

## ***MANUTENÇÃO PREDITIVA : CONFIABILIDADE E QUALIDADE.***

### ***INTRODUÇÃO :***

Nos últimos anos, têm-se discutido amplamente a gerência de manutenção preditiva. Tem-se definido uma variedade de técnicas que variam desde o monitoramento da vibração até imagens em infravermelho. A manutenção preditiva, tem sido reconhecida como uma técnica eficaz de gerenciamento de manutenção.

Outras terminologias tem surgido como ferramentas de gerência de manutenção, estes novos termos - RCM, manutenção centrada na confiabilidade; TPM, manutenção produtiva total; e JIT, manutenção "Just-in-Time" - são apresentadas como substitutas à manutenção preditiva e a solução definitiva aos seus altos custos de manutenção.

Este artigo pretende explicar sobre o conhecimento básico necessário para seleção e implementação de um programa de gerência de manutenção abrangente e efetivo em termos de custo em sua fábrica.

Desde que a maioria das fábricas de manufatura e de processo baseiam-se em equipamentos mecânicos para a maior parte de seus processos, a manutenção preditiva baseada em vibração é a técnica dominante usada para a maioria dos programas de gerência de manutenção. ***Entretanto, a capacidade em monitorar todas as máquinas críticas, equipamentos, e sistemas em uma planta industrial típica não pode se limitar a uma única técnica..***

As técnicas de monitoramento na preditiva, ou seja, baseadas em condições, incluem: análise de vibração, ultra-som, ferrografia, tribologia, monitoria de processo, inspeção visual, e outras técnicas de análise não-destrutivas. A combinação destas técnicas de monitoramento e de análise oferece os meios de monitoramento direto de todos os equipamentos e sistemas críticos em sua fábrica.

Os custos de manutenção correspondem a parte principal dos custos operacionais totais de todas as plantas industriais de manufatura e de produção. Dependendo da indústria específica, os custos de manutenção podem representar entre 15% a 30% do custo dos bens produzidos. Por exemplo, em indústrias alimentícias, os custos médios de manutenção podem representar cerca de 15% do custo dos bens produzidos; enquanto que nas indústrias siderúrgicas, de papel e celulose, e outras indústrias pesadas, a manutenção pode representar até 30% dos custos totais de produção.

Recentes pesquisas da efetividade da gerência da manutenção indicam que um terço de todos os custos de manutenção é desperdiçado como resultado de manutenção desnecessária ou inadequadamente realizada. Quando você considera que a Indústria Americana gasta mais de 200 bilhões de dólares todo ano com manutenção de equipamentos de fábricas e instalações, o impacto sobre a produtividade e o lucro que é representado pela operação de manutenção se torna claro.

O resultado da gerência ineficaz da manutenção representa uma perda de mais de 60 bilhões de dólares todo ano. Talvez mais importante é o fato de que nossa gerência ineficaz da manutenção tem um impacto dramático sobre nossa habilidade de manufaturar produtos de qualidade que sejam competitivos no mercado mundial. **A perda do tempo de produção e da qualidade do produto**, que resulta da gerência inadequada da manutenção tem tido um impacto dramático sobre nossa condição de competir com o Japão e outros países que têm implementado filosofias mais avançadas de gerência de manufatura e de manutenção.

A razão dominante para esta gerência ineficaz é a falta de dados fatuais, que quantifiquem a real necessidade de reparo ou manutenção de maquinaria, equipamentos, e sistemas da planta industrial. O cronograma de manutenção tem sido ,e em muitos casos é, previsto em dados de tendência estatística ou na falha real de equipamentos da planta industrial.

Até recentemente, a gerência de nível médio e corporativo tinha ignorado o impacto da operação da manutenção sobre a qualidade do produto, custos de produção e, mais importante, no lucro básico. A opinião geral tem sido de que “Manutenção é um mal necessário”, ou “Nada pode ser feito para melhorar os custos de manutenção”. Talvez estas fossem declarações verdadeiras 10 ou 20 anos atrás.

Entretanto, o desenvolvimento do microprocessador e outros instrumentos baseados em computador usados para monitorar a condição operativa de equipamentos fabris, de maquinaria, e de sistemas, têm oferecido meios para se gerenciar a operação da manutenção. Eles têm capacitado o pessoal a reduzir ou eliminar reparos desnecessários, evitar falhas catastróficas da máquina, e reduzir o impacto negativo da operação da manutenção sobre o rendimento das planta industrial de manufatura e de produção.

