

Estratégia de manutenção: estrutura, ferramentas, benefícios/custos e melhoria contínua.

Francisco de Paula Oliveira – f.oliveira@pucminas.br

Resumo

Este artigo busca discutir a manutenção como estratégia empresarial, suas abordagens, estruturas e ferramentas, seus benefícios sobre decisões quanto a investimento em equipamentos e políticas de conservação. Trata-se de uma abordagem teórica via pesquisa exploratória de publicações, partindo de um modelo proposto por Márquez et al. (2009), complementado através de pesquisas documentais em artigos e livros da área. O retorno almejado pelos proprietários varia em função do uso do investimento na planta. O planejamento, pesquisa e escolha do equipamento, a política produção e manutenção influenciarão a análise do custo do ciclo de vida do equipamento ou planta. A Efetividade Global dos Equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness – OEE*) tem como consequências a agregação de valor aos investidores e o aumento de valor de mercado da empresa. Dentre as estratégias que muito contribuem para essa agregação de valor, são citadas, dentre outras, a Manutenção Preventiva Total (*Total Preventive Maintenance – TPM*), a Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability Centred Maintenance – RCM*) e a Gestão de Ativos Empresariais (*Enterprise Asset Management – EAM*). Ao final, discute-se a existência de correlação entre o nível e o ciclo de utilização dessas técnicas, assim como o impacto sobre o retorno esperado pelos seus proprietários da organização.

1. Introdução

Os desafios dos gestores das empresas diante da intensa exigência por resultados pelos investidores parecem infinitos. Eles buscam soluções por todas as áreas e pelas mais diversas ferramentas que possam fazer diferença nos resultados. Através de definições de suas visões, missões e objetivos estratégicos, as formas de difundir-las nos mais diversos níveis tornam-se mais ou menos plausíveis, tanto no âmbito externo, como no interno.

Os cenários são variados e incertos, a grande certeza são as mudanças. Para acompanhá-las e perpetuar a empresa serão pesquisadas as técnicas e seu uso, inclusive possíveis combinações e resultados, sejam de origem ocidental ou oriental. As Empresas de Classe Mundial buscam essa perpetuação através da obtenção de maior disponibilidade e melhor desempenho de suas plantas, atingindo e elevando suas expectativas, seguidas da qualidade cada vez mais exigida pelos seus clientes.

Os objetivos dessa pesquisa são oxigenar o tema manutenção, apontar técnicas de soluções possíveis e pragmáticas, que levem as empresas à Efetividade ou Eficiência Global dos Equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness – OEE*) ou Planta de Classe Mundial e, por consequência, ao maior valor de mercado ou agregação de riqueza ao patrimônio dos sócios.

2. As estratégias e as técnicas voltadas para a manutenção

A meta de gerenciamento de produção e manutenção, segundo Márquez et al. (2009), passa por fases e respectivas ferramentas específicas em busca de melhor retorno, maior disponibilidade e desempenho do equipamento, e chega à análise do ciclo de vida dos ativos. Ele propõe oito fases e ferramentas no trato da manutenção, fases estas que apresentam uma sequência de evolução de técnicas com focos específicos, ou seja, efetividade, eficiência, avaliação e melhoria – uma espécie de PDCA (*Plan, Do, Check and Action*) da manutenção. Objetivando contribuir para o conhecimento sobre estratégias e técnicas voltadas para a manutenção de classe mundial serão apresentadas simultaneamente pesquisas feitas com materiais publicados – livros e artigos – por autores da área de gestão estratégica voltada para a manutenção.

