



Fatec
Americana

CENTRO PAULA SOUZA



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA

CARLOS CASTRO DE MACEDO

PROFESSOR DAIVES ARAKEM BERGAMASCO

PRODUÇÃO TÊXTIL

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

AMERICANA / SP

2012

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA
CARLOS CASTRO DE MACEDO

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Trabalho apresentado à Faculdade de Tecnologia de Americana como parte das exigências do curso de Produção Têxtil para obtenção do título de Tecnólogo em Produção têxtil.

Orientador: Professor Daives Arakem Bergamasco

AMERICANA / SP

2012

**FICHA CATALOGRÁFICA elaborada pela
BIBLIOTECA – FATEC Americana – CEETPS**

M12p	<p>Macedo, Carlos Castro de Programa de manutenção na indústria têxtil. / Carlos Castro de Macedo. – Americana: 2012. 66f.</p> <p>Monografia (Graduação em Tecnologia Têxtil). - - Faculdade de Tecnologia de Americana – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Orientador: Prof. Esp. Daives Araken Bergamasco</p> <p>1.Tecnologia têxtil – processos industriais I. Bergamasco, Daives Araken II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Americana.</p> <p>CDU: 677.02</p>
------	---

CARLOS CASTRO DE MACEDO

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo de Produção Têxtil no curso de Produção Têxtil da Faculdade de Tecnologia de Americana

Banca Examinadora

Orientador: _____
(Professor Daives Arakem Bergamasco, Especialista, FATEC)

Professor da Disciplina: _____
(Professor Mestre José Fornazier C. Sampaio) FATEC)

Professor Convidado: _____
(Professor Miguel Ronaldo Galhani, Especialista, FATEC)

Americana, 25 de maio 2012

À minha esposa

que me apoiou, incentivou
e comigo foi testemunha de mais essa grande vitória,

ao Meu Pai

que sempre me apoiou e acreditou em mim,
deixo aqui minha dedicação póstuma, Obrigado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu Deus e Salvador, pelas graças e bênçãos que me concedeu, pela motivação e fé na conclusão desse projeto.

Aos meus pais, José Joaquim de Macedo † e Maria Castro de Macedo, que sonharam comigo nesse projeto, como em tudo na minha vida.

Ao meu orientador Professor Daives Arakem Bergamasco primeiramente por acreditar neste trabalho, incentivar e fornecer todo apoio e orientação acima de minhas expectativas, sua competência prestou-me uma inestimável ajuda para superar os obstáculos e dar direção para conclusão desse trabalho e por se tornar um grande amigo.

Aos professores José Fornazier C. Sampaio, Maria Adelina Pereira, Edson Valentim Monteiro, Carlos Frederico Faé, Miguel Ronaldo Galhani e João Batista Giordano que por seus exemplos motivaram e incentivaram além de dar contribuição em minha carreira profissional. Aos demais Professores da Faculdade de Tecnologia de Americana, pelos valiosos ensinamentos transmitidos ao longo desse curso.

Aos amigos e amigas que pude cultivar ao longo desses três anos, principalmente a Marcelo Francisco, Marcelo Rogério de Mello, Karla Fernanda de Oliveira e Jhonatan Ferreira Lino por terem tornado agradável à convivência durante a graduação, além do clima de amizade, apoio e compreensão nos momentos difíceis.

Resumo

Apenas os que têm otimizado seus custos e produzido com inovação e qualidade podem manter-se atualizados com o mercado atual.

Os clientes tornaram-se mais críticos, sabem como comprar e o mais importante, sabem o que querem. Em contraste, há concorrência desleal em alguns segmentos, como o têxtil e de vestuário, que nunca presenciaram a importação de tantos produtos acontece agora.

As iniciativas do Governo do Estado e Federal não estão sendo eficaz o suficiente para, pelo menos equilibrar este confronto. As empresas que há anos produziam com qualidade e custos dentro da nossa realidade, agora estão fechando suas portas, pois não podem competir com os produtos importados.

Um dos aspectos que não podemos esquecer é a alta carga tributária imposta aos nossos produtos e serviços. Dentro desta realidade o melhor que nossas empresas podem fazer é procurar melhorar cada vez mais os seus custos e melhorar a sua disponibilidade de equipamentos e produtividade, aumentando sua capacidade produtiva.

Em uma empresa, um dos departamentos que tem mais influência no custo final de produção é a engenharia de manutenção, que agora é visto de modo estratégico e fundamental para se obter resultados previamente inatingíveis.

Apesar de ser um dos setores mais antigos da história do país e manter-se atualizado tecnologicamente sua representação no setor econômico têxtil é menos relevante do que em outros. Esta é a área com maior índice de empregabilidade no país, É chegada a hora da indústria têxtil procurar aumentar a inovação, e um dos nichos que podem ser exploradas é a manutenção de seus ativos utilizando as estratégias mais avançadas utilizadas hoje.

A seguir é descrito em linhas gerais como instalar um programa de manutenção, utilizando as estratégias RCM. O conteúdo deste artigo e suas referências serão as chaves para o sucesso do programa.

Abstract

Only the ones who have optimized their costs and produce with innovation and quality can keep on with nowadays' market.

The costumers have become more critical, know how to buy and most importantly, know what they want. In contrast, there is unfair competition in some segments, such as the Textile and Clothing, as they have never seen so many products being imported as it is happening now.

The initiatives of the State and Federal Government are not being effective enough to at least balance this clash. Companies that had been producing with quality and costs within our reality for years, are now closing their doors, because they cannot compete with the imported products.

One of the aspects we can't forget about is the high tax load imposed on our products and services. Within this reality the best our companies can do is to increasingly seek to improve their costs and improve their equipment availability and productivity, making to the most productive capacity.

In a Company one of the departments that has most of the influence in the final cost of producing something is the maintenance engineering, which is now seen so strategic and fundamental to get results previously unattainable.

Despite being one of the older sectors of the country's history it and still concerning technology and updating, its representation in the textiles economic sectors is less relevant, than in others. This is the sector with the highest rate of employability in the country, It's time for the textile industry to seek increasing innovation, and one of the niches that can be exploited is the maintenance of its assets using the most advanced strategies used today.

In the following it's described in general guidelines how to install a maintenance program using the RCM strategies. The content of this essay and its references will be the keys to the program's success.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 LADEIRA PORTO DA PEDRA _____	11
FIGURA 2 CRESCIMENTO DAS EXPECTATIVAS DA MANUTENÇÃO _____	20
FIGURA 3 EVOLUÇÃO DOS CONCEITO DE MODO DE FALHAS DE EQUIPAMENTOS _____	26
FIGURA 4 EXEMPLO DE CAPACIDADE INICIAL E PADRÃO DE DESEMPENHO _____	30
FIGURA 5 PADRÃO A - CURVA DA BANHEIRA _____	35
FIGURA 6 PADRÃO B _____	36
FIGURA 7 PADRÃO C _____	37
FIGURA 8 PADRÃO D _____	37
FIGURA 9 PADRÃO E _____	38
FIGURA 10 PADRÃO F _____	38
FIGURA 11 CURVA P-F EO INTERVALO DE FALHA _____	41
FIGURA 12 CURVAS DE INTERVALO PF _____	42
FIGURA 13 MODELO DE EXECUÇÃO DE FFCA _____	49
FIGURA 14 MATRIZ DE DECISÃO - RCM _____	55
FIGURA 15 MATRIZ DE DECISÃO DE RCM PARA SPARE PARTS _____	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS PARA RCM	46
TABELA 2 - CRONOGRAMA DE REALIZAÇÃO DE UM RCM	47
TABELA 3 - DETALHAMENTO DAS ETAPAS E METAS	48
TABELA 4 TABELA DE ATRIBUIÇÃO DE SEVERIDADE	50
TABELA 5 TABELA DE ATRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE	50
TABELA 6 ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA	51
TABELA 7 PLANILHA DE EXECUÇÃO DO RCM - LITE	54

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Passando pela história da Indústria Têxtil no Brasil.....	11
1.2 A evolução da manutenção.....	14
1.3 As incumbências da Manutenção:.....	14
1.4 A evolução da Manutenção no mundo.....	17
1.4.1 Primeira Geração.....	17
1.4.2 Segunda geração.....	18
1.4.3 Terceira Geração.....	18
2. Definição do problema de pesquisa.....	21
3. Procedimento Metodológico.....	22
3.1 Classificação da Pesquisa.....	22
3.2 Metodologia da Pesquisa.....	23
4. Variáveis que compõem o modelo de gestão do RCM.....	24
4.1 Confiabilidade:.....	25
4.2 Nova Pesquisa.....	25
4.3 Ferramentas e Técnicas de manutenção.....	26
4.4 Os desafios de manutenção.....	26
5. Definindo o RCM.....	28
5.1 Os Sete Questionamentos do RCM (MOUBRAY, 1997, p. 7, tradução nossa). .	29
5.3 Função secundária ou função de suporte:.....	30
5.4 Funções ocultas.....	31
5.5 Falhas funcionais:.....	31
5.6 Modos de Falhas:.....	31
5.7 Efeitos da falha.....	32
5.8 Processo de decisão do RCM.....	32
5.9 Consequências da falha.....	32
5.9.1 Falha Oculta.....	33
5.9.2 Impactos à Saúde e Segurança.....	33
5.9.4 Impactos não operacionais.....	34
6. Processo de Decisão RCM.....	35
6.1 Tarefas proativas.....	35
6.2 Tarefa de manutenção Preditiva “ <i>On-Condition</i> ”.....	40

6.2.1	Curva de Falha Potencial e o Intervalo P-F	41
6.3	Tarefa de Manutenção Preventiva.....	42
6.4	Tarefas de busca de Falhas.....	43
6.5	Tarefas de Reprojetado	43
6.6	Tarefas Não Programada.....	44
7.	Como aplicar as estratégias de RCM em um Sistema ou equipamento	45
7.1	Definição dos Sistemas	45
7.2	Planejamento das atividades	46
7.3	Realizar a análise de RCM.....	49
7.4	Os passos para aplicação do Processo de RCM aos equipamentos:	52
7.4.1	Funções do Processo	52
7.4.2	Funções de suporte ou secundária	52
7.4.3	Funções ocultas	52
7.4.4	Falha Funcional.....	53
7.4.5	Modos de Falha.....	53
7.4.6	Probabilidades.....	53
7.4.7	Efeitos da Falha	57
7.4.8	Impactos ocultos da falha	58
7.4.9	Impactos à Saúde, Segurança e Meio Ambiente.....	58
7.4.10	Impactos operacionais.....	58
7.4.11	Impactos não operacionais.....	58
8.	Processo de Decisão de RCM.....	59
8.1	Peças sobressalentes.....	59
8.2	Uma tarefa de manutenção para prever a falha. “On Condition”	59
8.3	Tarefa de manutenção para impedir a falha	60
8.4	Tarefa de Reprojetado ou Redesenho	60
8.5	Tarefa de manutenção para busca de falha	61
9.	Conclusão	62
	INDICE REMISSIVO	64
	BIBLIOGRAFIA	65

1. INTRODUÇÃO

1.1 Passando pela história da Indústria Têxtil no Brasil

Desde o início da história do Brasil, podemos encontrar marcas das atividades de manufatura de artigos têxteis, mesmo quando foi sufocada por medidas imposta pela Rainha D. Maria Iª 1785 em Lisboa, isso quando o Brasil era apenas uma colônia sob domínio Português, as medidas foram eficazes porém não definitivas, pois os produtores ainda persistiam em está produzindo, hora servindo à própria coroa com o fornecimento de roupas aos escravos e com panos para os sacos que eram usados no envio de produtos à Portugal. A História foi gentil com o Brasil quando passados 20 anos e durante as Guerras Napoleônicas o Brasil se viu como Refugio da Coroa portuguesa e o que acabou favorecendo com a liberação de produção de todo o tipo de produtos manufaturados Têxteis na Colônia entre outras medidas.

Essa força foi ganhando representatividade e rapidamente Teares e Fiações começaram a ser instaladas, principalmente em São Paulo. A partir desse momento torna-se evidente que sinônimo de industrialização no país era a presença das indústrias Têxteis.

Após uma série de fatos ocorridos, os pais se veem perante uma crise que culminou na falência do Banco do Brasil, pois sua economia estava atrelada as relações com os britânicos. Houve então o rompimento das relações comerciais com a Inglaterra que acabou favorecendo o Brasil estimulando a produção.

Na segunda metade do Sec. XIX o Brasil conta com uma produção de Café e Algodão seguido pela produção Têxtil que por volta de 1813 pelas mãos do General Antônio M. Quartim.

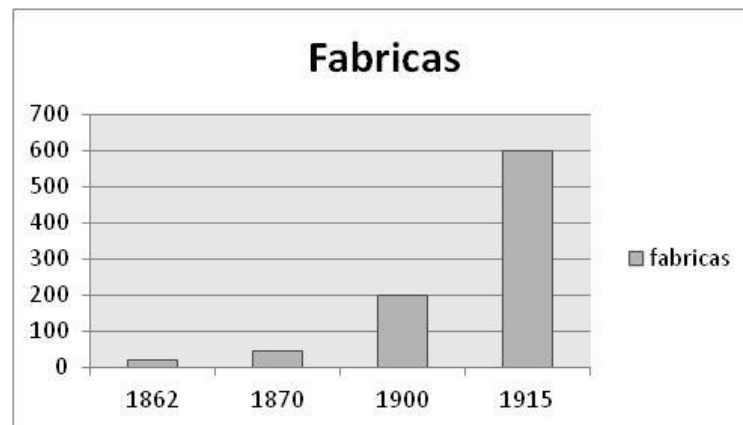


Figura 1 Ladeira Porto da pedra

(Fonte: <http://saudadesampa.nafoto.net/> photo20091011103858)

Já no final do SEC XIX a Indústria Têxtil estariam funcionando no Brasil 20 fábricas, com cerca de 15.000 fusos e 385 teares e 20 anos depois, na década de 1870, cresceria para 44 fábricas e 60.000 fusos, gerando cerca de 5.000 empregos. Mas em 1900 e 1915 que ocorreu o primeiro surto industrial quando a quantidade de estabelecimentos passou para mais de 200 e pelo menos 100.000 funcionários. Esse primeiro momento de crescimento industrial inaugurou o processo de Substituição de Importações.

