

# DESENVOLVIMENTO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO COM BASE NOS CONCEITOS E MÉTODOS APLICÁVEIS EM MCC.

Uanderson Siqueira Esposti <sup>(1)</sup>

Carlos de Souza Almeida <sup>(2)</sup>

## RESUMO

Esse artigo pretende apresentar o desenvolvimento do processo de implantação de um programa de manutenção com foco em Manutenção Centrada em Confiabilidade, porém com um viés diferenciado, pois foi evidenciado no decorrer da pesquisa de campo, a necessidade de voltarmos ao início da metodologia, visando a inserção no ambiente de trabalho, dos termos técnicos e conceitos básicos de manutenção, no que se refere à terminologia técnica, balizando a equipe com os mesmos objetivos e propósitos. Em seguida, o foco passará a ser o estudo de caso nos equipamentos da família de Bomba Centrífuga. O cenário desse desenvolvimento é numa indústria de papel, localizada no Rio de Janeiro. O artigo buscará descrever os danos causados aos equipamentos, as falhas, a própria segurança operacional, assim como, a parte ambiental, sem faltar à importância de tratarmos os custos envolvidos, em particular, nos momentos das falhas e da parada desses ativos. Será apresentada uma proposta de desenvolvimento do plano de trabalho e manutenção, apontando as perdas de produção que essas bombas podem causar quando da ocorrência de falhas, tendo como aspecto principal de extrema relevância, a aplicação das ferramentas da metodologia da MCC, na busca de tornar o processo de bombeamento mais confiável, estável e previsível.

**Palavras chaves:** Manutenção, Planejamento, MCC, Bombas, Confiabilidade, Fábrica de Papel.

## 1. INTRODUÇÃO

A Manutenção não é apenas um setor da indústria cuja finalidade é recolocar os equipamentos em operação. Hoje a Manutenção precisa estar alinhada às

---

<sup>1</sup> Schweitzer-Mauduit do Brasil Ind. e Com. de Papel. Eng. Mecânico - MBA - Universidade Federal do Rio de Janeiro ENGEMAN POLI.

<sup>2</sup> Gestalent Consultoria e Treinamento, Coordenador Executivo do ENGEMAN - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenheiro de Manutenção e Diretor Técnico da GESTALENT.

estratégias da organização na busca por melhores resultados e pela excelência operacional.

A manutenção centrada na confiabilidade MCC ou RCM do inglês – Reliability Centred Maintenance é uma ferramenta que tem por objetivo ajudar a alcançar os melhores resultados e a excelência operacional.

A metodologia do MCC identifica a funcionalidade ou o desempenho requerido pela máquina no seu contexto operacional, identifica os modos de falha e as causas prováveis para, então, detalhar os efeitos e consequências da falha. O resultado a ser alcançado é o aumento da disponibilidade, e o consequente aumento de produção.

Este trabalho propõe a implantação desta metodologia nas bombas centrífugas utilizadas no bombeamento de matéria-prima utilizadas na produção de papel em uma indústria de papel localizada no estado do Rio de Janeiro.

Os resultados esperados da aplicação do plano de manutenção voltados para a metodologia da MCC serão:

- Aumento da disponibilidade
- Aumento da confiabilidade
- Redução do hora homem aplicado no plano
- Aumento da segurança das pessoas e equipamento

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 CONCEITOS DE MANUTENÇÃO**

A literatura apresenta diferentes definições para manutenção, cada uma dentro de um momento e um ambiente distinto, porém sempre apresentando elementos comuns que possibilitam identificar o conceito e a função da manutenção.

A palavra manutenção pode ser definida como o processo de manutenção ou recuperação da função de um sistema, através de ações preventivas ou corretivas de profissionais tecnicamente qualificados para essa tarefa (CIBER, 2013).

Para um conceito técnico, as normas regulamentadoras apresentam manutenção como: “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa executar a função desejada” (NBR-5462, 1994; BS EN-13306, 2001).

Kardec e Nasfic (2009) afirmam que além de executar sua função, a manutenção deve garantir a confiabilidade e disponibilidade do item físico ou instalação, atendendo ao processo com segurança, preservando o meio-ambiente e com custos adequados, sendo essa a missão da manutenção.

A manutenção industrial é de suma importância para o setor produtivo, onde as atividades de planejamento e procedimentos garantem um mínimo de paradas em máquinas e equipamentos, garantindo a máxima eficiência nas atividades de produção.

Sem a manutenção dos ativos não seria possível cumprir com metas de produção, nem reduzir custos operacionais ou perdas de matéria prima e garantir segurança dos equipamentos e dos funcionários que trabalham com os mesmos.

## **2.2 DESCRIÇÃO DAS FERRAMENTAS UTILIZADAS**

### **2.2.1 FERRAMENTA DE ANÁLISE 5W2H**

É uma ferramenta de análise muito utilizada no gerenciamento de atividades de um projeto. Fácil de ser implementada quando existe a necessidade de um plano de ação ao se deparar com um problema gerencial, portanto funciona como um mapeamento das atividades, estabelecendo o que vai ser feito, quem vai fazer, em qual período de tempo, em qual área da empresa e os motivos pelos quais a tarefa deve ser feita.

O nome dessa ferramenta é a junção das letras iniciais de suas etapas, quando escritas em inglês.

