Estudo de Aplicação da Metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade para um Compressor Alternativo



Anderson Luis dos Santos[1]; Juliane Beltramelli dos Santos[2]
[1,2]*Faculdade Educacional Araucária*

RESUMO

A gestão da manutenção industrial ganha destaque no desafio da busca em garantir que os equipamentos desempenhem suas funções requeridas de forma confiável, sendo assim, uma de suas tarefas é propor maneiras de mitigar ou eliminar as falhas e riscos que podem levar danos às pessoas, meio ambiente e instalações. A manutenção centrada em confiabilidade (MCC) aplicada a compressores alternativos pode auxiliar na identificação das funções que podem receber priorizações dos recursos de manutenção e ainda propõe a adequação dos métodos de manutenção, utilizando as melhores técnicas através de um plano de manutenção. Este modelo de gestão visa preservar as funções de um equipamento, evitando quebras inesperadas, garantindo a continuidade operacional de forma segura. Neste cenário, os compressores alternativos possuem levada importância operacional nas unidades de processo além de possuírem alta complexidade mecânica. A metodologia utilizada para este trabalho trata as falhas que ocorrem em um compressor alternativo genérico no processamento de hidrogênio, propondo um plano de manutenção robusto desenvolvido em bases sistemáticas orientadas pela manutenção centrada em confiabilidade. O plano de manutenção resultante permite aumentar a segurança, disponibilidade e a confiabilidade com custos adequados de manutenção.

Palavras chave: Manutenção, Confiabilidade, Disponibilidade, Compressor Alternativo.

ABSTRACT

The management of industrial maintenance get featured in the search challenge to ensure that the equipment performs the required functions reliably, thus, one of its tasks is to propose ways to mitigate or eliminate the failures and risks that may lead to damage people, environment and facilities. Reliability centered maintenance (RCM) applied to reciprocating compressors can help in identifying the functions that can receive prioritization of maintenance resources and proposes the suitability of maintenance methods, using the best techniques through a maintenance plan. This management model aims to preserve the functions of a device, preventing unexpected breakdowns, ensuring operational continuity safely. In this scenario, reciprocating compressors have taken operational importance in the process units besides having high mechanical complexity. The methodology used for this work deals with the failures that occur in a generic reciprocating compressor in the hydrogen processing, proposing a robust maintenance plan developed on a systematic basis oriented by reliability centered maintenance. The resulting maintenance plan allows to increase security, availability and reliability with proper maintenance costs.

Key Words: Maintenance, Reliability, Availability, Reciprocating Compressor.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da metodologia da manutenção centrada em confiabilidade (MCC) para um compressor alternativo pode levar a resposta para o seguinte questionamento: Como preservar as funções de um compressor alternativo através de um plano de manutenção robusto orientado pela metodologia da MCC?

A hipótese a ser submetida para este estudo busca verificar se o modelo proposto pela manutenção centrada em confiabilidade proverá benefícios e vantagens frente a um modelo convencional de manutenção baseado em manutenção reativa.

O principal objetivo deste trabalho consiste em estudar a aplicação metodológica da manutenção centrada em confiabilidade para um compressor alternativo no processamento de hidrogênio, levando em consideração a necessidade de reduzir os riscos gerados pelo processo de operação deste equipamento. O enfoque principal do plano de manutenção será orientado pelas atividades de manutenção mecânica, pois as mesmas são predominantes e representam as principais causas de paradas não programadas em compressores alternativos.

Dentre os objetivos específicos a serem desenvolvidos podemos citar:

a) Apresentar as etapas metodológicas da MCC;
b) Evidenciar o sistema objeto de estudo pela MCC;
c) Obter um plano de manutenção orientado pelas premissas da MCC;
d) Comparar as vantagens da MCC frente a ações de manutenção corretiva;

O desenvolvimento dos objetivos propostos tem como finalidade atingir um plano de manutenção capaz de reduzir ou mitigar a ocorrência de falhas em compressores alternativos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)

2.1.1. Definição da MCC

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) ou do termo em inglês Reliability Centred Maintenance (RCM) pode ser definida por vários autores como uma ferramenta utilizada para o gerenciamento da manutenção.

