

Otimização da frequência na manutenção preventiva

Olavo Pinto Leal Júnior (CVRD/FANESE) olavojuniorleal@click21.com.br
Paulo Baffa Júnior (CVRD/FANESE) paulobaffa@paulobaffa.eng.br
Helenice Leite Garcia (FANESE) helenice@fanese.com.br

Resumo

Atualmente, nota-se que as organizações procuram realizar processos de melhoria contínua diariamente. Melhoria esta que repercute em uma maior produtividade para vencer os desafios do mundo globalizado devido à presença dos atuais e novos concorrentes. Os custos relacionados a processos muitas vezes são decorrentes ao planejamento e eficiência de execução de manutenção da empresa. A realização de manutenção de qualidade repercute na confiabilidade do processo produtivo propiciando melhor condição para o cumprimento do plano mestre de produção. Neste trabalho foi realizada uma análise de manutenção buscando otimizar o tempo de realização de manutenção preventiva de acordo com a taxa de falha dos equipamentos.

Palavras-chave: Manutenção; Confiabilidade; Otimização.

1. Introdução

A manutenção industrial, até recentemente, era considerada como fator de custos e gastos não participando da estratégia competitiva das organizações. As manutenções corretivas de emergência reinavam dentro das indústrias. Devido à sua elevada influência na parada de máquinas durante a produção, a manutenção ganhou um novo papel dentro das organizações. Os gastos com métodos, processos, instrumentos e ferramentas para execução dos acompanhamentos das funções e, se necessário, auxílio na rotina de diagnósticos, representam aumento na vida útil dos ativos e, conseqüentemente, maior rendimento operacional. Surgindo desta forma novas estratégias para a execução de manutenção industrial (TAVARES, 2005).

Diante deste quadro, a manutenção industrial reverte seu passado e atualmente é considerado um fator de competitividade das organizações. Por ser fator determinante no custo e no ciclo de vida dos equipamentos, tem um impacto profundo em todas as ações produtivas. Muito se deve a globalização, onde se romperam as fronteiras dos negócios. Para se adequar a esta nova realidade, as empresas terão de realizar uma grande reestruturação organizacional, a começar por rever seus processos organizacionais, analisando suas oportunidades, ameaças, pontos fortes e pontos fracos. A manutenção ganha destaque, neste cenário, sendo o elemento de ligação entre a estratégia e a operação. Conhecer as técnicas e ferramentas para a melhoria e desempenho ótimo, dominar as estratégias e metodologias para alcançar tais indicadores, alcançando-a numa das atividades de manutenção ao nível gerencial que merece, transformando-a numa das atividades principais da organização, torna-se o foco principal na política de redução de custos da produção. Hoje não se admite mais a interrupção da produção em decorrência da parada aleatória de um equipamento, pois a perda de faturamento afetando toda a cadeia produtiva (TAVARES, 2005).

É um desafio, pois requer além do conhecimento técnico, uma visão abrangente sobre todas as áreas da organização, desenvolvendo-a como uma solução integrada, assegurando que as operações de manutenção se realizem por um custo global minimizado, com a máxima efetividade e com a maior taxa de utilização dos ativos possíveis.

2. Fundamentação Teórica

A evolução da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico industrial da humanidade. Com o surgimento das indústrias, surgiu a necessidade da execução de pequenos reparos, que eram executados pelo próprio pessoal da operação. Com a implantação do sistema de produção em série, instituída por Ford no início do século, as empresas passaram a programar sua produção com o intuito de atendimento de demanda. Em consequência disto surgiram as primeiras equipes de manutenção corretiva para a realização de reparos nas máquinas com intuito de diminuir o tempo de parada. Esta situação durou até a década de 30, com o início da segunda guerra mundial as empresas passaram para um maior nível de produção devido ao aumento da demanda. Surge então a manutenção preventiva baseada em tempo, haja vista que o foco da manutenção passou do apenas corrigir para o de evitar que as falhas acontecessem (ABRAMAN, 2005).

Segundo Jerzy, (2005), cronologicamente, a manutenção, como uma função na atividade industrial, passou a merecer maiores cuidados e dedicação através de estudos e reconhecimento de sua importância. Diante deste quadro a manutenção é considerada fator de qualidade e produtividade revertendo todo o seu passado.