Gráfico 1 - Fábricas no Brasil 1862 a 1915



Fontes de informação: BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento

Toda essa ascensão também deve ser lembrada que não teria acontecido se já naquele momento não houvesse Técnicos, Engenheiros e mecânicos, embora não fossem brasileiros, deram uma grande contribuição.

Devido ao bom cenário mundial, a indústria no Brasil não para de crescer e em 1922 nasce, na Várzea do Carmo, nasce a Indústria Têxtil Paulista.

São bons ventos que moviam a indústria, cada empresa criada, era sinal de sucesso e crescimento, a grande depressão, nos Estados Unidos também gerou grandes problemas econômicos no Brasil, por conta da economia ainda ser fundamentada na cultura do Café, porém ainda com a crise assolando o País, a Indústria têxtil conseguiu superar e manter suas máquinas produzindo.

O Brasil aprendeu que não poderia manter as bases da economia concentrada em um único setor, foi então que no Governo de Getúlio Vargas, iniciou-se o caminho da industrialização.

A Indústria caminhou por 40 anos a passos largos no crescimento econômico, geração de empregos, investimentos.

Durante a II Grande Guerra, a indústria têxtil viveu bons ventos, pois deveria suprir

as necessidades Internas e Externas, porém se por um lado teve resultados positivo, por outro, após o fim da guerra a América do Norte e a Europa estimularam a recuperação e lançando mão de restrições tarifárias a produção têxtil no Brasil se viu ameaçada pela queda nas exportações e a dificuldade de aquisição de tecnologias para seu parque industrial. Então no pós-guerra a indústria se vê obrigada a corrigir o seu curso. Vieram as aquisições de novas máquinas novos processo e produtos com isso houve a necessidade de capacitação. Antes máquinas que eram movidas a vapor onde sua produtividade era pequena deram espaços a máquinas elétricas e velozes.

Em contrapartida a CNI (Confederação Nacional da Indústria) o Governo e a FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo), criaram o SENAI (Serviço de Aprendizagem Social) onde garantiam a formação de mão de obra de nível médio necessárias às indústrias de base e aos demais setores industriais.

Em 1965 a indústria têxtil foi avaliada com Indústria Preferencial desse modo passa a receber apoio e financiamentos de agências governamentais

Isso atraiu novos investidores estrangeiros, expandindo a indústria têxtil por todo o território nacional, o principal setor beneficiado foi o de produção de fibras e filamentos sintéticos. Desses investidores destacam-se os Japoneses, Franceses, americanos e italianos alguns com capital próprio, outros se beneficiando dos incentivos e ainda outros que criaram *joint ventures*.

A partir dos anos 80 e 90 a indústria brasileira inclusive a indústria têxtil passou pelo que foi chamado de “década perdida” a estagnação da economia a inflação com o desemprego foram se intensificando e a globalização com a diminuição de alíquotas e aberturas das importações tornaram a indústria têxtil vulnerável, os seus equipamentos ainda eram antigos, não estavam preparadas para tais mudanças realizadas, porém como a Indústria Têxtil já havia passado por muitas situações de desafios e conseguiu transpor todas elas essa foi mais uma prova que o setor conseguiu transpor, a cada etapa de sua história a Indústria Têxtil segue adiante colhendo aprendizado e construindo o futuro e isso não foi diferente nos anos subsequentes até os dias de hoje, assim como no passado o setor entendeu que processos e engenharia seriam diferenciais, hoje mais do que nunca isso se torna mais evidente. As Empresas buscam encontrar um balanço onde a fórmula ideal seria produzir o máximo do melhor com pouco.

1.2 A evolução da manutenção

Quaisquer que seja a atividade, industriais, comerciais e de serviços, o objetivo principal sempre é o de obter:

- Maior produtividade,
- Ganho em disponibilidade
- Máximo de retorno do investimento efetuado.

Temos a atividade final de qualquer entidade organizada como:

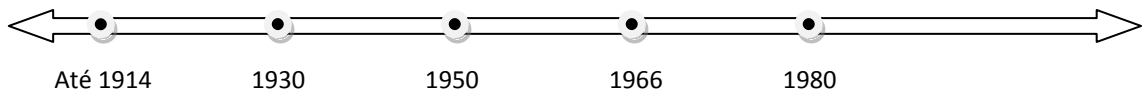
Produção = Operação + Manutenção.

1.3 As incumbências da Manutenção:

- ✓ Garantir e aumentar a vida útil dos equipamentos;
- ✓ Aumento da disponibilidade dos ativos;
- ✓ Estratégias de manutenção eficazes mantendo a sua função;
- ✓ Garantir as operações dentro dos padrões de qualidade preestabelecidos.

Os gerentes e gestores estão muito enganados quando consideram a atividade de manutenção como fim, e não como meio, para obtenção da produtividade da Empresa.

Como foi mencionada no histórico da Indústria Têxtil acima a manutenção acompanha o desenvolvimento técnico-industrial da humanidade. No fim do século XIX, com a mecanização das indústrias, surgiu a necessidade de técnicos e engenheiros para garantir os primeiros reparos.



Até 1914,

- ✓ Sua importância era secundária
- ✓ Os próprios operadores executavam reparos
- ✓ A primeira Guerra Mundial e a produção em série originaram Manutenção Corretiva ainda, subordinada à Operação.

Função: reparos em máquinas no menor tempo possível.

Na década de 30,

- ✓ Segunda Guerra Mundial
- ✓ Necessidade de aumentar a rapidez de produção
- ✓ Característica principal: **Manutenção Preventiva se preocupava**, não só em corrigir falhas, mas também evita-las.

Por volta de 1950,

- ✓ Desenvolvimento fortalecimento da indústria para atender aos esforços pós-guerra,
- ✓ Evolução da aviação comercial
- ✓ Evolução da indústria eletrônica,
- ✓ Devido a complexidade o tempo para diagnosticar as falhas era maior do que o de reparo,
- ✓ Característica principal: **Engenharia de Manutenção**, órgão de apoio à produção, com a função de planejar e controlar a manutenção preventiva e analisar causas e efeitos das avarias.

A partir de 1966,

- ✓ Geração de computadores
- ✓ Sofisticação dos instrumentos de proteção e medição,
- ✓ Engenharia de Manutenção tem atuação mais efetiva e desenvolve critérios de predição de falhas, visando otimizar a atuação das equipes de execução de manutenção, nascendo assim, a **Manutenção Preditiva** ou **Previsiva**, associada a métodos de planejamento e controle de manutenção automatizada, reduzindo os encargos burocráticos dos executantes de manutenção.

A partir de 1980,

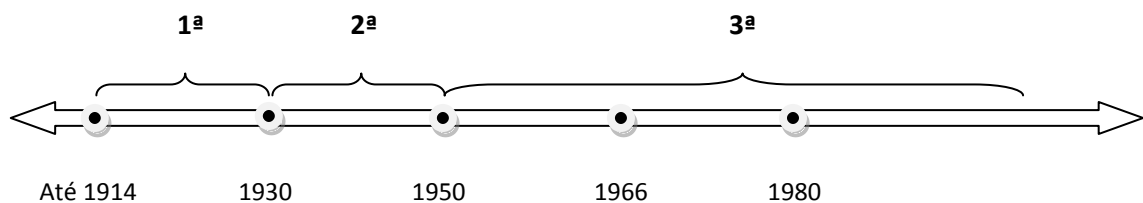
- ✓ Desenvolvimento dos microcomputadores, com fácil acesso e a custos reduzidos,
- ✓ Órgãos de manutenção passaram a desenvolver e processar seus programas, eliminando a dependência de equipamentos para processamento das informações pelo CPD. É recomendável sua interligação com o Computador Central do CPD, para que suas informações fiquem disponíveis para os outros órgãos da Empresa.

Observa-se a evolução histórica da manutenção sob três estágios:

Execução sem planejamento e sem controle (1914 a 1930);

Execução com planejamento e sem controle (1930 a 1950);

Execução com planejamento e com controle (a partir de 1950).



Esses estágios se caracterizam pela:

Redução de Custos

Aumento da Confiabilidade e Disponibilidade dos equipamentos.

Pelo exposto acima podemos deduzir a ocorrência de Três tipos de Manutenção:

A Manutenção por Quebra

A Manutenção Preventiva

A Manutenção sob condição (Preditiva)

1.4 A evolução da Manutenção no mundo

Ao exposto acima podemos deduzir que a história da manutenção em todo o mundo teve também sua evolução, sempre em consonância com a evolução dos equipamentos e processos.

Segundo John Moubray (*em Reliability-Centered Maintenance*) “Nos últimos vinte anos, a manutenção mudou, talvez mais do que qualquer outra disciplina de gestão. A mudança é devido a um enorme aumento no número e variedade de ativos físicos, projetos muito mais complexos, técnicas de manutenção e novas mudanças na organização da manutenção e responsabilidades.”

Em resposta às expectativas de mudança, inclusive a crescente sensibilização aos conceitos de falha de equipamentos que afetam a segurança e meio ambiente e que estão diretamente ligados à manutenção e qualidade onde impactam em operações e disponibilidade refletindo em custos. Toda a mudança vem testar atitudes e habilidades em todos os ramos da indústria ao limite. O time de manutenção devem escolher novos caminhos pensando e agindo em engenharia e gerenciamento. Ao mesmo tempo, as limitações do sistema de manutenção são cada vez mais aparentes, não importa o quanto eles estão informatizadas.

Em face dessa avalanche de mudanças, gerentes estão olhando em todos os lugares para novas oportunidades de manutenção, eles querem evitar becos sem saída que sempre acompanham grandes transtornos. Em vez disso, buscar um quadro estratégico que sintetiza os novos desenvolvimentos em um padrão coerente, para que possam viabilizá-los e aplicar aqueles que possam agregar valor para eles e suas empresas.

Desde 1930 a evolução da manutenção pode ser dividida em três gerações. O RCM torna-se a pedra angular na terceira geração, porém já começa a ser vislumbrada a partir das primeiras e segundas gerações.

1.4.1 Primeira Geração

Compreende o período até a II Guerra mundial. Como a indústria não era consideravelmente mecanizada, esse tempo não importa muito, o conceito de prevenção de falhas nos equipamentos não fazia parte do pensamento dos gerentes naquele tempo. Na época alguns equipamentos eram simples e grande parte deles foi projetada com exageros.

Isso tornou confiável e fácil de reparar não era necessária qualificação. Como resultado disso, não era necessários sistemas de manutenção, apenas era requeridos limpeza, alguns pequenos serviços e rotinas de lubrificação.

1.4.2 Segunda geração

Durante a segunda Guerra Mundial que provocaram pressões no aumento da demanda por bens de todos os tipos no mundo inteiro, por outro lado o fornecimento de mão de obra para essas indústrias teve uma queda drástica, como consequência do aumento da mecanização. Por volta do ano de 1950 o número de máquinas de todos os tipos eram mais numerosas e mais complexas.

A Indústria estava começando a depender dos equipamentos. Como essa dependência aumentou, o tempo começou a ser relevante. Isto levou à ideia de que falhas no equipamento poderiam e deveriam ser evitados, o que desencadeou, por sua vez com o conceito de manutenção preventiva e esta consistia principalmente de revisão de equipamentos feitas em intervalos fixos.

Com a adoção da estratégia de manutenção preventiva o custo de manutenção também começou a subir acentuadamente em relação ao custo operacional. Isto conduziu ao crescimento de planejamento de manutenção e sistemas de controle. Isto ajudou muito a manter a manutenção sob controle, e agora são uma parte integrante da prática de manutenção. Ainda hoje vemos empresas trabalhando neste cenário.

Finalmente, a quantidade de capital investido em ativos fixos, juntamente com um aumento acentuado no custo desse capital levou as pessoas a começar a procurar maneiras pelas quais eles poderiam maximizar a vida útil dos ativos.

1.4.3 Terceira Geração

Desde meados dos anos setenta, o processo de mudança na indústria ganhou impulso ainda maior. As mudanças podem ser classificadas sob os títulos:

Novas expectativas

Novas pesquisas

Novas técnicas.

As paradas de equipamentos afetam a capacidade produtiva e os ativos, através das perdas de produção, aumentam os custos de operação e finalmente interferem no

atendimento aos clientes. Por volta da década de 60' e 70' isso já era uma grande preocupação no setor de manufatura, mineração e transportes. Na manufatura, os efeitos da paralisação estão sendo agravada pelo método de gestão *just-in-time*, onde os estoques reduzidos de trabalho em andamento significa que avarias muito pequenas são muito mais propensos a parar uma planta inteira. Nos últimos tempos, o crescimento da mecanização e automação fez com que a confiabilidade e a disponibilidade agora também se tornam questões-chave em setores tão diversos como a saúde, processamento de dados, telecomunicações e gestão de projetos.

