

Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos

Cost Analysis of Maintenance and Non-Maintenance Policies for Productive Equipments

WILSON ROBERTO MARCORIN

Universidade Metodista de Piracicaba (Santa Bárbara d'Oeste, Brasil)
wrmarcorin@netpar.com.br

CARLOS ROBERTO CAMELLO LIMA

Universidade Metodista de Piracicaba (Santa Bárbara d'Oeste, Brasil)
crclima@unimep.br

RESUMO Nenhum estudo de implantação de programas de manutenção, em qualquer empresa, pode ser devidamente efetuado sem se considerar os custos envolvidos. Eles são, na verdade, os fatores mais importantes a serem examinados para se decidir entre diferentes programas de manutenção. Os custos envolvidos são fundamentais para a decisão de realizar, ou não, atividades de manutenção. A questão principal a discutir é a forma como os custos são analisados. Somente quando os custos de um programa de manutenção são comparados com os custos gerais originados pela falta de manutenção é que se consegue persuadir os gerentes de empresas a implementá-los. Cabe mostrar que o dinheiro aplicado em programas de manutenção é, na verdade, um investimento, que proporciona redução não somente nos custos de reparo de máquinas, mas também nos de parada de máquinas. Este trabalho apresenta uma revisão de literatura sobre esses aspectos, assim como uma análise dos custos envolvidos nos diferentes programas e ferramentas de manutenção, em termos de disponibilidade de máquina. Seus benefícios são comparados, também, aos custos decorrentes de reparo e parada de máquina quando se adota uma política de não-manutenção.

Palavras-chave PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO – CUSTOS DE MANUTENÇÃO – CUSTOS DE INDISPONIBILIDADE.

ABSTRACT Studies of maintenance programs cannot be implemented, in any company, if costs are not considered. In fact, they are the most important issue to be examined when deciding among different maintenance programs. They are basic to decide whether maintenance activities should be practiced or not. The main issue to be discussed is how costs should be analysed. Only when the costs of a maintenance program are compared to the costs originated from the lack of maintenance, it is possible to convince company managers to implement maintenance programs. Managers must be convinced that the money applied on maintenance programs is, in fact, an investment that reduces not only repair costs but also the machines' downtime costs. This work offers a literature review on the subject as well as an analysis of costs involved in different maintenance policies and tools. All these costs are analyzed in terms of machine availability and its benefits. These costs are also compared to those of machine repair and machine downtime that result from a non-maintenance policy.

Keywords MAINTENANCE PROGRAMS – MAINTENANCE COSTS – UNAVAILABILITY COSTS.

INTRODUÇÃO

A busca incessante do lucro pelas empresas, focada em uma análise simplista de redução de custos e aumento de produção, pode desviar a companhia do real caminho para sua sobrevivência no mercado. A via para manter-se e ganhar novos mercados está na qualidade e na produtividade. A busca da qualidade e da produtividade passa por diversas questões, como as políticas de gestão da qualidade, a análise do melhor sistema de produção, o treinamento, a manutenção da produção e outros fatores estratégicos. O papel da manutenção mostra-se essencial na garantia tanto da qualidade quanto da produtividade empresarial.

A manutenção deve ser encarada como uma função estratégica na obtenção dos resultados da organização e deve estar direcionada ao suporte do gerenciamento e à solução de problemas apresentados na produção, lançando a empresa em patamares competitivos de qualidade e produtividade (Kardec & Nascif, 2001). Portanto, deve “ter em conta os objetivos da empresa” e ser gerida de modo a proporcionar à organização um grau de funcionalidade com um custo global otimizado (Souris, 1992). A política de manutenção deve ser definida pela empresa segundo os seus objetivos organizacionais (Wireman, 1990), apresentando-se como fator determinante do sucesso do planejamento da produção e, portanto, da produtividade do processo (Wireman, 1998).