2.1 Objetivo e tipos de Manutenção

A contribuição da manutenção dentro de um sistema produtivo pode ser resumida como a maior disponibilidade confiável da planta industrial ao menor custo. O que por sua vez, como esses próprios autores alertam, resume-se em quanto maior esta disponibilidade menor a demanda de serviços e conseqüentemente, de custo, favorecendo o crescimento da produtividade da manutenção. Para realização desse objetivo encontram-se definidos os métodos de manutenção, ou seja, a maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracterizam os vários tipos de manutenção existentes, segundo Pinto e Xavier (2005):

- a) **Manutenção corretiva não planejada:** É a atuação após para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado do equipamento, afirma Pinto; Xavier. Caracteriza-se pela ação, sempre após a ocorrência da falha, não esperada, e sua adoção levam em conta fatores técnicos e econômicos. A manutenção Corretiva possui um alto custo, pois a quebra inesperada pode provocar perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção, pois não existe um planejamento prévio para a execução. Quando uma organização possui o maior número de manutenção na classe não planejada o seu desempenho empresarial esta aquém das solicitações do mundo competitivo (PINTO; XAVIER, 2005);
- b) **Manutenção corretiva planejada:** A manutenção corretiva planejada é caracterizada pela correção da falha de forma planejada quando temos uma diminuição do desempenho ou dependendo da opção gerencial do equipamento operar até quebrar. A decisão da adoção da política da manutenção corretiva planejada pode advir de vários fatores tais como: negociação da parada com a produção, aspectos ligados à segurança, melhor planejamento dos serviços, garantia de ferramental/peças sobressalentes, busca de recursos humanos com tecnologia externa. A manutenção corretiva planejada possibilita o planejamento dos recursos necessários para a operação, uma vez que a falha é esperada (PINTO; XAVIER, 2005);
- c) **Manutenção preventiva:** É a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo, segundo Pinto; Xavier (2005). Quanto mais complexo o equipamento ou processo torna-se mais complicada a sua utilização, pois para a sua

realização temos que paralisar o processo produtivo, gerando impacto no processo produtivo. A filosofia deste método é bastante válida do ponto de vista da confiabilidade, embora na prática ocorra resultado indesejável como a introdução de falhas por falha humana, defeito de material novo aplicado ou a instalação de matérias reconicionados. Por este motivo que na medida do possível é recomendável a manutenção preditiva;

- d) **Manutenção preditiva:** A manutenção preditiva, também conhecida como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento é caracterizada pelo monitoramento de modificação dos parâmetros e condição de desempenho do equipamento, sendo realizado através de uma rota de pontos de medição a serem monitorados (PINTO; XAVIER, 2005). A manutenção preditiva veio a alavancar as melhores práticas de execução de manutenção, pois os equipamentos são monitorados sem parada de produção, aumentando a disponibilidade do sistema, sendo a que gera menor impacto no processo de produção;
- e) **Manutenção detectiva:** A manutenção detectiva é atuação efetuada em sistemas de proteção ou comando buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Segundo Pinto e Xavier (2005), a identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade do sistema. Fica evidente que ter o domínio da situação é o ideal para a função manutenção;
- f) **Engenharia de manutenção:** Segundo Pinto e Xavier (2005), “É deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de viver com problemas crônicos melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, interferir tecnicamente nas compras” Muito mais que uma prática, a Engenharia de Manutenção é, antes de tudo, uma cultura que se caracteriza pela utilização de dados para análise, estudos e melhorias nos padrões de operação e manutenção dos equipamentos, por meio de técnicas modernas.

3. Análise dos resultados

3.1 Metodologia do Cálculo para Determinação da Disponibilidade

Com os dados do equipamento da Tabela 1 elaborou-se modelagem matemática para o cálculo das variáveis para a determinação da disponibilidade do primeiro e segundo período em estudo onde se alterou a frequência da execução de manutenção preventiva no segundo período.

3.1.1 Determinação da taxa de falha

Através do MTBF (tempo médio entre falhas) foi calculada a taxa de falha do equipamento que é o inverso do MTBF determinado à equação da reta e sua linha de tendência para os dois períodos em estudo.

3.1.2 Determinação da taxa de reparo

Através do MTTR (tempo médio de reparo) foi calculada a taxa de reparo do equipamento que é o inverso do MTTR para os dois períodos em estudo.

