

RCM: Inovando Em Processos De Manutenção

MARCIO DIOGO RODRIGUES¹
ANTONIO FERNANDO ROSA DINI²

Data de submissão: 20/03/2021. Data de publicação: 15/05/2021.

RESUMO

Este artigo apresenta a aplicação da Reliability Centered Maintenance (RCM) em um equipamento de preparação de misturas. É analisado um estudo de caso prático de caráter exploratório descritivo com dados secundários. O artigo descreve a fundamentação da ferramenta RCM, trazendo os conceitos de manutenção utilizados na metodologia, buscando aprimorar os conhecimentos técnicos da equipe de manutenção. Através desta metodologia, busca-se a redução de paradas de equipamentos por motivos de manutenção não programadas, contribuindo desta forma para o aumento da disponibilidade do equipamento. O diferencial observado foi o desenvolvimento dos manutentores quanto a criticidade nas análises no decorrer das manutenções, propondo melhorias no sistema para reduzir as paradas não programadas.

Palavras-chave: Manutenção. Disponibilidade. RCM.

ABSTRACT

This article presents the application of Reliability Centered Maintenance (RCM), in a mix preparation equipment. An exploratory descriptive practical case study with secondary data is analyzed. The article describes the rationale for the RCM tool, bringing the maintenance concepts used in the methodology, where it seeks to improve the technical knowledge of the maintenance team. Through this methodology, the aim is to reduce equipment downtime due to unscheduled maintenance, thus contributing to the increase in equipment availability. The differential observed was the development of the maintenance staff regarding the criticality in the analyzes during the maintenance, proposing improvements in the system to reduce unscheduled downtime.

Keyword: Maintenance. Availability. RCM.

¹ Pós-graduando do MBA em Gestão Empresarial pelo Centro Universitário Uniftec de Caxias do Sul, Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade de Caxias do Sul.

² Doutor em Ciências Militares pela Escola de Comando e Estado Maior do Exército. Administrador (UNISUL - SC), é especialista em Gestão de Pessoas (UFRRJ) e Economia Monetária (FunRE - Santa Maria-RS). Especialista em Política e Estratégia pela Escola Superior de Guerra - RJ. Coordenador da Escola de Negócios do Centro Universitário UNIFTEC Caxias do Sul - RS.

1 INTRODUÇÃO

O setor de manutenção é considerado uma área estratégica para o bom desempenho e eficiência na indústria. Em tempos de alta competitividade e novas tecnologias, é fundamental manter os equipamentos em ordem e não ser surpreendido com falhas e quebras. Desta forma, é importante ter garantias de que os processos produtivos vão ser desempenhados da forma pela qual eles foram projetados. É nesse contexto que surgiu o RCM, uma estratégia de manutenção focada na confiabilidade e segurança dos equipamentos e ativos da empresa.

O MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), ou RCM (do inglês Reliability Centered Maintenance), é uma metodologia que auxilia no planejamento da manutenção, considerando aspectos de confiabilidade dos ativos, sendo que ela está baseada na probabilidade de um ativo desempenhar suas funções necessárias em um determinado espaço de tempo sob suas condições de uso previamente definidas.

O método da RCM foi primeiramente estruturado na aviação civil, por volta dos anos 1970 e sua essência está no planejamento de manutenção, ou seja, ela parte do princípio de que é mais válido parar para analisar as funcionalidades de um equipamento e otimizá-las regularmente do que corrigir falhas após a ocorrência.

A implantação da metodologia de RCM implica em cumprir diversas etapas até finalizar o processo e isso inicia na definição do equipamento que será submetido ao método, onde após seguir critérios definidos, verifica-se a necessidade ou não de aplicação do método ao equipamento. Na busca detalhada da possível falha, o ativo é estudado através de subconjuntos, o que propicia a maior assertividade na identificação das falhas no equipamento e, posteriormente, a criação de um cronograma para a execução das atividades listadas como possíveis soluções para reduzir o número de paradas do ativo.

Essa ferramenta é bem aceita pelas empresas, pois além do ganho em produtividade, devido à redução de paradas não programadas nos equipamentos por motivos de manutenção, traz uma maior confiabilidade nos processos, proporcionando menor índice de produtos em não conformidade e conseqüentemente melhores rendimentos financeiros.

