

CUSTOS NA FUNÇÃO MANUTENÇÃO¹

*Cícero Romão Cavati²
Lisandro L. G. dos Santos³*

Resumo

Este trabalho desenvolve uma metodologia com o propósito de ser seguida pela gestão de manutenção em uma empresa, determinando as principais parcelas que envolvem os custos fixos e variáveis do gerenciamento da manutenção de um equipamento. A metodologia, proposta neste trabalho, é ilustrada com uma aplicação envolvendo um específico equipamento numa área de chão de fábrica. Este trabalho apresenta os custos envolvidos, tanto na manutenção como na inspeção, dentro de um programa de manutenção, abrangendo: custo de inspeção, custo de manutenção e custo tecnológico. Com o uso das ferramentas de previsibilidade, pode-se reduzir a parcela de Custo Variável uma vez que afeta as equipes e o volume de manutenção. Ao contrário, quando não se dispõe de ferramentas de previsibilidade de ciclo de vida os custos ficam mais altos, pois se tem que utilizar mais pessoal e o volume de manutenção conseqüentemente aumentam. Para tanto, mostra-se, de forma analítica, a composição das parcelas de custo em função dos fatores que são influenciados pelas ferramentas de previsibilidade.

Palavras-chave: Manutenção; Inspeção; Custos; Previsibilidade.

¹ IX Seminário de Automação de Processos da ABM, 05-07/102005, Curitiba – PR.

² Professor Dr. Do DEL/CT/UFES, Campus Universitário-Goiabeiras, Vitória ES, 29060-970
cavati@ele.ufes.br

³ Engenheiro Eletricista – DEL/UFES 2004

1 INTRODUÇÃO

A predição da vida útil de um equipamento influencia diretamente tanto na redução de paradas emergenciais como na redução dos custos variáveis.

Uma vez que o equipamento foi adicionado ao inventário dos equipamentos, deve-se selecionar um programa de manutenção apropriado. Inspeções muito freqüentes podem degradar a longevidade do equipamento e ser inviáveis financeiramente. Inspeções que não são freqüentes o bastante podem, contrariamente, afetar confiabilidade, exatidão e segurança. Um equipamento deveria ser programado para inspeção periódica, manutenção ou verificação de desempenho somente se há uma boa razão para tanto.

O Controle Preditivo de Manutenção⁽¹⁾ abrange a determinação do ponto ótimo para execução da manutenção preventiva num equipamento, ou seja, o ponto a partir do qual a probabilidade do equipamento em falhar, assume valores indesejáveis. A determinação desse ponto traz como resultado índices ideais de prevenção de falhas, tanto sob o aspecto técnico quanto econômico, uma vez que a intervenção no equipamento não é feita durante o período em que ainda está em condições de prestar serviço, nem no período em que suas características operativas estão comprometidas. Os estudos de determinação desse ponto, que se chama Ponto Preditivo, geralmente feitos sob duas formas, em função das características dos equipamentos: Análise Estatística e Análise de Sintomas.

2 O ASPECTO DO CUSTO NA MANUTENÇÃO

O custo deve ser entendido como resultado da combinação de vários recursos aplicados na geração de um produto ou serviço. Geralmente, entende-se que a parcela de recurso é essencialmente o que se denomina de perda. As perdas são operações ou movimentos desnecessários que geram custo e não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas, tais como esperas, transporte de material para locais intermediários, estocagem de material em processo, etc. Para sustentar o processo sistemático de identificação e eliminação das perdas são propostas neste trabalho quatro grandes classes de perdas: Perda no Processamento, Perda por Fabricação de Produtos Defeituosos, Perda por Espera, Perda por Estoque. Sob o aspecto de custos, a manutenção corretiva,⁽¹⁾ ao longo do tempo, se apresenta com uma curva ascendente, devido à redução da vida útil dos equipamentos e sua conseqüente depreciação, perda de produção ou qualidade dos serviços, aumento do estoque de matéria prima improdutiva, pagamento de horas extras do pessoal de execução da manutenção, ocorrência de ociosidade de mão-de-obra operativa, perda de mercado e aumento de riscos de acidentes.