| Fase | Estratégia | Técnicas | Foco |
|----------------|--|---|-------------|
| 1 ^a | Definição de indicadores-chave | Indicadores-Chave de Desempenho (<i>Key Performance Indicators – KPI</i>) Indicadores Balaceados de Desempenho (<i>Balanced Scorecard – BSC</i>) | Efetividade |
| 2 ^a | Estratégia de definição de ativos prioritários e manutenção | Análise de Criticidade (<i>Criticality Analysis – CA</i>); Matriz de Criticidade (<i>Criticality Matrix – CM</i>) | |
| 3 ^a | Intervenção imediata nos pontos fracos de maior impacto | Análise Causa-Raiz de Falhas (<i>Failure Root Cause Analysis – FRCA</i> ou <i>RCFA</i>), Análise do Modo e Efeito de Falha (<i>Failure, Mode and Effects Analysis – FMEA</i>), Método de Análise e Solução de Problemas (<i>MASP</i>), etc. | |
| 4 ^a | Planejamento de planos e recursos da manutenção preventiva | Manutenção Centrada em Confiabilidade (<i>Reliability-Centred Maintenance – RCM</i>); Análise do Modo, Efeito e Criticidade de Falhas (<i>Failure Mode, Effect, and Criticality Analysis – FMECA</i>) | Eficiência |
| 5 ^a | Plano preventivo, otimização da programação e recursos | Análise de Risco de Otimização de Custo (<i>Risk-Cost Optimization – RCO</i>) | |
| 6 ^a | Avaliação e controle da manutenção | Análise da Confiabilidade (<i>Reliability Analysis – RA</i>) e Método do Caminho Crítico (<i>Critical Path Method – CPM</i>) | Avaliação |
| 7 ^a | Análise de ciclo de vida dos ativos, otimização e substituição | Análise do Custo do Ciclo de Vida (<i>Life Cycle Cost Analysis – LCCA</i>) | |
| 8 ^a | Melhoria contínua e utilização de novas técnicas | Manutenção Produtiva Total (<i>Total Productive Maintenance – TPM</i>) | Melhoria |

Quadro 1 – Modelo de Gerenciamento e Técnicas de Manutenção. Adaptado de Márquez et al. (2009).

1ª Fase – foco Efetividade: Estratégia de definição de indicadores-chave. Márquez et al. (2009) propõem o uso dos Indicadores Balanceados de Desempenho (*Balanced Scorecard* – BSC) e dos Indicadores-Chave de Desempenho (*Key Performance Indicators* – KPI). O *Balanced Scorecard* (BSC) é uma das ferramentas utilizadas para foco em efetividade e na estratégia de definição de indicadores. Trata-se de uma ferramenta que a organização usa para difundir as estratégias, objetivos, medidas, metas e iniciativas aos mais variados níveis da empresa: dimensões financeiras, cliente, aprendizado e crescimento, e processos internos (Kaplan e Norton, 1997). Quanto à manutenção, Márquez (2007) enfatiza a definição de Indicadores-Chave de Desempenho e aponta os custos de manutenção (%) em relação à produção (por exemplo, 7% de custo de manutenção em relação à produção); a conformidade a ser seguida dos planos e escalonamento de manutenção (por exemplo, 98%); o cumprimento de análises de criticidade (por exemplo, a cada seis meses); e o grau de aprendizagem (por exemplo, 95%).

A definição das estratégias de investimentos passa pela definição da missão, de premissas, do alcance – curto ou longo prazo – e de seus objetivos; esta definição impactará em custos e benefícios (Oberg, 2010). Estão inclusos nessa definição os objetivos de negócios, inclusive as condições da manutenção e o *status* de Classe Mundial (*World-Class Maintenance Class Status*). As ações devem ser por critérios de classe mundial, normalmente de longo prazo, com metas como lucratividade ou custo de manutenção, produtividade, postura competitiva, desenvolvimento e relação com os empregados, e liderança tecnológica. Oberg (2010) comenta que as definições podem ser por metas de curto prazo, que são restritas como a redução de gastos com horas extras, programas de manutenção preventiva em determinados grupos de equipamentos, treinamento de habilidades, implementação de sistemas de ordem de serviços para certas áreas ou profissionais e programa de controle de estoque

As decisões de investimentos em ativos fixos e sua manutenção devem ser tratadas como estratégia. A visão e a missão de otimizar os inventários passa pelo processo de definição e hierarquização de expectativa e escolha do equipamento, nível de serviço esperado, política de estoque de segurança, quantidade e tempo de entrega das manufaturas. Segundo Lee (2005), também são necessários às definições, dentre vários outros quesitos, os gastos ou custos com manutenção e inventários.