Baseado nos ganhos quando utilizado o RCM como estratégia de manutenção, o artigo tem como objetivo estruturar a aplicação da ferramenta de análise, RCM, para levantar os modos de falha, efeitos, consequência e definir intervenções adequadas para mitigar os riscos associados, desde a aquisição até o descomissionamento dos ativos para,

desta forma, mantê-los agregando valor ao negócio com custo e disponibilidade produtiva aceitáveis durante o seu ciclo de vida, ou seja, desde seu projeto ou aquisição, seguindo na operação, manutenção, reforma e finalizando em seu descarte.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONCEITOS DE MANUTENÇÃO

Segundo Moubray (2000), o MCC é um processo que determina o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional. Ele estabelece ações de manutenção requerida por um ativo com o objetivo de definir o modelo de manutenção a ser aplicado para garantir que ele continue a fornecer as suas funções requeridas.

Para a aplicação da metodologia, é fundamental o entendimento de alguns conceitos que orientam as análises para conseqüentemente uma maior precisão na tomada de decisões quanto aos processos adotados.

- **FALHA:**

De acordo com a norma NBR 5462 (1994), a falha é o término da capacidade de um item em desempenhar sua função requerida. Entretanto, o item pode estar degradado ou ao mesmo tempo avariado e ainda não causar uma falha. Podemos classificar as falhas da seguinte forma:

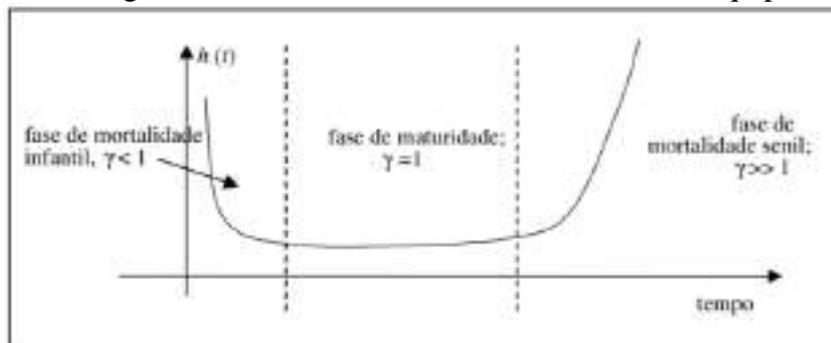
- a) Falha Oculta: é o período que antecede a detecção de uma falha.
- b) Falha Potencial: é a falha possível de ser identificada. Ela pode ser detectada pelo método da preditiva ou inspeções periódicas de manutentores.
- c) Falha Funcional: é a falha na qual impossibilita o ativo de cumprir as atividades, conforme parâmetros de projeto.
- d) Falha Total: é considerado o último estágio da falha, ou seja, é onde ocorre a quebra do equipamento.

- **CURVA DA BANHEIRA**

A análise do comportamento da taxa de falha de um equipamento ao longo do tempo pode ser representada por uma curva que possui a forma de uma banheira, conforme

ilustra a Figura 1. A curva representa as fases da vida, as características de um sistema: mortalidade infantil, maturidade e mortalidade senil.

Figura 1 - Curva da banheira e ciclo de vida de equipamentos.



Fonte: SELLITTO (2005).

No período de mortalidade infantil, a taxa de falhas é alta, porém decrescente. As falhas preliminarmente são causadas por erros de projeto, peças defeituosas, processos de fabricação inadequados, mão-de-obra desqualificada, estocagem inadequada, instalação imprópria, entre outras. Essa taxa de falhas diminui com o tempo, após a reparação dos defeitos detectados. Sellitto (2005) aponta que neste período, a melhor estratégia de manutenção é a corretiva, ou seja, cabe a manutenção não apenas reparar o equipamento, mas corrigi-lo para que a falha não se repita.

O período compreendido entre t_1 e t_2 é a fase de maturidade ou período de vida útil. Nesta fase as falhas ocorrem por causas aleatórias, externas ao sistema, tais como: acidentes, liberações excessivas de energia, mau uso ou operação inadequada e que são de difícil controle. As falhas aleatórias podem assumir diversas naturezas, tais como: sobrecargas aleatórias, problemas externos de alimentação elétrica, vibração, impactos mecânicos, bruscas variações de temperatura, erros humanos de operação entre outros. Para Sellitto (2005), a melhor estratégia de manutenção para esse período é aplicar a manutenção preditiva. Ele ainda destaca que o término da vida útil, sob o ponto de vista de confiabilidade, que ocorre quando o item ingressa no período de mortalidade senil, não deve ser confundido com sua obsolescência do ponto de vista mercadológico ou produtivo. Nesta, o item é substituído por haver desaparecido o valor atribuído a função que desempenha.