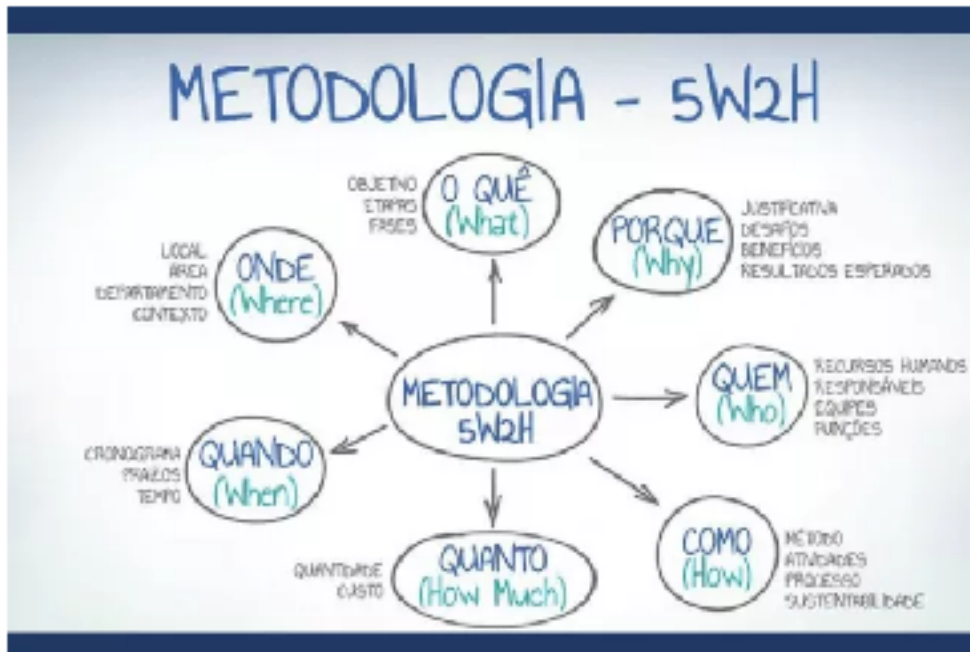


Figura 2 – Definição da ferramenta 5W2H  
Fonte: Internet

### 2.2.2 MATRIZ GUT

A Matriz GUT (**G**ravidade, **U**rgência e **T**endência) é uma ferramenta muito utilizada pelas empresas para priorizar os problemas que devem ser atacados pela gestão. Apesar de sua simplicidade, ele se revela uma ferramenta poderosa na orientação de tomadas de decisão. Sua principal característica é tornar possível a análise de medidas corretivas e preventivas para abordagem e solução do problema abordado.

Para montagem da matriz GUT, existem alguns passos básicos a serem seguidos:

- **Primeiro passo:** Para elaboração da Matriz GUT. Listar todos os problemas relacionados ao processo.
- **Segundo passo:** Na sequência, será atribuído uma nota para cada problema listado.

Os três aspectos principais que serão analisados: Gravidade, Urgência e Tendência.

**Gravidade:** Representa o impacto do problema analisado caso ele venha a acontecer.

**Urgência:** Representa o prazo, o tempo disponível ou necessário para resolver um determinado problema antes que o mesmo colapse. Considerar se a solução para o problema pode esperar ou deve ser realizada imediatamente.

**Tendência:** Representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade do problema se tornar maior com o passar do tempo.

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
0	extremamente grave	precisa de ação imediata	irá piorar rapidamente
4	muito grave	muito urgente	irá piorar a longo prazo
3	grave	urgente, merece atenção na curta prazo	irá piorar a médio prazo
2	pouco grave	pouco urgente	irá piorar a curta prazo
1	sem gravidade	pode esperar	não irá mudar

Figura 3 – Matriz GUT

Fonte: Internet

- **Terceiro passo:** Após definir e listar os problemas e atribuir uma nota a eles, é hora de multiplicar os valores de cada um dos aspectos:  $G \times U \times T$ . Onde aqueles que apresentarem um valor maior, deverão ter prioridade para serem executados, uma vez que serão os mais graves, urgentes e com maior tendência a se tornarem piores.

### 2.2.3 MATRIZ DE CRITICIDADE

O JIPM - *Japan Institute of Plant Maintenance* (1995) recomenda utilizar a classificação ABC para determinar a criticidade dos equipamentos de uma planta. Para fazer essa determinação utiliza-se o fluxograma abaixo.