Entretanto, a importância da função manutenção e a opção consciente de seu modelo nem sempre são claras e levadas em consideração na análise das estratégias das organizações – e quando o são, acabam sendo descartadas por uma análise incorreta dos custos envolvidos. O fator custo da manutenção, quando analisado isoladamente, acaba inibindo as empresas a considerar em sua estratégia essa manutenção, relegando-a a uma posição secundária ou, mesmo, a ser vista como um mal necessário.

Este trabalho pretende discutir esse tema, de modo a proporcionar maior clareza sobre a questão dos custos de manutenção e daqueles decorrentes de sua ausência ou ineficácia, de modo a fornecer mais subsídios para a análise desses custos e uma tomada de decisão consciente sobre a estratégia de manutenção a adotar.

MANUTENÇÃO E QUALIDADE

Quando se fala em produção de peças por meio de máquinas e equipamentos, com qualquer nível de automação, a qualidade do produto final é determinada, entre outros fatores, pelo desempenho do equipamento/máquina que o fabrica. Tradicionalmente, manutenção e qualidade têm sido analisadas separadamente, como identifica Ben-Daya (2002), que apresenta um modelo matemático que leva em consideração a deterioração do equipamento no processamento da produção de lotes econômicos. Badía *et al.* (2002) discutem essa questão relacionando uma manutenção ineficaz com a necessidade de inspeções mais frequentes, o que eleva o custo do controle de qualidade.

A deterioração das condições ótimas do equipamento leva a desvios no processo e a queda de qualidade. Conforme Souris (1992), a busca pela qualidade do processo e do produto passa pela qualidade da manutenção, sem a qual o montante investido em sistemas de gestão da qualidade pode ser inteiramente perdido. A qualidade da função manutenção pode evitar a deterioração das funções operacionais dos equipamentos, especialmente aquelas que levam a falhas ocultas, que resultam na incapacidade do processo. Apenas uma manutenção adequada pode garantir que o processo não perderá sua capacidade devido a desvios provocados por problemas no equipamento. A manutenção é encarada como essencial também nos sistemas de gestão da qualidade, como a ISO 9000 (Kardec & Nascif, 2001).

MANUTENÇÃO E PRODUTIVIDADE

De forma mais evidente do que a qualidade, a produtividade também depende do desempenho do equipamento. A redução da produtividade em função das paradas de máquinas é analisada no item “Manutenção e Disponibilidade” deste trabalho sob a ótica da disponibilidade dos equipamentos de produção. Entretanto, essa produtividade pode ser ainda mais afetada quando a falta de manutenção ou a manutenção ineficaz cau-

sam aumento dos tempos de produção pela redução do desempenho, mesmo não havendo uma parada efetiva do equipamento. Essa condição leva a empresa a buscar a origem da queda de produção em outros fatores, como ferramental, materiais e até operadores, elevando os custos operacionais. Pode-se dizer, portanto, que uma política inadequada de manutenção traz custos adicionais relacionados à falta de produtividade – desde as horas extras necessárias para cumprir a produção até perdas de contrato –, todos mensuráveis, além de outras perdas não mensuráveis, como o desgaste da imagem da empresa (Kardec & Nascif, 2001).

MANUTENÇÃO E DISPONIBILIDADE

A redução do desempenho do equipamento, que traz a diminuição da qualidade e da produtividade, pode ser evitada com políticas adequadas de manutenção que garantam a eficiência do equipamento. A falta dessas políticas, além da redução da capacidade do processo, acarreta paradas efetivas do equipamento, reduzindo a sua disponibilidade. A disponibilidade dos equipamentos depende da confiabilidade e da manutenibilidade por eles apresentadas (Williams *et al.*, 1994).

Apesar de os valores de confiabilidade e manutenibilidade serem, por definição, fatores intrínsecos do equipamento e dependerem da concepção de seu projeto (SAE International, 1992), eles são afetados por outros fatores, como treinamento dos mantenedores, disponibilidade de peças, limpeza e condição geral do equipamento. Uma política adequada de manutenção deve, então, manter a capacidade e a disponibilidade da máquina, evitando quebras (aumento de confiabilidade) e criando condições de uma intervenção corretiva rápida e eficaz, quando a falha ocorrer (aumento da manutenibilidade).