2ª Fase – foco Efetividade: Estratégia de definição de ativos prioritários e manutenção. Ainda para verificação de efetividade, na estratégia de definição de atuação

prioritária, Márquez et al. (2009) sugerem a utilização da Matriz de Criticidade (*Criticality Matrix – CM*) (Figura 1), na qual o risco é mensurado e priorizado na relação de frequência ou probabilidade (de 1 a 4) *versus* consequência (de 10 a 50). Primeiramente é necessária a definição do propósito e o escopo da análise; em seguida, estabelecem-se os fatores de risco a registrar e sua relativa importância e decide-se o número de nível de risco de criticidade do ativo; finalmente, estabelecem-se todos os procedimentos para identificação e priorização dos ativos críticos. Nota-se que estimar a criticidade varia para cada sistema, planta ou negócio.

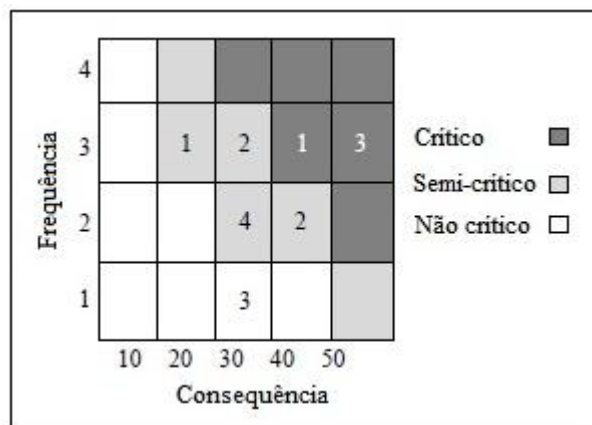


Figura 1 – Matriz de Criticidade. Adaptado de Márquez et al. (2009).

Uma vez enquadrado na Matriz de Criticidade, Márquez et al. (2009) e Suzuki (1994: 131) sugerem que se utilize a ferramenta de avaliação da criticidade em termos qualitativos, a Análise Qualitativa de Criticidade (*Qualitative Criticality Assessment – QCA*) (Figura 2), por meio da qual serão categorizados três grupos: A, B e C.