De acordo com Pinto e Xavier (2009, p.140) “Manutenção centrada em confiabilidade (em inglês Reliability Centered Maintenance - RCM) é uma metodologia que estuda um equipamento ou um sistema em detalhes, analisa como ele pode falhar e define a melhor forma de fazer manutenção de modo a prevenir a falha ou minimizar as perdas decorrentes das falhas.”

Para Smith (1993, p.49-51) a Manutenção Centrada em Confiabilidade não é outra maneira de fazer as tarefas da manutenção preventiva, mas é muito diferente em alguns aspectos fundamentais e exige que algumas mudanças de mentalidade ocorram. Há quatro aspectos que caracterizam a manutenção centrada em confiabilidade e a configura à parte de qualquer outro processo de planejamento de manutenção preventiva em uso atualmente. São os quatro aspectos da MCC: (1) preservar a função do sistema, (2) identificar os modos de falhas que podem degradar as funções, (3) priorizar a função desejada (via modos de falha) e (4) selecionar somente as tarefas de manutenção preventiva aplicável e efetiva.

2.1.2. Princípios para seleção do MCC

Segundo a NASA (2008, 2-7) a análise da MCC deve considerar cuidadosamente as seguintes questões:

- ✓ O que o sistema ou o equipamento é destinado a fazer?
- ✓ Quais são as funções a serem preservadas?
- ✓ Quais são as falhas susceptíveis a ocorrer?
- ✓ Quais são as prováveis consequências das falhas funcionais?
- ✓ O que pode ser feito para reduzir a probabilidade de falha?
- ✓ O que pode ser feito para identificar o início da falha?
- ✓ O que pode ser feito para reduzir as consequências das falhas?

A análise dos questionamentos sugeridos para o desenvolvimento da MCC pode facilitar o analista para a seleção do objeto de estudo e tratativa das falhas.

De acordo com Smith (1993, p.58) quando se decide executar a MCC em uma planta ou instalação, duas perguntas devem ser consideradas:

a) Em que nível de complexidade (componente, sistema ou instalação) a análise deve ser conduzida?
b) Deve-se toda a planta ou instalação receber o processo, caso contrário, como a seleção deve ser feita?

Algumas estratégias de seleção de sistemas podem ser empregadas para mapear quais sistemas apresentam alto potencial para beneficiarem-se com o desenvolvimento da MCC. Smith (1993, p.58). Tais estratégias podem ser exemplificadas como:

a) Sistemas com alto volume de manutenção preventiva ou custos de manutenção preventiva;
b) Sistemas com grande número de manutenções corretivas, levando em consideração os dois últimos anos;
c) Uma combinação do item (a) com item (b);
d) Sistemas com alto custo de manutenção corretiva, levando em consideração os dois últimos anos;
e) Sistemas com grandes contribuições sobre interrupções completas ou parciais, considerando os dois últimos anos;
f) Sistemas com alto volume de assuntos relacionados à segurança e meio ambiente.

Smith (1993, p.58) ainda ressalta que desenvolver a MCC em nível de sistemas é a melhor maneira de conduzir o estudo, e deve-se focar em quais sistemas empregar os esforços de estudo. Sendo assim, fica evidente que a metodologia MCC necessita de um direcionamento de seus esforços, pois uma ferramenta de alto desempenho necessita ser empregada em sistemas que justifiquem sua aplicação.

2.1.3. O que a MCC alcança?

Segundo Moubray (2000, p.310-316) a manutenção centrada em confiabilidade pode alcançar maior confiabilidade e disponibilidade da fábrica. Além disso, aumenta a segurança e integridade ambiental, qualidade dos produtos, eficiência na manutenção, vida útil para os ativos caros, motivação das pessoas, motivação da equipe de trabalho e a formação de base de dados para a manutenção. Sendo assim, a manutenção centrada em confiabilidade é uma ferramenta de grande importância no gerenciamento e execução de trabalhos no ambiente industrial, trazendo grandes benefícios para ser aplicada de forma adequada.

