>. Acessado em dia 9/05/2012

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos.** Curitiba, 2008. 116p.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Guia de preenchimento da FMECA.** Disponível em <http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/professores/marcelor/Cap.fmea.pdf>. Curitiba, 2008. 28 p. acessado em 3/06/2012.