- MODO DE FALHA

Para Siqueira (2009), o modo de falha é um evento ou condição física que causa uma falha funcional e está associado a causa da transição do estado normal para o estado anormal. Em geral podem ser divididos em mecânicos, elétricos, estruturais e humanos.

- PROBABILIDADE DE FALHA

A densidade de probabilidade de ocorrência de falha é definida pela modelagem da variação temporal da probabilidade de falha funcional do item por unidade de tempo, conforme a equação 3.1.

Segundo Fogliato e Ribeiro (2009), a equação 3.2 mostra a distribuição de probabilidade acumulada de ocorrência de falha.

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (3.1)$$

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (3.2)$$

Conforme a equação, podemos verificar que $f(t)$ é a função densidade de probabilidade de falha, $F(t)$ é a distribuição de probabilidade acumulada de falhas e t é o tempo até a falha.

- CONFIABILIDADE

Segundo Lafraia (2001), a confiabilidade é a propriedade que um item não falhe em um período de tempo previsto sob condições de operações especificadas e é determinada pela

equação $R(t) = 1 - F(t)$.

- TAXA DE FALHA

Siqueira (2009) define que taxa de falha é a probabilidade condicional da ocorrência de falha no intervalo de t a $t + dt$, dado que não houve falha até o instante t , dividido pelo intervalo dt . Matematicamente é definido pela equação 3.3, que está logo abaixo.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{d \log R(t)}{dt}$$

- DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL

A distribuição de Weibull é uma distribuição de probabilidade apropriada para a modelagem de dados de confiabilidade e, conforme Fogliato e Ribeiro (2009), a distribuição de Weibull é a mais comumente empregada para descrever os tempos até as falhas de equipamentos. As equações descritas abaixo, representam a confiabilidade.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.6)$$

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} t^{\beta-1} e^{-\frac{t^\beta}{\eta}} \quad (3.7)$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (3.8)$$

Com base nas equações, podemos notar que t é a taxa de falha, $R(t)$ é a confiabilidade, $f(t)$ é a função densidade de probabilidade de falha, t é o tempo até falha ($t \geq 0$), β é o fator de forma ($\beta > 0$) e η é a vida característica ($\eta > 0$).

- MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A manutenção industrial é entendida como um conjunto de atividades e cuidados técnicos realizadas com o objetivo de manter a condição de funcionamento de um sistema produtivo. Conforme as necessidades e objetivos da empresa, pode-se trabalhar com modalidades diferentes de manutenção. No caso da empresa Fras-le, a manutenção opera nas modalidades de Preventiva, Preditiva e Corretiva.

- MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Conforme Ribeiro (2010), a manutenção preventiva surgiu nos Estados Unidos, mas foram os Japoneses, na década de 1950, que aperfeiçoaram e introduziram este modelo de manutenção na indústria. Esse conceito surgiu devido a elevados gastos que empresas japonesas possuíam nas manutenções realizadas após a quebra do equipamento.

Esse modelo de manutenção consiste em realizar procedimentos e ações antecipadas visando manter os ativos em funcionamento. As atividades obedecem a um padrão previamente analisado, onde é estipulado um período para a realização das inspeções decorrentes das preventivas de inspeções ou para a troca de componentes, oriunda das manutenções preventivas de troca, assegurando assim o funcionamento adequando do equipamento pelo período predeterminado.

- **MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Conforme Xenos (2004), a manutenção preventiva é uma modalidade mais cara quando se considera apenas o custo da manutenção, pois as peças e os componentes dos equipamentos são trocados ou reformados antes de atingirem seus limites de vida. A manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento dos ativos e permitem otimizar a troca das peças ou reforma de componentes, com base em dados que informam o grau de desgaste ou avaria deles. É largamente o modelo de manutenção mais desejado pelas indústrias, devido aos ganhos oferecidos, sendo eles:

- a) Elimina desmontagens desnecessárias de sistemas para a inspeção e/ou substituição de peças;
- b) Aumenta o tempo de disponibilidade do equipamento;
- c) Reduz o trabalho de reparo após a quebra de um equipamento;
- d) Impede o aumento dos danos;
- e) Aproveitar a vida útil total dos componentes de um equipamento;
- f) Reduz custo de manutenção do equipamento.