2.1.4. Principais etapas da MCC

Siqueira (2014, p.19) apresenta as sete etapas da sequência de implementação do sistema de análise da manutenção centrada em confiabilidade, sendo estas etapas classificadas como:

ETAPA 1: Seleção do sistema e coleta de informações;
ETAPA 2: Análise dos modos de falhas e efeitos;
ETAPA 3: Seleção de funções significantes;
ETAPA 4: Seleção das atividades aplicáveis;
ETAPA 5: Avaliação da efetividade das atividades;
ETAPA 6: Seleção das atividades aplicáveis e efetivas;
ETAPA 7: Definição da periodicidade das atividades.

Percebe-se através dos estudos atuais sobre o desenvolvimento da metodologia da MCC, que não existe uma única maneira de desenvolver os objetivos propostos pela norma SAE JA 1011. Cada autor busca realizar estes objetivos básicos com a aplicação das técnicas e etapas mais adequadas de acordo com seu ponto de vista, e cada analista adequará o número de etapas de desenvolvimento as suas necessidades.

2.2. COMPRESSORES ALTERNATIVOS

Block e Hoefner (1996, p.13) afirmam que: O compressor alternativo é o mais conhecido e utilizado tipo de compressor de deslocamento positivo. Ele opera com o mesmo princípio da velha e familiar bomba de bicicleta, isto é, por meio de um pistão em um cilindro. Quando o pistão se move para frente dentro do cilindro, ele comprime o ar ou gás em um pequeno espaço, assim aumentando sua pressão.

A figura 1 representa um modelo compressor alternativo composto por quatro cilindros dispostos no plano horizontal, opostos ao eixo de manivelas.

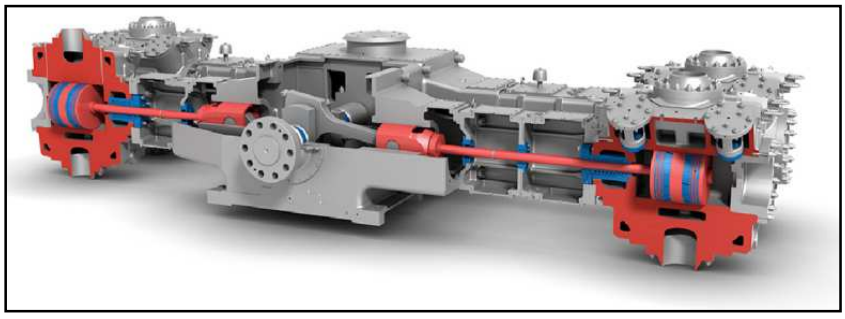


FIGURA 1: COMPRESSOR ALTERNATIVO
FONTE: BURCKHARDT COMPRESSION (2016)

2.2.1. Estrutura básica para compressores alternativos

Os compressores alternativos apresentam como característica a ser observada, a presença de uma estrutura básica composta pelo conjunto de acionamento e conjunto de compressão, conforme ilustra a figura 2.

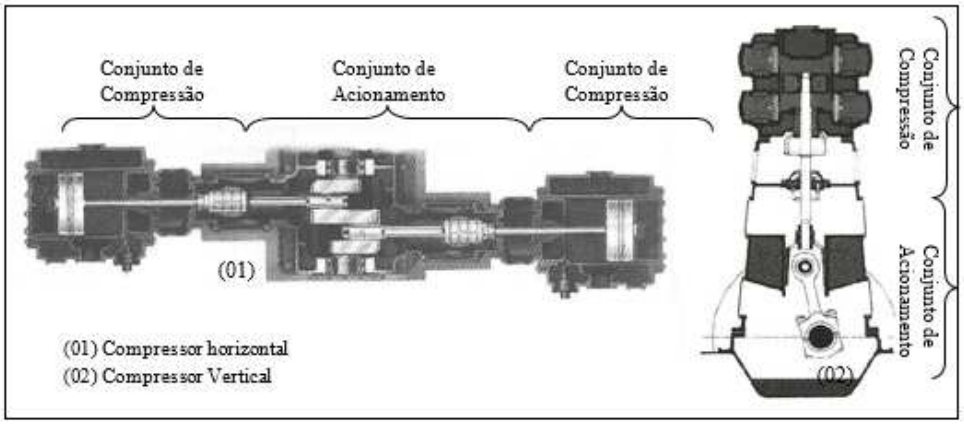


FIGURA 2: ESTRUTURA BÁSICA PARA COMPRESSORES ALTERNATIVOS
FONTE: ADAPTADO DE BLOCK E HOEFNER (1996)

