

APLICANDO MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC) EM INDÚSTRIAS BRASILEIRAS: LIÇÕES APRENDIDAS

Paulo Victor Fleming, Ph.D.

Depto de Engenharia Mecânica, Universidade Salvador (UNIFACS), Salvador, BA

fleming@magiclink.com.br

Mauricio Fiock da Silva, Eng^o.Eletricista.

Consórcio de Alumínio do Maranhão (ALUMAR), São Luis, MA

Mauricio.Silva@alcoa.com.br

Sandro Ricardo R. O. França, M.Sc.

PRINCIPIA Engenharia de Confiabilidade Ltda, Salvador, BA

principi@magiclink.com.br

ABSTRACT: Reliability Centred Maintenance (RCM) has been applied in the aeronautical industry for more than 25 years. Since then, the methodology has been adapted to be used in other industries such as pharmaceutical, steel, offshore e petrochemical. Apart from EMBRAER (an aeronautical company) RCM was a new concept in brazilian industry until 1995. However, in the last four years there has been an increasing number RCM applications in the petrochemical, chemical and steel industries. This paper discusses some lessons learned from six of these case studies, pointing out difficulties and benefits achieved.

KEYWORDS: reliability, maintenance, reliability centred maintenance

RESUMO: A metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) tem sido empregada na indústria aeronáutica há mais de 25 anos. Desde então, a MCC tem sido adaptada para uso em outras indústrias tais como, farmacêutica, siderúrgica, *offshore* e petroquímica. Exceto pela EMBRAER, MCC era um conceito novo no cenário industrial brasileiro até cerca de 1995. Entretanto, nos últimos quatro anos tem havido um crescente número de aplicações da MCC nas indústrias petroquímica, química e siderúrgica. Este trabalho discute algumas lições aprendidas em seis destes casos, apontando dificuldades e os benefícios alcançados.

INTRODUÇÃO

A metodologia de MCC, Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability Centred Maintenance, RCM*), começou a ser desenvolvida na indústria aeronáutica há cerca de vinte e cinco anos [1]. O objetivo principal era *estabelecer um processo racional e sistemático de análise que permitisse a definição de tarefas de manutenção de equipamentos para garantir a confiabilidade e a segurança operacional ao menor custo possível* [1,2]. Desde então, a técnica evoluiu e passou a ser empregada em diversos outros ramos industriais tais como, indústria siderúrgica, offshore e petroquímica.

O objetivo deste trabalho é apresentar algumas das lições aprendidas em 6 (seis) aplicações da MCC nestas indústrias.

A PRÁTICA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA TRADICIONAL

Historicamente, a seleção e o planejamento das tarefas de manutenção preventiva (MP) têm sido usualmente identificados na base do que “pode ser feito” e não, necessariamente, do que “deveria ser feito e porque” [3]. O paradigma central na manutenção tradicional é a “*preservação do equipamento*”, sem uma preocupação consciente das suas funções no sistema e de suas prioridades em termos de alocação de recursos com vistas a uma otimização dos gastos em manutenção.

A maioria dos programas tradicionais de MP têm sido gerados a partir de uma série de processos *mais ou menos* intuitivos que, tipicamente, incluem um ou mais dos seguintes argumentos [3,4]:

☞ **Experiência**

"Tem sido feito desse modo nos últimos 15 anos, portanto, deve ser bom"

☞ **Palpite**

"Eu acho que isso deve ser uma boa coisa a fazer"

☞ **Recomendação do Manual**

"O fabricante disse que deveríamos fazer assim"

☞ **Força Bruta 1**

"Quanto *mais* preventiva melhor!"

☞ **Força Bruta 2**

"Quanto *menos* preventiva melhor!"

Evidentemente, estes processos não são otimizados pois não há uma racionalidade, nem uma sistemática estruturada, para a seleção de tarefas de manutenção e, portanto, nenhum modo de se

saber efetivamente se as tarefas definidas são tecnicamente corretas ou representam a alocação mais eficiente de recursos. Pior ainda é que, em alguns casos, tarefas assim definidas introduzem falhas no equipamento.