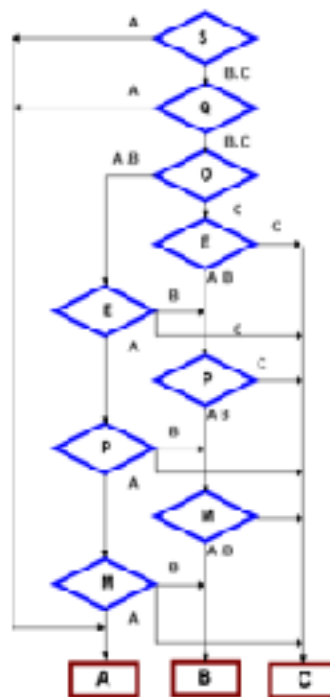


Figura 4 – Fluxograma de decisão de nível de Criticidade

Fonte: Internet

Para essa classificação, será necessária a utilização de um fluxograma onde os critérios de criticidade dos equipamentos avaliados são determinados através da tabela abaixo:

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 com o material, mas, não com o meio ambiente	Caso sofra parada, não provocará acidentes de qualquer tipo de acidente, nem contaminação com o meio ambiente
Q	Qualidade do produto	Caso sofra parada, haverá muita queda de qualidade e geração de refugo, podendo gerar reclamações de clientes	Caso sofra parada, haverá alguma queda de qualidade e pouco refugo, sem possibilidade de reclamações de clientes	Caso sofra parada, não haverá queda de qualidade e pouco refugo, sem possibilidade de reclamações de clientes
O	Condição de Operação	Tempo de utilização da máquina ou equipamento acima de 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento de 70% a 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento abaixo de 70% ao mês
E	Condições de Entrego	Caso sofra uma parada, pode causar uma 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 na linha de produção, e com outras alternativas imediatas
P	Índice de paradas - Confiabilidade	MTBF abaixo de 15 horas	MTBF acima de 15 até 30 horas	MTBF acima de 30 horas
M	Manutenibilidade	MTTR acima de 7 horas	MTTR de 7 a 7 horas	MTTR abaixo de 7 horas

Figura 5 – Critério para avaliação de Criticidade

Fonte: Internet

Após classificação dos equipamentos utilizando o critério apresentado, aplica-se sua nota no fluxograma e como produto, teremos a sua classificação como classe A, classe B ou classe C. Para cada classe, existirão níveis diferentes de atuação e atendimento em caso de quebras e falhas. Sempre priorizando a produtividade de linha industrial. Sendo as orientações da seguinte forma:

Classe A: Equipamentos com alta prioridade – Equipamentos onde todos os recursos do setor devem ser aplicados com o objetivo de aumentar a confiabilidade através de métodos, indicadores e ferramentas de análise. Atuação complementar com manutenções preditivas e corretivas, análise de falhas, sugestão de melhorias do projeto.

Classe B: Equipamentos com média prioridade – Equipamentos importantes, porém sua parada influencia apenas um atraso produtivo. Aplicação de manutenções preventivas e preditivas para evitar falhas e quebras.

Classe C: Equipamentos com baixa prioridade – Equipamentos secundários ou redundantes na linha e que possuam um reserva para reposição imediata em seu lugar na operação. Aplicação de manutenções corretivas e sob demanda ou chamados.

## 2.3 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), do inglês Reliability

Centered Maintenance (RCM), é uma abordagem criada no final da década de 60, inicialmente orientada para a indústria aeronáutica, com o objetivo de direcionar os esforços da manutenção, para componentes e sistemas onde a confiabilidade é fundamental. Seu principal objetivo é garantir o desempenho, a segurança e preservação do ambiente a um melhor custo-benefício (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009; WANG e HWANG, 2004).

### 2.3.1 FUNDAMENTOS DA MCC

Garza (2002) afirma que além da introdução de novos conceitos, a MCC apresenta um novo foco para a manutenção em relação ao modelo tradicional, embasando as suas ações em novos objetivos. A figura 6 apresenta as principais expectativas da manutenção na MCC e no modelo tradicional:

Características	Manutenção Tradicional	MCC
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o Equipamento	Preservar a função
Atuação	Componente	Sistema
Aktividades	O que pode ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória e Sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Falhas	Consequências das Falhas
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por Função

Figura 6: Comparação da Manutenção Tradicional com a MCC

Fonte: Siqueira, Iony P. (2009, p. 17)

Baseando-se nessas expectativas a MCC determina a estratégia eficaz de manutenção visando evitar ou reduzir as consequências e efeitos significativos de uma falha, priorizando as necessidades do processo de produção e não do componente ou equipamento de maneira isolada.

### 2.3.2 OBJETIVOS DO MCC

Dhillon (2006) e Xenos (2004) definem confiabilidade como a probabilidade de um sistema ou item executar a função que lhe é atribuída de forma satisfatória, durante o período indicado, operando de acordo com as condições especificadas.

Para Smith e Hinchcliffe (2004) o principal motivo por trás do desenvolvimento da MCC foi à necessidade de desenvolver uma estratégia de manutenção planejada para abordar adequadamente a disponibilidade do sistema e sua

segurança, sem elevação dos custos.

De acordo com Moubrey (1997) quando implantado de forma correta, a MCC reduzirá de 40% a 70% a rotina de tarefas de manutenção, com uma série de vantagens e benefícios na segurança, logística, operação e administração das organizações.

Os resultados esperados com a implantação da MCC podem ser sintetizados em: redução das atividades de manutenção, otimização do planejamento da manutenção, aumento da produtividade, aumento da segurança humana e ambiental, redução dos custos com manutenção, materiais e operação e redução dos riscos (MOUBRAY, 1997).

### **2.3.3 IMPLANTAÇÃO DO MCC - As 07 (sete) questões da MCC:**

Segundo a norma IEC 60300-311 e relatório ATA MSG-3, a MCC propõe buscar a preservação das funcionalidades dos equipamentos, sendo assim, segue abaixo de forma sintetizada esses princípios.