- **MANUTENÇÃO CORRETIVA**

A manutenção corretiva é realizada após a quebra de um sistema tornando o equipamento inoperante e tem a função de restabelecer a condição original de funcionamento dele. Este procedimento visa corrigir de forma rápida um defeito, proporcionando a retomada do equipamento no menor tempo possível e essa manutenção deve ser de boa qualidade para evitar novas quebras, observando sempre o menor custo de material e mão-de-obra. Deve-se levar em conta as perdas por paradas de produção quando for definido o modelo de manutenção a ser adotado, pois os valores podem ser mais dispendiosos que propriamente o custo do reparo.

2.2. APLICAÇÃO DO METODO MCC

Zaions (2003) nos traz que as literaturas que tratam o tema MCC, estabelecem várias sistemáticas para a aplicação da metodologia. Entretanto, as ideias principais apresentadas nas obras são basicamente iguais e apresentam pequenas variações associadas as experiências de cada um dos autores.

mínimo de 12 meses. Esses dados são obtidos através do software de gerenciamento da manutenção e do sistema produtivo da empresa (SAP).

Para a obtenção da confiabilidade, é necessário analisar e qualificar os dados levantados em um nível de confiança, desvio padrão, margem de erro, valores médios, mínimos e máximos para posterior aplicação da análise de dados, através de regressão linear, calculando desta forma os valores de BETA e ALFA que serão base para a definição do tempo de vida do produto.

Tabela 1 - Classificação dos equipamentos

MANUTENÇÃO - CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS			
OBJETO	NÚMERO	CATEGORIA	CRITÉRIOS
MANUFATURA	1	Carga da máquina	4= Trabalha em 03 turnos
			2= Trabalha em 02 turnos
			1= Trabalha em 01 turno
MANUFATURA	2	Substituição da máquina	4= Não (Impossível)
			1= Sim (É possível)
MANUFATURA	3	Influencia parada de produção	4= Percebido no cliente Montadora/exportação
			2= Percebido no cliente Reposição
			1= Percebido no cliente interno
QUALIDADE	4	Influencia Qualidade final	5=Característica de segurança do produto
			4=FMEA Característica crítica
			3= Reclamações clientes
			2= Não conformidades internas
			1= Não Influencia sobre a Qualidade final
MANUTENÇÃO	5	MDT	4=> 8hs
			2= entre 2hs e 8hs
			1=< 2hs
	6	MTBF	4= ≤ 50 hs
			2= entre 51 e 149 hs
			1= ≥ 150hs
7	Custos de manutenção anual	4 = ≥ R\$: 50.000	
		2 = > R\$15,000 e <R\$50.000	
		1 = ≤ R\$15.000	
MEIO AMBIENTE	8	Influência no meio ambiente	5= Impacto que atinge a circunvizinhança
			4= Impacto minimizado com controles internos
			2= Impacto no local de trabalho
			1= Baixo impacto
SEGURANÇA	9	Influencia na Segurança	5= Elevado risco de acidente
			4= Médio risco de acidente
			2= Baixo risco de acidente
			1= Nenhum risco de acidente
	CLASSE		
	TOAL PONTOS	A B C	A quando ≥ 27 pontos
			B quando entre 20 até 26 pontos
C quando ≤ 19 pontos			

Fonte: Adaptado pelo autor (2020).



- **FORMAÇÃO DA EQUIPE MULTIDISCIPLINAR**

Para o levantamento dos modos e efeitos de falha, consequências, avaliação do RPN (Número de Prioridade de Risco) e propor ações para mitigar os riscos é necessário formar uma equipe de análise multidisciplinar para participarem de reuniões periódicas.

Desta forma, é imprescindível o envolvimento do operador do equipamento, técnicos de manutenção com responsabilidades mecânicas e elétricas, engenheiros mecânicos e elétricos, representantes da área de processo, ferramentas, manufatura, segurança e liderança.

Como todo o processo de gestão da mudança, a liderança precisa estar à frente assumindo seu papel de transformação da cultura e comportamento dos indivíduos envolvidos no processo.

