

XV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SENDI 2002

RCM Aplicada à Redes de Distribuição de Energia Elétrica

A. L. C. David – COPEL, E. Otto F^o – COPEL, A. O. Borges – COPEL, L. M. Gerônimo – COPEL, P. D. Vieira – COPEL, A. S. Gonçalves – COPEL, P. R. B. Tamaoki – COPEL, J. B. Santos – COPEL, A. S. Kodama – COPEL, M. P. Marquetti – COPEL, J. A. Mattos – COPEL, J. C. Raycik – COPEL, M. M. Campos – COPEL, F. R. Velloso - COPEL

E-mail: eduardo.otto@copel.com

Palavras-chave – Confiabilidade; Manutenção; Rede

Resumo – RCM (Reliability Centered Maintenance) é um processo que determina o que deve ser feito para garantir que os ativos físicos continuem a fazer o que seus usuários esperam que eles façam. Este processo originou-se na aviação norte americana na década de 1960, e tem sido aplicado nos mais diversos setores industriais atualmente. Neste trabalho os autores procuram mostrar o andamento de um projeto piloto de RCM, aplicado especificamente em redes e linhas de distribuição de energia elétrica da Copel Distribuição.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo expor o desenvolvimento de um projeto piloto sobre a aplicabilidade da RCM (Reliability Centered Maintenance) nas redes aéreas de distribuição de energia elétrica da Copel Distribuição S.A., especificamente em alimentadores de distribuição em 13,8 kV. O item 2 contém um pequeno histórico, e também algumas definições relacionadas à RCM. O item 3 contém as informações relativas ao projeto piloto. O item 4 é a conclusão do trabalho e o item 5 contém as referências bibliográficas deste trabalho.

2. RCM

2.1. Breve Histórico

A RCM teve início na década de 1960 na aviação civil norte americana. As empresas de aviação constataram que as filosofias de manutenção eram onerosas e perigosas. Isso fez fabricantes de aeronaves, empresas aéreas e o governo norte americano se juntarem para formar vários grupos de direcionamento da manutenção, conhecidos por *Maintenance Steering Groups* – MSG. Um primeiro relatório, contendo diretrizes para a formulação de estratégias de manutenção em aeronaves e conhecido por MSG 1, foi publicado em 1968. Em 1970 foi publicado um segundo documento, conhecido por MSG 2. Em 1978 o governo norte americano autorizou um relatório escrito por dois engenheiros da aviação civil, Stanley Nowlan e Howard Heap, cujo nome era “Reliability Centered Maintenance – RCM”. Este relatório foi a base para o terceiro documento, o MSG 3, publicado em 1980, e que sofreu duas revisões (1988 e 1993), representando um enorme avanço sobre o MSG 2. Juntamente com o relatório de Nowlan e Heap, é usado até hoje no desenvolvimento de programas de manutenção para novos tipos de aeronaves, tanto para uso civil quanto para uso militar.

Apesar da RCM ter sido aplicada inicialmente pelo setor da aviação americana, está sendo empregada nos mais diversos setores. De acordo com a referência [1], por exemplo, a RCM tem sido aplicada no setor automobilístico, químico, na microeletrônica, militar, petrolífero, na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, etc., apenas para citar alguns. Este trabalho mostra como está sendo desenvolvido um projeto de RCM cujo foco é o setor de distribuição de energia elétrica da Copel Distribuição S.A., especificamente para redes e linhas de distribuição trifásicas de 13,8 kV.

2.2. O Que é RCM ?

De acordo com a referência [1], a RCM é um processo usado para determinar as necessidades de manutenção de um ativo físico no seu contexto operacional. E manutenção é entendida como assegurar que os ativos físicos continuem a fazer o que seus usuários querem. Juntando esses conceitos, pode-se dizer que a RCM é um processo usado para determinar o que deve ser feito para garantir que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários, ou clientes, esperam que ele faça, no seu contexto operacional.

2.3. RCM : As Sete Questões Básicas

O processo RCM baseia-se na resposta a sete questões básicas, as quais serão brevemente apresentadas a seguir.

- Quais são as funções e os padrões de desempenho do sistema/equipamento no seu contexto operacional ?