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

## **3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

A pesquisa foi iniciada pelo levantamento das consequências, para a empresa analisada, da falta de um programa de manutenção implementado corretamente:

- Baixa produção e produtividade devido às constantes falhas;
- Falhas recorrentes por não haver um controle da causa raiz;
- Tempos de paradas para manutenção de equipamentos muito grande;



- Ausência de um controle do desempenho da manutenção;
- Dados incompletos nas fichas dos equipamentos;
- Falta de um histórico sobre a manutenção de cada máquina, pois não são realizadas anotações sobre os serviços.

Com base nestas consequências/ausências, é possível entender a atual necessidade da empresa em desenvolver melhorias no método de programação, controle e execução da manutenção.

### **3.1 – APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS AO CASE**

Visto que a gravidade que o problema de manutenção nas bombas centrífuga representava para o bom andamento da produção de papel, devido seu alto grau de importância dentro da produção, foi realizada uma reunião entre os gestores da área de manutenção, a área de engenharia e o PCM com o objetivo de sanar as causas e evitar efeitos catastróficos à confiabilidade e evitar também os custos gerados por uma quebra ou parada durante o processo.

A área responsável pelo estudo de caso, planejamento e colocação em prática do plano foi a área de engenharia com suporte das demais áreas no que diz respeito à obtenção de informações e auxílio técnico no desenvolvimento do estudo de caso.

Para a tomada de decisão gerencial mais adequada ao caso estudado apresentado. Foram utilizadas algumas ferramentas de processo já definidos anteriormente. 5W2H, Matriz de GUT, Matriz de criticidade e classificação ABC, FMEA e MCC.

#### **3.1.1 – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA 5W2H**

O uso da ferramenta 5W2H foi importante para definir que uma medida imediata deveria ser tomada para manter a produtividade e a confiabilidade das bombas centrífugas e por consequência maior confiabilidade do processo produtivo. Com ela foi possível determinar como tudo seria feito e de onde sairiam os recursos financeiros, a mão-de-obra necessária, os responsáveis pelo projeto e o prazo de início e conclusão.

A seguir como ficou a aplicação da ferramenta ao case e suas definições.

Tabela 1: Ferramenta 5W2H Definições.

5W2H	
PROBLEMA	DIFERENÇAS
1	<p><b>WHAT - O que faremos?</b></p> <p>Montagem de um plano de manutenção para as bombas centrífugas, utilizando as informações dos fabricantes e ferramentas de confiabilidade considerando as condições atuais dos ativos.</p>
2	<p><b>WHY - Por que fazer?</b></p> <p>Segundo maior Down Time de unidade. Importância dos equipamentos para o processo produtivo.</p>
3	<p><b>WHERE - Onde faremos?</b></p> <p>Na unidade de papelaria - Projeto piloto na Máquina de Papel #1</p>
4	<p><b>WHO - Quem fará?</b></p> <p>Área de Manutenção com suporte de especialistas.</p>
5	<p><b>WHEN - Quando faremos?</b></p> <p>Entre os dias 01 de Abril e 07 de Junho de 2018.</p>
1	<p>1.1 Aplicação da ferramenta GUT ao problema</p>
	<p>1.2 Inventariar todos os bombas centrífugas (identificando no sistema qual está em operação e qual está no depósito) e cadastrar seus sobressalentes de acordo com os fabricantes.</p>
	<p>1.3 Analisar os equipamentos que compõem a linha produtiva e criar uma matriz de criticidade e classificá-los utilizando os índices A, B e C.</p>
	<p>1.4 Utilizar a ferramenta FMEA e as recomendações dos fabricantes para criar os planos de manutenção dos ativos.</p>
	<p>1.5 Criação de um histórico de manutenção dos equipamentos e seus modos de falha.</p>
	<p>1.6 Criar indicadores para acompanhamento das melhorias (MTBF, MTRR, cumprimentos dos planos, entre outros).</p>
	<p>1.7 Aplicação da metodologia MCC nos ativos.</p>
	<p>1.8 Sugestões de melhorias nos planos de manutenção inicial, essas já baseadas nas condições atuais dos equipamentos.</p>
2	<p><b>HOW MUCH - Quanto vai custar?</b></p> <p>Na primeira etapa não haverá custos diretos.</p>

Fonte: O autor

### 3.1.2 – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MATRIZ DE GUT

Após ser definido o que seria feito, a montagem de um plano de manutenção preventiva com a aplicação da metodologia MCC e da ferramenta FMEA e a utilização de informações fornecidas pelos fornecedores dos equipamentos, foi decidido determinar qual seria a ordem de importância de cada equipamento.