3.1.3 Determinação da taxa de falha com preventiva

Após a determinação da taxa de falha, taxa de reparo, determinação da equação da reta e sua linha de tendência foram calculadas a taxa de falha com preventiva. Lafraia (2001), determinou a taxa de falha com preventiva conforme às equações: $\lambda_c(t) = \lambda_{c0} + \alpha_c(t)$, quando

$$\alpha_c > 0 \text{ e } \lambda_{cm} = \frac{1}{\lambda_p} \int_0^{\lambda_p} (\lambda_{c0} + \alpha_c t) dt \Rightarrow \lambda_{cm} = \lambda_{c0} + \frac{\alpha_c}{2\lambda_p}$$

Sendo: λ_{cm} : taxa de falha com preventiva; α_c : taxa de falha crescente; λ_{c0} : taxa de falha inicial; λ_p : frequência de preventiva mês.

3.1.4 Determinação da disponibilidade do equipamento

Segundo Lafraia (2001), determinou a disponibilidade do equipamento conforme a equação.

$$D = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_c m}{\mu_c} + \frac{\lambda_p}{\mu_p}}$$

Sendo: D: disponibilidade do equipamento; λ_{cm} : taxa de falha com preventiva; μ_c : taxa de reparo de manutenção corretiva; λ_p : frequência de manutenção preventiva e μ_p : taxa de ação de manutenção preventiva.

Para a realização dos cálculos o valor da frequência de manutenção preventiva para o primeiro período é de uma manutenção por mês no período de nove meses, enquanto para o segundo período são de duas manutenções preventivas por mês no período de três meses. Ressalto que para o segundo período foi utilizada amostra de 03 meses, fato este decorrente de problema no sistema de rádio dos mineradores contínuos, ficando o equipamento em estudo trabalhando como Stand-by, o que prejudica indicadores de manutenção do equipamento em estudo. Decisão esta tomada devido as condições de lavra da jazida.

Após a execução dos cálculos foi realizada a condensação dos dados conforme Tabela 1. Verifica-se uma melhoria da disponibilidade e da taxa de falha do equipamento com a alteração da frequência de manutenção preventiva. A partir desta tabela foi possível elaborar os gráficos 1 a 5 referentes ao primeiro período e 6 a 11 referentes ao segundo período. Na interpretação dos gráficos mostrados referente ao primeiro período se verifica uma diminuição do MTBF conforme demonstrado no gráfico 1, ou seja o minerador contínuo apresentava falha com mais frequência parando o processo produtivo. Com a diminuição do tempo médio entre falhas do minerador contínuo verifica-se o aumento da taxa de falha de forma acentuada conforme o gráfico 2. Esta informação é visualizada com a equação da reta e a linha de tendência da taxa de falha que esta crescente.

O MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), do equipamento teve uma diminuição e o MTTR (Tempo Médio De Reparo), teve um aumento considerável aumentando o tempo para recolocar o minerador contínuo em operação após uma quebra. O gráfico 3 mostra este acréscimo do MTTR podendo-se admitir que os sistemas do minerador contínuo entraram em uma situação crítica e apresentando anomalias de impacto.

Com o aumento da taxa de falha e diminuição do tempo médio entre falhas a disponibilidade do minerador contínuo foi afetada gerando impacto negativo no cumprimento das metas de produção conforme demonstrado no gráfico 4.

A estratégia utilizada de uma manutenção preventiva por mês não estava conseguindo o seu objetivo que era manter a disponibilidade em valores previstos. Esta estratégia de manutenção preventiva impactava negativamente no volume de produção escavado pelo minerador

continuo. Não agregando valor ao processo produtivo e impactando no atingimento das metas traçadas no plano mestre de produção conforme demonstrado no gráfico 5.

DADOS DO MC01							
T	MÊS	MTBF	MTTR	λ_c	μ_c	$Dt = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{Cm}}{\mu_c} + \frac{\lambda_p}{\mu_p}}$	$y = 0,0054x + 0,0212$
0	Janeiro	23,25000	3,66667	0,043011	0,27273	0,76446	0,02120
1	Fevereiro	45,10000	4,88333	0,022173	0,20478	0,78651	0,02660
2	Março	17,86667	3,60000	0,05597	0,27778	0,74002	0,03200
3	Abril	24,91667	1,63333	0,040134	0,61224	0,83741	0,03740
4	Maio	35,40000	1,58333	0,028249	0,63158	0,85270	0,04280
5	Junho	27,60000	5,40000	0,036232	0,18519	0,73285	0,04820
6	Julho	21,58333	3,61667	0,046332	0,27650	0,75903	0,05360
7	Agosto	16,70000	3,23333	0,05988	0,30928	0,74654	0,05900
8	Setembro	9,88333	5,11667	0,10118	0,19544	0,59366	0,06440
T	MÊS	MTBF	MTTR	λ_c	μ_c	$Dt = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{Cm}}{\mu_c} + \frac{\lambda_p}{\mu_p}}$	$y = - 0,0022x + 0,0656$
9	Outubro	16,13333	3,21667	0,06198	0,31088	0,52552	0,04580
10	Novembro	15,58333	6,63333	0,06417	0,15075	0,54606	0,04360
11	Dezembro	17,35000	2,71667	0,05764	0,36810	0,65875	0,04140