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)

A MCC é um novo método para o planejamento da manutenção industrial que visa racionalizar e sistematizar a definição de tarefas de manutenção, bem como, garantir a confiabilidade e a segurança operacional ao menor custo. Apesar de utilizar as diversas técnicas de manutenção existentes, exige que algumas das práticas correntes de MP, inculcidas durante anos, sejam modificadas drasticamente.

Sem grandes preocupações formais, podemos afirmar que a MCC envolve: uma consideração sistemática das funções do sistema, a maneira como essas funções falham e um critério de priorização explícito baseado em fatores econômicos, operacionais e de segurança para a identificação das tarefas de manutenção aplicáveis tecnicamente e custo-eficientes no combate a essas falhas.

Em contraposição ao planejamento tradicional, o paradigma central da MCC é a "*preservação da função do sistema*". É importante frisar que preservar a função do sistema não é o mesmo que preservar a operação do equipamento. É óbvio que preservamos a função do sistema por meio da preservação da operação de *todos* os seus equipamentos. Mas, será que todos os equipamentos são igualmente importantes? Vejamos uma ilustração simples: Três bombas idênticas (A, B e C) estão operando em dois sistemas de refrigeração de uma planta petroquímica. No caso da bomba A, sua indisponibilidade implica na parada do sistema. As bombas B e C, por outro lado, atuam de forma redundante. Ou seja, a indisponibilidade de uma delas *não* causa a parada do sistema. Neste caso, não parece razoável que a bomba A tenha um plano de manutenção diferente das bombas B e C?

ETAPAS DO PROCESSO DE MCC

Na MCC, cada tarefa de um programa de MP é gerada a partir da avaliação das conseqüências das falhas funcionais do sistema, seguido do exame explícito da relação entre cada tarefa e as características de confiabilidade dos modos de falha do equipamento para determinar se a tarefa é: *essencial* do ponto de vista de segurança e ambiental, além de *desejável* do ponto de vista de custo-

benefício (perda de capacidade operacional e indisponibilidade são consideradas custos). A figura 1 mostra uma visão geral do processo da MCC [7].

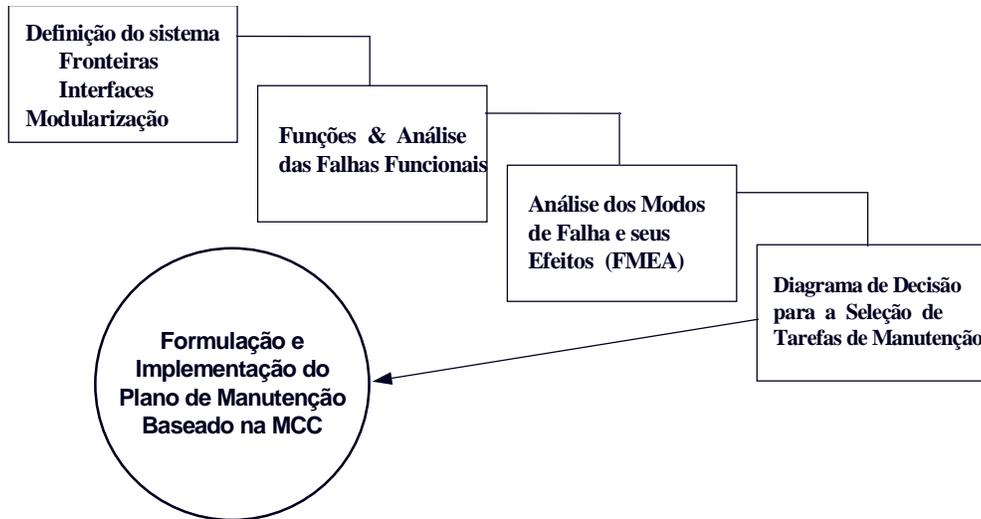


Figura 1 - Visão Geral do Processo da MCC.

Estas etapas são cumpridas em reuniões dos chamados *grupos de trabalho da MCC*. Os participantes destes grupos devem ser selecionados levando-se em conta o conhecimento necessário para a análise do sistema em questão e devem, SEMPRE, incluir pessoal de operação e de manutenção. Em geral, o operador é quem percebe a ocorrência dos modos de falha, enquanto o mantenedor conhece a fundo os equipamentos e componentes.