Na fábrica de papel, selecionamos no sistema de bombeamento da Máquina de Papel #1, as bombas que seriam aplicadas a ferramenta Matriz GUT

Com a aplicação da Matriz de GUT ficou claro quais equipamentos deveríamos priorizar, quais bombas que devem ser atacadas primeiro, assim tendo uma maior eficiência nas ações planejadas

A seguir como ficou o resultado da aplicação da ferramenta:

**Tabela 2: Matriz de GUT**

LOCAL 4	EQUIPAMENTO	GRAVIDAD E	URGÊNCI A	TENDÊNCI A	GRAU CRÍTICO (GxUxT)
01-BB-007 (TQ 3)	BBA ABS BA 150/80-32	1	1	1	1
01-BB-009 (TQ 1)	BBA ABS BA150/80-26	3	5	3	45
01-BB-302	BBA ABS NB 200/150-32C	5	5	5	125
01-BB-303	BBA ABS NB 200/125-32SO	5	5	5	125
01-BB-304	BBA ABS NB 100/80-32 SO	5	5	5	125
01-BB-529	BBA ABS NB 80/50-26C	3	4	3	36
01-BB-530	BBA ABS NB 125/100-25C	3	3	4	36

Fonte: Autor

### 3.2.3 – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MATRIZ DE CRITICIDADE

O primeiro passo para a formulação de um plano de manutenção eficaz foi classificar os equipamentos quanto a sua criticidade dentro do processo de produção. Essa classificação é de extrema importância para determinar quais equipamentos e componentes deverão ser observados com mais atenção e onde deverão ser investidos os recursos iniciais do plano de ação.

Os equipamentos foram classificados em ordem de prioridade A, B e C. Onde o equipamento classe A tem extrema prioridade, pois afetam diretamente a produção, a segurança, o meio ambiente e a qualidade, os classe B tem prioridade intermediária, não afetam diretamente os itens mencionados anteriormente e os classificados com C são de importância secundária, pois possuem componentes redundantes ou sobressalentes para aplicação imediata.

Nos resultados da análise, verificamos que quase todos os equipamentos estão classificados como classe A, poucos como B e C (três cada um), dentro de um conjunto de 26 equipamentos. Isso indica quão importante e eficiente deverá ser a manutenção deles para que não ocorram falhas catastróficas ao processo produtivo.

**Tabela 3: Matriz de Criticidade e Classificação ABC**

LOCAL 2	LOCAL 1	LOCAL 8	EQUIPAMENTO	SMS	PRODUÇÃO	QUALIDADE	FREQUÊNCIA	PERIODICIDADE	CRITICIDADE	TEMPO MÉDIO P/ TROCA (h)	RESERVA NO DEPOSITO	RESERVA EM JINHA	TEMPO MÉDIO P/ MANUTENÇÃO NA OFICINA (h)
PREP. DE MASSA	TQ QUEBRA SEC.	01-88-007 (TC 8)	88A-88BA 10/90-12	PEQUENA	PEQUENA	PEQUENA	NÃO		C	2,5	SIM	NÃO	4
APROACH FLOW	TQ FULMÃO	01-88-009 (TC 4)	88A-88B 84/50/30-26	PEQUENA	MÁXIMA	MÉDIA	SIM	MENSAL	A	2,5	SIM	NÃO	4
APROACH FLOW	CLEVER PRIMÁRIO	01-88-302	88A-88NB 202/150-120	MÉDIA	MÁXIMA	MÁXIMA	SIM	MENSAL	A	2,5	SIM	NÃO	4
APROACH FLOW	CLEVER SECUN.	01-88-303	88A-88NB 202/121-1250	MÉDIA	MÁXIMA	MÁXIMA	SIM	MENSAL	A	2,5	SIM	NÃO	4
APROACH FLOW	CLEVER TERC.	01-88-304	88A-88NB 202/90-12 90	MÉDIA	MÁXIMA	MÁXIMA	SIM	MENSAL	A	2,5	SIM	NÃO	4

Fonte: Autor

### 3.3 – IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA MCC NO ESTUDO DE CASO

Após a aplicação das ferramentas Matriz de GUT e Matriz de Criticidade e Classificação ABC que ajudaram a classificar quais equipamentos são importantes para o processo, foi iniciada a proposta deste projeto que é a aplicação dos conceitos da metodologia da manutenção centrada na confiabilidade - MCC, na gestão da manutenção das bombas centrífugas responsáveis por todo o sistema de alimentação da Máquina de Papel #1, localizada dentro da Fabrica de Papel localizada na cidade Pirai/RJ.

Desta forma iniciou-se a elaboração do material documental conforme metodologia adotada como consequência da elaboração de um manual da MCC para os referidos equipamentos, sendo o objetivo principal estabelecer critérios de manutenção para equipes que atuam nas bombas centrífugas, sejam na manutenção na oficina ou na execução dos check list na área.

Durante a coleta de informações, na área em conversa com o pessoal da manutenção e operação, verificou-se a ausência de um plano de manutenção mais adequado para estes equipamentos e também a não execução do plano existente.

O que justifica a elaboração de procedimentos padronizados trazendo um ganho expressivo na redução dos Down Times (perda de produção causada pela área de manutenção) e consumos de sobressalentes.

### 3.3.1 - SEQUÊNCIA DE IMPLEMENTAÇÃO DA MCC

A metodologia MCC adota uma sequência estruturada. Abaixo apresentamos os passos a serem seguidos para o desenvolvimento da metodologia.