- **GERENCIAMENTO DE REUNIÕES**

De forma sistemática, deverão existir reuniões de estudo, onde é feita uma análise do equipamento com um grupo eclético, fracionando o mesmo em subconjunto para uma análise mais profunda do sistema sendo guiado pela ferramenta FMEA. Nessas reuniões são discutidos os modos de falhas, a criticidade das mesmas e as possíveis ações para mitigar os defeitos identificados. As reuniões são agendadas com período de, no máximo, 02 horas de duração, para obter uma maior concentração e melhor rendimento da equipe envolvida na atividade. O período das reuniões é semanal, podendo ser reduzido caso tenha uma necessidade de entrega do trabalho em um menor período. Nas reuniões é necessário ter representantes das áreas envolvidas, sendo de responsabilidade da área a substituição do funcionário caso o representante não possa comparecer.

- **ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E EFEITOS - FMEA**

A ferramenta FMEA é largamente utilizada pela indústria, principalmente pelos departamentos de projeto e processo e seu uso é indispensável na aplicação do RCM para a identificação das falhas. É um método eficaz para prevenir e analisar os riscos de um processo e atribuir ações para mitigar falhas através da identificação de causas e efeitos.

- **GERENCIAMENTO DE AÇÕES**

As ações levantadas nas reuniões de análises são compiladas e acompanhadas na Matriz de centralização de ações do RCM, a qual foi desenvolvida para fazer o



gerenciamento destas atividades levando em consideração sua pontuação de risco. Nas análises de melhorias, tanto para componentes quanto para conjunto dos equipamentos, não se faz limitações quanto a imaginação e sugestões técnicas, o que pode ocorrer é que nem todas as ações poderão ser executadas, seja pelo custo envolvido, pelo nível alto de complexidade ou a necessidade de parada de equipamento chave por longo período.

- **BOOK PARA AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS**

A ferramenta RCM é também utilizada na aquisição de novas máquinas e equipamentos, onde, da análise dos modos de falhas, monta-se um book de perguntas técnicas contendo os modos de falhas conhecidos, as tarefas propostas discutidas, além de questionamentos relacionados as tratativas que serão ofertadas pelos fornecedores dos equipamentos para mitigar os riscos pontuados e identificados na aplicação do produto aos processos da empresa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta atividade é analisado um estudo de caso prático, de caráter exploratório descritivo, com dados secundários adquiridos por bibliografias e coleta de informações obtidas via sistema da empresa.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do setor metal-mecânico, localizada na cidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, em que é líder mundial no segmento de fricção, e teve como objetivo a adaptação e implementação da metodologia do RCM na gestão da manutenção dos ativos. O trabalho realizado contemplou a preparação da equipe de manutenção quanto a embasamentos teóricos para adaptar a estrutura e métodos já utilizados na empresa, buscando a otimização de recursos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação prática da ferramenta RCM foi realizada em um equipamento de preparação de misturas, o qual, após ser submetido ao método de avaliação de criticidade, ficou na classificação “A” sendo considerado “*Equipamento Crítico*” para a companhia, conforme pontuação mencionado na Tabela 2.

Tabela 2 - Criticidade do equipamento.

EQUIPAMENTO	MANUFATURA			QUALIDADE	MANUTENÇÃO			MEIO AMBIENTE	SEGURANÇA	Soma	Criticidade
	Carga da Máquina	Substituição da Máquina por uma outra	Influência de Parada de Produção	Influência sobre a Qualidade final	MDT - Tempo Médio de Parada para Reparação	MTBF - Tempo Médio entre Falhas	Custos de Manutenção o Anual	Influência no Meio Ambiente	Influência na Segurança		
MFR-0410	2	4	4	5	2	2	4	1	2	26	A

Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

4.1. COLETA DE DADOS VIA SISTEMA – SAP

Através do Software de gerenciamento da empresa (SAP), que também é utilizado pela manutenção, foram obtidos os dados referentes as manutenções executadas no equipamento MFR-0410, no período de janeiro a dezembro de 2019, para identificar em qual subconjunto do equipamento a manutenção mais atuou no decorrer do ano de 2019.