2.1 A Influência da Periodicidade da Manutenção

Há quatro fatores importantes de periodicidade⁽¹⁾ que influenciam na prática da manutenção, quais sejam: o Tempo Médio entre Manutenções Preventivas (TMMP), o Tempo Médio para Intervenções Preventivas (TMIP), o Alívio de Serviços de Manutenção (ASM) e o Alívio de Inspeção (AI) conforme ilustrado na Figura 1.

$$\text{TMMP} = \text{NIT} * \text{TOIT/NTIP} \quad \text{e} \quad \text{TMIP} = \text{TTIP} / \text{NTIP} \quad (1)$$

$$\text{ASM} = ((\text{HSPM} - \text{HSEM}) / \text{HSPM}) * 100 \quad \text{e} \quad \text{AI} = ((\text{HIPM} - \text{HIEM}) / \text{HIPM}) * 100 \quad (2)$$

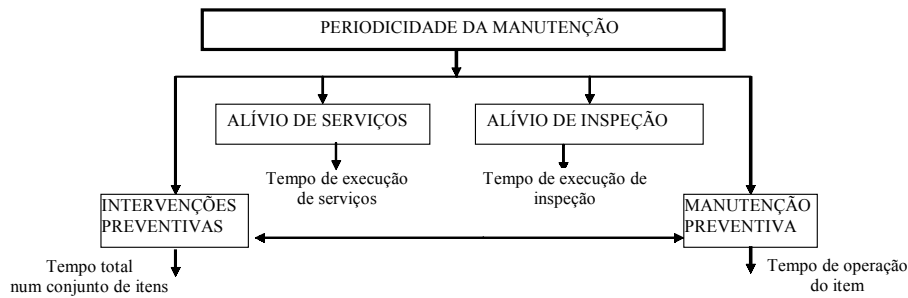


Figura 1. Esquema da Influência da Periodicidade da Manutenção.

Onde: NIT é o número de itens do equipamento; TOIT é o tempo de operação do item; NTIP é o número total de intervenções preventivas; TTIP é o tempo total de intervenções preventivas em um conjunto de itens do equipamento; NTIP é o número total de intervenções preventivas nesses itens no período observado; HSPM é o tempo de serviços previstos para um mês; HSEM é o tempo de serviços executados para um mês; HIPM é o Tempo de inspeções previstas para um mês, e HIEM é o tempo de inspeções executadas para um mês. TMMP, TMIP, ASM e AI são indicadores da periodicidade da manutenção e quanto maiores forem, melhor para a redução dos custos relacionados ou influenciados pela periodicidade.

2.2 Custo do Ciclo de Vida Útil Operacional

Na manutenção, dentre outras parcelas de custo, tem-se o *Custo do Ciclo de Vida Útil Operacional de um Equipamento*, aqui denominado de CIVIUTE. Este custo representa a soma de todos os custos com um equipamento, desde a sua fase de implantação até o seu final de vida útil. Para um equipamento de uma Instalação Industrial, o CIVIUTE pode ser subdividido nos seguintes custos: Custo Fixo e Custos Variáveis. O CIVIUTE está representado no gráfico da Figura 2.

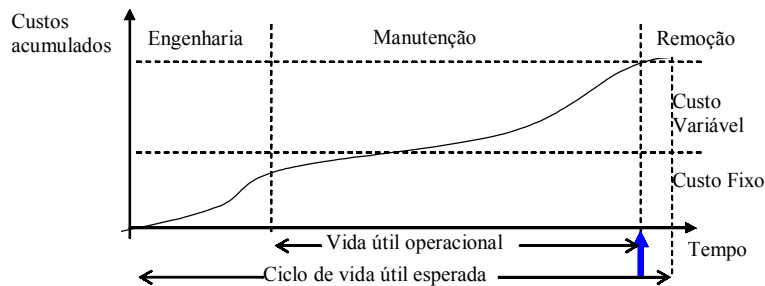


Figura 2. Gráfico do Custo do Ciclo de Vida Útil de uma Instalação Industrial.

O Custo Fixo (CF) de manutenção, mostrado na equação 5, é o custo da manutenção regular que independe do volume da manutenção e o Custo Variável (CV) de manutenção é o custo da manutenção ocasional que varia com o volume da manutenção.

$$CF = P * D \quad (3)$$

Os principais custos ligados com a aquisição e manutenção de um equipamento são os seguintes: *Custos de Preparação e de Pedidos de Serviços de Manutenção*; *Custos de Manutenibilidade dos Serviços* e *Custos de Serviços*.