Maior automação também significa que mais e mais falhas afetam nossa capacidade de manter padrões de qualidade satisfatórios. Isto se aplica tanto aos padrões de serviço como para a qualidade do produto. Por exemplo, falhas em equipamentos podem afetar o controle da climatização e da construção e a pontualidade das redes de transporte, tanto quanto chave pode interferir com a obtenção consistente de tolerâncias na fabricação.

Mais e mais falhas têm séria consequência para segurança e meio ambiente principalmente nos tempos atuais que as legislações estão cada vez mais rigorosas. Em algumas situações as empresas devem está em conformidade com a sociedade e o meio ambiente ou simplesmente deixam de operar. Isso vem agregar maior comprometimento com a integridade de nossos ativos, indo além dos custos e alcançando a própria sobrevivência organizacional. Simultaneamente como a nossa dependência dos ativos físicos é crescente, assim também é o seu custo para operar e possuir. Para garantir o máximo retorno sobre o investimento que eles representam, eles devem ser mantidos funcionando de forma eficiente durante sua vida útil.

Finalmente, o custo de manutenção ainda está aumentando, em termos absolutos e na proporção da despesa total. Em algumas indústrias, é agora o segundo mais alto ou mesmo o elemento mais alto do custo operacional. Como resultado, em apenas trinta anos, foi transferido para o topo da lista como uma prioridade de controle de custos.

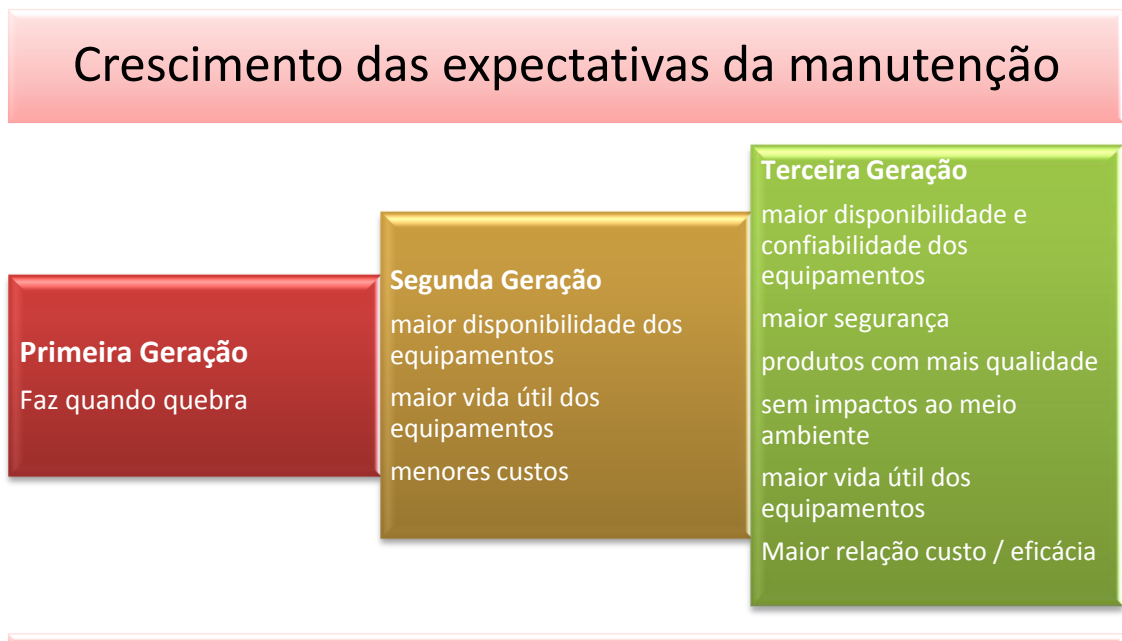


Figura 2 Crescimento das expectativas da manutenção
(Fonte: RCM Reliability-centered Maintenance)

Diante dos fatos expostos o que vem a seguir é uma ferramenta de Gestão de Manutenção que após anos de estudos e melhor entendimento das funções dos equipamentos e seu modos de falha, originou o que chamamos de RCM, que significa, Manutenção Centrada na Confiabilidade (*Reliability-centered Maintenance*).

2. Definição do problema de pesquisa

O problema de pesquisa, neste trabalho, vem expor a vulnerabilidade do setor Têxtil diante do mercado externo, principalmente as micro, pequenas e médias empresas, que na maioria não possuem um programa de manutenção e nem ao menos cogitam essa possibilidade. Este fato ocorre devido ao alto custo em manter um quadro efetivo de manutenção na empresa que por conta disso, muitas vezes não conseguem extrair os resultados desejados.

Historicamente é sabido que possuir um sistema de manutenção é visto como aumento de custo fixo para a organização, manter um quadro de profissionais que frequentemente se preocupam em parar máquinas para efetuar uma manutenção planejada, que muitas vezes isso não vai de encontro com os interesses da empresa que quer apenas produzir e vender há também o fato de que em algumas situações uma manutenção preventiva, que o nome sugere prevenir, ocorre o contrário, após a liberação do equipamento falhas são introduzidas, talvez por falta de experiência e outras pelo programa de manutenção não ser suficientemente robusto de modo que os itens que realmente necessitem de intervenção sejam verificados.

Com a finalidade de apresentar subsídios para que ao lidar com a ideia de possuir uma equipe de manutenção a empresa possa avaliar com maior profundidade e tomar a decisão mais correta pensando estrategicamente, prevendo o aumento de seus resultados operacionais.

3. Procedimento Metodológico

O desejo do conhecimento é inerente ao ser humano, sendo ele que impulsiona em busca do desenvolvimento, Cervo e Bervian (1996, p. 47) afirmam: “O interesse da curiosidade do homem pelo saber levam-no a investigar a realidade sob os mais diversificados aspectos e dimensões”. Vargas (1985, p. 13) em direção à aplicabilidade do conhecimento afirma: “... o que caracteriza o homem é ter a necessidade e a capacidade de fabricar e usar os instrumentos e utensílios de sua cultura”.

A pesquisa desenvolvida a seguir denomina-se de “técnicas”, e o conjunto dessas técnicas vem formar o método, conforme Ruiz (1993, p. 48) define a pesquisa científica como:

...é uma realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência. É o método de abordagem de um problema em estudo que caracteriza o aspecto científico de uma pesquisa.

A fim de realizar um estudo de caso com o foco denotado anteriormente, foi escolhida a Empresa Alpha - Indústria e Comércio de Fibras Têxteis. A empresa Alpha, uma das maiores fabricantes de Fios Têxteis do Mundo, A empresa Alpha localizada no estado de São Paulo.

A presente pesquisa se dará no âmbito de uma de suas unidades, situada em Paulínia e englobará a Engenharia de Manutenção do Site.

A Engenharia de Manutenção é responsável pela confiabilidade dos equipamentos bem como conduzir os processos de RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

3.1 Classificação da Pesquisa

Considerando a natureza desta pesquisa, ela pode ser classificada como sendo um estudo documental, pois está se propondo a apresentar um caso real associado com um levantamento documental e ordenando as informações de modo que resolver um problema

específico. Quanto à abordagem do problema, é uma pesquisa qualitativa. Os subsídios utilizados para realização desta pesquisa irão compor a proposta de sistematização do trabalho, que tem a finalidade de compreender melhor a importância em se ter um programa de manutenção na indústria, principalmente na indústria têxtil. Existe também um aspecto qualitativo na pesquisa, que é a determinação das medidas que incentivam a transferência de conhecimento.

Segundo Yin (2005), o estudo de caso permanece como sendo a estratégia de pesquisa das mais desafiadoras dentro das ciências sociais. Ele é utilizado nas situações em que “se colocam questões do tipo ‘como’ e ‘por que’, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real” (YIN, 2005, p. 19).

A presente pesquisa se enquadra perfeitamente na classificação de estudo de caso, pois se quer determinar ‘como’ as ferramentas de manutenção contribuem para a melhoria dos resultados operacionais de uma empresa, como também contribuem nos resultados financeiros quando bem elaborada.

3.2 Metodologia da Pesquisa

Quanto à metodologia, ou seja, os passos a serem seguidos para obtenção das respostas, a pesquisa realizou um levantamento das percepções dos integrantes da equipe de engenharia manutenção da Empresa Alpha, com relação às ferramentas de Gestão de manutenção e às medidas para incentivar a transferência de conhecimento entre as equipes que podem aprimorar seu trabalho em conjunto. Este levantamento foi realizado através de questionamentos com os integrantes da equipe de engenharia manutenção onde foi perguntado sobre qual o real resultado da implementação do Programa RCM na fábrica de Paulínia? Qual a possibilidade de implementar o RCM em pequenas e médias empresas sem que impactem negativamente nos resultados de custos?

4. Variáveis que compõem o modelo de gestão do RCM.

O RCM foi desenvolvido F. Stanley Nowlan e Howard S. Heap. Nowlan era o diretor de análise de manutenção da *United Airlines*. Heap era o Gerente de Planejamento do Programa de Manutenção da *United Airlines*. Na época o departamento de defesa dos Estados Unidos da América estava preocupado com a segurança da frota aérea devido aumento do transporte aéreo ao público, a segurança dessa modalidade de transporte estava em discussão na época. Como hoje, uma falha (queda) causava grande impacto e, se o setor estava crescendo, a segurança e a confiabilidade precisariam ser a principal prioridade. Também já havia sido provado que o excesso de manutenção preventiva programada tinha pouco ou nenhum efeito na segurança de alguns componentes das aeronaves. De fato, na realização da manutenção programada em motores de aeronaves, eles realmente estavam apressando a inutilização precoce visando a confiabilidade do motor.

O objetivo do esforço combinado era explicar os conceitos, princípios, definições e aplicações básicas, de um processo de manutenção organizado.

O processo RCM considerava a manutenção como uma função de segurança, não uma função de reparos.

A intenção do trabalho de Nowlan e Heap era conceber um programa estruturado de manutenção, que alcançasse e conservasse as propriedades inerentes de segurança e confiabilidade projetadas para o equipamento, a um custo mínimo.

4.1 Confiabilidade:

Em primeiro lugar para se ter um bom entendimento de RCM é preciso saber o que é confiabilidade.

Dentro do contexto de Manutenção podemos dizer que confiabilidade é a capacidade de um *asset* desempenhar satisfatoriamente a função requerida, de acordo com condições operacionais estabelecidas, por um período de tempo pré-determinado. Não podemos confundir confiabilidade com qualidade, pois a confiabilidade procura observar o item em um determinado tempo e a qualidade limita-se em uma descrição pontual estática. Podemos ainda caracterizar um processo confiável como aquele que pára poucas vezes durante uma campanha de produção, quando ele para volta imediatamente a funcionar, há poucos eventos de produtos fora da especificação, funciona de modo seguro com baixa frequência de acidente de processo, supera as expectativas e garante vantagem competitiva.

4.2 Nova Pesquisa

Independentemente das maiores expectativas, novas pesquisas estão mudando muitas das nossas crenças mais básicas sobre a idade e a falha. Em particular, é evidente que há menos ligação entre a idade operacional da maioria dos ativos e como eles são susceptíveis a falhar.

Na figura 3, abaixo mostrar na primeira image entre 1940 e 1950 a probabilidade de que tudo ia simplesmente, ficando mais velho após um tempo até falhar. A consciência crescente de "mortalidade infantil" levou à crença generalizada mostrada na segunda geração na "curva da banheira". No entanto, a terceira geração, revelou que não um ou dois, mas seis padrões de falha realmente ocorrem na prática. Isto será detalhado mais tarde pois causa um efeito profundo sobre a manutenção.

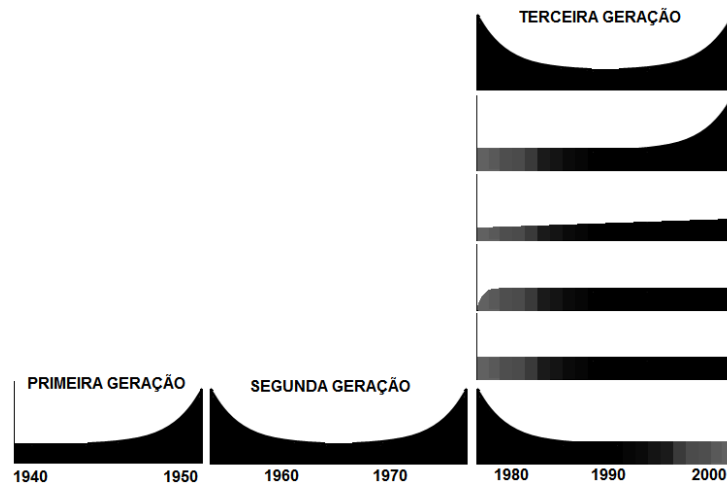


Figura 3 Evolução dos conceitos de modo de falhas de equipamentos
(Fonte: RCM Reliability-centered Maintenance)

4.3 Ferramentas e Técnicas de manutenção

Houve um crescimento explosivo nos conceitos e novas técnicas de manutenção. Centenas de pessoas foram desenvolvidas ao longo dos últimos quinze anos, e mais estão surgindo na medida em que o tempo passa e se aperfeiçoam as técnicas. Podemos ilustrar os novos desenvolvimentos como:

Ferramentas de apoio para decisão como os estudos de risco, modos de falha dos componentes e análises de efeitos e sistemas especialistas. Novas técnicas de manutenção como o monitoramento sob condição. Mudança no desenho dos equipamentos projetando com uma ênfase muito maior na confiabilidade e facilidade de manutenção.