CUSTOS DA FALTA DE MANUTENÇÃO

O que foi exposto até agora mostra alguns pontos em que a falta de uma política de manutenção gera custos. Segundo Mirshawa & Olmedo (1993), os custos gerados pela função manutenção são apenas a ponta de um *iceberg*. Essa ponta visível corresponde aos custos com mão-de-obra, ferramentas e instrumentos, material aplicado nos reparos, custo com subcontratação e outros referentes à instalação ocupada pela equipe de manutenção. Abaixo dessa parte visível do *iceberg*, estão os maiores custos, invisíveis, que são os decorrentes da indisponibilidade do equipamento.

O custo da indisponibilidade concentra-se naqueles decorrentes da perda de produção, da não-qualidade dos produtos, da recomposição da produção e das penalidades comerciais, com possíveis conseqüências sobre a imagem da empresa (Mirshawa & Olmedo, 1993). Esses aspectos também foram tratados por Cattini (1992), quando aponta os custos ligados à indisponibilidade e deterioração dos equipamentos como conseqüência da falta de manutenção. Essa relação entre custo de manutenção, custo da indisponibilidade e produtividade foi estudada em modelo matemático apresentado por Chiu & Huang (1996), cuja conclusão aponta para uma melhor relação custo-benefício quando a manutenção é tratada de forma preventiva, em vez de situações de descontrole do processo produtivo pela falta de manutenção.

Tomando a manutenção como premissa para a redução dos custos da produção, deve-se definir a melhor política a ser adotada para a otimização dos custos. Essa análise pode ser observada no gráfico clássico, mostrado na figura 1, que ilustra a relação entre o custo com manutenção preventiva e o custo da falha. Entre os custos decorrentes da falha estão, basicamente, as peças e a mão-de-obra necessárias ao reparo e, principalmente, o custo da indisponibilidade do equipamento.

O gráfico da figura 1 mostra que investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes das falhas – e, em conseqüência, diminuem o custo total da manutenção, em que se somam os custos de manutenção preventiva com os custos de falha. Entretanto, o gráfico mostra também que, a partir do ponto ótimo em investimento com manutenção preventiva, mais investimentos trazem poucos benefícios para a redução dos custos da falha e acabam elevando o custo total. Essa questão foi estudada por Murty & Naikan (1995), que trabalham os limites da disponibilidade e apresentam um modelo matemático para o cálculo do ponto ótimo de disponibilidade, como mostrado no gráfico da figura 2.

Fig. 1. Gráfico custos versus nível de manutenção (Mirshawa & Olmedo, 1993).