O CIVIUTE, de se ter o equipamento, é função do custo de pedidos de serviços, do custo de manutenção do serviço e do custo do serviço. Se D representa a demanda em unidades em uma base mensal, Co representa o custo de preparação

de um pedido, C_c representa o custo para manter uma unidade de estoque por um dado período de tempo, P representa o preço do serviço, Q representa o volume de manutenção por equipamento e $Q/2$ representa o volume médio de manutenção por equipamento, então a relação pode ser expressa matematicamente na equação 3.

$$CIVIUTE = C_o * (D / Q) + C_c * (Q/2) + P * D \quad (4)$$

A razão D/Q representa o fator de disponibilidade do equipamento do estoque para operação. Se o fator de disponibilidade é igual a 1 (um), tem-se a indisponibilidade para operação porque todos os equipamentos do estoque devem ficar, no momento, em manutenção. Se o fator é maior que 1 (um), tem-se alguma disponibilidade para operação. A disponibilidade é quando se tem a própria demanda do estoque pronto para operação. Diferenciando CIVIUTE com relação à quantidade Q , tem-se a inclinação da curva de CIVIUTE, conforme se observa no gráfico da Figura 3.

$$Q = (2 * C_o * D / C_c)^{1/2} \quad (5)$$

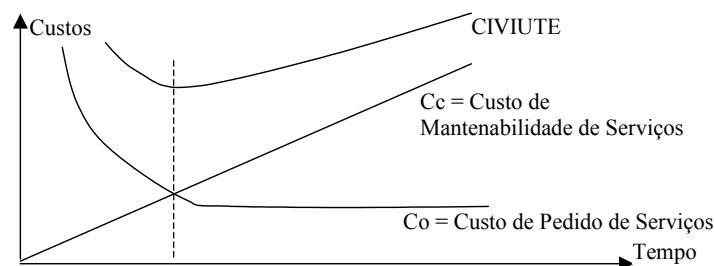


Figura 3. Custos relativos a um equipamento.

O Custo Variável pode ser visto como a soma de duas parcelas básicas que são o Custo Variável Médio (CVM) e o Custo Variável Disponível (CVD), os quais estão, respectivamente, representados na equação 6. CVM não depende da disponibilidade do equipamento para operação, enquanto que CVD já depende da disponibilidade do equipamento para operação.

$$CVM = C_c * (Q / 2) \quad e \quad CVD = C_o * (D / Q) \quad (6)$$

Então, esses custos conduzem na equação 7.

$$CV = CVM + CVD \quad (7)$$

A Análise do CIVIUTE em Indústrias de Base, levam a uma conclusão importante (2): "O total de Gastos com a Manutenção de um Equipamento, durante a sua vida útil é, no mínimo, igual ao valor de sua compra" Isso pode também ser visto na equação 8 e no gráfico da Figura 4, obtido a partir de dados da Empresa Mintendo.

$$CIVIUTE = CF + CV \quad (8)$$

O CIVIUTE do gráfico da Figura 4 tem um comportamento semelhante ao do CIVIUTE do gráfico da Figura 2, mas tendo umas concavidades superiores que significam os pontos onde é realizada a previsibilidade por alguma ferramenta utilizada, aliviando assim a manutenção do equipamento porque se deixa de inserir custos por fazer a manutenção na ocasião mais exata. O Tempo Médio para

Intervenções Preventivas ficou em um mês, 20 dias e quinze horas. O Alívio de Serviços de Manutenção foi de 50% e o Alívio de Inspeção foi de 25%, todos devido ao uso de ferramentas de previsibilidade.

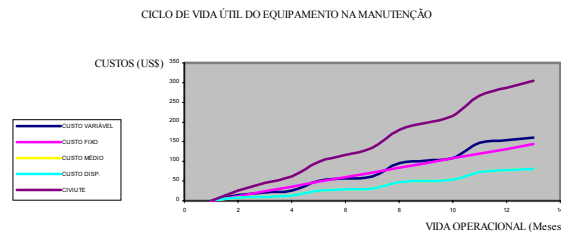


Figura 4. Gráfico do CIVIUT de um Equipamento na Fase da Manutenção.