Antes de se aplicar um processo para determinar o que deve ser feito para garantir que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários, ou clientes, esperam que ele faça, no seu contexto operacional, é necessário fazer duas coisas: a) determinar o que os usuários esperam que o sistema/equipamento faça e b) assegurar-se que o sistema/equipamento é capaz de conseguir fazer o que seus usuários esperam que ele faça. O item a) é dividido em duas categorias:

- Funções primárias, que é a razão básica do equipamento ter sido adquirido, que pode ser expresso em velocidade, capacidade de transporte, qualidade do produto e qualidade do serviço;
- Funções secundárias, que são outras funções que os sistemas/equipamentos devem ter tais como segurança, conforto, economia, aparência, etc. Além do estabelecimento das funções primárias e secundárias dos sistemas/equipamentos, é necessário o estabelecimento de padrões de desempenho pois

somente assim se pode assegurar que eles farão o que os clientes desejam.

- De que maneiras o sistema/equipamento falha em cumprir suas funções ?

Após o estabelecimento das funções primárias e secundárias, são listadas as falhas dos sistemas/equipamentos no seu ambiente operacional. Para a RCM, um sistema/equipamento está no estado de falha quando é incapaz de cumprir suas funções para um determinado padrão de desempenho aceito pelo cliente. Esse conceito de falha é denominado, na RCM, como falha funcional, e entendida como o descumprimento a padrões de desempenho, desejados pelo cliente, relacionados às funções primárias e secundárias. Esse conceito de falha funcional cobre as falhas totais, em que o sistema/equipamento deixa de cumprir suas funções primárias, e as falhas parciais, em que deixa de cumprir suas falhas secundárias. Um exemplo: um transformador de distribuição tem, pelo menos, duas funções: transformar níveis de tensão entre o primário e o secundário (função primária) e conter o óleo isolante (função secundária). Um pequeno vazamento de óleo no transformador normalmente não afeta sua função primária. Então, vê-se que o equipamento não falha em cumprir sua função primária, mas falha em cumprir sua função secundária. Por outro lado, poderia se ter um transformador com bobinas em curto-circuito e sem nenhum vazamento de óleo, caso em que ele estaria em falha quanto à sua função primária somente. Vê-se, claramente, que o conceito de falha funcional da RCM é muito mais adequado que simplesmente dizer que o sistema/equipamento está em falha.

- O que causa cada falha funcional ?

Identificada as falhas funcionais do sistema/equipamento em análise, o próximo passo é tentar identificar todos os eventos que são responsáveis em causar a falha funcional. Esses eventos são conhecidos como modos de falha. Em outras palavras, esse passo tenta identificar o que causou cada falha funcional. É importante listar não somente modos de falha causados por deterioração, fadiga, corrosão, oxidação, defeito de fábrica, etc., mas também aqueles relacionados ao erro humano, tais como erros de projeto e montagem errada. Quanto ao nível de detalhamento, é importante identificar a causa de cada falha funcional de modo a tratar de causas e não de efeitos, porém o nível não pode ser muito detalhado pois pouco acrescenta na análise. Deve-se procurar, em cada caso, o nível ideal de profundidade na identificação das causas das falhas funcionais.

- O que acontece quando cada falha ocorre ?

Nesse passo lista-se os efeitos de cada falha funcional, ou seja, descreve-se o que acontece quando um modo de falha ocorre. Essa descrição dos efeitos da falha deve incluir as informações necessárias para a avaliação eficiente das consequências das falhas. Note que efeitos da falha não é o mesmo que consequências da falha. A primeira responde à pergunta “O que acontece”, enquanto a segunda responde à pergunta “Qual a importância”. Alguns pontos importantes que a descrição dos efeitos

das falhas deve ter: a) evidência de que a falha ocorreu; b) de que maneiras a segurança de pessoas e o meio ambiente é afetado; c) de que maneiras o produto ou a produção é afetada; d) qual o dano físico causado pela falha; e) o que deve ser feito para reparar a falha; f) quanto tempo para reparar a falha.

- Qual a importância de cada falha ?

Todas as falhas nos sistemas/equipamentos afeta de alguma maneira as empresas. Elas podem afetar a qualidade do produto, o serviço prestado ao consumidor, a segurança e o meio ambiente. E todas as falhas devem ser repadadas, o que leva algum tempo e tem um custo associado.

A RCM classifica as consequências das falhas em quatro grandes grupos:

Consequências Ocultas: falhas ocultas não tem um impacto direto, mas pode expor a empresa a múltiplas falhas com sérias consequências, algumas vezes catastróficas.

Consequências de Segurança e Meio Ambiente: falhas que podem ferir ou matar alguém, ou infringir alguma norma estadual ou federal relacionada ao meio ambiente.