O DIAGRAMA DE DECISÃO DA MCC

O Diagrama de Decisão da MCC (DD) utiliza um conjunto de perguntas do tipo "sim ou não" para classificar as conseqüências dos modos de falha e, em seguida, buscar tarefas de manutenção que sejam aplicáveis e eficazes na prevenção ou mitigação destas falhas. A figura 2 mostra a parte na qual tarefas de manutenção dos tipos BT (baseadas no tempo), BC (baseadas na condição/preditivas), TDF (testes para descobrir falhas ocultas) e corretiva são avaliadas levando em conta as características de confiabilidade dos modos de falha.

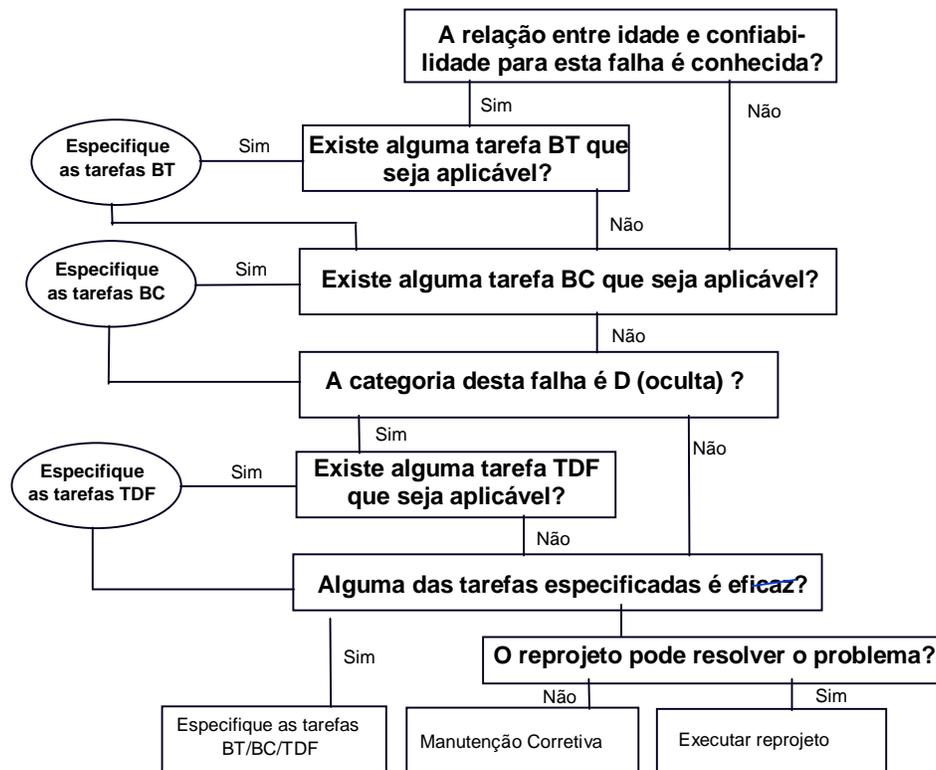


Figura 2. Diagrama de Decisão - Seleção de Tarefas

A tarefa selecionada deve, então, satisfazer os seguintes critérios: ser *aplicável* (i.e. ela previne ou mitiga a falha, detecta o seu início, ou descobre uma falha oculta) e ser, também, *custo-eficiente* (i.e. ela é a opção mais eficaz entre as candidatas).

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

A implementação da MCC não se esgota na Formulação do Plano de Manutenção. A MCC é um processo contínuo onde o Plano é periodicamente revisado em função dos dados de falhas e de reparos, que devem ser continuamente coletados e mantidos em um banco de dados de confiabilidade da instalação [4,6]. A importância deste banco de dados de falha e de reparo de onde se possa extrair as vantagens potenciais da MCC, particularmente no que concerne à determinação dos intervalos mais apropriados para a realização das diversas tarefas de MP, tem sido freqüentemente mencionada na literatura [8]. Entretanto, Sandtorv e Rausand [4] deixam claro que a inexistência desse banco não inviabiliza a implementação da MCC pois, assim mesmo, essa metodologia traz vantagens substanciais sobre o processo tradicional, menos estruturado de planejamento da MP.