Pode-se verificar que a estrutura básica de um compressor alternativo, pode ser encontrada em arranjos de cilindros que na maioria das aplicações são dispostos em arranjos verticais e horizontais. Existem outras formas de arranjos dos cilindros de um compressor alternativo, porém, não serão abordas neste trabalho por ser tratarem de casos específicos.

2.2.2. Conjunto de acionamento

Conforme Nóbrega (2011, p.37), “O conjunto de acionamento é a parte estrutural da máquina, composta pelos seguintes componentes: carcaça (cárter de óleo), mancais, bielas, cruzeta, volante, eixo virabrequim, etc.” É no conjunto de acionamento que ocorre a transformação do movimento rotativo proveniente do acionador em movimento alternativo utilizado no sistema de compressão.

2.2.3. Conjunto de compressão

De acordo com Nóbrega (2011, p.37) “O conjunto de compressão é formado pelos seguintes componentes: haste, pistão, selagem, válvulas, anéis de compressão, cilindro, tampas e válvulas [...]”. Neste conjunto ocorre a transferência de energia mecânica vinda do acionador em energia de pressão conferida ao gás.

2.3. ESTUDO DA METODOLOGIA MCC

O estudo da manutenção centrada em confiabilidade para este trabalho contará com o embasamento bibliográfico de autores e normas técnicas pertinentes ao estudo desenvolvido. O procedimento metodológico apresenta adequações necessárias para as etapas de desenvolvimento da MCC, pois, cada autor expõe uma abordagem particular de acordo seu ponto de vista, porém, todos convergem aos objetivos e fundamentos essenciais contidos nas normas SAE-JA1011 e SAE-JA1012 que orientam o desenvolvimento da metodologia da manutenção centrada em confiabilidade.

2.3.1. Primeira etapa: Preparação para o estudo.

De acordo com a *Naval Sea Systems Command* (1983, p.19) em sua publicação em *Reliability Centered Maintenance Handbook*, destaca que a coleta de informações técnicas é necessária para cada tipo de sistema e equipamentos, podendo ser baseadas em informações descritivas e informações de operação, das quais envolvem: descrições narrativas, especificações de projeto, diagramas esquemáticos, desenhos de montagem, alterações de campo e engenharia, instruções de manutenção e operação, padrões de operação, arquivos de modos falhas, etc.

Para este estudo todas as informações coletadas serão baseadas em dados provenientes da consulta da literatura específica sobre compressores alternativos, manutenção industrial, confiabilidade e da metodologia MCC.

2.3.2. Segunda etapa: Seleção do sistema para estudo

Diagrama Organizacional

A figura 3 apresenta a estrutura hierárquica das principais funções para o compressor alternativo em estudo, sendo esta denominada de diagrama organizacional.