Para entender os programas de gerência de manutenção preditiva, deve-se considerar primeiro as técnicas de gerência tradicionais. As plantas industriais e de processo tipicamente usam dois tipos de gerência de manutenção: manutenção corretiva ( rodar até a falha) ou manutenção preventiva.

### ***MANUTENÇÃO CORRETIVA :***

A lógica da gerência em manutenção corretiva é simples e direta: quando uma máquina quebra, conserte-a. Este método ( “Se não está quebrada, não conserte” ) de manutenção de maquinaria fabril tem representado uma grande parte das operações de manutenção da planta industrial, desde que a primeira fábrica foi construída e, por cima, parece razoável. Uma planta industrial usando gerência por manutenção corretiva não gasta qualquer dinheiro com manutenção, até que uma máquina ou sistema falhe em operar.

A manutenção corretiva é uma técnica de gerência reativa que espera pela falha da máquina ou equipamento, antes que seja tomada qualquer ação de manutenção. Também é o método mais caro de gerência de manutenção.

Poucas plantas industriais usam uma filosofia verdadeira de gerência por manutenção corretiva. Em quase todos os casos, as plantas industriais realizam tarefas preventivas básicas, como lubrificação e ajustes da máquina, mesmo em um ambiente de manutenção corretiva. Entretanto, neste tipo de gerência, as máquinas e outros equipamentos da planta industrial não são revisados e não são feitos grandes reparos até que o equipamento falhe em sua operação.

Os maiores custos associados com este tipo de gerência de manutenção são: altos custos de estoques de peças sobressalentes, altos custos de trabalho extra, elevado tempo de paralisação da máquina, e baixa disponibilidade de produção.

Já que não há nenhuma tentativa de se antecipar os requisitos de manutenção, uma planta industrial que utilize gerência por manutenção corretiva absoluta deve ser capaz de reagir a todas as possíveis falhas dentro da fábrica. Este método reativo de gerência força o departamento de manutenção a manter caros estoques de peças sobressalentes que incluem máquinas reservas ou, pelo menos, todos os principais componentes para todos os equipamentos críticos da fábrica. A alternativa é fundar-se em vendedores de equipamentos que possam oferecer entrega imediata de todas as peças sobressalentes requisitadas.

Mesmo que o último seja possível, as recompensas para entrega expedita aumenta substancialmente os custos de reparo de peças e de tempo paralisado necessário para corrigir as falhas das máquinas. Para minimizar o impacto sobre a produção criada por falhas inesperadas das máquinas, o pessoal da manutenção também deve estar apto a reagir imediatamente a todas as falhas da máquina. O resultado líquido deste tipo reativo de gerência de manutenção é maior custo de manutenção e menor disponibilidade de maquinaria de processo. A análise dos custos da manutenção indica que um reparo realizado no modo corretivo- reativo terá em média um custo cerca de 3 vezes maior que quando o mesmo reparo for feito dentro de um modo programado ou preventivo. A

programação do reparo garante a capacidade de minimizar o tempo de reparo e os custos associados de mão de obra. Ela também garante os meios de reduzir o impacto negativo de remessas expeditas e produção perdida.

### **MANUTENÇÃO PREVENTIVA :**

Existem muitas definições de manutenção preventiva. Entretanto, todos os programas de gerência de manutenção preventiva são acionados por tempo. Em outras palavras, as tarefas de manutenção se baseiam em tempo gasto ou horas operacionais. A conhecida curva do tempo médio para falha (CTMF) ou da “banheira”, indica que uma máquina nova tem uma alta probabilidade de falha, devido a problemas de instalação, durante as primeiras semanas de operação. Após este período inicial, a probabilidade de falha é relativamente baixa por um período prolongado de tempo. Após este período normal de vida da máquina, a probabilidade de falha aumenta abruptamente com o tempo transcorrido. Na gerência de manutenção preventiva, os reparos ou recondiçionamentos da máquina são programados baseados na estatística CTMF.

A implementação da manutenção preventiva real varia bastante. Alguns programas são extremamente limitados e consistem de lubrificação e ajustes menores. Os programas mais abrangentes de manutenção preventiva programam reparos, lubrificação, ajustes, e recondiçionamentos de máquinas para toda a maquinaria crítica na planta industrial. O denominador comum para todos estes programas de manutenção preventiva é o planejamento da manutenção x tempo.

Todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as máquinas degradarão com um quadro de tempo típico de sua classificação em particular. Por exemplo, uma bomba centrífuga, horizontal, de estágio simples normalmente rodará 18 meses antes que tenha que ser revisada. Usando técnicas de gerência preventiva, a bomba seria removida de serviço e revisada após 17 meses de operação.

O problema com esta abordagem é que o modo de operação e variáveis específicas da planta industrial ou do sistema afetam diretamente a vida operacional normal da maquinaria. O tempo médio entre as falhas (TMF) não será o mesmo para uma bomba que esteja trabalhando com água e uma bombeando polpas abrasivas de minério. O resultado normal do uso da estatística TMF para programar a manutenção ou é um reparo desnecessário ou uma falha catastrófica. No exemplo, a bomba pode não precisar ser recondiçionada após 17 meses. Portanto, a mão de obra e o material usado para fazer o reparo foram desperdiçados. O segundo cenário da manutenção preventiva é ainda mais caro. Se a bomba falhar antes dos 17 meses, somos forçados a consertar usando técnicas corretivas. A análise dos custos de manutenção tem mostrado que um reparo feito de uma forma reativa (isto é, após a falha) normalmente será três vezes mais caro do que o mesmo reparo feito numa base programada, pelas razões citadas anteriormente.

O velho adágio de que as máquinas se quebrarão na pior hora possível é uma parte muito real da manutenção de planta industriais. Normalmente, a quebra ocorrerá quando as demandas de produção forem as maiores. O pessoal de manutenção deve então reagir à falha inesperada. Neste modo de manutenção reativa, a máquina é desmontada e inspecionada para determinar os reparos específicos requeridos para retorná-la ao serviço. Se as peças de reparo não estiverem no estoque, elas devem ser encomendadas, a custos de mercado, e deve ser solicitado o envio expedito.

Mesmo quando as peças de reparo já estão no estoque da planta industrial, o tempo de mão de obra para reparo e o custo são muito maiores neste tipo de manutenção reativa. O pessoal de manutenção deve desmontar toda a máquina para localizar a fonte do problema ou problemas que forçaram a falha. Admitindo que eles identifiquem corretamente o problema, o tempo requerido para desmontar, reparar, e remontar a máquina seria, pelo menos, maior do que teria sido requerido por um reparo planejado.

Em programas de **manutenção preditiva**, o modo específico de falha (isto é, o problema) pode ser identificado *antes* da falha. Portanto, as peças corretas para reparo, ferramentas, e

habilidades da mão de obra podem estar disponíveis para corrigir o problema da máquina antes da ocorrência de falha catastrófica.

Talvez a diferença mais importante entre manutenção reativa e preditiva seja a capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção. O tempo de produção perdido como resultado de manutenção reativa é substancial e raramente pode ser recuperado. A maioria das planta industriais, durante períodos de produção de pico, operam 24 horas por dia. Portanto, o tempo perdido de produção não pode ser recuperado.

### **MANUTENÇÃO PREDITIVA :**

Como a manutenção preventiva, a manutenção preditiva tem muitas definições. Para os mecânicos, a manutenção preditiva monitora a vibração da maquinaria rotativa numa tentativa de detectar problemas incipientes e evitar falha catastrófica. Para os eletricitistas, é o monitoramento das imagens infravermelhas de circuitos, de chaves elétricas, motores, e outros equipamentos elétricos para detectar problemas em desenvolvimento.

A premissa comum da manutenção preditiva é que o monitoramento regular da condição mecânica real, o rendimento operacional, e outros indicadores da condição operativa das máquinas e sistemas de processo fornecerão os dados necessários para assegurar o intervalo máximo entre os reparos. Ela também minimizaria o número e os custos de paradas não-programadas criadas por falhas da máquina.

***A manutenção preditiva é muito mais.*** Trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas planta industriais de manufatura e de produção. A manutenção preditiva não é meramente monitoramento de vibração ou análise de óleo lubrificante ou de imagens térmicas ou qualquer das outras técnicas de teste não destrutivo que tem sido marcadas como ferramentas de manutenção preditiva. ***A manutenção preditiva é uma filosofia ou atitude que usa a condição operacional real do equipamento e sistemas da planta industrial para otimizar a operação total da planta industrial.*** Um programa abrangente de gerência de manutenção preditiva utiliza uma combinação das ferramentas mais efetivas em custo para obter a condição operativa real de sistemas críticos da planta industrial e, baseado-se nestes dados reais, todas as atividades de manutenção são programadas numa certa base “conforme necessário”.