É importante frisar, ainda, que existem outros esquemas de implementação e métodos de análise que apresentam algumas variações em relação ao resumido neste trabalho que foi essencialmente baseado em Smith, A. M. [6]. Entre as variações mais importantes vale citar algumas propostas de Diagramas de Decisão, como por exemplo, Crellin et al [5], Moubray [9] e Brauer e Brauer [2].

SISTEMA 1: REDE TAQUIPE-ALIMENTADOR 01W2

O alimentador Taquipe 01W2 é um dos alimentadores do E&P/BA mais afetado por falhas no sistema elétrico de alta tensão nos últimos anos. Em 1995, apresentou os seguintes índices de desempenho:

D.E.C. = 10,68 (nº médio de horas de desligamento por consumidor no ano)

F.E.C. = 5,54 (nº médio de desligamentos por consumidor por ano)

Perda de produção = 999 m³ de óleo

O sistema possui 22 km de extensão no circuito do seu tronco e um total de 54,8 km de rede trifásica, considerando-se também todos os seus ramais.

O grupo de trabalho que realizou esse estudo foi composto por 5 profissionais da Petrobrás e 2 consultores. O total de homens-hora dispendido foi de cerca de 420 homens-hora de trabalho.

FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS

O sistema foi dividido em quatro módulos funcionais: "linha tronco (14 componentes)", "ramos R1 (11 componentes)", "outros ramos (16 componentes)", e "banco de capacitores (11 componentes)". Foram definidas 12 (3+3+3+3) funções e 15 (4+4+4+3) falhas funcionais correspondentes. Por exemplo, para a função "*conduzir energia elétrica em 13 kV, do barramento da SE Taquipe até as chaves corta-circuito dos ramais primários, de forma trifásica*", do módulo *Linha Tronco*, foram definidas duas falhas funcionais: "interrupção do suprimento nas três fases para os ramais", e "interrupção do suprimento em uma das fases para os ramais".

TAREFAS DE MANUTENÇÃO

A aplicação do diagrama de decisão da MCC definiu as seguintes tarefas de manutenção:

Periodicidade	Quantidade		
	BC	BT	TDF
Quinzenal	1		
Semestral	3		
Anual	9		
Bi-anual	4	2	
Tri-anual	1		
Penta-anual	14		
Variável	1		
TOTAL DE TAREFAS	33	2	

CONCLUSÕES DO SISTEMA 1

A pequena quantidade de dados de falha armazenados impossibilitou uma maior precisão nas estimativas das periodicidades das tarefas de manutenção. Ainda assim, vale ressaltar que esse foi o único piloto em que um procedimento de coleta e armazenagem de dados de falha (*de maneira útil para estudos de MCC*) já estava implementado. Houve um aumento do intervalo entre inspeções reduz o custo global da manutenção preventiva do sistema, sem prejuízo para a sua confiabilidade. Além disso, as inúmeras tarefas baseadas na condição sugeridas contribuirão decisivamente para a redução do número de intervenções não-programadas no sistema.

SISTEMA 2: COMPRESSORES DE GÁS NATURAL DE FAZENDA BÁLSAMO

Os Compressores de Gás Natural de Fazenda Bálsamo apresentam as seguintes características que os diferem dos demais sistemas do Núcleo de Produção Norte, a saber:

- Possuem uma capacidade instalada de 160.000 Nm³/dia, bem superior à demanda do sistema que é de 90.000 Nm³/dia;
- Todo o sistema é acionado por Motor a Combustão Interna;
- Todo o gás comprimido é destinado à Unidade de Processamento de Gás Natural Norte (UPGN-N)
- Não há registro de perda de produção (queima de gás) por falha de equipamento nos últimos dois anos.

Apesar da flexibilidade operacional mencionada, a Estação está submetida aos mesmos rigores de manutenção das demais Estações que operam com maiores exigências de disponibilidade, e que necessitam retirar de operação máquinas elétricas nos horários de ponta e comprimir gás para o Sistema Gás-Lift de produção de petróleo

O grupo de trabalho que realizou esse estudo foi composto por 9 profissionais da Petrobrás e 2 consultores. O total de homens-hora despendido foi de cerca de 750 homens-hora de trabalho.

FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS

O sistema foi dividido em quatro módulos funcionais: "compressor (72 componentes)", "motor (39 componentes)", "refrigeração (16 componentes)", e "proteção e controle (28 componentes)". Foram definidas 14 (3+2+4+5) funções e 26 (9+7+5+5) falhas funcionais correspondentes. Por exemplo, para a função "comprimir até 80.000 Nm³/dia de gás natural de 5 psi para 900 psi em 3 estágios de compressão, mantendo as pressões e temperaturas interestágios dentro dos valores de projeto e na potência requerida", do módulo *Compressor*, foram definidas cinco falhas funcionais, a saber: "parada total de compressão", "vazão abaixo da requerida", "alta pressão intermediária", "alta temperatura intermediária", e "potência requerida maior do que a especificada".

TAREFAS DE MANUTENÇÃO

A aplicação do diagrama de decisão da MCC definiu as seguintes tarefas de manutenção:

Periodicidade	Quantidade		
	BC	BT	TDF
Diária	25	1	
1.000 horas	36	1	
2.000 horas	4	8	
4.000 horas	10	1	
6.000 horas			2
8.000 horas	1		1
12.000 horas	3	6	10
16.000 horas	4	4	1
24.000 horas		1	1
36.000 horas	11	10	1

Periodicidade	Quantidade		
	BC	BT	TDF
48.000 horas	1	3	
TOTAL DE TAREFAS	95	35	16

CONCLUSÕES DO SISTEMA 2

Os poucos dados de falha disponíveis para o sistema, não continham as informações numa maneira utilizável no estudo de MCC. Com isso, todas as periodicidades estimadas foram baseadas no bom senso e na experiência operacional do grupo de trabalho.

A implementação do plano revisado pela MCC deverá ajustar o nível de manutenção do sistema à sua real condição operacional, a qual é diferente de outras estações que estão submetidas aos mesmos planos de manutenção. Com isso, espera-se reduzir os custos globais com manutenção sem comprometer a confiabilidade do sistema.

SISTEMA 3: COMPRESSORES DE GÁS NATURAL DE MÉDIA PRESSÃO DE FURADO

O sistema de compressão de gás de Furado é, atualmente, o mais importante do Núcleo de Produção de Alagoas. Em termos de custo de manutenção, este sistema é o que tem mais relevância. Para atender as metas gerenciais estabelecidas, a disponibilidade do sistema deve ser mantida, reduzindo os atuais custos de manutenção. A estação de Furado, por adequação de custos, deve ficar com o menor efetivo possível, sem prejuízo da confiabilidade do sistema de compressão.

A capacidade de compressão do compressor CFU-08 (objeto do estudo) é de mais de 50% capacidade total atual da estação de Furado. O histórico disponível indica uma frequência de manutenção corretiva relativamente alta e, como algumas intervenções têm uma duração elevada, a disponibilidade do sistema está abaixo da média dos compressores de Furado e abaixo, também, da disponibilidade do compressor do mesmo tipo CFU-09.

O grupo de trabalho que realizou esse estudo foi composto por 6 profissionais da Petrobrás e 2 consultores. O total de homens-hora despendido foi de 364 homens-hora de trabalho.

FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS

O sistema foi dividido em quatro módulos funcionais: "sucção de gás (14 componentes)", "compressor (33 componentes)", "refrigeração (10 componentes)", e "proteção e controle (49 componentes)". Foram definidas 15 (4+3+3+5) funções e 28 (6+8+5+9) falhas funcionais correspondentes. Por exemplo, para a função “*comprimir o gás de média pressão de 34 Kgf/cm² para 84 Kgf/cm² na eficiência de projeto da máquina (vazão 500.00 Nm³/d)*”, foram definidas duas falhas funcionais, a saber: “parada total de compressão”, e “vazão abaixo da requerida”

TAREFAS DE MANUTENÇÃO

A aplicação do diagrama de decisão da MCC definiu as seguintes tarefas de manutenção:

Periodicidade	Quantidade		
	BC	BT	TDF
Diária	9	1	
Semanal		2	13
Mensal	3		2
Bimestral	3		
2.000 horas	1		
Trimestral	1		
Semestral	1		3
5.000 horas		10	11
Anual	1	1	
10.000 horas	4	18	7
18 meses		1	
2 anos	1	4	
4 anos	1		
40.000 horas		3	
TOTAL DE TAREFAS	25	40	36

CONCLUSÕES DO SISTEMA 3

A ausência de dados de falhas dos equipamentos, numa forma útil para estudos de MCC e confiabilidade, fez com que todas as periodicidades estimadas fossem baseadas, apenas, no bom senso e na experiência operacional do grupo de trabalho.