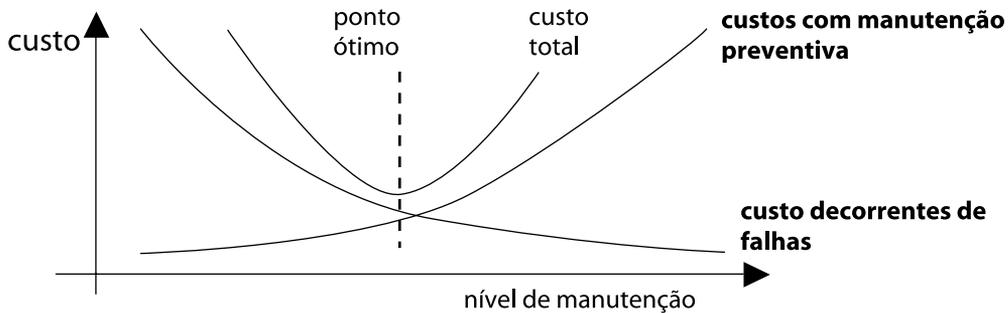
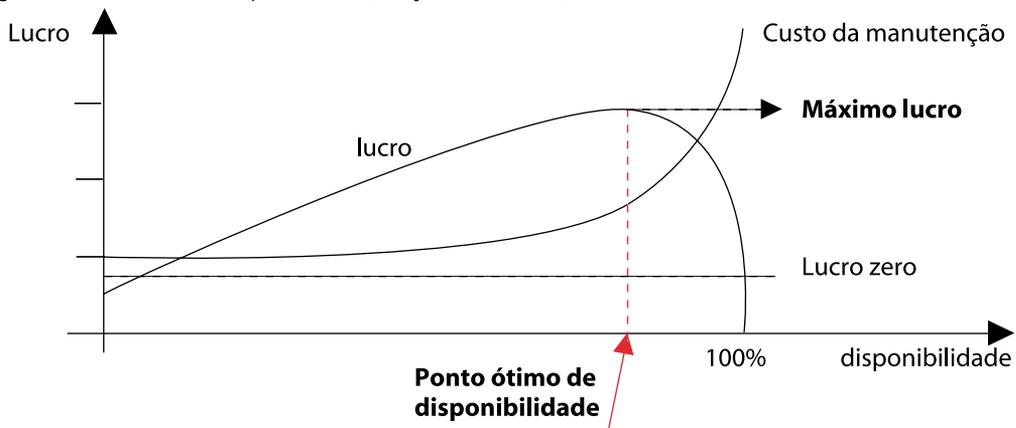


Fig. 2. Gráfico lucro versus disponibilidade (Murty & Naikan, 1995).



O gráfico da figura 2 mostra que a busca por falha zero (100% de disponibilidade) requer gastos cada vez maiores com manutenção, o que acarreta uma conseqüente redução do lucro da operação. Encontrar o ponto ótimo de disponibilidade, em que o custo da manutenção proporciona um nível de disponibilidade capaz de gerar máximo lucro à operação, é o grande desafio na gestão da manutenção, como afirma Cabrita (2002). Para ele, a manutenção deve garantir a produtividade e o lucro dos negócios da empresa com o menor custo possível.

É muito importante observar, na busca do ponto ótimo, que a política de manutenção a ser adotada deve levar em consideração aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e de sua reposição, as conseqüências da falha do equipamento no processo, o ritmo de produção e outros fatores que indicam que a política de manutenção não pode ser a mesma para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciada para cada um deles, na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo.

POLÍTICAS BÁSICAS DE MANUTENÇÃO

Manutenção Corretiva

Embora possa parecer ausência de uma política de manutenção, a manutenção corretiva é uma alternativa que, aparentemente, coloca-se no extremo esquerdo inferior do gráfico da figura 1, apresentado no item anterior. O problema dessa política não está em fazer intervenções corretivas, mas em que sua aplicação iso-

lada requer enormes estoques de peças para suportar as sucessivas quebras, tornando o trabalho imprevisível e, portanto, sem um plano capaz de equacionar os custos. Entretanto, levando-se em consideração a importância do equipamento no processo, o seu custo e as conseqüências da falha, pode-se chegar à conclusão de que qualquer outra opção que não a corretiva pode significar custos excessivos.

Em outras palavras, a manutenção corretiva é a melhor opção quando os custos da indisponibilidade são menores do que os custos necessários para evitar a falha, condição tipicamente encontrada em equipamentos sem influência no processo produtivo.

Manutenção Preventiva

O termo manutenção preventiva é muito abrangente e deve significar um conjunto de ações que visam prevenir a quebra. A manutenção preventiva está baseada em intervenções periódicas geralmente programadas segundo a frequência definida pelos fabricantes dos equipamentos. Essa política, em muitos casos, leva a desperdícios, pois não considera a condição real do equipamento.

O simples fato de a manutenção preventiva reduzir o risco de paradas não programadas devido a falhas no equipamento já a coloca como uma opção melhor do que a manutenção corretiva em máquinas ligadas diretamente ao processo. É importante ressaltar que ela possui alguns pontos a serem considerados. O primeiro é o fato de que a troca de um item por tempo de uso apenas pode ser considerada naqueles que sofrem desgaste. Outro ponto, mesmo nos itens que sofrem desgaste, é a imprevisibilidade, ou seja, o ritmo de desgaste pode não ser uniforme e está sujeito a muitas variáveis.