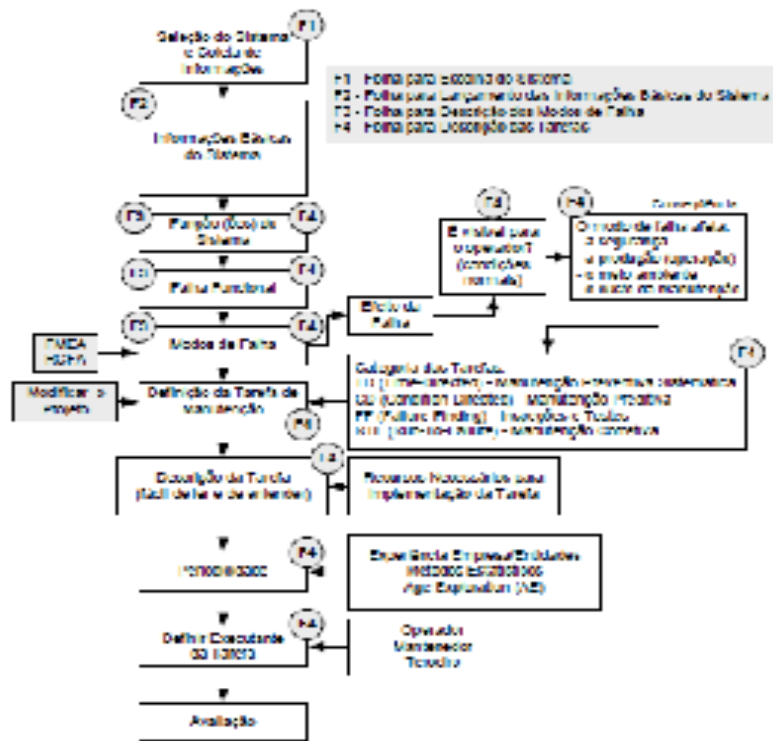


Figura 1: Procedimento de referência para implantação da MCC  
Fonte: Eduardo de Santana Seixas

- i) **Etapa 0 – Seleção do Sistema e Coleta de Informações.**

Foi determinado, ainda na fase inicial do estudo, qual sistema seria avaliado. Na Fábrica de Papel em estudo, devido à importância da atividade de bombeamento e ao seu alto número de quebras relatadas, o estudo concentrou-se nesses equipamentos (bombas centrífugas).

Assim, foi realizado um estudo da confiabilidade das bombas centrífugas da Máquina de Papel #1.

No escopo foi decidido fazer a análise dos componentes do equipamento e definindo como parâmetros críticos o impacto em SMS, na qualidade do produto, na produção e no custo de manutenção.

- ii) **Etapa 1 – Informações básicas do sistema.**

#### DADOS GERAIS DO EQUIPAMENTO - Descrição do Equipamento

Bombas são máquinas que tem a finalidade de realizar o deslocamento de um líquido de um ponto a outro. Uma bomba transforma o trabalho mecânico recebido de uma fonte motora (motor ou turbina) em energia que, posteriormente, será transferida ao fluido sob a forma de energia de pressão (onde há um aumento da pressão do líquido) ou energia cinética (onde há um aumento da velocidade de escoamento do líquido).

As bombas centrífugas são aquelas em que a energia fornecida ao líquido é primordialmente do tipo cinética, sendo posteriormente convertida em grande parte em energia de pressão. A energia cinética pode ter origem puramente centrífuga ou de arrasto, ou mesmo a duas dependendo da forma do rotor.

- **iii) Etapa 2 – Funções do Sistema**

O sistema analisado (Bombas Centrífugas) tem ligação com todo o sistema de bombeamento de massa e aditivos que são bombeados para Máquina de Papel #1, caso alguma dessas bombas parem de funcionar a produção de papel será impactada dependendo da criticidade da bomba para o sistema.

- **iv) Etapa 3: Análise de modos e efeitos de falha**

Ao iniciar a coleta de dados para a implementação da MCC, a falta de dados confiáveis de histórico de tempos entre falhas dos equipamentos surgiu como um obstáculo para a análise de dados. Reunindo experiências anteriores, conhecimento técnico e experiência dos responsáveis pela manutenção e consultando os manuais dos fabricantes, decidiu-se aplicar a ferramenta FMEA.

No FMEA são documentadas e identificadas todas as funções e seus modos de falha, assim como os efeitos adversos produzidos por elas, são documentados os seguintes aspectos da instalação:

- Funções desempenhadas pelo sistema;
- Falha;
- Modo como as falhas se originam;
- Efeitos provocados pelas falhas;
- Severidade de cada efeito;

Segue abaixo o FMEA elaborado para os elementos críticos do equipamento em estudo:

**Tabela 5: Análise de Modo de Falha e Efeito**

FMEA - ANÁLISE DE MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS										
ÁREA: Engenharia de Manutenção			Sistema: MP#1				DATA: Maio/18			
ELABORADOR: Uanderson S. Esposti			PROCESSO/PRODUTO: Bomba Centrífuga				FOLHA: 05			
EQUIPAMENTO	COMPONENTE	FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO	MODOS DE FALHA POTENCIAL	EFEITO (S) DA FALHA EM POTENCIAL	SEVERIDADE	CAUSA (S) POTENCIAL DA FALHA	OCORRÊNCIA	CONTROLE ATUAL DE PREVENÇÃO	CONTROLE ATUAL DE DETECÇÃO	RPN (S) (RPN)
BOMBA CENTRÍFUGA	CARCACA / ESTRUTURA	SUPPORTAR CONTATO E DIRECIONAR FLUXO DE FLUIDO	FURO	VAZAMENTOS	2	AMBIENTE AGRESSIVO	4	—	—	2 08
			CORROSÃO	DETERIORAÇÃO ACCELERADA	3	AMBIENTE AGRESSIVO	8	—	—	2 12
			CORROSÃO	DETERIORAÇÃO ACCELERADA	3	FALTA DE MANUTENÇÃO	4	—	—	2 8
	VIELTA	DIRECIONAR FLUXO DE FLUIDO	DESgaste	BAIXA PERFORMANCE	3	ATrito ENTRE PEÇAS ROTATIVAS	8	—	—	3 90
			DESgaste		3	CANTEAÇÃO	8	—	—	3 90
			VULNERABILIDADE		3	EGAL DE VIDA ÚTIL DAS PEÇAS	4	—	—	4 90