A razão dos Custos Variáveis Médios e Disponíveis serem iguais, no gráfico da Figura 4, é devido o volume da manutenção Q ser função tanto do Custo de Pedido de Manutenção C_o como do Custo de Manutenção do Serviço C_c , bem como ainda da Demanda D , conforme se vê na equação 6. Q , C_c e D aumentam com os meses porque a necessidade de manutenção aumenta com o tempo de uso do equipamento. C_o diminui pelo fato de a maioria dos pedidos serem feitos normalmente no início do período.

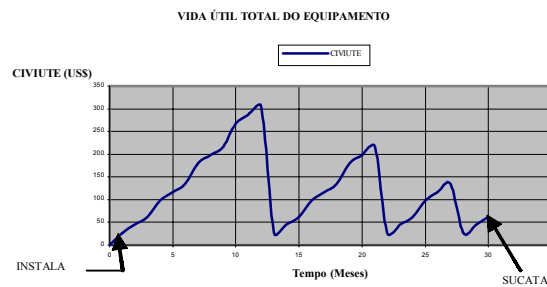


Figura 5. Seqüência de funcionamento do equipamento.

A determinação do ciclo de vida útil dos equipamentos e instalações influencia nos Custos Fixos com a Manutenção do Estoque (CME), a Mão de Obra (CMOM), a Revisão dos Estoques *Habilitados* (CREH), a Terceirização de Serviços (CTS) e a Recapitação de Equipamentos e Instalações (CRCE) e Influencia nos Custos Variáveis, com o Intervalo entre Intervenções para Manutenção Preventiva (CIIMP), a Duração das Intervenções para Realização de Preventivas (CDIRP), a Manutenção dos Serviços de Reparos (CSR), o Aperfeiçoamento do Processo de Análise de Ocorrências (CAPAO), a Determinação da Periodicidade de Manutenção Preventiva (CDPMP), a Atuação sobre Indisponibilidades Não-Programadas e por Falhas (CINP), o Aperfeiçoamento dos Controles e da Análise de Desempenho (CACAD), o Uso de Novas Técnicas e Métodos para aperfeiçoar as Intervenções (CUNTM), o Aperfeiçoamento dos Planos de Atendimento a Emergências (CPAE), o Aperfeiçoamento do Pessoal (CAP), os Recursos de Manutenção (CRM) e a Inspeção do Equipamento (CIE). Generalizando, realizar a aquisição de quaisquer equipamentos, sem levar em conta os Custos de Manutenção decorrentes, pode levar a um desembolso final maior que o desejado, já que dependendo do Grau de Confiabilidade e de Mantenabilidade dos Ativos. Assim, surgiu o conceito de se realizar a Análise do CIVIUT, fundamental para equipamentos em que se deseja alta Confiabilidade Operacional. Se o custo de aquisição do equipamento é B , o custo

mensal de manutenção é o CIVIUTE, o período de uso previsto é de n anos e a taxa anual de juros compostos é i, têm-se as equações 9 a 12.

$$VP = CIVIUTE * (1+i)^{-1} + CIVIUTE * (1+i)^{-2} + CIVIUTE * (1+i)^{-3} + \dots + CIVIUTE * (1+i)^{-n} \quad (9),$$

Onde somando os seus termos, têm-se:

$$VP = CIVIUTE * ((1+i)^n - 1) / (i * (1+i)^n) \quad (10)$$

$$CT = B + VP \quad (11)$$

Onde: VP representa o Valor Presente, contabilizando apenas os CIVIUTE's mensais e CT representa o Custo Total. Valor Mensal de Uso do Equipamento é:

$$VMUE = CT * i * (1+i)^n / ((1+i)^n - 1) \quad (12)$$

O exemplo da Tabela 1 ilustra a aplicação das equações 9 a 12. Os dados e resultados foram refeitos para uma base mensal a partir dos dados originais de Gama.⁽²⁾

Tabela 1. Variação dos Fatores de custo para um mesmo equipamento.

ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA ÚTIL PREVISTA PARA A MANUTENÇÃO DE UM EQUIPAMENTO *		
FATOR DE CUSTO	EQUIPAMENTO	
	MARCA "X"	MARCA "Y"
B	100000	70000
CIVIUTE	30000	60000
n (meses)	5	5
i (mensal)	1,24%	1,24%
CT	2445777,53	359155,06
VMUE	50750,11	74525,08

3 METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DO ESTUDO ECONÔMICO NA MANUTENÇÃO

Seja NEM o Número de Equipamentos para Manutenção, então:

$$CF = (CME + CMOM + CREH + CTS + CRCE) / NEM \quad (13)$$

$$CV = CIIMP + CDIRP + CSR + CINP + CUNTM + CRM + CAPAO + CACAD + CAPAE + CAP + CCMOA + CIE \quad (14)$$

Onde: CME = Pme * De; CMOM = Pmom * Dmom; CREH = Preh * Deh; CTS = Pts * Ds; e

$$CRCE = Prce * Deq \quad (15)$$

$$CIIMP = Cii * (Q/2); CDIRP = Ci * (Q/2); CSR = Csr * (Q/2) \quad (16)$$

$$CINP = Cinp * (Q/2); CDPMP = Cmp * (Q/2); CUNTM = Cntm * (Q/2) \quad (17)$$

$$CRM = Crm * (Q/2) \quad (18)$$

$$CAPAO = Cpao * (Do/Q); CACAD = Ccad * (Dc/Q); CAPAE = Cpae * (Dem/Q) \quad (19)$$

$$CAP = Cp * (Dp/Q); CMOA = Cpa * (Dmoa/Q); CIE = Cpi * (Di/Q) \quad (20)$$

Finalmente, determinam-se o CIVIUTE e o VP, sendo i a taxa de juros mensal e n o número de meses da análise temporal.

$$VP = CIVIUTE * ((1+i)^n - 1) / (i * (1+i)^n) \quad (21)$$

Conseqüentemente, o Custo Total (CT) no tempo analisado e o VMUE são:

$$CT = B + VP \quad e \quad VMUE = VP * (i * (1+i)^n) / ((1+i)^n - 1) \quad (22)$$

O benefício ou lucro mensal será: $BENEFICIO = Receita - VMUE$

3.1 Manutenção do Conjunto Motor-Bomba Centrífuga

Considere uma bomba centrífuga normalizada com motor eletrônico. Mesmo tomando todos os cuidados com a operação e manutenção, os engenheiros freqüentemente enfrentam problemas de falhas no sistema de bombeamento. Uma das condições mais comuns que obrigam a substituição de uma bomba no processo é a incapacidade para produzir vazão ou carga desejada. Além disso, muitas vezes quando uma bomba é enviada à oficina, os encarregados não acham nada de errado ao desmontá-la. Assim, a decisão de retirar uma bomba de operação e enviá-la para manutenção, só deve ser tomada depois de uma análise detalhada dos sintomas e causas do defeito. Para tanto, faz-se necessário ter em mãos uma ferramenta de previsibilidade e de diagnóstico do equipamento tal como o SIAD (6). A Tabela 2 apresenta um modelo de comparação do CIVIUTE para um mesmo conjunto Motor-Bomba Centrífuga com periodicidades diferentes (5). Os dados médios abaixo utilizados para inferir os resultados da Tabela 2 são os mesmos valores, com base nas parcelas ali alocadas, ou seja: $CIIMP=32,5$; $CDIRP=162,5$; $CINP=276,25$; $CDPMP=227,5$; $CAPAO=1384,62$; $CAPAE=923,08$; $CIE=153,85$.

Tabela 2. Modelo de Comparação de custos que dependem da periodicidade.

Análise do custo CIVIUTE – Valores em Real (R\$)		
Parcelas de Custo	Equipamento	
	Baixa Periodicidade	Alta Periodicidade
CIIMP	26	58,5
CDIRP	130	292,5
CINP	221	497,25
CDPMP	182	409,5
CAPAO	1107,7	2492,32
CAPAE	738,46	1661,54
CIE	122,23	276,93
Total	2527,39	5688,54

Analisando os dados para as duas situações extremas (Alta Periodicidade e Baixa Periodicidade), em relação às situações normais de periodicidade da manutenção do conjunto, nota-se o quanto é importante se reduzir a periodicidade no processo da manutenção, usando ferramenta de previsibilidade SIAD (3)

3.2 Aplicação da Metodologia sem o Uso da Ferramenta de Previsibilidade

Considerando os valores financeiros aplicados ao exemplo do conjunto motor-bomba centrífuga descrito no item anterior. Sem o uso da ferramenta de previsibilidade (SIAD), CV = 21247,40 no primeiro mês. Daí vai aumentando 10% ao mês com acréscimo de 1% até o quarto mês. Nos quatro meses seguintes, 5% com acréscimo de 1%. Nos quatro últimos meses, aumenta 15% ao mês com acréscimo de 1%. A taxa de juros adotada é 1,24% ao mês.