Da mesma forma que é possível trocar uma peça ainda com muito tempo de vida, pode ocorrer falha antes do tempo previsto. Essa imprevisibilidade requer estoques de peças de reposição, elevando os custos relativos. Dohi *et al.* (2001) abordam a questão do custo do estoque e apresentam um modelo matemático para otimizar a quantidade de mercadoria acumulada em aplicações de manutenção preventiva.

Além do estoque elevado para cobrir a imprevisibilidade das falhas, a manutenção preventiva apresenta o inconveniente de intervenções muitas vezes desnecessárias, que reduzem a produtividade e elevam o custo operacional total. No entanto, esse tipo de manutenção pode ser a melhor alternativa para equipamentos e/ou peças que apresentam desgaste em ritmo constante e que representam um custo baixo, em comparação com o custo da falha, podendo-se prever estoques adequados e seguros.

Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva caracteriza-se pela medição e análise de variáveis da máquina que possam prognosticar uma eventual falha. Com isso, a equipe de manutenção pode se programar para a intervenção e aquisição de peças (custo da manutenção), reduzindo gastos com estoque e evitando paradas desnecessárias da linha de produção (custo da indisponibilidade).

Por ser uma manutenção de acompanhamento, a preditiva exige uma mão-de-obra mais qualificada para o trabalho e alguns aparelhos ou instrumentos de medição. Seu aparente alto custo é plenamente recompensado por seus resultados, situando-se mais próximo do ponto ótimo da relação custo-benefício em equipamentos cuja parada traz grandes prejuízos ao processo e em que o custo do estoque de equipamento/peça também é elevado.

A manutenção preditiva situa-se, portanto, no ponto do gráfico de investimentos em manutenção com o melhor retorno de disponibilidade com custos ainda compensadores (fig. 2). Aqui reside mais um dos mitos da manutenção citado por Cattini (1992), que afirma que, apesar do conceito envolvido na manutenção preditiva, ela pode ser utilizada com investimentos menores do que se imagina. Uma análise mais profunda mostra que o custo pode variar muito, em função das ferramentas e dos métodos aplicados nas manutenções corretivas e preditivas. Ferramentas de gestão simples e baratas podem propiciar o emprego desses tipos de manutenção, como será discutido adiante.

FERRAMENTAS PARA GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO

Metodologia 5S

Esta é uma das mais poderosas ferramentas, essencial à obtenção de condições mais favoráveis à aplicação de técnicas mais avançadas. O 5S é o início de um processo de mudança de postura diante da função manutenção. É, por si só, técnica suficiente para baixar os custos da manutenção e da indisponibilidade, consistindo em ferramenta preventiva. O 5S vem das iniciais das cinco palavras japonesas *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*, que correspondem aos cinco processos de transformação capazes de elevar a eficiência de uma fábrica ao nível de primeira classe (Hirano, 1994).

Esses processos são, respectivamente, liberação da área (eliminação de itens desnecessários), organização, limpeza, padronização e disciplina. Apesar de se adequarem a toda a organização, esses processos têm aplicação direta no chão de fábrica e na melhoria das condições de operação e manutenção das máquinas, trazendo grande redução de custos, com a diminuição do desperdício e das falhas provocadas por excesso de sujeira.

Manutenção Autônoma

Pode-se entender por manutenção autônoma aquela realizada pelos próprios operadores. Ela constitui-se em uma ferramenta muito eficaz de manutenção preventiva e preditiva, a um custo menor que o observado em outros instrumentos. Takahashi & Osada (1993) apresentam a manutenção autônoma como uma forma de reduzir os custos com pessoal de manutenção e aumentar a vida útil do equipamento, concentrando-se, basicamente, em limpeza, lubrificação, reapertos e inspeção diária.