A engenharia de manutenção tem hoje um grande desafio, que não se trata de aprender sobre essas técnicas, mas para decidir quais valem a pena e que não estejam em suas próprias organizações. Dependendo da escolha que seja tomada, é possível melhorar o desempenho de ativos e, ao mesmo tempo conter e até mesmo reduzir o custo de manutenção. Agora, se a escolha tomada for a errada nós poderemos está adicionando novos problemas e ao mesmo tempo os problemas existentes irão piorar.

4.4 Os desafios de manutenção

Em poucas palavras, os principais desafios enfrentados pela engenharia de manutenção podem ser resumidos a seguir:

- Escolher a técnica mais apropriada
- Lidar de modo adequado com cada tipo de falha
- Atender as expectativas de todos, sejam; proprietários, usuários e a sociedade.
- Ser rentável e com visão em longo prazo.
- Obter o comprometimento de todas as pessoas envolvidas.

Na verdade o RCM vem possibilitar um cenário favorável onde permite que todos os envolvidos possam responder positivamente a esses desafios de forma rápida e simples. Jamais podemos perder de vista o fato de que a manutenção está baseada nos ativos físicos. Se não houvesse os Ativos, não haveria o porquê de a manutenção existir. Então RCM começa com uma solução abrangente, é partindo do zero, ou seja, é preciso esquecer-se de tudo o que se conhece sobre cada ativo em seu contexto operacional e a partir daí nasce um modelo esperado de manutenção segundo o RCM.

Muitas vezes, quando consideramos esses requisitos existentes como certos, pode resultar no desenvolvimento de estruturas de organização, à implantação de recursos e implementação de sistemas com bases incompletas ou suposições incorretas sobre as reais necessidades dos ativos. Por outro lado, se estes requisitos são definidos corretamente à luz do pensamento moderno, é possível alcançar as alterações notáveis na eficácia da manutenção.

5. Definindo o RCM

Do ponto de vista da engenharia, existem dois elementos para a gestão de qualquer ativo físico. Estes devem ser mantidos e ao longo do tempo podem também precisar de ser modificados.

Os dicionários definem **Manutenção**: s.f. 1. Ação ou efeito de manter, 2. de sustentar, 3. conservar: a manutenção da família. 4. Serviço de conservação, fiscalização em certas empresas, oficinas. (<http://www.dicio.com.br/manutencao/>, acesso em 20/05/2012)

Quando falamos em manutenção ou em modificar, são duas palavras totalmente diferentes e tem também implicações profundas que serão discutidas com mais detalhes.

Trazendo para o contexto aqui apresentado. Assegurar que os ativos físicos continuem a fazer o que seus usuários querem que eles façam.

O que se deseja pela manutenção vai depender exatamente de onde e como o equipamento será usado, em outras palavras, o contexto operacional. Isso nos conduz à seguinte definição de RCM.

“Manutenção Centrada na Qualidade: Um processo aplicado para determinar as estratégias de manutenção de qualquer equipamento ou sistema dentro de um contexto operacional.” (MOUBRAY, 1997, p. 7, tradução nossa).¹

Podemos também obter uma definição mais completa:

“Um processo aplicado para assegurar que um ativo fixo continue desempenhar sua função conforme querem que o faça dentro de um contexto operacional.” (MOUBRAY, 1997, p. 7, tradução nossa).²

¹ RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE: a process used to determine the maintenance requirements of any physical asset in its operating context.

² A process used to determine what must be done to ensure that any physical asset continues to do whatever its users want it to do in its present operating context.

5.1 Os Sete Questionamentos do RCM (MOUBRAY, 1997, p. 7, tradução nossa).³

- 1°. Qual a função do equipamento no contexto operacional?
- 2°. Qual é a falha funcional?
- 3°. Quais os Modos de falha?
- 4°. Quais os efeitos da falha?
- 5°. Quais as consequências da falha?
- 6°. Quais tarefas proativas que podem ser executadas?
- 7°. O que pode ser feito se não houve tarefa proativa?

5.2 Funções e padrões de desempenho

Segundo LAFRAIA (2001), função é toda e qualquer atividade que o item desempenha. Ao definirmos a função de um ativo, devemos indicar com precisão um padrão de desempenho, pois esse padrão estabelece o nível de serviço aceitável na operação do ativo (MOUBRAY, 1997). Fundamentando-se no nível de serviço estabelecido podemos determinar os limites funcionais de um ativo que, caso ultrapassado, acarretará em falha.

As ações normais ou características de um item, definidas em termos de capacidade de desempenho. Antes que seja possível aplicar um processo utilizado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários desejam fazer dentro de seu contexto operacional atual, precisamos fazer duas coisas:

- ✓ Determinar o que seus usuários querem que ele faça
- ✓ Garantir que ele é capaz de fazer o que seus usuários querem.

O primeiro é determinar o nível de serviço esperado do ativo, enquanto que a capacidade está relacionada ao nível que o ativo foi projetado para desempenhar sua função. Portanto, o desempenho desejado pelo usuário é igual ou menor que a capacidade do equipamento.

³ RCM: The seven basic questions

Quando um equipamento inicia a operação e passa a ser submetido a esforços pelo mundo externo, as suas funções serão impactadas. A partir deste momento, se inicia a perda da capacidade inicial de desempenhar suas funções.

Em seguida na (fig. 4) devemos definir exatamente quais são as funções operacionais de cada equipamento, essas funções podem está divididos em duas categorias.

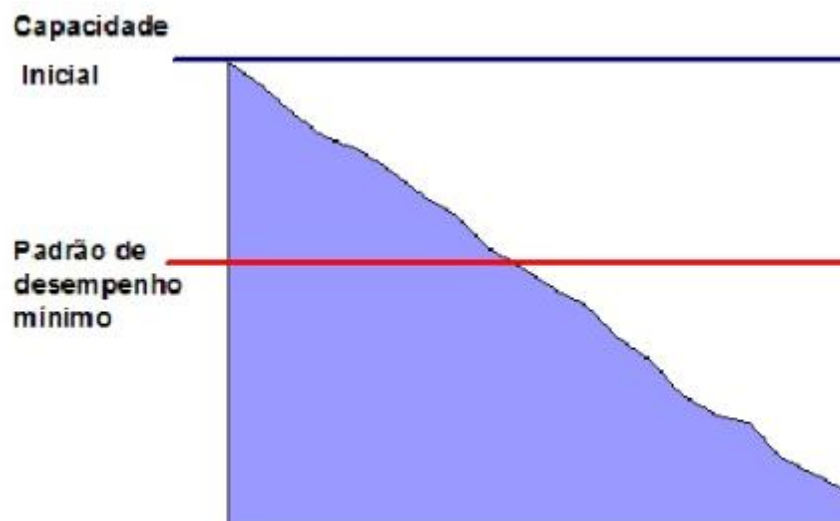


Figura 4 Exemplo de capacidade inicial e padrão de desempenho
(Fonte: <http://pt.scribd.com/doc/71818628/21/A-curva-P-F>)

5.3 Função secundária ou função de suporte:

Funções primárias são as razões principais pelas quais as organizações adquirem certo ativo e, por isso, a razão de sua existência (MOUBRAY, 1997).

Reconhecer que de todos os ativos é esperado para fazer mais do que simplesmente cumprir a sua função primária. Os usuários também têm expectativas em áreas como segurança, controle, contenção, conforto, integridade estrutural, economia, proteção, eficiência de operação, conformidade e regulamentos ambientais e até mesmo a aparência do *asset*.

A melhor maneira de assegurar que você relacionou todas as funções é acompanhar o processo na ordem pela qual o produto é feito.

5.4 Funções ocultas

As Funções Ocultas são aquelas que não estarão evidentes à equipe de operação no decorrer de suas atividades normais. A função desse dispositivo durante a operação normal do sistema não é evidente para o operador.

5.5 Falhas funcionais:

Este item se refere quando o equipamento perde a capacidade de executar aquilo ao qual é esperado que ele fizesse. A falha de um item em executar suas ações normais dentro de padrões de desempenho previstos. A falha funcional é denominada como o inverso da função. Pode haver uma ou mais falhas funcionais para cada função.

Então a Falha Funcional é quando

- a) Está totalmente incapaz de fabricar lápis nº 2.
- b) É Incapaz de fabricar os lápis e atender aos padrões de qualidade.
- c) É Incapaz de fabricar os lápis e manter os padrões de saúde e segurança.

5.6 Modos de Falhas:

A maneira específica de ocorrer a falha; as circunstâncias ou seqüência de eventos que levam à falha funcional. Os Modos de Falha devem ser definidos de uma maneira que descreva a localização, componentes e a causa específica da falha. Quando relacionar os Modos de Falha você deve lembrar-se de incluir:

- ✓ Todos os modos de falha já ocorridos
- ✓ Todos os modos de falha predominantes
- ✓ Modos de falha passíveis de ocorrer
- ✓ Modos de falha ocorridos em equipamento similar

Exemplo: Bomba de Combustível (Localização). O Rolamento (componente) falha devido à falta de lubrificação (causa específica)

5.7 Efeitos da falha

Este passo está relacionado em listar quais efeitos da falha, ou seja, o que acontece quando uma falha ocorre. Os Efeitos da Falha são as consequências materiais imediatas de uma falha funcional nos itens envolvidos e na capacidade funcional do equipamento. Os efeitos da falha são o principal determinante dos impactos da falha.

Os relatos dos Efeitos da Falha deverão incluir:

- ✓ Todas as informações necessárias para apoiar a avaliação dos impactos da falha, qual ou quais são as evidências.
- ✓ O primeiro indício pelo qual a equipe de operação irá reconhecer a ocorrência da falha.
- ✓ Todos os efeitos secundários (danos físicos) resultantes da falha.
- ✓ O tempo de paralisação que resultou da falha.
- ✓ Eventos necessários para trazer o processo de volta às condições normais de operação.

5.8 Processo de decisão do RCM

O processo de decisão RCM utiliza uma série de perguntas para determinar:

- ✓ O impacto da falha.
- ✓ Uma tarefa de manutenção para prever a falha.
- ✓ Uma tarefa de manutenção para impedir a falha.
- ✓ Uma tarefa de redesenho para eliminar a falha.
- ✓ Uma tarefa de busca de falha para reduzir a probabilidade de falhas ocultas.
- ✓ Uma inspeção que reduza a possibilidade de falhas para um nível aceitável.

5.9 Consequências da falha

O primeiro passo no processo de decisão RCM é localizar a categoria correta do impacto da falha. Cada Modo de Falha irá corresponder a uma dessas quatro categorias:

1. Impacto Oculto da Falha
2. Impacto à Saúde, à Segurança ou Ambiental.
3. Impacto Operacional
4. Impacto Não operacional

5.9.1 Falha Oculta

Impactos causados por falha de uma Função Oculta. A falha desse dispositivo não será evidente para a equipe de operação no decorrer de suas atividades normais. Esse tipo de falha somente se torna evidente quando o uso daquela função é requerido.

Exemplos de componentes com Funções Ocultas:

- ✓ Chaves / botões de Parada de Emergência
- ✓ Chaves de Altura de Nível
- ✓ Válvulas de Escape
- ✓ Discos de Ruptura
- ✓ Chaves de Pressão
- ✓ Dispositivos Redundantes

5.9.2 Impactos à Saúde e Segurança

Os impactos resultantes de uma falha funcional que possam ter consequências adversas diretas sobre a saúde, segurança ou o meio-ambiente.

5.9.3 Impactos Operacionais

Os impactos econômicos de uma falha que interfira com a utilização planejada do equipamento nas operações.

Exemplos de Impactos Operacionais:

- Custo da produção perdida
- Custo de manutenção

- Custo das peças sobressalentes
- Custo do desperdício

5.9.4 Impactos não operacionais

Os impactos econômicos de uma falha que não afetem a segurança ou a capacidade operacional do equipamento. Normalmente são itens não significativos que não possuem funções ocultas.

6. Processo de Decisão RCM

Após a categoria de impacto correto ter sido selecionada, o RCM apresenta uma série de perguntas para identificar a tarefa de manutenção apropriada.

6.1 Tarefas proativas

Muitos ainda creem que a melhor forma de otimizar a disponibilidade dos equipamentos é realizando a manutenção proativa com rotinas básicas. A segunda geração nos sugere que o que deve ser aplicado é a aplicação de revisões ou até trocas de componentes a um intervalo fixo.

Observando a figura podemos observar que alguns itens possuem uma característica de operação onde após um período de tempo se desgastam. O aprendizado obtido ao longo do tempo sugere que os extensos registros sobre a falha de equipamentos nos permitirá determinar a vida e assim fazer planos para tomar ações preventivas, pouco antes do item está por falhar. Este modelo é válido para certos tipos de equipamentos mais simples, e também para alguns itens complexos, porém com modo de falha dominante.

Os desgastes de equipamentos são características encontradas em equipamentos que mantêm contato com o processo, as falhas podem ser relacionadas com fadiga de materiais, corrosão por contato com produtos agressivos, por abrasão e até por evaporação.

Os equipamentos de hoje, evidentemente são mais complexos que os de vinte anos atrás, tal diferença introduziu alterações nos padrões de falha.

A figura 5, abaixo mostra que há padrões de falhas sob probabilidade condicional contra o tempo de vida operacional dos equipamentos elétricos e mecânicos.