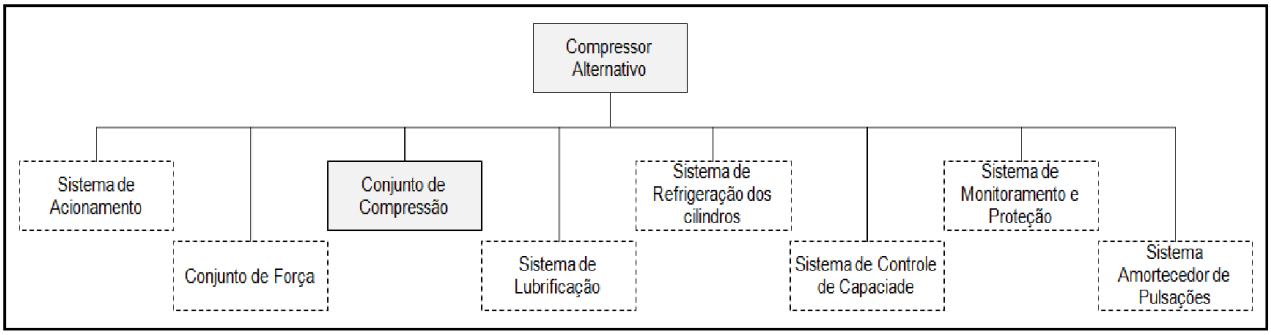


FIGURA 3: DIAGRAMA ORGANIZACIONAL
FONTE: OS AUTORES

Verifica-se através do diagrama organizacional o especial destaque dado ao conjunto de compressão sendo este objeto de estudo para o desenvolvimento da metodologia da MCC utilizada neste trabalho.

Seleção do sistema em estudo

Nóbrega (2011, p.161) apresenta as principais causas de paradas não programadas para compressores alternativos, sendo que, uma avaliação semelhante pode ser encontrada em Leonard (1996, p.2).

A figura 4 apresenta pela análise de Pareto os principais componentes causadores de paradas não programadas para compressores alternativos.



FIGURA 4: CAUSAS DE PARADAS NÃO PROGRAMADAS PARA COMPRESSORES ALTERNATIVOS
FONTE: NÓBREGA (2011)

A tabela 1 apresenta o percentual a participação dos componentes causadores de falhas em compressores alternativos destacando que 72,6 % das falhas ocorrem no conjunto de compressão.

TABELA 1: CAUSAS DE PARADAS NÃO PROGRAMADAS PARA COMPRESSORES ALTERNATIVOS

COMPONENTES	% GERAL	% PARA CONJUNTO DE COMPRESSÃO
Válvulas	39,0%	39,0%
Selagem principal	13,5%	13,5%
Processo	10,1%	x
Anéis de compressão	8,0%	8,0%
Descarregadores	.6,0%	6,0%
Anéis de guia	5,9%	5,9%
Lubrificação do cilindro	5,1%	x
Mancais	4,0%	x
Instrumentação	3,0%	x
Refrigeração	2,5%	x
Outros	1,3%	x
Carcaça e Acionamento	0,7%	x
Sistema de lubrificação	0,4%	x
Base	0,3%	x
Selagem intermediária	0,2%	0,2%
Motor/Acionamento	0,0%	x
Porcentagem Total	100,0%	**72,6%**

FONTE: ADAPTADO DE NÓBREGA (2011)

2.3.3. Terceira etapa: Análise das funções e falhas funcionais

Segundo Rausand (1998, p.123) esta etapa possui os seguintes objetivos: (i) identificar e descrever as funções e critérios de desempenho; (ii) identificar as interfaces requeridas para o sistema operar; (iii) identificar as maneiras em que as funções do sistema podem falhar.

Esta etapa busca tratar em formulário específico as fronteiras físicas, a descrição textual, o diagrama de blocos, as interfaces de entrada e saída, a descrição dos itens físicos, as funções e falhas funcionais do sistema em estudo.

2.3.4. Quarta etapa: Seleção dos itens físicos críticos

Segundo Rausand (1998, p.125) “O objetivo desta etapa é identificar e analisar os itens que são potencialmente críticos com a respectiva falha funcional identificada na terceira etapa, [...]”.

Neste momento é necessária a construção de uma matriz que permita relacionar os itens físicos e as falhas funcionais descritas na terceira etapa, de forma a obter uma priorização das atividades de manutenção a serem destinada aos itens físicos.

2.3.5. Quinta etapa: Coleta e análise das informações

Segundo Rausand (1998, p.125) “As informações operacionais e de confiabilidade são adquiridas através da experiência operacional disponível e de arquivos externos onde as informações confiáveis provem de projetos e condições de operações similares (exemplo: banco de dados, manuais guia, manuais de campo e recomendações dos fornecedores).”

Cabe lembrar que durante toda a análise do processo de desenvolvimento da MCC se faz necessário a coleta e revisão das informações utilizadas.