Consequências Operacionais: falhas que afetam o produto ou a produção.

Consequências Não Operacionais: aquelas falhas em que somente o custo do reparo se faz presente.

- O que pode ser feito para prevenir cada falha ?

Nesse passo procura-se determinar as tarefas de manutenção aplicáveis, que na RCM são divididas em duas categorias:

□ tarefas pró-ativas: tarefas empreendidas antes de uma falha ocorrer. Abrangem o que tradicionalmente é conhecido como manutenção “preditiva” e “preventiva”, porém a RCM as denomina restauração programada, descarte (substituição) programado e manutenção sob condição.

□ ações *default*: estas tratam com o estado de falha, e são escolhidas quando não é possível identificar uma tarefa pró-ativa efetiva. Ações *default* incluem: busca de falha, reprojeto e nenhuma manutenção programada.

- O que pode ser feito se uma tarefa de manutenção preditiva/preventiva não puder ser encontrada ?

Conforme já foi dito, se uma tarefa pró-ativa não puder ser encontrada então as opções são a busca da falha, reprojeto ou nenhuma manutenção programada. A RCM provê meios de determinar o que deve ser feito nesses casos.

3. O PROJETO PILOTO

3.1. Grupo de Trabalho de RCM

Conforme a referência [1], para o desenvolvimento da RCM há necessidade do envolvimento de diversos setores da empresa. Para o desenvolvimento desse projeto dentro da Copel, foram montados dois sub-grupos com

profissionais das áreas de projeto de redes, análise de desempenho e o pessoal de operação e manutenção, totalizando 14 pessoas. Foram escolhidos 4 alimentadores, que foram divididos nos seus componentes comuns. A tabela 1, na página 4, mostra os alimentadores separados em seus componentes.

3.2. Planejamento das Atividades

As etapas para implantação da RCM na Copel estão ilustradas na Figura 1, e serão a seguir descritas.

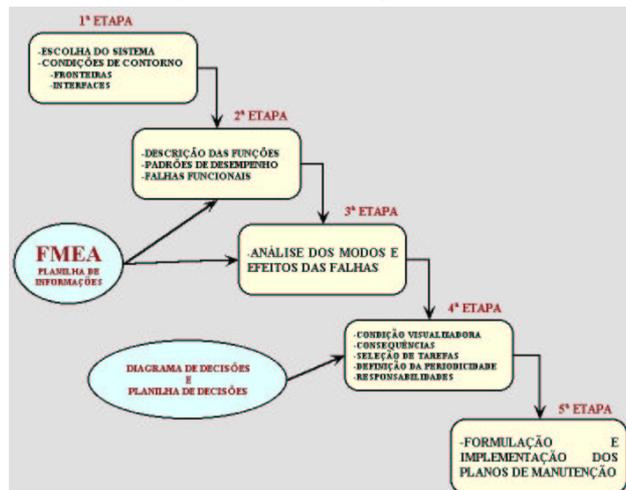


Figura 1 – Etapas da RCM na Copel Distribuição

3.2.1. 1ª Etapa

Foram escolhidos como “sistema” dois alimentadores de cada superintendência. As condições de contorno para os alimentadores devem ser tais que as falhas funcionais a serem levantadas sejam somente dos respectivos alimentadores, ou seja, não há interesse nas falhas oriundas das subestações (e sistemas e/ou equipamentos associados) onde os alimentadores estão conectados. A Figura 2 mostra as condições de contorno que foram adotadas.

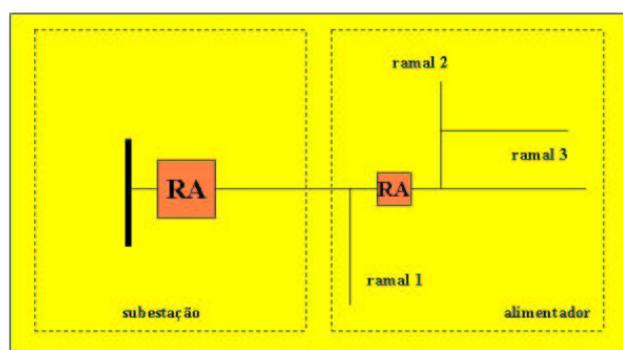


Figura 2 – Condições de contorno

3.2.2. 2ª Etapa

Nesta etapa serão descritas as funções dos alimentadores, os padrões de desempenho requeridos e as falhas funcionais associadas a cada função listada. Lança-se mão, aqui, de uma ferramenta chamada FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*, ou Análise dos Modos e Efeitos das Falhas), que consiste basicamente no preenchimento da chamada Planilha de Informações,

conforme mostra a Tabela II, com as informações das funções do sistema, suas falhas funcionais, os modos de falhas associados a cada falha funcional e as conseqüências desses modos de falhas.