Figura 5 Padrão A - Curva da Banheira
(Fonte: RCM Reliability-centered Maintenance)

O padrão A mostrada na figura acima, é bem conhecida e chamada de curva da banheira, significa que um equipamento possui uma probabilidade alta de falhar prematuramente e em seguida mantém em uma zona de conforto para alcançar mais tarde uma zona de desgaste e falhar. Por muitos anos se pensou ser esse o único padrão de falha para equipamentos, agora sabemos que na verdade é uma combinação de padrões distintos de falhas. Estima-se que 4% das falhas em componentes de aeronaves se enquadram no padrão de falhas A. Este padrão de falhas demonstra inutilização precoce, seguida por um período de falhas aleatórias, levando a um acentuado desgaste. O descarte ou substituição programada é uma estratégia efetiva de manutenção, já que uma grande percentagem de unidades sobrevive até a idade em que se inicia o desgaste natural. Sistemas eletromecânicos simples se encaixam nesse padrão de falha. Outros exemplos incluem chaves fim de curso e relés.



Figura 6 Padrão B
(Fonte: RCM Reliability-centered Maintenance)

A Falha Padrão B representa falhas relacionadas à idade, quando um componente é acionado e funciona continuamente somente apresentando falhas ocasionais, até que atinge um tempo de uso onde rapidamente se torna sujeito a falhas. Exibe uma Constancia ou um incremento lento para alcançar a falha funcional esse padrão é similar ao padrão de falha tradicional. Apenas 2% das falhas em componentes de aeronaves se enquadram nas falhas padrão B. A melhor estratégia de manutenção para componentes que se enquadram nas falhas padrão B é determinar a “vida útil” do componente e definir a tarefa de descarte ou substituição baseada no tempo. Os motores alternativos das aeronaves se enquadram neste padrão de falha - correias, roldanas, correntes, rodas dentadas e rotores são outros bons exemplos de componentes de falhas padrão B.



Figura 7 Padrão C
(Fonte: RCM Reliability-centered Maintenance)

O padrão C de falha mostrado acima exibe um incremento ao longo do tempo de forma lenta e gradual probabilidade de falha, porém não é possível determinar uma zona de desgaste ou prever com exatidão o ponto de falha funcional. Estima-se que 5% das falhas em componentes de aeronaves se enquadram neste padrão de falhas. Normalmente não é eficaz aplicar estratégias de vida útil ou de tempo nesse tipo de falha. Monitoramento do funcionamento e verificação do processo são as melhores ferramentas para resolver essas falhas. Motores de turbina de aeronaves se enquadram neste padrão. Outros bons exemplos de componentes do Padrão C são tubos, pneus e embreagens.



Figura 8 Padrão D
Fonte: RCM Reliability-centered Maintenance

O padrão D de falha já indica que o equipamento quando é novo não falha e em pouco tempo inicia um nível uniforme e constante de falhas aleatórias. Pelo menos 7% das falhas em componentes de aeronaves se enquadram no padrão de falhas D. As falhas do Padrão D não são relacionadas à idade e são mais bem atendidas usando manutenção preditiva - “*on-condition*”. Os dispositivos hidráulicos e pneumáticos se enquadram neste padrão de falhas.



Figura 9 Padrão E
(Fonte: RCM Reliability-centered Maintenance)

O padrão E engloba componentes que têm probabilidade constante ou aleatória de falhas. Rolamentos de esfera são um bom exemplo de componente de falha padrão E. São 14% das falhas em componentes de aeronaves que se enquadram no padrão de falhas E. Essas falhas, dependendo do intervalo entre a falha potencial e a falha funcional, podem ser melhor evitadas usando-se a manutenção preditiva, “on-condition”.



Figura 10 Padrão F
(Fonte: RCM Reliability-centered Maintenance)

As falhas padrão F demonstram alta taxa de inutilização precoce. A probabilidade é maior no startup e é seguida por um nível de falhas constantes ou aleatórias. Os componentes eletrônicos são um exemplo deste padrão de falhas. Cerca de 68% das falhas em componentes de aeronaves se enquadram nas falhas padrão F. Procure solucionar falhas iniciais usando métodos de testes imediatos “*burn-in*”. Sua estratégia de manutenção para essas falhas irá depender do seu nível de impacto.

Pelo que foi mostrado acima podemos concluir que os padrões de falha contradizem a crença de que a confiabilidade se reduz com o passar do tempo ou tempo de operação. Vemos que na maioria das vezes acreditávamos que quanto mais manutenção se fazia em um equipamento, mais confiável ele se tornava e menos probabilidade de falha ele possuía. Hoje em dia, isso raramente é verdade. A menos que haja um modo de falha dominante relacionado com a idade, pois os limites de idade pouco ou nada fazem para melhorar a confiabilidade de itens complexos. Na verdade o que já ficou evidente e há provas de que o aumento de interferências em alguns equipamentos com revisões exageradas pode e até aumentar as taxas de falha no geral, introduzindo falhas prematuras em sistemas estáveis.

Com o aprendizado obtido levou as organizações abolirem completamente a ideia de manutenção preventiva. Porém também sabemos que realmente é possível adotar essa estratégia em sistemas em que a consequência de uma falha seja baixa, mas caso as consequências advindas de uma falha forem consideráveis deverão ser adotadas estratégias de prevenção ou preditivas com o intuito de reduzir ou mitigar as consequências.

Voltando a falar de tarefas preventivas, como mencionado anteriormente, o RCM dividiram as tarefas de manutenção preventiva em três categorias, conforme segue:

- ✓ tarefa de restauração agendada
- ✓ tarefa agendada discards
- ✓ tarefa de manutenção sob condição

As Tarefas de restauração implicam em fabricação de um componente ou revisão antes de alcançar sua vida útil.

Voltamos então à questão de realizar tarefas preventivas. Estas tarefas de manutenção podem ser divididas em 5 categorias:

1. Manutenção Preditiva - *“On-Condition”*
2. Manutenção Preventiva
3. Busca de Falhas
4. Reprojeto *“Redesign”*
5. Manutenção Corretiva - *“Run to Failure”*

6.2 Tarefa de manutenção Preditiva “*On-Condition*”

Uma tarefa de manutenção realizada para detectar a evolução de um modo específico de falha. A detecção de falhas é baseada em condições potenciais de falha conhecidas. O intervalo de execução de uma tarefa preditiva baseia-se na metade ($\frac{1}{2}$) do tempo de reação.

Com o objetivo de prevenir certos tipos de falhas, e a deficiência que as técnicas clássicas garantam a prevenção desejada, surge um novo tipo de gestão de falhas. Algumas técnicas na sua maioria acreditam que a maioria das falhas avisa que estão prestes a ocorrer. Estes avisos são conhecidos como “**falhas potenciais**”, e são definidos como condições físicas identificáveis, que indicam que uma “**falha funcional**” está prestes a ocorrer ou já está ocorrendo.

A nova técnica é aplicada para identificar falhas potenciais para que a ação a ser tomada evite consequências chegando à ocorrência de uma falha funcional. Elas são chamadas de “*on condition task*”, porque os itens são deixados em operação na condição normal onde eles continuam a atender aos padrões de desempenho desejados. (*on condition task* incluem – manutenção preditiva, manutenção baseada na condição e monitoramento da condição)

O uso apropriado da estratégia de tarefas “*on condition task*” é um bom caminho para gerenciar falhas, porém essa estratégia também pode tomar uma quantidade de tempo expressivo.

Tipos tradicionais de manutenção preditiva

- Análise de Vibração
- Análise Termográfica
- Análise Tribológica
- Testes Não destrutivos
- Análise de Corrente do Motor
- Verificação do Processo

Também podemos citar tarefas Preditivas não tradicionais como a Percepção Humana.

6.2.1 Curva de Falha Potencial e o Intervalo P-F

A curva P-F exhibe o processo de falha, do seu início (falha potencial) até o ponto de falha funcional. Quando o equipamento é posto em operação, deseja-se que o padrão de desempenho esteja com valores acima do nível mínimo, que é sua capacidade nominal. Ao entrar em operação entra em contato com diversos elementos que começa a sofrer com os esforços imputados pelo novo cenário de operação a função observada começa a se deteriorar até que, em determinado momento, a degradação torna-se perceptível. Este tipo de comportamento se aplica para falhas relacionadas à idade. Em itens de maior complexidade, geralmente, algum evento ocorre e danifica o ativo, como é o caso da operação de um tear, onde uma falta de lubrificação ou uma sobrecarga no acionamento acima do especificado afeta a integridade do dispositivo. Ainda que o dano não tenha afetado de forma catastrófica o componente, a partir daí instala-se um processo de falha e o dano inicial vai deteriorar a função desempenhada por ele. O ponto da curva onde é detectado este desgaste é chamado de ponto P, ou ponto de falha potencial.



Figura 11 Curva P-F eo intervalo de falha
(Fonte: <http://pt.scribd.com/doc/71818628/21/A-curva-P-F>)

Permanecendo o uso, o equipamento não mais será capaz de cumprir sua função não alcançando os níveis de desempenho desejados, o que caracteriza a falha funcional, ponto F. Não apenas a detecção da falha potencial é considerada, outro fator a ser considerado é o intervalo P-F, que é o intervalo de tempo transcorrido entre o momento entre a falha potencial até o momento em que ocorre a falha funcional. Este intervalo pode variar de milissegundos a anos, isso vai depender do modo de falha. Além de termos intervalos bem diferentes para os vários tipos de falhas ou dispositivos podemos também ter para o mesmo modo de falha diferentes intervalos.

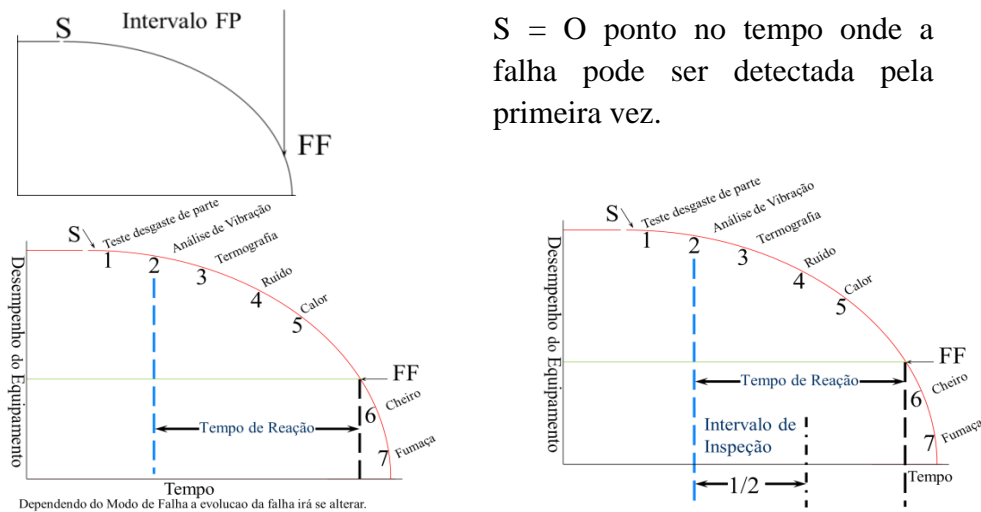


Figura 12 Curvas de Intervalo PF

(Fonte: RCM Blitz™ - Treinamento de Participante)

Para que uma tarefa preditiva seja considerada aplicável e efetiva:

- Deve ser possível detectar redução na evolução da falha para um modo de falha específico.
- Deve ser possível definir uma condição potencial de falha que possa ser detectada por uma tarefa explícita.
- Deve haver um intervalo de tempo razoavelmente homogêneo entre o momento da falha potencial e o momento da falha funcional.

6.3 Tarefa de Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva baseia-se no tempo, ela é realizada nos equipamentos que possuem um tempo de vida útil conhecido. Essas tarefas devem ser realizadas para evitar falhas nos componentes que se enquadram nos padrões de falhas (A-C).

Inspeção Programada, Reforma Programada e Substituição Programada são tarefas de manutenção preventiva.

Para que uma tarefa preventiva seja efetiva e aplicável, ela:

- ✓ Deve estar relacionada a uma falha e possuir grande impacto econômico, não relacionado à segurança.
- ✓ Deve haver uma vida útil identificável na qual há um rápido aumento da probabilidade de falha.
- ✓ Um grande percentual das unidades deve manter-se sem falha durante a vida útil identificável

6.4 Tarefas de busca de Falhas

Tarefas de Busca de Falhas – Inspeções Programadas em itens que possam apresentar falhas ocultas, com a intenção de encontrar falhas funcionais que já tenham ocorrido, mas que não são evidentes para a equipe de operação.

O objetivo de uma tarefa de busca de falhas é assegurar a disponibilidade adequada de uma função oculta no processo.

Para que uma tarefa de busca de falhas seja considerada aplicável e efetiva:

- O item deve estar relacionado a uma falha funcional que não seja evidente para a equipe de operação no decorrer de suas atividades normais.
- A característica do item não permite que outras tarefas sejam aplicáveis ou efetivas para ele.
- A frequência das tarefas de Busca de Falhas deve ter como base garantir a disponibilidade de uma função oculta.

6.5 Tarefas de Reprojeto

Reprojeto, em termos de RCM, é qualquer alteração no equipamento, processo ou procedimentos.

Para que um reprojeto seja considerado aplicável e efetivo ele deve:

- ✓ Eliminar a falha.

- ✓ Reduzir a probabilidade condicional de falha para um nível aceitável.
- ✓ Alterar a função de um item de oculto para aparente.