O VP sem o uso do SIAD foi 932952,80. O preço médio do conjunto motor-bomba centrífuga, descrito no item anterior, é 16138,00 no mercado. Então o investimento B fica sendo igual a 16138,00. Logo: CT= 949090,80 e VMUE = 85609,36, sendo BENEFICIO = 100000 – 85609,36, fornecendo um valor de PGTO = 14390,64, que é o lucro mensal da empresa sem o uso do SIAD na manutenção. Conforme a idéia de comparação do menor CIVIUTE mensal com o investimento e colocando essa comparação para o presente exemplo de aplicação, tem-se: CIVIUTE (1º mês) = 56054,33 e B = 16138,00. Logo, neste exemplo de aplicação, CIVIUTE foi, no mínimo, 3,47 vezes maior que o investimento realizado na compra do conjunto.

3.3 Aplicação da Metodologia com o Uso da Ferramenta de Previsibilidade

De igual forma, com o uso da ferramenta de previsibilidade (SIAD) e para os mesmos valores financeiros considerados, tem-se o resultado mostrado na Figura 7.

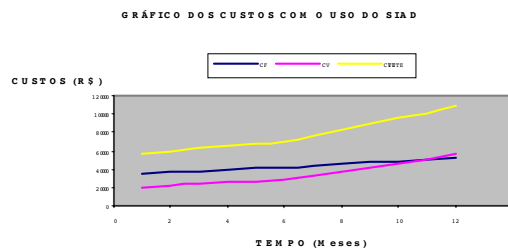


Figura 7. Evolução dos custos ao longo de um ano com o uso do SIAD.

Conforme observado na Tabela 5, o VP com o uso do SIAD foi de 932307,90. O preço médio de mercado do conjunto motor-bomba centrífuga, descrito no item anterior, é 16138,00. Então B fica sendo igual a 16138,00. Logo: CT = 932952,80+16138,00 = 948445,90 e VMUE = 85551,20, sendo PGTO = 14448,8, que é um lucro superior ao lucro do projeto sem o uso do SIAD. Portanto, realizar um projeto com o uso do SIAD, é mais atrativo economicamente, pois o uso desse tipo de ferramenta facilita em muito a manutenção deixando de se inserir custos extras (que ocorrem sem o uso do SIAD) e aliviando os serviços de manutenção. O gráfico da Figura 8, usando valores de CIVIUTE da Tabela 5 e receitas mensais de R\$ 100000,00 por equipamento, mostra a evolução do lucro acumulado por equipamento da empresa com o uso do SIAD ao longo de um ano.

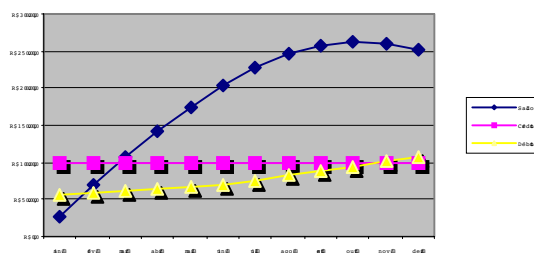


Figura 8. Lucros da empresa para um conjunto motor-bomba com o uso do SIAD.

Conforme a idéia de comparação do menor CIVIUTE mensal, com o investimento feito na compra do equipamento, essa comparação para o presente exemplo, têm-se: CIVIUTE (1º mês) = 55781,46 e B = 16138,00. Logo, o CIVIUTE foi, no mínimo, 3,45 vezes maior que o investimento realizado na compra do conjunto. O uso do SIAD, por eliminar as indisponibilidades não-programadas e, conseqüentemente, inferir um CIVIUTE menor no 1º mês, reduz um pouco a comparação entre o menor CIVIUTE mensal e o investimento feito na compra do equipamento.