2.3.6. Sexta etapa: Análise de modos e efeitos de falhas

Lafraia (2001, p.102), afirma que “A análise de modos de falhas e efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis* - *FMEA*) é uma técnica indutiva, estruturada e lógica para identificar e/ou antecipar a(s) causa(s) e efeitos de cada modo de falha de um sistema ou produto.”

Para esta etapa sugere-se a construção de um formulário específico onde sejam analisadas todas as funções, falhas funcionais, modos de falhas e efeitos das falhas que estejam relacionados ao sistema em estudo.

2.3.7. Sétima etapa: Seleção das tarefas de manutenção

Segundo Rausand (1998, p.127) “Este é o mais novo passo comparado as outras técnicas de planejamento de manutenção. A decisão lógica é utilizada para guiar o analista através de um processo de perguntas e respostas.”

O objetivo principal desta etapa é detectar o modo de falha dominante é decidir qual tarefa de manutenção poderá ser aplicada e se tornar efetiva, ou será que a melhor solução é que o item seja utilizado deliberadamente até falhar? É só após esta análise que uma tarefa de manutenção corretiva seja aplicada. (RAUSAND, 1998, p.127).

Reserva-se para esta etapa a construção de um formulário específico para a análise das falhas funcionais e seus modos de falhas, propondo a priorização de atuação da manutenção sobre os modos de falhas utilizando-se da análise de cada falha funcional através da árvore lógica de decisão e o diagrama de decisão, ou outro processo que permita proporcionar tal priorização de atuação nas falhas.

2.3.8. Oitava etapa: plano de manutenção

Com base na metodologia de priorização das tarefas de manutenção desenvolvida na sétima etapa permite-se a estruturação de um plano de manutenção, que define as principais atividades de manutenção bem como sua periodicidade e os responsáveis pela execução destas atividades.

O quadro 1 apresenta um plano de manutenção desenvolvido para o conjunto de compressão do compressor alternativo objeto deste estudo.

FORMULÁRIO PARA DOCUMENTAÇÃO DO SISTEMA				
Unidade: UP-1100	Cód: C-1100-01A	Facilitador:	Data:	Folha: 1/2
Sistema: Conjunto de Compressão		Auditor:	Data:	Rev.:
Tipo: Plano de manutenção				

Frequência das atividades de manutenção		Responsável pela execução da tarefa	
A	Verificação mensal - Monitoramento	ME	Mecânico especializado
B	2 anos ou 8000h de operação	TM	Técnico de manutenção
C	4 Anos ou 16000h de operação	M/T	Mecânico especializado/ técnico de manutenção

Item Físico (IF)	Atividades	Resp.	Freq.
IF-12 Válvula de sucção	a) Monitorar os valores de pressão dinâmica nos cilindros	TM	A
	b) Monitorar a temperatura das válvulas de sucção	TM	A
	c) Limpar e inspecionar válvulas de sucção	M/T	B
	d) Substituir as válvulas de sucção	ME	C
IF-13 Válvula de descarga	a) Monitorar os valores de pressão dinâmica nos cilindros	TM	A
	b) Monitorar a temperatura das válvulas de descarga	TM	A
	c) Limpar e inspecionar válvulas de descarga	M/T	B
	d) Substituir as válvulas de descarga	ME	C
IF-09 Anel de compressão	a) Monitorar o coeficiente politrópico	TM	A
	b) Solicitar reprojeto dos anéis caso haja falha em especificação	TM	A
	b) Substituir os anéis de compressão	ME	C

CONTINUA

FORMULÁRIO PARA DOCUMENTAÇÃO DO SISTEMA				
Unidade: UP-1100	Cód: C-1100-01A	Facilitador:	Data:	Folha: 2/2
Sistema: Conjunto de Compressão		Auditor:	Data:	Rev.:
Tipo: Plano de manutenção				

Frequência das atividades de manutenção		Responsável pela execução da tarefa	
A	Verificação mensal - Monitoramento	ME	Mecânico especializado
B	2 anos ou 8000h de operação	TM	Técnico de manutenção
C	4 anos ou 16000h de operação	M/T	Mecânico especializado/ técnico de manutenção