4.2. QUALIFICAÇÃO DE DADOS

O TTF, que representa o tempo entre as falhas que ocorreram no equipamento, por unidade de tempo em horas, são obtidos através da consulta ao sistema de manutenção e o período avaliado para a obtenção dos dados foi de 1 ano. Para obter resultados significativos é feita a exclusão dos pontos extremos. Foram utilizados 78 valores de TTF em horas para a composição da amostra, os quais foram utilizados, via ferramenta Excel, para o cálculo do Alfa e Beta, utilizados para determinar a probabilidade de falha (Ft) e a confiabilidade (Rt), conforme Weibull. A Tabela 3 estratifica os resultados obtidos.

Ao fazer a comparação do número de chamados feitos a manutenção (número de Ordens) X o tempo para o reparo no sistema (duração de paradas na unidade de hora), obteve-se o resultado expresso na Figura 4.

Figura 4 - Número de chamados X Duração da parada.



Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

O procedimento adotado para a aplicação do RCM é avaliar o subconjunto de forma decrescente mediante a incidência de falhas, portanto, a metodologia será empregada inicialmente no elevador. Ao analisar o motivo das falhas do elevador, verificou-se, através dos registros feitos pelos manutentores da empresa, que as três principais ocorrências estão atreladas a “Travamento”, “Não liga” e “Falha no ciclo”, conforme registrado na Figura 5.

Figura 5 - Ocorrência das falhas.



Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

A Figura 6 mostra de forma representativa a estratificação dos dados referente ao somatório das horas relacionadas as paradas do elevador.

Figura 6 - Ocorrência das falhas.

TRAVAMENTO	
Rótulos de Linha	Soma de Duraç.parada
22/05/2020	2,36
21451173	2,36
Elevador de carga mist 410 nao desce	2,36
ELEVADOR	2,36
TRAVAMENTO	2,36
FALHA POSIÇÃO	2,36
Realizado limpeza de sensores, modificad	2,36
NÃO LIGA	
Rótulos de Linha	Soma de Duraç.parada
23/05/2020	0,26
21521807	0,26
elevador parado não sobe e não desce	0,26
ELEVADOR	0,26
NÃO LIGA	0,26
DESCONHECIDA	0,26
Realizado movimento do elevador. OK.	0,26
FALHA NO CICLO	
Rótulos de Linha	Soma de Duraç.parada
22/05/2020	1,21
21520963	1,21
Eixo do elevador com problema	1,21
ELEVADOR	1,21
FALHA NO CICLO	1,21
DESALINHAMENTO	1,21
Foi ajustado embreagem, elevador sobe m	1,21

Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

A análise feita no equipamento pela equipe multidisciplinar, obteve o “Modo de falhas”, conforme demonstrado na Figura 7.

Após constatar os modos de falhas do sistema, faz-se o FMEA individual para cada possível falha identificada, buscando o detalhamento minucioso dos conjuntos ou componentes. Após descobrir as falhas, é feita uma avaliação delas, pontuando seus riscos e propondo possíveis tarefas que venham eliminar a possibilidade de ocorrer novamente. Finalizando a análise, é mencionado a frequência para a execução das tarefas e os responsáveis pelas ações.



Figura 7 - Modo de falha.

MODO DE FALHA									
1									Falha do CCM
2									Falha do moto redutor SEW
	1								Falha do motor elétrico
	2								Falha do redutor
		1							Falha da engrenagem (coroa)
			1						Desgaste
				1					Falha de lubrificação
					1				Falha de especificação
						2			Degradação do óleo lubrificante
							1		Oxidação
								2	Contaminação
		2							Falha da engrenagem sem fim
			1						Desgaste
				1					Falha lubrificação
					3				Falha do rolamento
						1			Desgaste
3									Falha acoplamento
	1								Desgaste corrente
		2							Desgaste da engrenagem
			3						Falha na embreagem
				1					Desgaste
4									Falha no eixo acionamento
		1							Falha no eixo: quebra
			1						Fadiga
				1					Canto vivo transição eixo
5									Falha polia / cabo de aço
		1							Falha polia
			1						Desgaste canal
				2					Falha no cabo de aço
					1				Rompimento cabo
						2			Desgaste cabo
							1		Falha de lubrificação
								3	Rompimento devido enrolamento irregular ou fora do canal
									Falta de guia para cabo de aço junto a polia
6									Falha do rodízio do carro móvel
									Travamento do rolamento

Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

A figura 8 mostra, de forma resumida, a planilha do FMEA referente ao modo de falhas “Falha do motor elétrico”.