Tabela 1 – Consolidação dos dados do MC01

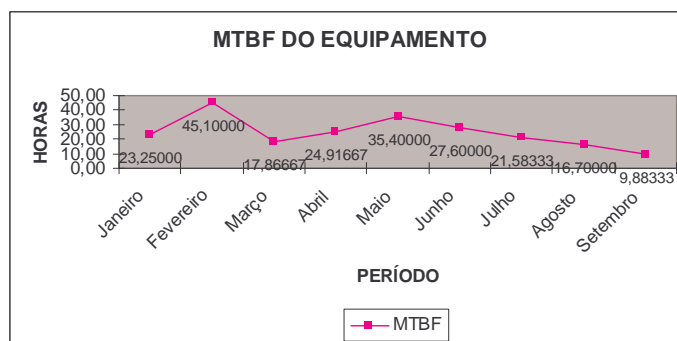


Figura 1 - MTBF do equipamento no período antes. Frequência de preventiva uma por mês

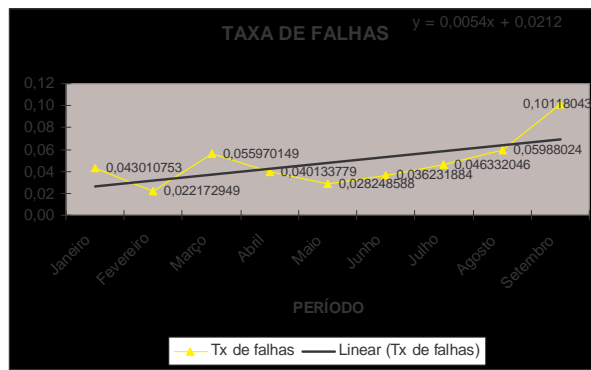


Figura 2 - Taxa de Falha do equipamento no período antes. Frequência de preventiva uma por mês

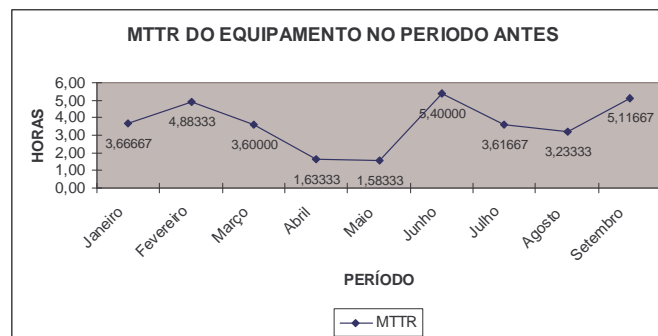


Gráfico3 - MTTR do equipamento no período antes. Frequência de preventiva sendo uma por mês

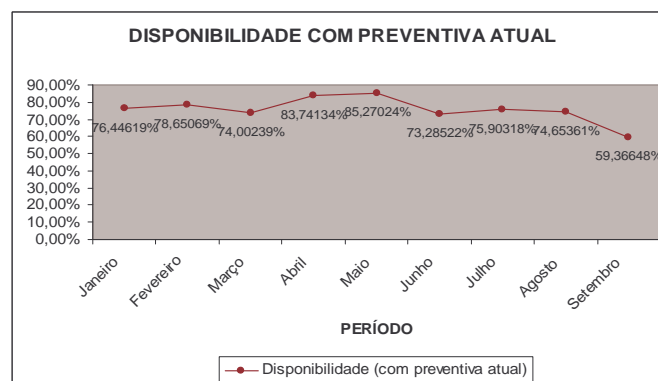


Gráfico 4 - Disponibilidade do equipamento no período antes. Frequência de preventiva sendo uma por mês