A manutenção preditiva é um programa de manutenção preventiva acionado por condições. Ao invés de se fundar em estatística de vida média na planta industrial ou industrial (p.ex., tempo médio para falha) para programar atividades de manutenção, a manutenção preditiva usa monitoramento direto das condições mecânicas, rendimento do sistema, e outros indicadores para determinar o tempo médio para falha real ou perda de rendimento para cada máquina e sistema na planta industrial. Na melhor das hipóteses, os métodos tradicionais acionados por tempo garantem uma guia para intervalos “normais” de vida da máquina.

Em programas preventivos ou corretivos, a decisão final sobre os programas de reparo ou de recondicionamento se baseia na intuição e experiência pessoal do gerente de manutenção. A adição de um programa de gerência preditiva abrangente pode fornecer dados sobre a condição mecânica real de cada máquina e o rendimento operacional de cada sistema de processo. Estes dados habilitarão o gerente de manutenção a programar atividades de manutenção muito mais efetivamente em termos de custo.

Um programa de manutenção preditiva pode minimizar o número de quebras de todos os equipamentos mecânicos da planta industrial e assegurar que o equipamento reparado esteja em condições mecânicas aceitáveis. Ele pode identificar problemas da máquina antes que se tornem sérios já que a maioria dos problemas mecânicos podem ser minimizados se forem detectados e reparados com antecedência. Os modos normais de falha mecânica degradam-se em uma velocidade

diretamente proporcional a sua severidade; portanto, quando um problema é detectado logo, normalmente pode-se evitar maiores reparos.

Existem cinco técnicas não-destrutivas que são usadas normalmente para gerência de manutenção preditiva: monitoramento de vibração (com espectros de corrente elétrica) , monitoramento de parâmetro de processo, termografia, tribologia, e inspeção visual. Cada técnica tem um conjunto único de dados que assistirá o gerente de manutenção na determinação da necessidade real de manutenção.

A manutenção preditiva que utiliza análise da assinatura de vibração é predicada em dois fatos básicos: (1) todos os modos de falha comuns possuem componentes distintos de frequência de vibração que podem ser isolados e identificados, e (2) a amplitude de cada componente distinto de vibração permanecerá constante a menos que haja uma mudança na dinâmica operacional da máquina.

A manutenção preditiva que utiliza rendimento de processo, perda de calor, ou outras técnicas não-destrutivas, pode quantificar o rendimento operacional de equipamentos ou sistemas não-mecânicos da planta industrial. Estas técnicas, usadas em conjunto com a análise de vibração podem fornecer ao gerente de manutenção ou engenheiro da planta industrial informações fatuais que os habilitarão a obter confiabilidade ótima e disponibilidade a partir de sua planta .

Como você determina que técnica ou técnicas são necessárias em sua planta industrial? Como você determina o melhor método para implementar cada uma das tecnologias? Se você ouvir aos vendedores ou gerentes de venda que fornecem sistemas de manutenção preditiva, a deles é a única solução para seu problema. Como você separa os bons dos maus?

Os programas de manutenção preditiva mais abrangentes usarão análise de vibração como ferramenta primária associada com espectros de corrente, que geralmente vem associadas num mesmo instrumento coletor de dados. Já que a maioria dos equipamentos normais da planta industrial são mecânicos ( acionados por motores elétricos ), o monitoramento da vibração fornecerá a melhor ferramenta para coleta de rotina e identificação de problemas incipientes. Entretanto, *somente a análise de vibração não fornecerá com alta confiabilidade os dados requeridos sobre equipamentos elétricos (deve-se usar também os espectros da corrente elétrica que alimenta o motor), áreas de perda de calor, condição do óleo lubrificante, ou outros parâmetros que devem ser incluídos em seu programa.* Portanto, um **programa de manutenção preditiva total da planta industrial** deve incluir várias técnicas, cada uma projetada para oferecer informações específicas sobre equipamentos da planta industrial, para obter os benefícios que este tipo de gerência de manutenção pode oferecer.

As técnicas específicas dependerão do tipo de equipamento da planta , seu impacto sobre a produção e outros parâmetros chaves da operação da planta industrial, e dos objetivos que se deseja que o programa de manutenção preditiva atinja.

*Márcio Tadeu de Almeida. D.Eng.  
Professor da Escola Federal de Engenharia de Itajubá.  
Consultor em Monitoramento de Máquinas pela MTA.  
ITAJUBÁ - MG.*