Hartmann (1992) coloca a redução de custos e de falhas e a melhora do equipamento como os principais benefícios da manutenção autônoma, enfatizando que a redução de custos é reflexo da eliminação de pequenas paradas e da redução do tempo de reparo, devido ao envolvimento constante do operador.

RCM - Reliability-Centred Maintenance

Moubray (2000) apresenta RCM (*Reliability-Centred Maintenance*), ou Manutenção Centrada em Confiabilidade, como uma filosofia de trabalho, como “um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional”. Ou seja, o RCM é uma metodologia que identifica, no contexto de cada operação, quais as ações mais indicadas para a preservação das funções nela existentes. Como o nome diz, RCM trata a manutenção por meio de um estudo de confiabilidade de cada sistema, trazendo para esta função um tratamento mais científico.

Nesse processo, cabe à manutenção identificar o índice da confiabilidade de cada equipamento e do processo como um todo e como essa confiabilidade pode ser melhorada. Pela sua característica científica, requer uma equipe de manutenção mais especializada para o desenvolvimento dos estudos de confiabilidade. É a chamada Engenharia de Manutenção.

Novamente, aqui, os resultados compensam os custos. Um bom estudo de confiabilidade pode dar ao sistema maior racionalidade na aplicação dos recursos destinados à manutenção e melhor controle do estoque de peças, das ordens de serviço e das paradas programadas. O RCM vem auxiliar na otimização do nível de disponibilidade de máquinas e dos custos, na medida em que permite reduzir de 40% a 70% as intervenções periódicas (Moubray, 2000).

Garbatov & Soares (2001) estudaram a opção de uso do RCM na redução de custos de manutenção em estruturas flutuantes. Apesar de aplicados em uma área não industrial, seus cálculos mostraram que o RCM diminui os custos na medida em que reduz o número de intervenções.

Mais aplicado à indústria, o estudo de Deshpande & Modak (2002) mostra, com uma análise de custos, como o RCM pode ser usado na otimização das intervenções preventivas, reduzindo o custo dos sistemas de operação e manutenção, uma vez que as paradas são programadas com base em um estudo mais científico das probabilidades de falha. Smith (1993) também aborda a questão da redução de custos pela apli-

cação do RCM e mostra como o estudo de confiabilidade e as ações tomadas a partir dele permitiram às companhias diminuir os gastos com manutenção preventiva com a implementação de sistemas redundantes.

Um estudo de caso de aplicação de RCM, apresentado por Pintelon *et al.* (1999), também mostra reduções significativas nos custos da manutenção e da indisponibilidade em linhas de pintura com robôs.

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPM, ou Manutenção Produtiva Total, é mais do que uma ferramenta de manutenção, é uma filosofia de trabalho tida como missão da empresa na manutenção da produtividade (Fleming & França, 1997). O TPM está baseado em alguns pilares, entre os quais estão melhorias específicas, manutenção autônoma, manutenção planejada, manutenção da qualidade e treinamento. Pode-se perceber que outras ferramentas já apresentadas neste trabalho também fazem parte da sustentação do TPM. Portanto, TPM não conflita com outras ferramentas, mas as reúne em torno de uma filosofia de manutenção da produtividade. Fleming & França (1997) discutem o uso da RCM como ferramenta na construção do pilar *manutenção planejada*. Também salientam a redução dos custos de manutenção na aplicação do TPM, na medida em que permite reduzir perdas e coloca o equipamento em condições ótimas de operação, em um processo de alta disponibilidade.