Fonte: Autor

### v) Etapa 3: Definição da Tarefa de Manutenção

Nesta etapa, iremos definir qual recurso será utilizado para identificar e eliminar os modos de falha identificados anteriormente.

Para determinar os recursos para executar a manutenção foi utilizado a avaliação RPN de cada modo de falha que foi calculada na tabela acima. Abaixo uma tabela com as decisões a serem tomadas de acordo com cada valor de RPN calculado:

**Tabela 6: Prioridade de Intervenção nas causas**

PRIORIDADE DE INTERVENÇÃO NAS CAUSAS	
RPN:	RISCO:
0 ATÉ 120	MENOR. NENHUMA AÇÃO SERÁ TOMADA (OU TOMADA A LONGO PRAZO COM ÓTICA DE MELHORIA CONTÍNUA)
121 ATÉ 250	MODERADO: AÇÃO DEVE SER TOMADA - MÉDIO PRAZO
251 ATÉ 520	ALTO. AÇÃO DEVE SER TOMADA, VALIDAÇÃO SELETIVA E AVALIAÇÃO DETALHADA DEVEM SER REALIZADAS - CURTO PRAZO
521 ATÉ 1000	CRÍTICO: AÇÃO DEVE SER TOMADA, MUDANÇAS AERANGENTES SÃO NECESSÁRIAS. TALVEZ À PRODUÇÃO DE VÁRIAS REINTEGRAÇÕES.

Fonte: Autor

Cada tarefa terá uma categoria como mostrado a seguir:

- PM03 – Inspeção Sensitiva
- PM04 – Inspeção Instrumentada
- PM05 CB – Manutenção Baseada na Condição (Cuidados Básicos)
- PM05 BT – Manutenção Baseada no Tempo

• **vi) Etapa 4: Descrição da tarefa de manutenção**

Após a aplicação da ferramenta RPN (Risk Priority Number) que classificou os modos de falha dos componentes quanto ao seu risco de falha e foram definidas quais atividades seriam realizadas para solucionar essas falhas.

Agora será descrito como cada atividade será executada pelo responsável definido também na análise de modos de falha e efeito.

- PM03 – Inspeção Sensitiva

**Tabela 8: Lista de Tarefas de Inspeção Sensitiva**

LISTA DE TAREFAS	
1	VERIFICAR ACESSO
2	VERIFICAR EXISTÊNCIA DE PLACA COM O TAG. CASO NECESSÁRIO ABRIR ORDEM PARA PINTAR OU INSTALAR
3	VERIFICAR ESTADO CONSERVAÇÃO DE PORCAS E A FIXAÇÃO DA BOMBA.
4	VERIFICAR EXISTÊNCIA DE TRINÇAS NA BASE DE FIXAÇÃO DA BOMBA.
5	VERIFICAR ESTADO CONSERVAÇÃO DE PARAFUSOS, FLANGES, CONEXÕES, MANOMETRO, VALVULAS E FILTRO.
6	VERIFICAR CONSERVAÇÃO DA SUPOORTAÇÃO E A FIXAÇÃO DAS TUBULAÇÕES, ACESSÓRIOS E VALVULAS.
7	VERIFICAR CONSERVAÇÃO/VAZAMENTOS DE CONEXÕES.
8	VERIFICAR A EXISTÊNCIA DE VAZAMENTOS DE ÓLEO E LAS VEDAÇÕES/MANCAL.
9	VERIFICAR VIBRAÇÕES E RUIDOS ANORMAIS NO ACOPLAMENTO, BOMBA E ACESSÓRIOS.
10	VERIFICAR ESTADO CONSERVAÇÃO DO ACOPLAMENTO, ELEMENTOS ELÁSTICOS DA PROTEÇÃO.
11	VERIFICAR A PROTEÇÃO DO ACOPLAMENTO (CASO APLICADO).
12	VERIFICAR CONDIÇÕES DE PINTURA DA BASE, BOMBA E ESTRUTURAS METÁLICAS
13	VERIFICAR ATERRAMENTO

FONTE: Autor



- PM04 – Inspeção Instrumentada
- PM05 CB – Manutenção Baseada na Condição (Cuidados Básicos)

**Tabela 9: Lista de Tarefas de Manutenção Baseada na Condição**

LISTA DE TAREFAS	
PM05 CB	
1	AJUSTAR GAXETA CONFORME PROGRAMACAO
2	LUBRIFICAR ROLAMENTOS

FONTE: Autor

- PM05 BT – Manutenção Baseada no Tempo

**Tabela 10: Lista de Tarefas de Manutenção Baseada no Tempo**

LISTA DE TAREFAS	
PM05 DT	
1	INSPECIONAR HELICE QUANTO A QUEBRA, TRINCA E EMPENAMENTO.
2	INSPECIONAR LAEIRINTO E VERIFICAR A INTEGRIDADE E DESGASTE
3	INSPECIONAR VOLUTA, AVALIANDO DESGASTES NOS INTERNOS E ROTOR.
4	INSPECIONAR SELO MECANICO E TESTAR
5	REVISAO DO ACOPLAMENTO

FONTE: Autor

Essas descrições de tarefas serão anexadas as Ordem de Serviço preventivas e ao Check list que será realizado pelo mecânico da área.