O estudo de MCC permitiu uma difusão dos conhecimentos sobre o compressor entre os integrantes do grupo de trabalho. O planejamento mais racional e otimizado da manutenção, conseguido com a MCC, deverá contribuir decisivamente para o alcance das metas de produção, bem como deverá diminuir o número de intervenções não-programadas no sistema.

SISTEMA 4: POÇO DE PRODUÇÃO DE PARU (4-ALS-39)

O sistema requer um alto índice de disponibilidade operacional, visto que o mesmo contribui com 11% da produção de óleo e 20% da produção de gás em todo o estado de Alagoas. Mais importante ainda é o fato do sistema ser pioneiro no uso da tecnologia de controle de ANM via “rádio-enlace”. Não há, portanto, “know-how” de manutenção para esse tipo de tecnologia. Desse modo, não há plano de manutenção específico.

O sistema fica localizado em área de difícil acesso e, conseqüentemente, de difícil ação de manutenção em casos de emergência (manutenção corretiva). A bóia e o poço ficam localizados a 20 Km da costa e a estação terrestre de medição a 115 Km das oficinas de manutenção. A operação do sistema se dá remotamente, a partir da sala de controle da Estação de Produção de Pilar, distante 115 Km da estação terrestre de Paru. O sistema entrou em operação aconteceu há poucos meses. Não há, portanto, muito conhecimento sobre o comportamento do sistema (frequência de falhas de seus componentes).

O grupo de trabalho que realizou esse estudo foi composto por 4 profissionais da Petrobrás e 2 consultores. O total de homens-hora despendido foi de cerca de 238 homens-hora

FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS

O sistema foi dividido em três módulos funcionais: "elevação e coleta (8 componentes)", "medição (19 componentes)", e "proteção e controle (44 componentes)". Foram definidas 13 (5+3+5) funções e 25 (6+8+11) falhas funcionais correspondentes. Por exemplo, para a função “permitir a extração controlada de hidrocarbonetos”, do módulo de *Elevação e Coleta*, foram definidas duas falhas funcionais, a saber: “não permitir extração alguma” e “permitir a extração descontrolada”.

TAREFAS DE MANUTENÇÃO

A aplicação do diagrama de decisão da MCC definiu as seguintes tarefas de manutenção:

Periodicidade	Quantidade		
	BC	BT	TDF
Diária	2		
Mensal	5		
Trimestral	9		
Semestral	1	5	2
Anual	2	2	4
18 meses	13	1	1
TOTAL DE TAREFAS	32	8	7

CONCLUSÕES DO SISTEMA 4

Por se tratar de um sistema cuja tecnologia é inédita, e cuja experiência de operação e de manutenção é, ainda, bastante restrita, a análise de MCC teve um desenvolvimento mais difícil quando comparada com os pilotos anteriores. Além disso, o fornecimento de desenhos e descritivos técnicos também foi dificultado. A difusão do conhecimento sobre o sistema (bóia) entre os integrantes do grupo de trabalho foi reconhecida desde cedo, no desenrolar das reuniões. A identificação dos modos de falha (e de suas causas) para todos os componentes relevantes do sistema, fornece a estrutura básica para um sistema de coleta dos dados de falha. Esta coleta será vital para o acompanhamento da eficácia do plano de manutenção, bem como de futuros estudos de confiabilidade.

SISTEMA 5: SISTEMA DE COLETA E COMPRESSÃO DE GÁS DE GUAMARÉ

Os moto-compressores do sistema de coleta e compressão de gás de Guimarães são estratégicos do ponto de vista dos gastos com energia elétrica no NUGUAM, pois substituem os compressores elétricos, propiciando uma economia significativa uma vez que o gás é muito mais barato.

Estes compressores (chamados máquinas H), são os equipamentos que apresentam historicamente o maior número de problemas relacionados com manutenção e são os compressores de menor disponibilidade no NUGUAM.

O grupo de trabalho que realizou esse estudo foi composto por 5 profissionais da Petrobrás e 1 consultor. O total de homens-hora despendido foi de 384 homens-hora de trabalho.

FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS

O sistema foi dividido em quatro módulos funcionais: "compressão (58 componentes)", "motor (46 componentes)", "arrefecimento (24 componentes)", e "proteção e medição (43 componentes)". Foram definidas 17 (4+3+5+5) funções e 29 (8+7+6+8) falhas funcionais correspondentes. Por exemplo, para a função “*comprimir o gás natural de 4,5 Kgf/cm² para 70 Kgf/cm², com uma vazão de 100.00 Nm³/d, mantendo as pressões interestágios dentro dos valores especificados*”, do módulo *Compressão*, foram definidas duas falhas funcionais, a saber: “parada total de compressão”, e “vazão abaixo da requerida e/ou pressão interestágios fora do especificado”

TAREFAS DE MANUTENÇÃO

A aplicação do diagrama de decisão da MCC definiu as seguintes tarefas de manutenção:

Periodicidade	Quantidade		
	BC	BT	TDF
Diária	5	1	
2.000 horas	13		2
4.000 horas	8	4	
8.000 horas	10	9	16
24.000 horas	13	15	5
48.000 horas	11	17	10
TOTAL DE TAREFAS	60	46	23

CONCLUSÕES DO SISTEMA 5

O plano da MCC manteve inalteradas cerca de 50 tarefas que eram realizadas anteriormente e eliminou 5 tarefas. Foram introduzidas 33 tarefas em componentes não contemplados no plano anterior e 12 novas foram sugeridas. Além disso, a MCC aumentou a periodicidade de 24 tarefas e reduziu a periodicidade de 9 delas.

O estudo de MCC permitiu uma difusão dos conhecimentos sobre o compressor entre os integrantes do grupo de trabalho. O planejamento mais racional e otimizado da manutenção, conseguido com a MCC, deverá contribuir decisivamente para a diminuição do número de intervenções não-programadas e o conseqüente aumento da disponibilidade do sistema.

SISTEMA 6: SISTEMA 20 / DISTRIBUIÇÃO DE BANHO

Dentre os vários sistemas que fazem parte da área de Distribuição de Banho da Alumar-Consórcio de Alumínio do Maranhão, o Sistema 20 sempre foi considerado o mais crítico, devido ser um sistema em série, não possui stand-by e todo material processado passa primeiramente por ele. É constituído unicamente de equipamentos Classe “A”, 01 moinho autógeno, 01 alimentador de rosca, 02 elevadores de canecas, 01 peneira vibratória e 01 separador magnético.

Para manter esse sistema em operação, investisse em muito tempo para manutenções preventivas, pensando no “quanto mais manutenção, melhor”. Com isso, não se tinha um plano de manutenção otimizado e o custo para manter sempre crescente.

O grupo de trabalho que realizou esse estudo foi composto por 7 profissionais da Alumar e 1 consultor. O total de homens-hora despendido foi de 520 homens-hora de trabalho, incluindo treinamento e trabalhos de campo.

FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS

O sistema foi dividido em quatro módulos funcionais, chamados moagem, transporte, exaustão e proteção/controlado. Foram definidas 12 (3+3+3+3) funções e 19 (6+6+4+3) falhas funcionais correspondentes.

TAREFAS DE MANUTENÇÃO

A aplicação do diagrama de decisão da MCC definiu as seguintes tarefas de manutenção:

PLANO ANTERIOR				PLANO DA MCC		
Periodicidade	Quantidade			Quantidade		
	BC	BT	TDF	BC	BT	TDF
Turno				6	1	

PLANO ANTERIOR				PLANO DA MCC		
Periodicidade	Quantidade			Quantidade		
	BC	BT	TDF	BC	BT	TDF
Semanal	59	31		24	4	
Quinzenal				6		
21 Dias				11		
Mensal	188	24		5		
Trimestral	27	4		39	20	
Semestral				5	10	
Anual	6	11		1	1	1
05 anos					1	
Variável				2	1	
TOTAL DE TAREFAS	280	70		99	38	1

CONCLUSÕES DO SISTEMA 6

Para esse estudo se teve algumas dificuldades, tais como: decidir pela aceitação de manutenção corretiva; quebra de paradigma das rotinas; elevação do custo de implementação devido geração de hora-extra e geração de histórico sem banco de dados informatizado. Em contrapartida os ganhos foram bem vantajosos, tais como: união do pessoal de operação e manutenção; maior entendimento das funções operacionais dos equipamentos; entusiasmo; aumento na segurança; surgimento de oportunidades de melhorias; redução do custo de manutenção em 23% e diminuição da indisponibilidade operacional em 23,56%.