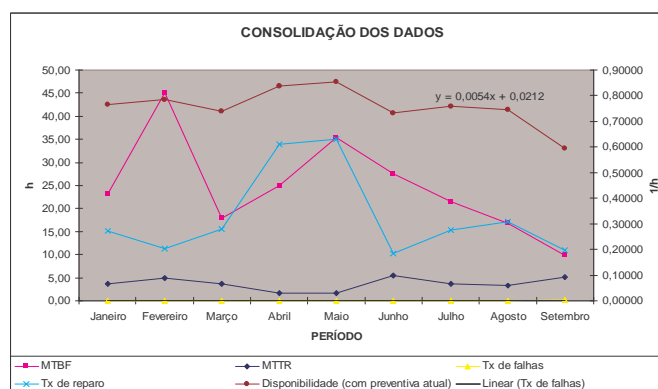


Gráfico 5 - Consolidação dos dados das variáveis do equipamento no período antes. Frequência de preventiva sendo uma por mês

Na interpretação dos gráficos referentes ao segundo período se verifica um aumento do MTBF conforme demonstrado no gráfico 6, ou seja o minerador continuo apresentava falha com menor frequência e o processo produtivo tronou-se mais continuo. Com o aumento do tempo médio entre falhas do minerador continuo verifica-se uma diminuição da taxa de falha de forma acentuada conforme o gráfico 7. Esta informação é visualizada com a equação da reta e a linha de tendência da taxa de falha que esta decrescente.

O MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), do equipamento teve um aumento e o MTTR teve uma diminuição considerável diminuindo o tempo para recolocar o minerador continuo em operação após uma quebra. O gráfico 8 mostra uma diminuição do MTTR podendo-se admitir que os sistemas do minerador continuo entraram em uma situação menos critica e apresentando anomalias de menor impacto. Com a diminuição da taxa de falha e aumento do tempo médio entre falhas a disponibilidade do minerador continuo foi afetada positivamente gerando impacto positivo no cumprimento das metas de produção conforme demonstrado no gráfico 9.

A estratégia utilizada de duas manutenções preventiva por mês atingiu o seu objetivo que era manter a disponibilidade em valores previstos. Esta estratégia de manutenção preventiva impactava positivamente o volume de produção escavado para o minerador continuo agregando valor ao processo produtivo e impactando positivamente no atingimento das metas traçadas no plano mestre de produção conforme demonstrado no gráfico 10.

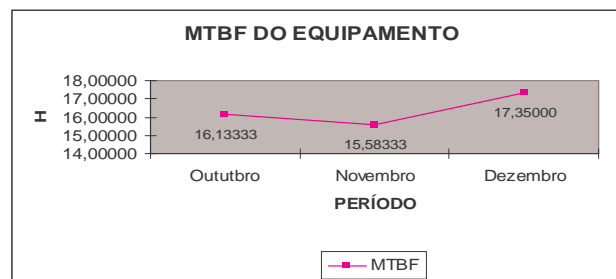


Gráfico 6 - MTBF do equipamento no período depois (duas preventivas por mês)

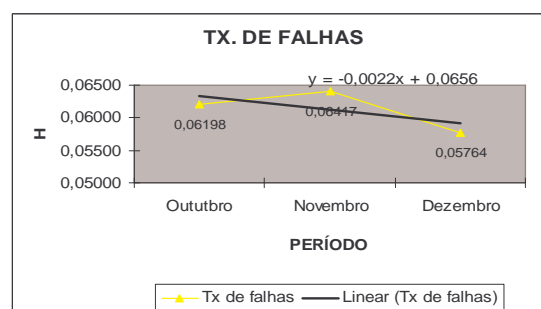


Gráfico 7 - Taxa de falha do equipamento no período depois (duas preventivas por mês)

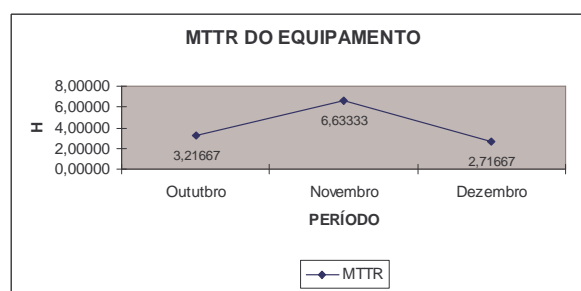


Gráfico 8 - MTTR do equipamento no período depois (duas preventivas por mês)