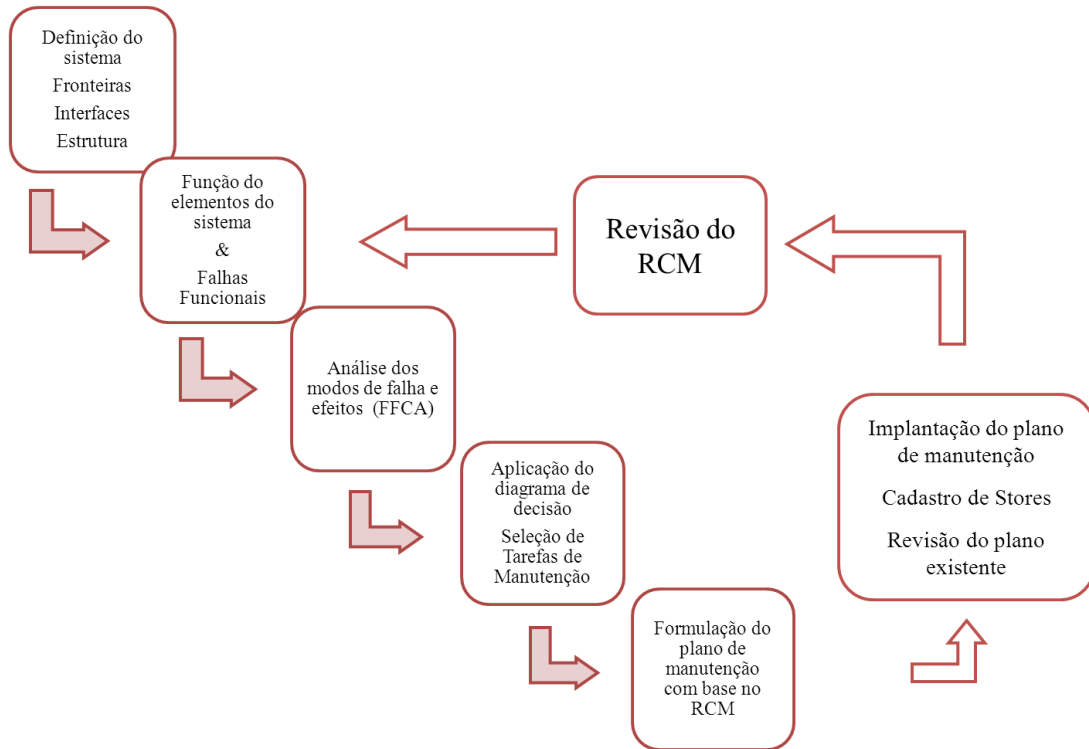
6.6 Tarefas Não Programada

Esta estratégia de manutenção somente é recomendada quando as outras tarefas não são aplicáveis ou efetivas (preditiva, preventiva, busca de falha ou reprojeto). Esta tarefa implica em não fazer nenhum esforço para antecipar ou prevenir os modos de falha, sendo assim simplesmente permite-se a ocorrência da falha e, em seguida, é feito o reparado. Este padrão é também chamado de “Rodar até Falhar”. Quando a Manutenção Não Programada for a estratégia de manutenção selecionada, deve-se colocar em prática uma estratégia de redução de impacto das falhas.

Estratégia de redução de impacto da falha.

Quando a manutenção não programada é a única estratégia aplicável, é importante assegurar que você tenha as peças sobressalentes, recursos e procedimentos adequados disponíveis, para reduzir o impacto das falhas.

7. Como aplicar as estratégias de RCM em um Sistema ou equipamento



Fluxograma 1 Fluxo de um RCM

7.1 Definição dos Sistemas

Primeiramente é necessária a definição de quais sistemas ou equipamentos deverão ser escolhidos para a realização do RCM, normalmente o que se adota é a priorização dos sistemas através de uma matriz de decisão onde toma como características de classificação a continuidade e o tempo até parada total do sistema, abaixo um modelo de planilha para viabilizar a classificação.

Tabela 1 - Matriz de Classificação de sistemas para RCM

Matriz de Classificação de sistemas para RCM							
			9 - Para o Site Todo 6 - Para a Fiação 3 - Para o Polímero / Para Algumas máquinas 1 - Para uma Máquina de Fiação / Urdição 0 - Não Para Nada			9 - Para Imediatamente 6 - Para Após Algumas Horas 3 - Para Após 1 dia 1 - Para Após 3 dias 0 - Não Para	
Planta	Área	Código	Descrição do Sistema	Continuidade	Tempo até a parada	PRN	RCM
P 01	P 01	FATEC-P 01-SN2	Sistema de Nitrogênio	9	9	18	
P 01	P 01	FATEC-P 01-138	Sistema de Distribuição de Energia - SE138KV	9	9	18	
P 01	P 01	FATEC-P 01-INC	Sistema de Água - Sistema Água de incêndio	9	6	15	
P 01	P 01	FATEC-P 01-VAP	Sistema de Vapor	9	6	15	
P 02	FIA	FATEC-SAX-FIA-GAS	Sistema Geral de Gas	6	9	15	
P 03	FIA	FATEC-CLA-FIA-DCS	DCS	6	9	15	
P 03	P 01	FATEC-CLA-P 01-SDE	Sistema de Distribuição de Energia	6	9	15	
P 02	FIA	FATEC-SAX-FIA-DCS	DCS	6	9	15	
SUP	LAB	FATEC-SUP-LAB-FIS	Laboratorio Físico	9	3	12	
SUP	LAB	FATEC-SUP-LAB-QUI	Laboratorio Químico	9	3	12	
P 02	P 01	FATEC-SAX-P 01-RES	Sistema de Resfriamento	6	6	12	
P 01	P 01	FATEC-P 01-ETE	Sistema de tratamento de Efluentes	9	3	12	
P 02	FIA	FATEC-SAX-FIA-SMx-H2O	SMs - Sistema de Água	1	9	10	
P 03	FIA	FATEC-CLA-FIA-SMx-H2O	SMx - Sistema de Água	1	9	10	
P 03	FIA	FATEC-CLA-FIA-SMx-GAS	SMx - Sistema de Gas	1	9	10	
P 03	P 01	FATEC-CLA-P 01-REF	Sistema de Refrigeração	3	6	9	
P 03	P 01	FATEC-CLA-P 01-RES	Sistema de Resfriamento	3	6	9	
P 03	P 01	FATEC-CLA-P 01-ACD-xxx	Ar Condicionados Fiação	3	6	9	
P 01	P 01	FATEC-P 01-SGN	Sistema de Gas Natural	3	6	9	
P 03	P 01	FATEC-CLA-P 01-ACD-005	Salas elétricas	1	6	7	
SUP	LAB	FATEC-SUP-LAB-ACD	Unidades de Ar Condicionados	3	3	6	
P 04	P 04	FATEC-P 04-LIB-xxx	Urdideiras	1	1	2	
P 04	P 01	FATEC-P 04-P 01-ACD	Sistema de AC - Urdição	1	1	2	
SUP	ALM	FATEC-SUP-ALM	Almoxarifado	0	0	0	
SUP	RES	FATEC-SUP-RES	Restaurante	0	0	0	
P 02	FIA	FATEC-SAX-FIA-CCR-SKT	Soak Tank	0	0	0	
P 02	FIA	FATEC-SAX-FIA-CCR-SPT	Spin Track	0	0	0	
P 02	FIA	FATEC-SAX-FIA-CCR-JET	Jet Tester	0	0	0	
SUP	INF	FATEC-SUP-INF-EDF	Predios	0	0	0	
SUP	INF	FATEC-SUP-INF-PAT	Patios	0	0	0	
SUP	IT	FATEC-SUP-IT-BKP	Sistema de Backup Elétrico	0	0	0	

Fonte - Planilha fornecida na Empresa Alpha

Após ter os equipamentos em que serão feito o RCM, de acordo com as prioridades obtidas na Tabela-1, valida com a área envolvida e programa. Normalmente, devido a complexidade da aplicação do RCM, adota-se a realização de pelo menos três estudos durante o ano, isso vai depender da disponibilidade de recursos para realizá-lo.

7.2 Planejamento das atividades

O Time de execução do RCM deverá ser composto de especialistas do setor que está sendo realizado o estudo, este time preferencialmente, deverá estar composto de maneira que contemple as especialidades de manutenção elétrica e mecânica, operação, engenharia de produção, engenharia de manutenção e engenharia de confiabilidade. Há em alguns casos o erro de considerar o estudo do RCM para os sistemas como uma oportunidade de treinamento para um funcionário inexperiente, porém essa ideia é totalmente equivocada, pois são os maiores conhecedores e especialistas da área que poderão contribuir com informações valiosas para o sucesso do RCM.

Segue abaixo um modelo de planejamento das atividades do estudo de um sistema esse estudo inicia com a preparação do RCM, onde nesta etapa o Engenheiro de Confiabilidade faz o levantamento de todos os componentes do sistema, separam os P&I e desenhos Mecânico, Elétrico, manuais dos equipamentos, procedimentos operacionais,

Condições Operacionais (CO), etc. Em seguida faz-se a análise de RCM e é nesta etapa que se reúne a equipe multifuncional, as demais tarefas são executadas como mostrado na tabela 2.

Tabela 2 - Cronograma de realização de um RCM

RCM Implementação

Etapa da Implementação	Responsável	Week 1				Week 2				Week 3				Week 4				Week 5				Week 6				Week 7											
		S	T	Q	Q	S	T	Q	Q	S	T	Q	Q	S	T	Q	Q	S	T	Q	Q	S	T	Q	Q	S	T	Q	Q	S	T	Q	Q	S	T	Q	Q
Preparação do RCM		█	█	█	█																																
RCM Analysis						█	█	█	█																												
Emissão da Pasta										█	█	█	█																								
Revisão da Árvore de Equipamentos														█	█	█	█																				
Inclusão das PPMs no CMMS																		█	█	█	█																
Implementação do Plano de Spare Parts																						█	█	█	█												
Elaboração dos Planos de Trabalho																										█	█	█	█								
Implementação do Troubleshooting																														█	█	█	█				
Aprovação DMF / Alteração Proced / Treinamentos																																					
Revisão do RCM																																					
FUP da Inclusão de Spares no Store																																					
Implementação dos Reprojets																																					

Fonte: Planilha fornecida pela Empresa Alpha

Tabela 3 - Detalhamento das etapas e metas

Etapa da Implementação	Metas
Preparação do RCM	Time Definido Lista de Equipamentos e Componentes FFCA Levantamento de Dados: P&I, Desenhos, Manuais Banco de Dados no Software RCM Convocação dos Membros Agendamento da Reunião de Encerramento Reserva de Notebook Reserva de Projetor Instalar Software RCM no Notebook Copiar Banco de Dados e outros docs para o Notebook
RCM Analysis	RCM Concluído
Emissão da Pasta	Pasta Impressa Cópia Entregue para a Área
Revisão da Árvore de Equipamentos	Novos Equipamentos Cadastrados Componentes Cadastrados como Pontos Equipamentos não mais utilizados Desativados
Inclusão das PPMs no CMMS	Folhas de Revisão Cadastradas no CMMS
Implementação do Plano de Spare Parts	Especificação dos Spare Parts Spare Cadastrados no Almoxarifado
Elaboração dos Planos de Trabalho	Planos de Trabalho para Folhas de Revisão cadastradas
Implementação do Troubleshooting	Troubleshooting Disponível na área Operadores Treinados
Implementação dos Reprojeto	Emissão de documentação de projetos Concluídos Procedimentos Revisados Treinamentos Executados
Revisão do RCM	Alteração de Estratégias Revisão das Folhas de Revisão Revisão de Planos de Trabalho Emissão de nova Pasta

CMMS - Software de gestão da manutenção
PPM - Plano de manutenção
FFCA - Fmea
DMF - Matriz de decisão para aprovação de projeto / reprojeto

Fonte: Planilha fornecida pela Empresa Alpha

7.3 Realizar a análise de RCM

De posse de todos os subsídios necessários para realizar o RCM e em conjunto com a equipe formada todos deverão, baseado no P&I (*Process and Instruments*), primeiramente montar a árvore do sistema ou relacionar os itens com compõem a máquina, fluxo de produção, manuais de equipamentos e histórico de falhas e muitas vezes são possíveis utilizar a relação da árvore de equipamentos do próprio sistema de manutenção CMMS. Após essa árvore inserida na planilha, é feito um estudo de cada item da árvore de equipamentos classificando qual a Função do Sistema e qual sua função principal, conforme já mencionado a partir do cap. 5 conforme mostrado abaixo:

Primeiramente o vem a seguir é um modelo elaborado na Empresa Alpha onde as variáveis de análise, os equipamentos e sistemas foram alterados para desvincular a ferramenta da empresa. A proposta é apenas apresentar uma ideia de como poderão ser organizadas todas as informações e a partir daí efetuar a elaboração da análise do FFCA pela ferramenta.