CONCLUSÕES GERAIS

De um modo geral, a ausência de dados de falha coletados regularmente e de forma estruturada, reduziu a potencialidade do processo da MCC, em todos os sistemas. Não obstante, a seleção das tarefas de manutenção foi muito melhorada pois, com a MCC, passou a estar relacionada com as conseqüências das falhas funcionais e baseada na discussão sobre custo-eficiência, por meio do Diagrama de Decisão. Além disso, todo o processo de discussão está documentado, fornecendo a base para otimizações futuras. As FMEAs formam uma base para o desenvolvimento (ou adaptação) de sistemas computadorizados para a coleta de dados de falha.

Em todos os sistemas, há uma forte indicação que o número de intervenções não-programadas deverá se reduzir. Isso, somado a uma otimização dos intervalos entre intervenções programadas, deverá contribuir decisivamente para um aumento da disponibilidade dos sistemas., bem como para a redução dos custos da manutenção.

O plano de manutenção oriundo das análises de MCC deve ser encarado como um *documento vivo*, o qual deverá ser revisto e atualizado periodicamente, de modo a refletir a evolução do conhecimento do comportamento do sistema e de alterações no contexto operacional. Este conhecimento é obtido a partir da análise contínua dos dados de falha e dos resultados dos indicadores de desempenho dos sistemas. A revisão periódica é também de grande importância para se acompanhar o surgimento de novas técnicas de inspeção e monitoração dos componentes do sistema, tal que as técnicas de manutenção propostas no plano sejam sempre as mais eficazes dentre todas as opções existentes no mercado a cada momento.

O desenvolvimento de estudos de MCC, bem como a implementação do plano por ela gerado, depende fundamentalmente do engajamento gerencial. Os sistemas onde tal engajamento era real, as análises transcorreram de modo muito mais produtivo.

Por fim, um dos objetivos da análise de cada sistema (fornecer treinamento *on-the-job* em MCC) foi plenamente alcançado e todos os participantes que foram treinados reconheceram as potencialidades da metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade como a ferramenta ideal para a otimização de planos de manutenção e para a estruturação da coleta de dados de falha.

REFERÊNCIAS

- [1] MATTESON, T. D., Airline Experience with Reliability-Centered Maintenance, *Nuclear Engineering and Design*, 89, p. 385-390, 1985.
- [2] BRAUER, D. C. and BRAUER, G. D., Reliability-Centered Maintenance, *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 36, no. 1, p. 17-24, 1987.
- [3] COOPER, B., Maintenance Strategy Procedures Development and Implementation, *3rd ESReDA Seminar on Equipment Ageing and Maintenance, Chamonix, France, October, 1992.*
- [4] SANDTORV, H. and RAUSAND, M., Closing the loop between design Reliability and Operational Reliability, *Maintenance*, vol. 6, no. 1, p. 13-21, 1991.
- [5] CRELLIN, G. L., MATTESON, T. D., e SMITH, A. M., Use of Reliability Centered Maintenance for McGuire Nuclear Station Feedwater System, EPRI NP-4795, September, 1986.

[6] SMITH, A., M., *Reliability Centered Maintenance*, McGraw Hill Inc, 1993.

[7] OLIVEIRA, L. F. S. e FLEMING, P. V., *Curso Básico de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)*, PRINCIPIA Engenharia de Confiabilidade Ltda, 1995 e 1997.

[8] JAMBULIGAM, N. e JARDINE, A. K. S., Life Cycle Costing Considerations in Reliability Centered ; An Application to Maritime Equipment, *Reliability Engineering*, 15, p. 307, 1986.

[9] MOUBRAY, J. *Reliability-Centered Maintenance*, Butterworth-Heinemann, 1993.

[10] ANDERSON, R. T. and NERI, L., *Reliability Centered Maintenance: Management and Engineering Methods*, Elsevier Applied Science, 1990.