4 CONCLUSÃO

Demonstrou-se que a periodicidade influencia de sobremaneira em algumas parcelas Custo do Ciclo de Vida Útil de um mesmo equipamento. Portanto, percebe-se a importância do uso de uma ferramenta de previsibilidade para reduzir a periodicidade com base em dados reais, reduzindo-se o Custo Total.

O uso do SIAD - Sistema Inteligente de Apoio à Decisão como ferramenta de previsibilidade reduz as parcelas CIIMP (Custo com Intervalo entre Intervenções para Manutenção), CDIRP (Custo com Duração das Intervenções para Realização de Preventivas), CDPMP (Custo com Serviços de Reparos), CAPAO (Custo com Aperfeiçoamento do Processo de Análise de Ocorrências), CAPAE (Custo com Aperfeiçoamento dos Planos de Atendimento a Emergências) e CIE (Custo com Inspeção do Equipamento) do Custo Variável devido à redução da periodicidade na manutenção. O uso do SIAD elimina a parcela CINP (Custo com Indisponibilidades Não-Programadas) do Custo Variável porque com o uso do SIAD só se têm indisponibilidades programadas. O Custo Total com o uso do SIAD é inferior ao Custo Total sem o uso do SIAD. Se considerar todos os equipamentos existentes na fábrica, obtém-se uma grande diferença, o que mostra ser mais interessante o uso do SIAD para dar maior lucro ou retorno financeiro para as empresas.

Finalmente, na aplicação da metodologia, mostrou-se que é mais rentável para a empresa usar a ferramenta de previsibilidade, pois a mesma reduz ou mesmo anula custos variáveis aumentando assim o retorno financeiro da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Tavares, L. G., “Administração Moderna da Manutenção”, Novo Pólo Publicações, Rio de Janeiro, RJ, 1999.
- 2 Gama, M. P. N., “Conceitos Básicos de Manutenção”, Curso de pós-graduação em Engenharia de Manutenção, UFES, Vitória, ES, 2002.
- 3 Cavati, C. R., “A Evolução da Manutenção e os SIAD’s”, 16º Congresso Brasileiro de Manutenção da Abraman, UFES, Vitória, ES, Junho de 2004.
- 4 Pamplona, E. O., “Custos Industriais”, UNIFEI, Itajubá, 2003.
- 5 Furmann, J. C., “Desenvolvimento de um Modelo para a Melhoria do Processo de Manutenção mediante a Análise de Desempenho de Equipamentos”, UNIOESTE 10: Gestão da Qualidade e Produtividade, UFSC, Florianópolis, SC, 26/11/2002.
- 6 Cavati, C. R. A Evolução da Manutenção e os SIAD’s. XV Seminário Espírito Santense de Manutenção. Abraman, 01 a 04 de Junho – 2004.
- 7 Cavati, C. R. A Evolução da Manutenção e os SIAD’s. 2º. Congresso Mundial de Manutenção. 12-17/09 – 2004.

COSTS IN THE FUNCTION MAINTENANCE ¹

Cícero Romão Cavati²
Lisandro L. G. dos Santos³

Abstract

This work develops a methodology with the intention of being followed by the management of maintenance in a company, determining the main parcels that involve the fixed and changeable management costs of the maintenance of equipment. The methodology, proposal in this work, is illustrated with an application involving specific equipment in a plant soil area. This work presents the involved costs, as much in the maintenance as in the inspection, inside of a maintenance program, enclosing: cost of inspection, cost of maintenance and technological cost. With the use of the previsibility tools, it could reduce the parcel of Changeable Cost that affects the teams and the volume of maintenance. In contrast, when if it does not make use of previsibility tools of life cycle the costs are higher, therefore it is had that to use personal more and the volume of maintenance hence it increases. For in such a way, one reveals, of analytical form, the composition of the parcels of cost in function of the factors that are influenced by the previsibility tools.

Key-words: Maintenance; Inspection; Costs; Previsibility.

¹ IX Seminário de Automação de Processos da ABM, 05-07/102005, Curitiba – PR.

² *Professor Dr. Do DEL/CT/UFES, Campus Universitário-Goiabeiras, Vitória ES, 29060-970*
cavati@ele.ufes.br

³ *Engenheiro Eletricista – DEL/UFES 2004*