Informação		
Time	Datas	Comentários

Figura 13 Modelo de execução de FFCA
(Fonte: Planilha fornecida pela Empresa Alpha)

Tabela 4 Tabela de atribuição de severidade

TABELA DE SEVERIDADE			
Nível de Severidade	Idoença / Acidente	Impacto Financeiro	Impacto em Meio Ambiente
A - Crítico	Incidente crítico Perda de tempo por doença	Impacto Financeiro de R\$ 15.000. Incluindo a perda de equipamentos, danos ou reparação; perda de receita, produção e / ou custos de penalização.	Violação Regulamentar
B - Maior	Lesão ou Incidente maior, reportável	Impacto Financeiro de R\$2.368. Incluindo a perda de equipamentos, danos ou reparação; perda de receita, produção e / ou custos de penalização.	Incidente regulamentar reportável
C - Sério	Incidente Sério	Impacto Financeiro de R\$1.020. Incluindo a perda de equipamentos, danos ou reparação; perda de receita, produção e / ou custos de penalização.	Liberação Não reportável
D - Menor	Pouca ou nenhuma consequência imediata ou direta	Impacto Financeiro de R\$ 500,00. Incluindo a perda de equipamentos, danos ou reparação; perda de receita, produção e / ou custos de penalização.	Pouca ou nenhuma consequência imediata ou direta

Fonte: Planilha fornecida pela Empresa Alpha

Tabela 5 Tabela de atribuição de Probabilidade

Tabela de Probabilidade	
6 - Muito alto: Mais de uma vez por ano	5 - Alto: NÃO MAIS UMA VEZ POR ANO
4 - Moderado: NÃO MAIS UMA VEZ A CADA 2 ANOS	3 -Baixo: NÃO MAIS UMA VEZ A CADA 4 ANOS
2 - Muito Baixo: NÃO MAIS UMA VEZ A CADA 7 ANOS	1 - Remoto: NÃO MAIS UMA VEZ A CADA 10 ANOS

Fonte: Planilha fornecida pela Empresa Alpha

Tabela 6 Análise dos Modos de Falha

Seção FFCA										
(Functional Failure Criticality Analysis)										
Team Info										
						Data de Revisão:		15/mai/12		
		Planta:	Fatec							
		Area:	Bloco 2							
		Nome do Sistema:	Utilidades do Bloco 2							
Criticidade	Tag	Equipamento	Função (ser capaz de)	Falha Funcional (nao ser capaz de)	Consequência	Consequência para Qualidade	Severidade	Probabilidade	Risco	Criticidade
Sistema de distribuição elétrica										
C		Painel de distribuição de energia	Suprir energia elétrica para os diversos circuitos existentes para a demanda estimada	não conseguir suprir energia para demanda necessária	impossibilidade de ocorrer aulas no bloco 2	não cumprimento do plano pedagógico	D	1	L	C
C		Painel de chaveamento da iluminação central	Manter o corredor iluminado	não manter o corredor iluminado	Riscos de acidente devido má iluminação do local dificuldade de visualização no corredor	n.a.	C	1	L	C
C		Circuitos de iluminação das salas de aula	Prover iluminação com luminosidade suficiente e nos níveis adequado	não prover a iluminação suficiente nas salas de aula.	Impossibilidade de uso das salas para ministrar aulas	não cumprimento do plano pedagógico	C	2	L	C
C		Tomadas de energia	suprir energia elétrica para os diversos circuitos existentes com tomadas elétricas, garantindo segurança dos usuários	não suprir energia elétrica para os diversos circuitos existentes com tomadas elétricas, garantindo segurança dos usuários	impossibilidade de cumprir com o programa de aulas no bloco 2	não cumprimento do plano pedagógico	D		L	C
C										
C		iluminação externa	garantir boa luminosidade na área externa	deixar de iluminar a área externa	riscos de acidente com pedestres e com veículos nas dependências da Faculdade	interrupção das atividades	B	1	L	C

Fonte: Planilha fornecida pela Empresa Alpha

7.4 Os passos para aplicação do Processo de RCM aos equipamentos:

1. Relacione as Funções do processo
2. Relacione as Falhas Funcionais
3. Relacione os Modos de Falha e a Probabilidade de Falha
4. Descreva os Efeitos da Falha e o Impacto da Falha
5. Execute o Modo de Falha através do Processo de Decisão RCM
6. Selecione uma Tarefa de Manutenção

7.4.1 Funções do Processo

A Função Principal ou Função do Sistema é a razão da existência do equipamento ou processo. Ela inclui a expectativa do processo e os padrões de desempenho.

Por Exemplo – Se você desejar analisar um processo que fabrica lápis nº 2, sua função principal será: Ser capaz de fabricar lápis nº 2, a uma taxa de 1200 unidades por hora, atendendo a todos os padrões de qualidade, segurança, saúde e meio-ambiente.

7.4.2 Funções de suporte ou secundária

Após haver relacionado a Função Principal e determinado os padrões de desempenho, você irá avançar para a relação de todas as funções de suporte. Simplificando, as Funções de Suporte descrevem a utilidade de cada componente dentro do sistema.

Por exemplo, em um sistema de tubulação uma função de suporte seria – A capacidade de conter o combustível. Esta é a função do sistema de tubulação e do tanque de combustível.

A melhor maneira de assegurar que você relacionou todas as funções é acompanhar o processo na ordem pela qual o produto é feito.

7.4.3 Funções ocultas

As Funções Ocultas são aquelas que não estarão evidentes à equipe de operação no decorrer de suas atividades normais.

Por exemplo: A função de uma sonda de alto nível é interromper o fornecimento aos

tanques quando alcançar um determinado nível. A função desse dispositivo durante a operação normal do sistema **não é evidente** para o operador.

7.4.4 Falha Funcional

A falha de um item em executar suas ações normais dentro de padrões de desempenho previstos. A falha funcional é denominada como o inverso da função.

Função – Ser capaz de fabricar lápis nº 2, a uma taxa de 1200 unidades por hora atendendo aos padrões de qualidade, saúde, segurança e meio-ambiente.

Falha Funcional:

1. Ser totalmente incapaz de fabricar lápis nº 2.
2. Incapaz de fabricar os lápis e atender aos padrões de qualidade.
3. Incapaz de fabricar os lápis e manter os padrões de saúde e segurança.

7.4.5 Modos de Falha

Quando relacionar os Modos de Falha você deve lembrar-se de incluir:

- Todos os modos de falha já ocorridos
- Todos os modos de falha predominantes
- Modos de falha passíveis de ocorrer
- Modos de falha ocorridos em equipamento similar

Obs.: Não relacione Modos de falha muito improváveis de ocorrer!

7.4.6 Probabilidades

O time de análise poderá usar os dados e as informações do próprio sistema de manutenção onde os históricos de falhas irão contribuir para estimar a probabilidade do tipo de falha funcional ocorrer. Esse tipo de apontamento deverá ser analisado friamente não permitindo que questões não técnicas influenciem a análise.

O mesmo princípio deverá ser mantido para a análise dos Efeitos e Impactos das falhas.

Abaixo um exemplo de planilha onde pode ser feito de modo simplificado um processo de análise de RCM.

Tabela 7 Planilha de execução do RCM - Lite

RCM LITE											
Sistema ou Equipamento:											
Função principal:											
Componente	Função	O que fazer se falhar?	Tipo da tarefa	Tarefa	Frequencia	Método de Implementaçã	Ação	Responsável	Prazo	Status	Comentários

Fonte – Planilha fornecida pela Empresa Alpha

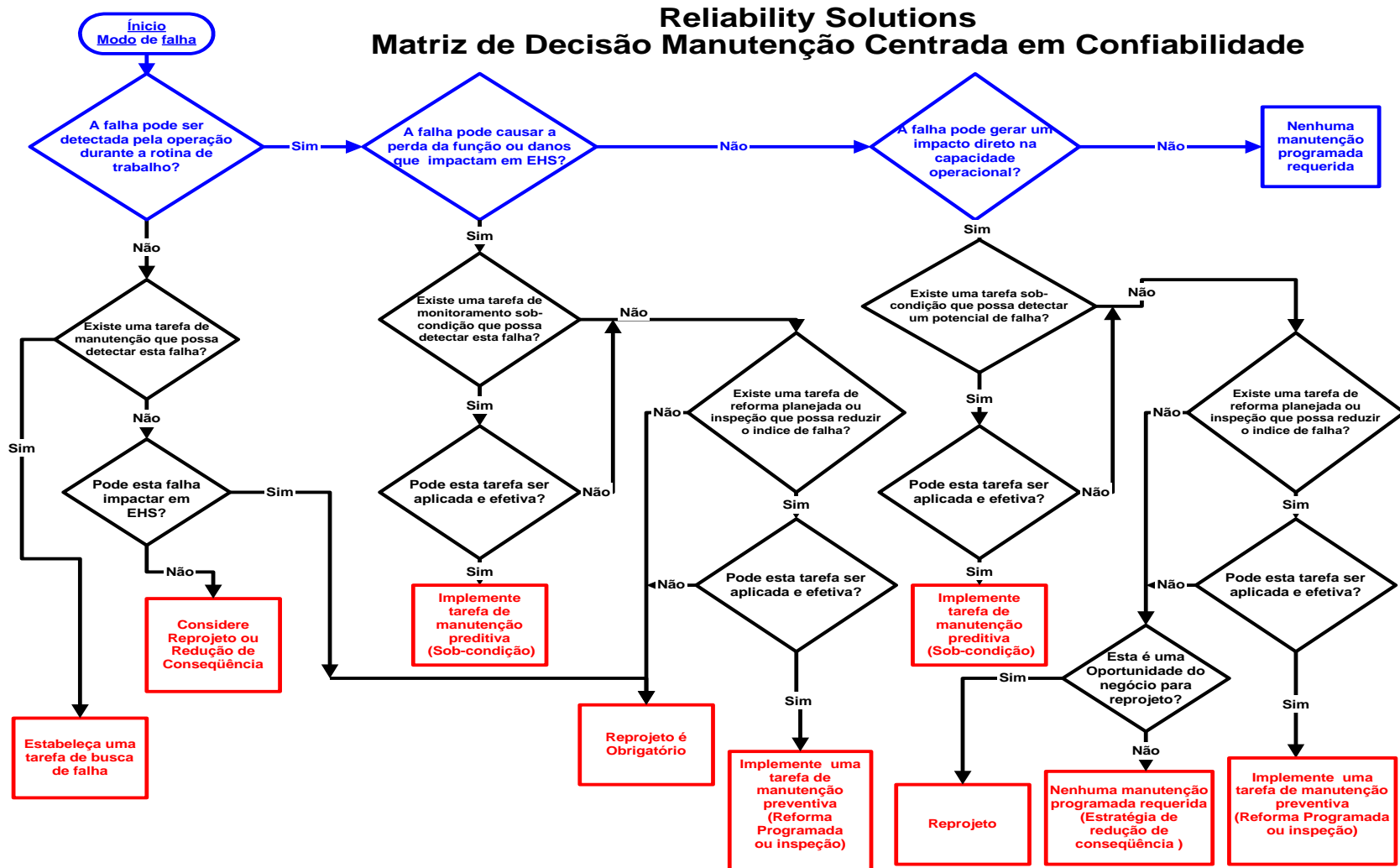
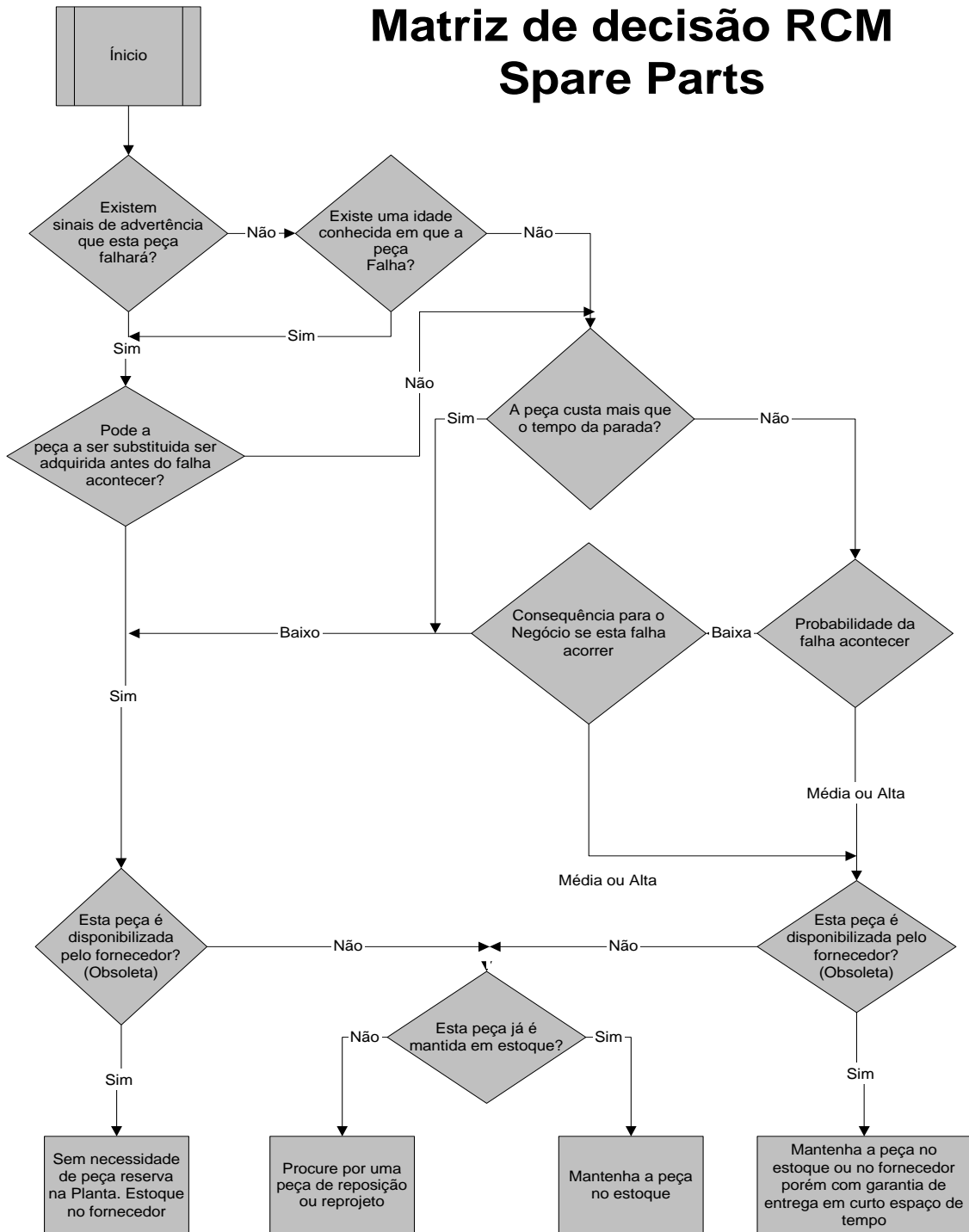


Figura 14 Matriz de decisão - RCM

(Fonte – Planilha fornecida pela Empresa Alpha)

Reliability Solutions Matriz de decisão RCM Spare Parts



Reliability Solutions 2000

Figura 15 Matriz de decisão de RCM para Spare Parts

(Fonte: Reliability Solutions 2000)

7.4.7 Efeitos da Falha

Os relatos dos Efeitos da Falha deverão incluir:

- Todas as informações necessárias para apoiar a avaliação dos impactos da falha.
- O primeiro indício pelo qual a equipe de operação irá reconhecer a ocorrência da falha.
- Todos os efeitos secundários resultantes da falha.
- O tempo de paralisação que resultou da falha.
- Eventos necessários para trazer o processo de volta às condições normais de operação.