Item Físico (IF)	Atividades	Resp.	Freq.
IF-16 Selagem principal	a) Monitorar o fluxo de gás contaminado na saída da selagem	TM	A
	b) Revisar a selagem principal	ME	B
	c) Substituir os anéis de gaxeta	ME	C
	d) Inspecionar e desobstruir os pontos de injeção e ventagem de gás na selagem	ME	B
	e) Inspecionar e desobstruir os pontos de injeção de óleo	ME	B
IF-17 Selagem Intermediária	a) Revisar a selagem intermediária	ME	B
	b) Substituir os anéis de gaxeta	ME	C
IF-21 Descarregador	a) Inspecionar os descarregadores	ME	B
	b) Substituir os descarregadores	ME	C
IF-10 Anel guia	a) Monitorar posicionamento da haste do pistão para avaliar o decaimento	TM	A
	b) Substituir os anéis guia	ME	B
IF-01 haste do pistão	a) Realizar levantamento dimensional da haste do pistão	ME	B
	b) Realizar inspeção visual na haste do pistão para verificar se há marcas ou riscos	M/T	B
	c) Realizar torqueamento da conexão entre a haste do pistão e a cruzeta	ME	B
IF-04 Cilindro	a) Realizar lapidação nas faces de vedação do cilindro na região das tampas dos cilindros	ME	B
	b) Realizar lapidação nas faces de vedação do cilindro na região das tampas das válvulas	ME	B
	c) Substituir as juntas de vedação das bocas de visita	ME	B
	d) Limpeza e desobstrução dos pontos de injeção de óleo na selagem e camisa	ME	B
IF-06 Peça distanciadora	a) Realizar lapidação nas faces de vedação das bocas de visita e suas respectivas tampas	ME	B
	b) Substituir as juntas de vedação das bocas de visita	ME	B
IF-03 Pistão	a) Inspeção visual e levantamento dimensional	M/T	B
IF-24 Vedação da tampa do cilindro	a) Substituir os anéis de vedação das tampas dos cilindros	ME	B
IF-25 Vedação da tampa de válvula	a) Substituir os anéis de vedação das tampas das válvulas	ME	B

QUADRO 1- PLANO DE MANUTENÇÃO
FONTE: OS AUTORES

2.3.9. Comparação entre os métodos de manutenção

A metodologia da manutenção centrada em confiabilidade pode direcionar a migração de uma forma de atuação na gestão da manutenção baseada em ações corretivas para um modelo de gestão onde sejam priorizadas as ações de manutenção preventivas e preditivas de maneira a preservar as funções de um equipamento. Para um melhor entendimento segue a comparação entre algumas características que podem ser observadas entre as metodologias utilizadas pela manutenção corretiva e pela manutenção centrada em confiabilidade:

Manutenção corretiva:

- ✓ Manutenção reativa;
- ✓ Foco em substituição do item físico;
- ✓ Paradas de produção não planejadas;
- ✓ Alto custo;
- ✓ Falhas aleatórias;
- ✓ Risco de impacto e danos ao meio ambiente, pessoas e instalações;
- ✓ Menor disponibilidade dos ativos;
- ✓ Menor confiabilidade.

Manutenção Centrada em Confiabilidade:

- ✓ Manutenção pró-ativa;
- ✓ Foco na preservação da função;
- ✓ Possibilita previsão das pardas;
- ✓ Custo inicial elevado com retorno garantido;
- ✓ Controle e mitigação das falhas;
- ✓ Mapeamento e gerenciamento dos riscos;
- ✓ Maior disponibilidade dos ativos;
- ✓ Maior confiabilidade dos ativos.

Observa-se que as duas formas de atuação na gestão da manutenção constituem filosofias diferentes, porém cada uma pode ser aderida a real necessidade dos sistemas a serem preservados. Para sistemas mais complexos, tais como, compressores alternativos torna-se necessário um plano de gestão mais robusto que seja capaz de conduzir programas de manutenção como a manutenção centrada em confiabilidade visando reduzir o número de paradas não programadas aumentando a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

3. CONCLUSÃO

Ao decorrer deste estudo verificou-se que a metodologia da MCC é uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção com elevado nível sistemático de desenvolvimento, que possibilita de forma satisfatória a elaboração de um plano de manutenção utilizando técnicas pró-ativas de manutenção, visando a preservação das funções do equipamento.