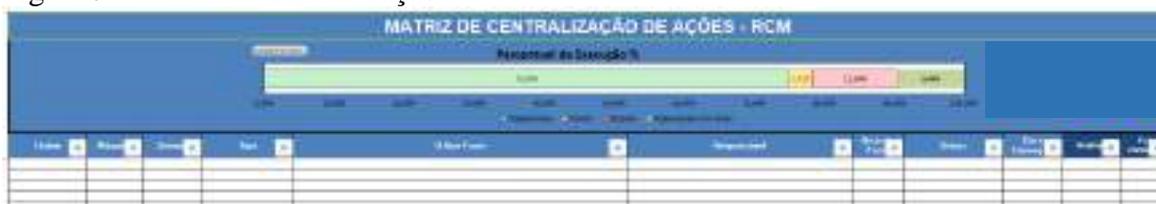
Figura 8 - FMEA reduzida.

CTE: FRIA LE SISTEMA: SPMAS EQUIPAMENTO: TÍTULO: MRL 040		RVA (valor)	N° 1	FILTRO: TAREFA										
EQUIPAMENTO: BENSERVAÇÃO DO MOTOR E EQUIPAMENTO, OS ASSINADO OBTENÇÃO DE		Falha (valor)	Ene a											
MODO DE FALHA		TAREFA PROPOSTA	R 10	P 10	D 10	S 10	O 10	C 10	A 10	S 10	R 10	A 10	S 10	R 10
1	Falha do motor elétrico	Verificar o estado do motor elétrico	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	Falha do motor elétrico	Verificar o estado do motor elétrico	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3	Falha do motor elétrico	Verificar o estado do motor elétrico	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	Falha do motor elétrico	Verificar o estado do motor elétrico	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	Falha do motor elétrico	Verificar o estado do motor elétrico	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	Falha do motor elétrico	Verificar o estado do motor elétrico	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

Para o gerenciamento das ações oriundas das reuniões, foi desenvolvido a planilha “Matriz de Centralização”, conforme Figura 9, em que são inseridas as ações, com seus respectivos prazos para execução e os responsáveis pela atividade. A planilha está parametrizada para indicar a necessidade de verificação da ação confirmando, ou não, a efetividade da medida adotada.

Figura 9 - Matriz de centralização.



Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método da ferramenta RCM foi disseminado na equipe de manutenção da empresa, onde foi bem aceito por todos em virtude dos benefícios que a mesma traz tanto para a produtividade da fábrica, com a redução de quebras de equipamentos, quanto no retrabalho dos manutentores, onde são solicitados para intervirem de forma repetitiva nas atividades corretivas dos sistemas.

De forma positiva, a ferramenta contribuiu para desenvolver os responsáveis técnicos de manutenção onde na sua aplicação passaram a ser mais criteriosos nas análises proporcionando uma maior assertividade nas manutenções atendidas e sugerindo de forma mais precisa a estratégia de manutenção adequada para ser utilizada, atendendo um dos objetivos da implementação da ferramenta.

Devido a demanda técnica e a profundidade das análises trazidas pelo método, foi aplicado a metodologia, até o presente momento, em apenas 1 subconjunto do equipamento, o qual apresentava maior quebra e as ações implementadas estão em fase de monitoramento, as quais serão avaliadas após 3 meses de sua implantação, o que nos trará via sistema os resultados numéricos dos benefícios.

As planilhas utilizadas foram desenvolvidas atendendo a metodologia do RCM e adaptadas ao modelo de equipamento disponível na empresa, o que permite utilizá-las nas próximas análises tornando mais prático a finalização da atividade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5462. Confiabilidade e manutenibilidade.** Rio de Janeiro, 1994.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. **Confiabilidade e manutenção industrial.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade.** Rio de Janeiro: Qualitymak, 2001.

MOURBRAY, John. **Manutenção centrada em confiabilidade.** 2. ed. Lutterworth: Aladon Ltd, 2000.

SELLITTO, Miguel Afonso. **Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos.** Revista da Produção, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 44-59, 2005. Quadrimestral. Jan./Abr. 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3967/396742023005.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

SIQUEIRA, Ioni Patriota. **Manutenção centrada na confiabilidade:** manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva:** O Caminho para Eliminar Falhas nos equipamentos e Aumentar a Produtividade. Nova Lima: IDNG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

ZAIIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma planta de Celulose e Papel.** 2003, 219 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3297/000385443.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 20 out. 2020.