Por exemplo: Modo de Falha – O rolamento da bomba falha devido à falta de lubrificação.

Efeito da Falha – Sem a lubrificação apropriada, o rolamento da bomba irá se aquecer, vibrar e, se não corrigido, eventualmente irá se corroer. Quando o rolamento falha, a bomba ficará paralisada, a chave de fluxo irá chamar a atenção dos operadores quando o fluxo cair abaixo de 75 Kg/h por mais de um minuto. O operador tentará reiniciar a bomba e ela será novamente paralisada. O operador chamará a manutenção para resolver, reparar ou substituir. O tempo de paralisação como resultado dessa falha é de seis horas.

O processo de decisão RCM utiliza uma série de perguntas para determinar:

- O impacto da falha.

O primeiro passo no processo de decisão RCM é localizar a categoria correta do impacto da falha. Cada Modo de Falha irá corresponder a uma dessas quatro categorias:

1. Impacto Oculto da Falha
2. Impacto à Saúde, à Segurança ou Ambiental.
3. Impacto Operacional
4. Impacto Não operacional

7.4.8 Impactos ocultos da falha

Impactos causados por falha de uma Função Oculta. A falha desse dispositivo não será evidente para a equipe de operação no decorrer de suas atividades normais.

Exemplos de componentes com Funções Ocultas:

- Chaves de Parada de Emergência
- Chaves de Altura de Nível
- Válvulas de Escape
- Discos de Ruptura
- Chaves de Pressão
- Dispositivos Redundantes

7.4.9 Impactos à Saúde, Segurança e Meio Ambiente

Os impactos resultantes de uma falha funcional **que possam** ter consequências adversas diretas sobre a saúde, segurança ou o meio-ambiente.

7.4.10 Impactos operacionais

Os impactos econômicos de uma falha que interfira com a utilização planejada do equipamento nas operações. Exemplos de Impactos Operacionais:

- Custo da produção perdida
- Custo de manutenção
- Custo das peças sobressalentes
- Custo do desperdício

7.4.11 Impactos não operacionais

Os impactos econômicos de uma falha que não afetem a segurança ou a capacidade operacional do equipamento. Normalmente são itens não significativos que não possuem funções ocultas.

8. Processo de Decisão de RCM

Após a categoria de impacto correto ter sido selecionada, o RCM apresenta uma série de perguntas para identificar a tarefa de manutenção apropriada.

- Uma tarefa de manutenção para prever a falha.
- Uma tarefa de manutenção para impedir a falha.
- Uma tarefa de redesenho para eliminar a falha.
- Uma tarefa de busca de falha para reduzir a probabilidade de falhas ocultas.
- Uma inspeção que reduza a possibilidade de falhas para um nível aceitável.

8.1 Peças sobressalentes

Nenhuma estratégia de manutenção estará completa sem a avaliação das peças sobressalentes. Ter as peças de reposição corretas disponíveis é um ponto crítico na redução do impacto das falhas. A figura 15 exibe um diagrama de decisão para a escolha da melhor estratégia.

Além disso, deve-se utilizar a matriz baseada em risco para tomar decisões sobre peças sobressalentes.

8.2 Uma tarefa de manutenção para prever a falha. “On Condition”

Uma tarefa de manutenção realizada para detectar a evolução de um modo específico de falha. A detecção de falhas é baseada em condições potenciais de falha conhecidas. O intervalo de execução de uma tarefa preditiva baseia-se na metade ($\frac{1}{2}$) do tempo de reação.

Tipos tradicionais de manutenção preditiva:

- Análise de Vibração
- Análise Termográfica
- Análise Tribológica
- Testes Não destrutivos
- Análise de Corrente do Motor
- Verificação do Processo

- Percepção Humana (não tradicional)

Para que uma tarefa preditiva seja considerada aplicável e efetiva:

- Deve ser possível detectar redução na evolução da falha para um modo de falha específico.
- Deve ser possível definir uma condição potencial de falha que possa ser detectada por uma tarefa explícita.
- Deve haver um intervalo de tempo razoavelmente homogêneo entre o momento da falha potencial e o momento da falha funcional.

8.3 Tarefa de manutenção para impedir a falha

A manutenção preventiva baseia-se no tempo, ela é realizada nos equipamentos que possuem um tempo de vida útil conhecido.

Essas tarefas devem ser realizadas para evitar falhas nos componentes que se enquadram nos padrões de falhas (A-C). Inspeção Programada, Reforma Programada e Substituição Programada são tarefas de manutenção preventiva.

Para que uma tarefa preventiva seja efetiva e aplicável, ela:

- Deve estar relacionada a uma falha e possuir grande impacto econômico, não relacionado à segurança.
- Deve haver uma vida útil identificável na qual há um rápido aumento da probabilidade de falha.
- Um grande percentual das unidades deve manter-se sem falha durante a vida útil identificável

8.4 Tarefa de Reprojeto ou Redesenho

Reprojeto, em termos de RCM, é qualquer alteração no equipamento, processo ou procedimentos.

Para que um reprojeto seja considerado aplicável e efetivo ele deve:

- Eliminar a falha.
- Reduzir a probabilidade condicional de falha para um nível aceitável.
- Alterar a função de um item de oculto para aparente.

Exemplo: Alterar os seus procedimentos de operação ou práticas padrão para tornar uma falha evidente ou previsível.

Instalar um dispositivo redundante em um sistema para assegurar funcionamento ininterrupto.

8.5 Tarefa de manutenção para busca de falha

Inspeções Programadas em itens que possam apresentar falhas ocultas, com a intenção de encontrar falhas funcionais que já tenham ocorrido, mas que não são evidentes para a equipe de operação. O objetivo de uma tarefa de busca de falhas é assegurar a disponibilidade adequada de uma função oculta no processo.

Para que uma tarefa de busca de falhas seja considerada aplicável e efetiva:

- O item deve estar relacionado a uma falha funcional que não seja evidente para a equipe de operação no decorrer de suas atividades normais.
- A característica do item não permite que outras tarefas sejam aplicáveis ou efetivas para ele.

A frequência das tarefas de Busca de Falhas deve ter como base garantir a disponibilidade de uma função oculta.

Exemplo: Verificar um botão de parada de emergência em um intervalo regular para assegurar que a função de interromper o processo ainda funcione.

Encher um tanque até o nível mais alto de interlock para assegurar que a função de bloqueio do tanque esteja funcionando.

9. Conclusão

As tarefas de manutenção definidas após a execução do RCM irão contribuir diretamente para o bom resultado operacional da empresa, onde índices de desempenho operacionais e financeiro poderão ser alcançados a contento. O exemplo descrito, com resultados qualitativos e quantitativos alcançados pela Empresa Alpha ao longo dos anos vem reforçar a grande eficácia que o RCM possui, podem destacar os seguintes benefícios:

- ✓ Altos índices de Disponibilidade e Produtividade,
- ✓ Redução de materiais de estoque,
- ✓ Aproveitamento melhor da mão de obra de manutenção,
- ✓ Melhor controle operacional dos ativos,
- ✓ Criação de um banco de dados de modo de falha dos equipamentos que passaram pelo processo de RCM,
- ✓ Melhoria da Confiabilidade dos equipamentos.

A escolha sobre a inclusão de um programa de manutenção preventiva em uma empresa é hoje fator determinante para seu sucesso e sobrevivência em um mercado altamente competitivo e de abrangência global. Fazer a escolha de qual modelo estratégico de manutenção a ser empregado dentro da empresa também tem grande relevância, pois há estratégias que acabam contribuindo negativamente impactando no aumento de custos e diminuição da disponibilidade dos ativos, é preciso a administração da empresa recorrer a especialistas no assunto para ajudá-los a tomar a decisão correta tal decisão vai colocá-la um passo adiante das demais. Pelo que pudemos observar ao que foi exposto nesta pesquisa, a estratégia de manutenção desenvolvida pela engenharia de manutenção de uma empresa, onde a escolha foi a aplicação da metodologia de RCM tem um alto potencial de posicionar tal empresa a frente das demais. Vale também mencionar que apenas a escolha certa não será o fator determinante para o sucesso, mas a disciplina em cumprir todas as etapas de execução do RCM bem como toda a organização deverá ver valor no processo desde o setor de manutenção até a alta hierarquia da empresa.

Esse processo de execução de RCM não é um processo definitivo, pois na medida em que as pesquisas de novos modelos de análise de modos de falha vão sendo desenvolvidos e novos processos de controle vão sendo instituídos, do mesmo modo o processo de RCM também é atualizado, nem sempre em uma execução de um RCM alcança o objetivo esperado, podemos então considerar que este processo é um processo vivo, onde o principal responsável pelos resultados é o engenheiro de confiabilidade.

INDICE REMISSIVO

A	
A EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	14
A evolução da Manutenção no mundo	18
C	
Como aplicar as estratégias de RCM em um Sistema ou equipamento	46
Confiabilidade	26
Consequências da falha	33
Curva de Falha Potencial e o Intervalo P-F	42
D	
Definição dos Sistemas	46
Definindo o RCM	29
E	
Efeitos da falha	32
Efeitos da Falha	58
F	
Falha Funcional	54
Falha Oculta	34
Falhas funcionais:	32
Ferramentas e Técnicas de manutenção	27
Função secundária ou função de suporte:	31
Funções de suporte ou secundária	53
Funções do Processo	53
Funções e padrões de desempenho	30
Funções ocultas	31, 53
I	
Impactos à Saúde e Segurança	34
Impactos não operacionais	35, 59
Impactos ocultos da falha	59
Impactos operacionais	59
Impactos Operacionais	34
M	
Modos de Falha	54
Modos de Falhas:	32
N	
Nova Pesquisa	26
O	
Os desafios de manutenção	27
Os passos para aplicação do Processo de RCM aos equipamentos:	53
Os Sete Questionamentos do RCM	30
P	
Passando pela história da Indústria Têxtil no Brasil	12
Peças sobressalentes	60
Planejamento das atividades	47
Primeira Geração	18
Probabilidades	54
Processo de Decisão de RCM	60
Processo de decisão do RCM	33
Processo de Decisão RCM	36
R	
Realizar a análise de RCM	50
S	
Segunda geração	19
T	
Tarefa de manutenção para busca de falha	62
Tarefa de manutenção para impedir a falha	61
Tarefa de manutenção Preditiva "On-Condition"	41
Tarefa de Manutenção Preventiva	43
Tarefa de Reprojetado ou Redesenho	61
Tarefas de busca de Falhas	44
Tarefas de Reprojetado	44
Tarefas Não Programada	45
Tarefas proativas	36
Terceira Geração	19
U	
Uma tarefa de manutenção para prever a falha. "On Condition"	60
V	
Variáveis que compõem o modelo de gestão do RCM	25

BIBLIOGRAFIA

MOUBRAY, JOHN. *Reliability-centered Maintenance*. 2.ed. New York: Industrial Press Inc. 1997.

BLOOM, Neil. *Reliability Centered Maintenance (RCM) Implementation Made Simple*. New York: McGraw-Hill, Inc. 2006.

OLIVEIRA, ALEXANDRE ANTÔNIO PAIXÃO. *Mineração sequencial de dados para previsão de falhas de uma rede de telecomunicações*. DISSERTAÇÃO (PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS. RECIFE. PE. 2008. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/71818628/21/A-curva-P-F>> Acesso em: 13/05/2012.

DICIONÁRIO MICHAELIS. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>> Acesso 01/05/2012.

IMAGEM FOTO: Ladeira porto geral. Disponível em: <<http://saudadesampa.nafoto.net/photo20091011103858.html>> acesso 29/04> Acesso em: 12/04/2012.

TEIXEIRA, FRANCISCO. *A história da indústria têxtil paulista*. São Paulo: Ver Curiosidades. 2007.

SPIGOLON, ANA LUCIA. *Manual para elaboração e apresentação de monografia e TCC para a FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA*. Desenvolvimento da monografia ou trabalhos acadêmicos - similares (trabalho de conclusão de curso – tcc, trabalho de graduação interdisciplinar - tgi, trabalho de conclusão de curso de especialização e/ou aperfeiçoamento e outros) São Paulo: FATEC-AM. 2010.

EMPRESA ALPHA. *Arquivos: Worksheet in RCM Lite / LEC - Analise PPM qualidade / RCM Implementação / Matriz RCM*. São Paulo.