Cabe observar que o principal objetivo deste trabalho foi alcançado, resultando em um plano de manutenção baseado nas premissas da manutenção centrada em

confiabilidade, com foco em tarefas de manutenção pró-ativas direcionadas ao conjunto de compressão, pois o mesmo agrupa um conjunto de itens físicos que figuram de forma expressiva como maior contribuinte para paradas não programadas desses equipamentos.

Outra conclusão que pode ser verificada é que a preservação das funções de um equipamento e a gestão dos seus modos de falha colaboram significativamente de forma a evitar que as falhas ocorram e que tragam conseqüências indesejadas. Com isso os possíveis danos ao meio ambiente, pessoas e instalações podem ser mitigados e evitados, através de métodos avançados da gestão da manutenção.

Verifica-se que os itens físicos pertencentes ao conjunto de compressão de um compressor alternativo representam em média 72,6% das causas de paradas não programadas. A adoção da gestão de manutenção baseada em tarefas reativas leva a grandes perdas de produção e indisponibilidade dos equipamentos. Neste aspecto uma das vantagens da análise da MCC leva ao estudo das funções a serem preservadas considerando as consequências e impactos a segurança humana, integridade ambiental, consequências econômicas e operacionais.

O desenvolvimento metodológico utilizado para este trabalho contou com conceitos teóricos obtidos na literatura técnica disponível. Desta maneira pode-se concluir que os resultados obtidos neste trabalho assemelham de forma satisfatória a um desenvolvimento ou estudo de um caso real. A hipótese proposta para este estudo torna-se válida, pois evidenciou-se que a gestão de manutenção baseada em ações corretivas, podem ser substituídas por ações de manutenção proativas de acordo com a metodologia aplicada e com isso trazendo uma maior disponibilidade, confiabilidade e segurança na operação de compressores alternativos.

4. REFERÊNCIAS

BLOCH, HEINZ P.; HOEFNER JOHN J. **Reciprocating Compressor: Operation & Maintenance.** Texas: Gulf Publishing Company, 1996.

BURCKHARDT COMPRESSION, Process gas compressors API 618, Download. Disponível em: <https://www.burckhardtcompression.com/solution/compressor-technologies/process-gas-compressor-api-618/>. Acesso em: 30/04/2016.

LAFRAIA, J. R. Barusso. **Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade.** Rio de Janeiro: Quality mark, 2001.

LEONARD, Stephen M., **Increasing the Reliability of Reciprocating Compressors on Hydrogen Services.** Dresser Rand, New York, 1996.

MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade.** 2ª. ed. Brasileira. Lutter worth: Aladon, 2000.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, **RCM Guide: Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment.** Disponível em: <http://fred.hq.nasa.gov/Assets/Docs/2015/NASA_RCMGuide.pdf> Acesso em 10 de novembro de 2016.

NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND. **Reliability Centered Maintenance handbook:** Report AD-A199 053, Disponível em:< http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a199053.pdf>. Acesso em 15 de julho de 2016.

NÓBREGA, Paulo R. L. **Manutenção de Compressores Alternativos e Centrífugos.** Rio de Janeiro: Synergia, 2011.

PINTO, Alan Kardec;XAVIER, Julio de Aquino Nascif. **Manutenção Função Estratégica.** 3ª. ed. Rio de Janeiro, Petrobras, 2009.

RAUSAND, Marvin. **Reliability Centered Maintenance.** NorthernIreland, Elsevier, 1998.

SIQUEIRA, I. Patriota. **Manutenção Centrada na Confiabilidade:** manual de implementação. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2014.

SMITH, Anthony M. **Reliability Centered Maintenance.** New York: McGraw-Hill, 1993.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **SAE JA1011:** Evaluation Criteria for Reliability-Centered maintenance (RCM) Processes. Warrendale, 1999.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **SAE JA1012:** A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. Warrendale, 2002.