#### **vii) Etapa 5: Definição da periodicidade das tarefas de manutenção**

Para definição da periodicidade das tarefas definidas acima foi utilizado a experiência do pessoal de manutenção da empresa, histórico de outras empresas e pesquisa em manuais de fabricantes.

A periodicidade está classificada de acordo com a Criticidade do equipamento como mostra a tabela a seguir:

**Tabela 11: Definição da Periodicidade de Manutenção**

FMEA - ANÁLISE DE MODO DE FALHAS E SEUS EFEITOS										
ÁREA: Engenharia de Manutenção			Sistema: MP#1				DATA: Maio/8			
ELABORADOR: Uanderson Siqueira Eiposti			PROCESSO/PRODUTO: Bomba Centrífuga				FOLHA: 06			
EQUIPAMENTO	COMPONENTE	FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFEITO (SE FALHA EM POTENCIAL)	RISCOS	CAUSA (S) POTENCIAL DA FALHA	AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA	TIPO DE MANUTENÇÃO	PERIODICIDADE (SEMANAIS)	
BOMBA CENTRÍFUGA	CARÇA / ESTRUTURA	SUPPORTAR CONTINUA E DIRECCIONAR FLUXO DE FLUIDO	FURO	VIBRAMENTO	18	ABSENTE AGRESSIVO	DIRECCIONAL SENSITIVAMENTE	PM00	ANOS SEMANAIS DIARIAS	
			CORROSAO	DEGRADACAO ACELERADA	12	ABSENTE AGRESSIVO	DIRECCIONAL SENSITIVAMENTE	PM00	ANOS SEMANAIS DIARIAS	
			CORROSAO	DEGRADACAO ACELERADA	8	FALTA DE MANUTENCAO	DIRECCIONAL SENSITIVAMENTE	PM00	ANOS SEMANAIS DIARIAS	
	VOLUTA	DIRECCIONAR FLUXO DE FLUIDO	BAIXA PERFORMANCE	DESALATE		99	ATROFICACAO MECANICA	DIRECCIONAL SENSITIVAMENTE	PM00	ANOS SEMANAIS DIARIAS
				DEGASTE		90	CATIBACAO	DIRECCIONAL SENSITIVAMENTE	PM00	ANOS SEMANAIS DIARIAS
				VIBRAMENTO		90	PERDAS DE VIBRACAO DAS FUNDAS	DIRECCIONAL SENSITIVAMENTE	PM00	ANOS SEMANAIS DIARIAS
				VIBRAMENTO		90	PERDAS DE VIBRACAO DAS FUNDAS	DIRECCIONAL SENSITIVAMENTE	PM00	ANOS SEMANAIS DIARIAS

Fonte: Autor

#### 4 - CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Os altos índices de paradas e os custos de manutenção não planejada nas bombas centrífugas do sistema de alimentação da MP#1 impulsionou a busca de uma ferramenta de análise de confiabilidade para somar aos programas de manutenção já existente na fábrica que são as manutenções corretiva, preventiva e preditiva.

Decidiu-se utilizar a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade, com o objetivo de reduzir falhas no sistema de bombeamento da MP#1. A continuidade desse trabalho possibilitará a melhoria dos resultados que por sua vez, ainda não foram totalmente obtidos pela implantação da ferramenta de análise de confiabilidade (MCC) apresentada. O estudo em questão teve como foco principal fazer uma análise para obter uma melhoria em relação às paradas não planejadas do equipamento que é fundamental para a operação, gerando menor perda econômica por falhas atribuídas a Manutenção.

Não há com saber ainda se a implantação do programa da MCC vai provocar uma melhoria nos resultados, por exemplo, aumentando a disponibilidade dos equipamentos, pois além de implementar a ferramenta será necessário criar indicadores para avaliação do método e, posteriormente, reunir a equipe e executar todas as atividades planejadas, gerando amostragens suficientes, a

fim de que seja possível realizar as comparações necessárias, evidenciando o sucesso ou não dessa aplicação.

É necessário ressaltar que para o êxito da ferramenta é de suma importância registrar por completo todas as atividades desenvolvidas pelo plano de manutenção, para que seja possível comparar as atividades atuais, com as sugeridas pela MCC.

É recomendado, que a empresa compreenda que para alcançar a máxima eficácia dessa metodologia demandará um período para que os resultados que serão avaliados a médio ou longo prazo, após a implantação possam apresentar a confiabilidade necessária até que após todas as correções, ajustes e melhorias seja capaz de obter os resultados esperados.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**