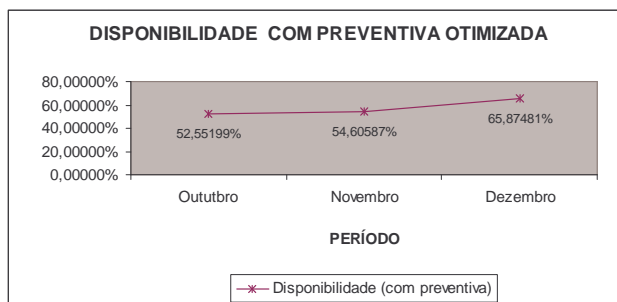


Gráfico 9 - Disponibilidade do equipamento no período depois (duas preventivas por mês)

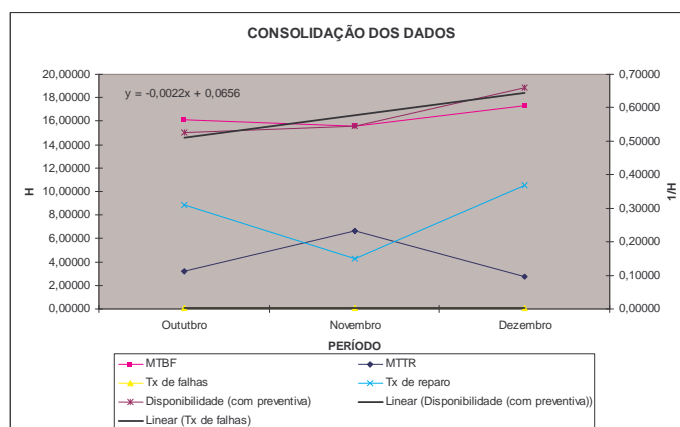


Gráfico 10 - Consolidação dos dados das variáveis do equipamento no período depois (duas preventivas por mês)

Esta alteração no valor da disponibilidade está explícita a partir do mês de setembro, pois o valor da disponibilidade neste mês foi de 59,36 %, com um MTBF de 9,88 h. No mês de outubro após a alteração da frequência de manutenção preventiva a disponibilidade foi de 52,55 %, com um MTBF de 16,1333 h. No mês de novembro a disponibilidade foi de 54,60 %, com um MTBF de 15,5833 h. Em dezembro a disponibilidade foi de 65,87 % com um MTBF de 17,35 h.

4. Conclusão

Verifica-se com este estudo de caso que as estratégias de manutenção necessitam serem questionadas a todo o momento e precisam ser aplicadas de acordo com a taxa de falha, pois o decréscimo da mesma afetará o atingimento de metas, repercutindo negativamente no crescimento e competitividade das organizações.

A alteração das frequências de manutenções preventivas quando temos um aumento da taxa de falha crescente repercute positivamente no equipamento gerando uma maior disponibilidade nos processos de manutenção atendendo ao plano estratégico de produção. A Companhia Vale do Rio Doce está em processo de melhoria contínua para melhorar a qualidade da sua manutenção, pois vislumbra que uma manutenção de excelência significa melhor posicionamento no mercado mundial e maior competitividade global.

Referências

- PINTO, A. K & XAVIER, J. N. *Manutenção: Função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
 LAFRAIA, J. R. B. *Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade, e Disponibilidade*. Rio de Janeiro:

Qualitymark, 2001.

TAVARES, L. A. *Manutenção centrada no negócio*. Rio de Janeiro: Novo pólo publicações, 2005.

ABRAMAN, Revista da. *História da manutenção*. Disponível em ,www.myq.com.br.> Acessado em 25/08/05.

JERZY, W. Y. *Manutenção produtiva total um modelo adequado*. Florianópolis: acessado e, <www.eps.ufsc.br/dissertação98/jerzy>. Acessado em 25/08/2005.

Seminário nacional de produção de energia, 15., 1999. *Confiabilidade de equipamentos elétricos*. Foz do Iguaçu, disponível em <www.est.ips.pt> acessado em 17 a 22 de outubro de 2001

Curso de gerenciamento da manutenção, 1., 2005, Vitória. *Ferramentas para a gestão da manutenção*. Cia Vale do Rio Doce. Entidade promotora EFESO. Instrutor: OGERA Alcindo. 17 a 21 de outubro de 2005

XENOS, H.G. *Gerenciando a Manutenção Produtiva*, Belo Horizonte: editora de desenvolvimento gerencia, 1998.