CONCLUSÃO

Todos os argumentos e citações apresentados têm por objetivo mostrar que a função manutenção deve ser encarada como estratégica dentro da organização, e que pode e deve ser usada na redução dos custos totais do processo de produção como investimento, e não como gasto adicional. Apesar de não citado neste trabalho, caberia, ainda, uma discussão sobre as opções entre ter uma equipe de manutenção própria ou terceirizada, questão que também deve ser analisada sob um ponto de vista estratégico e de custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BADÍA, F.G. *et al.* Optimal inspection and preventive maintenance of units with revealed and unrevealed failures. *Reliability Engineering System Safety*, London, 78, 157-163, 2002.
- BEN-DAYA, M. The economic production lot-sizing problem with imperfect production process and imperfect maintenance. *International Journal of Production Economics*, New York, 76, 257-264, 2002.
- CABRITA, G. A manutenção na indústria automotiva. *Revista Manutenção*, São Paulo, 20-26. mar./mai./02.
- CATTINI, O. *Derrubando os Mitos da Manutenção*. São Paulo: STS Publicações e Serviços Ltda., 1992.
- CHIU, H-N. & HUANG, B.S. The economic design of x control charts under a preventive maintenance policy. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Cambridge, 13 (1): 61-71, 1996.
- DESHPANDE, V.S. & MODAK, J.P. Application of RCM to a medium scale industry. *Reliability Engineering & System Safety*, London, 77, 31-43, 2002.
- DOHI, T. *et al.* Optimal control of preventive maintenance schedule and safety stocks in an unreliable manufacturing environment. *International Journal of Production Economics*, New York, 74, 147-155, 2001.
- FLEMING, P.V. & FRANÇA, S.R.R.O. Considerações sobre a implementação conjunta de TPM e MCC na indústria de processos. In: Anais do 12.º Congresso Brasileiro de Manutenção. São Paulo, 1997. CD-rom.
- GARBATOV, Y. & SOARES, C.G. Cost and reliability based strategies for fatigue maintenance planning of floating structures. *Reliability Engineering & System Safety*, London, 73, 293-301, 2001.
- HARTMANN, E.H. *Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant*. Pittsburgh, EUA: TPM Press, 1992.
- HIRANO, H. *5S na Prática*. São Paulo: Instituto IMAM, 1994.
- KARDEC, A. & NASCIF, J.A. *Manutenção – função estratégica*. 2.ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001.
- MIRSHAWKA, V. & OLMEDO, N.C. *Manutenção – combate aos custos na não-eficácia – a vez do Brasil*. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda., 1993.
- MOUBRAY, J. *Manutenção Centrada em Confiabilidade* (Reliability-Centered Maintenance – RCM). Trad. Kleber Siqueira. São Paulo: Aladon, 2000.
- MURTY, A.S.R. & NAIKAN, V.N.A. Availability and maintenance cost optimization of a production plant. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Cambridge, 12 (2): 28-35, 1995.

- PINTELO, L. *et al.* Case study: RCM – yes, no or maybe? *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Cambridge, 5 (3): 182-191, 1999.
- SAE INTERNATIONAL. *Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment*. EUA: Society of Automotive Engineers, 1992.
- SMITH, A.M. *Reliability-Centered Maintenance*. Boston: McGraw Hill, 1993.
- SOURIS, J-P. *Manutenção Industrial – custo ou benefício*. Trad. Elizabete Batista. Lisboa: Lidel, 1992.
- TAKAHASHI, Y & OSADA, T. *Manutenção Produtiva Total*. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.
- WILLIAMS, J.H. *et al.* *Condition-based Maintenance and Machine Diagnostics*. Londres: Chapman & Hall, 1994.
- WIREMAN, T. *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*. Nova York: Industrial Press, 1998.
- WIREMAN, T. *World Class Maintenance Management*. Nova York: Industrial Press, 1990.

Dados dos autores

WILSON ROBERTO MARCORIN
Assessor de Pós-venda das Indústrias Romi S.A.,
formado em Tecnologia Mecânica e mestrando
em Engenharia de Produção pela UNIMEP

CARLOS ROBERTO CAMELLO LIMA
Doutor e mestre em Engenharia Mecânica
(Unicamp), pós-doutorado em Engenharia e
Ciência dos Materiais (SUNY-State University of
New York) e professor da FEAU/UNIMEP

Recebimento do artigo: 15/abr./03
Consultoria: 25/nov./03 a 18/dez./03
Aprovado: 18/dez./03