Esta planilha foi montada a nível de componentes, levando-se em conta as funções e falhas funcionais dos alimentadores escolhidos. Foram realizadas diversas reuniões com a participação de todos os membros do grupo de RCM de ambas as superintendências regionais.

Os componentes dos alimentadores analisados foram:

- Condutores
- Postes
- Chaves
- Transformadores
- Cruzetas
- Descarregador de Chifre
- Estais
- Para Raios
- Isoladores
- Malha de Terra
- Conexões

3.2.3. 3ª Etapa

Esta etapa consiste na análise dos modos e efeitos das falhas propriamente ditos, ou seja, para cada falha funcional listada na planilha de informação na etapa anterior, busca-se os modos de falha e seus efeitos sobre o item/equipamento e/ou sistema sob análise.

3.2.4. 4ª Etapa

Nesta etapa determina-se a condição visualizadora dos efeitos dos modos de falha e suas conseqüências e, usando outra ferramenta chamada Planilha de Decisão, conforme mostra a Tabela III, procura-se determinar as tarefas de manutenção aplicáveis, que na RCM são divididas em duas categorias:

- tarefas pró-ativas: tarefas empreendidas antes de uma falha ocorrer. Abrangem o que tradicionalmente é conhecido como manutenção “preditiva” e “preventiva”, porém a RCM as denomina restauração programada, descarte programado e manutenção sob condição.
- ações *default*: estas tratam com o estado de falha, e são escolhidas quando não é possível identificar uma tarefa pró-ativa efetiva. Ações *default* incluem: busca de falha, reprojeto e nenhuma manutenção programada.

3.2.5. 5ª Etapa

Após devidamente revisadas as planilhas de informação e decisão, há informações suficientes para a elaboração e implementação de planos de manutenção eficientes (pois os modos de falha são agora conhecidos), contribuindo para aumentar a confiabilidade do sistema e diminuir os custos de manutenção.

TABELA I
COMPONENTES ESPECÍFICOS DOS ALIMENTADORES ESCOLHIDOS

ALIMENTADOR		Cafezal	Independência	Cohapar	Ipiranga	
Km		100,2	245	28	134,4	
Poste	Concreto	1.423	1.698	889	1.738	
	Madeira	39	-	-	-	
	Trilho	-	66	-	-	
Cruzeta	Concreto	1.391	370	851	2.294	
	Madeira	1.245	503	104	76	
	Aço/Suporte T	21	14	-	179	
Isolador	Pilar	208	-	93	196	
	Pino	Porcelana	3.722	2.436	2.058	2.789
		Vidro	29	-	-	66
		Polimérico	21	-	51	4
	Disco	Porcelana	2.491	1.314	716	973
		Vidro	371	-	-	689
		Castanha	21	-	-	-
	Bastão	40	-	51	22	
Amarração	Fio	741	1.752	-	483	
	Fita	319	1.752	-	483	
	Laço	2.727	582	-	2.456	
Consumidor	Residencial	3426	3.765	5.799	662	
	Comercial	142	205	373	81	
	Industrial	112	50	84	5	
Proteção	Pára-raio	Porcelana	561	148	444	409
		Polimérico	37	-	-	-
	Descarregador de chifre	50	13	-	234	
Chave	Mola desligadora	10	-	-	66	
	Seccionadora unipolar	6	15	13	37	
	Óleo/Omni Rupter/Gás	1	2	9	-	
	Religador de trecho	1	1	-	1	
	Fusível	50 A	289	-	-	435
		100 A	279	160	-	123
300 A		249	-	561	176	
Cabo (km)	Alumínio	CA	73,540	131,3	28,87	72,5
		CAA	171,542	31,92	-	258,6
	Cobre	-	3,6	-	-	
	Protegido	-	6,3	-	-	
Aço	34,320	7,1	-	-		
Estai	Âncora	306	48	3	654	
	Contra poste	Concreto	64	304	56	93
		Madeira	2	-	-	-
TRs	Mono	Auto Prot.	-	-	-	-
		Comum	64	13	1	232
	Trifásico	Auto Prot.	1	-	-	-
		Comum	172	157	152	41
Cidade onde se situa o alimentador		Londrina		Foz do Iguaçu		

TABELA II
PLANILHA DE INFORMAÇÃO ADOTADA PELA COPEL DISTRIBUIÇÃO

MANUTENÇÃO BASEADA EM CONFIABILIDADE					
DATA:	LOCAL:			EQUIPAMENTO:	
FUNÇÃO (Parâmetros e Funções)	FALHA FUNCIONAL (Perda de Função)	MODO DE FALHA (Causas)	EFEITO DA FALHA (O que acontece quando ocorre a falha)		
			Componente/Item sob análise	Equipamento principal/Sistema sob análise	

TABELA III
PLANILHA DE DECISÃO ADOTADA PELA COPEL DISTRIBUIÇÃO

MANUTENÇÃO BASEADA EM CONFIABILIDADE								
DATA:		LOCAL:				EQUIPAMENTO:		
Referências	Conseqüências	OC1	OC2	OC3	Outras Ações	Tarefas Propostas	Periodicidade	Responsabilidade
		SG1	SG2	SG3				
		OP1	OP2	OP3				

4. CONCLUSÃO

A manutenção é, talvez, a disciplina que mais tenha mudado nos últimos anos, não somente devido ao grande aumento da quantidade e complexidade de ativos que devem ser mantidos pelas empresas de todo o mundo, mas também pelo próprio aperfeiçoamento da disciplina em si com a introdução de novas técnicas de análise e de novos pontos de vista e responsabilidades quanto ao gerenciamento e organização da manutenção.

A RCM procura, em sua essência, manter a função dos ativos ao invés de combater todas as falhas que ocorrem. Decorre já daí o sentimento de que a RCM pode efetivamente reduzir os serviços de manutenção, pois prioriza as atividades com o intuito de manter as funções principais dos ativos. Por outro lado a RCM não é um processo que deva ser usado somente pelo pessoal de manutenção, mas deve ter a colaboração também do pessoal de operação, dos projetistas, engenheiros, técnicos e especialistas, pois muitos problemas em ativos advêm de projetos mal elaborados ou produtos mal montados e mal comissionados. Esse ponto de vista global, onde todos os setores das empresas podem e devem dar a sua contribuição para a manutenção da função dos ativos, é que faz da RCM

uma filosofia, ou disciplina, tão difundida e apreciada pelas empresas atualmente.

Este trabalho tentou mostrar como a RCM está sendo aplicada no setor de distribuição de energia elétrica da Copel Distribuição S.A. Ao total, foram listados aproximadamente 60 (sessenta) modos de falha relativos a 11 componentes dos alimentadores. Desse total de modos de falha, constatamos que haveria alguma tarefa de manutenção preventiva/preditiva aplicável em aproximadamente 1/3. Os outros 2/3 ficariam sem nenhum tipo de manutenção pró-ativa, ou seja, o tipo de manutenção recomendado é nenhuma manutenção programada ou, em outras palavras, manutenção corretiva. Em outros casos, o reprojeção foi o tipo de ação recomendado.

Quanto à aplicação da RCM, constatamos que há, inicialmente, grande interesse no processo pelas pessoas, mas como esse processo é um pouco demorado, nem todo mundo permanece motivado todo o tempo. No entanto, nota-se que o grupo, no geral, permanece motivado e aguardando ansiosamente o resultado do projeto piloto. Outro aspecto importante foi a constatação de que os facilitadores, ou seja, aquelas pessoas responsáveis pela condução do processo, devem estar bastante treinados em RCM, caso contrário o processo não terá uma implantação satisfatória.

Até o presente momento cabe observar que a RCM ajudou no relacionamento entre as diferentes áreas e pessoas envolvidas no projeto piloto. Ficou evidente para os integrantes do grupo que a manutenção, por si só, não pode resolver todas os problemas. Algumas falhas advém da aplicação incorreta de alguns equipamentos no sistema de distribuição. Foram encontrados equipamentos aplicados em locais onde o nível de curto-circuito é superior ao nível que o equipamento suporta, evidenciando o fato óbvio de que não se pode exigir mais dos sistemas/equipamentos do que ele é capaz de suportar. Em outras situações, o reprojeto parece ser a única solução. A conclusão desse projeto está prevista para agosto de 2002.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Moubrey, J. Reliability-centered Maintenance. Industrial Press Inc. New York. 1997.
- [2] Smith, A. Reliability-centered Maintenance. MacGraw-Hill. New York. 1993.