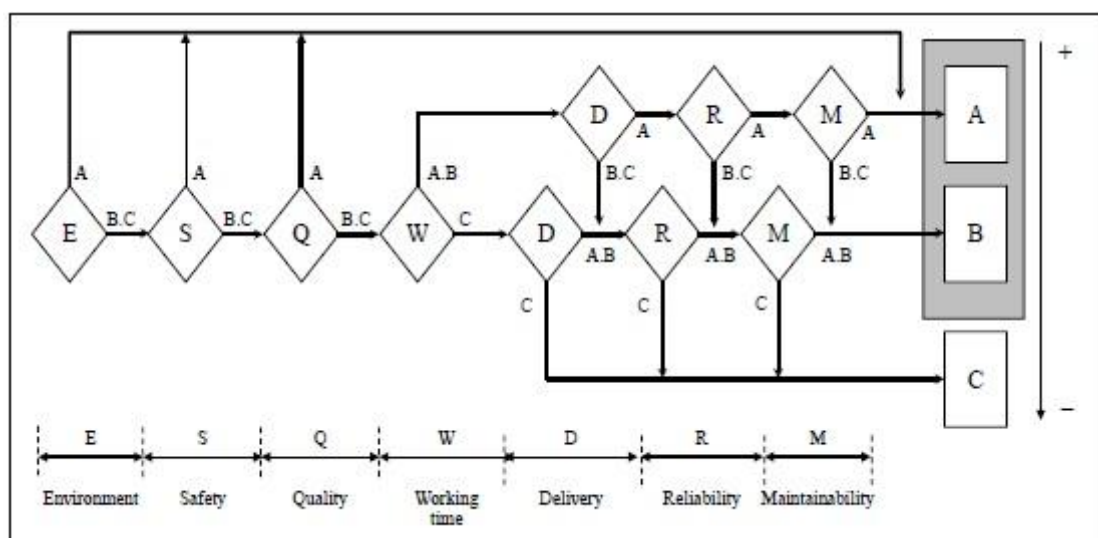


Figura 2 – Análise Qualitativa de Criticidade – Critérios de Avaliação de Equipamentos (*Equipment Evaluation Criteria*). Fonte: Márquez et al. (2009) e Suzuki (1994).

Os fatores ou elementos analisados, segundo Márquez (2007), serão Meio Ambiente (*Environment – E*), Segurança (*Safety – S*), Qualidade (*Quality – Q*), Tempo de Trabalho

(*Working time* – W), Entrega (*Delivery* – D), Confiabilidade (*Reliability* – R) e Manutenibilidade (*Maintainability* – M).

Observa-se que, de acordo com a evolução dos elementos ou fatores analisados, sugere-se a prioridade ou não. Suzuki afirma (1994) que os critérios variam conforme as características do processo e da planta.

Lee (2005) pesquisou e propôs um modelo matemático de hierarquização de decisões, ou seja, uma ferramenta de estratégia que passa pela definição de investimento em inventário e nível de serviço e, paralelamente, investimento em manutenção preventiva, com base na proporção de itens defeituosos, concluindo com resultados positivos ou negativos, levando-se em conta a melhoria de desempenho, o custo/benefício da otimização e a satisfação do cliente e das partes interessadas.

3ª Fase – foco Efetividade: Estratégia de intervenção imediata nos pontos fracos de maior impacto. Finalizando o foco em efetividade, Márquez et al. (2009) propõem que, através da metodologia de Análise Causa-Raiz de Falhas (*Root Cause Failure Analysis* – RCFA), far-se-á estratégia de intervenção imediata nos pontos fracos de maior impacto. Na RCFA é feita uma análise investigativa sobre os fatos em torno do problema (falha ou evento) discutido e, conseqüentemente, sobre a melhor alternativa de resolução. Kardec e Nascif (2009) propõem também outras ferramentas como o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) e Análise do Modo e Efeito de Falha (*Failure, Mode and Effects Analysis* – FMEA).

Para Stamatis (2003), a FMEA é uma metodologia específica para avaliar sistemas, projetos, processos ou serviços para possíveis elementos; as falhas podem ocorrer como problemas, erros, riscos e preocupações; focados em prevenção de problemas, eliminação de desperdícios e redução de incertezas; e três componentes ajudam a priorizar as falhas, que são a ocorrência, a severidade e a detecção.

4ª Fase – foco Eficiência: Estratégia de planejamento de planos e recursos da manutenção preventiva. Na categoria de ativos A da análise de criticidade, buscando melhoras de níveis de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade, Márquez et al. (2009) apontam como alternativas a aplicação da Análise do Modo, Efeito e Criticidade de Falhas (*Failure Mode, Effect, and Criticality Analysis* – FMECA), a Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability-Centred Maintenance* – RCM) para otimização das tarefas de manutenção, a padronização de tarefas de manutenção, a análise de deficiência de projeto e a

revisão contínua de FMECA e RCM. Já para a categoria de ativos C, os autores sugerem aplicar a Análise Causa-Raiz de Falhas (*Root-Cause Failure Analysis – RCFA*) e a padronização de tarefas de manutenção. A figura 3, fase de implementação da RCM, ilustra a sequência de implementação da RCM, inclusive o uso das ferramentas.

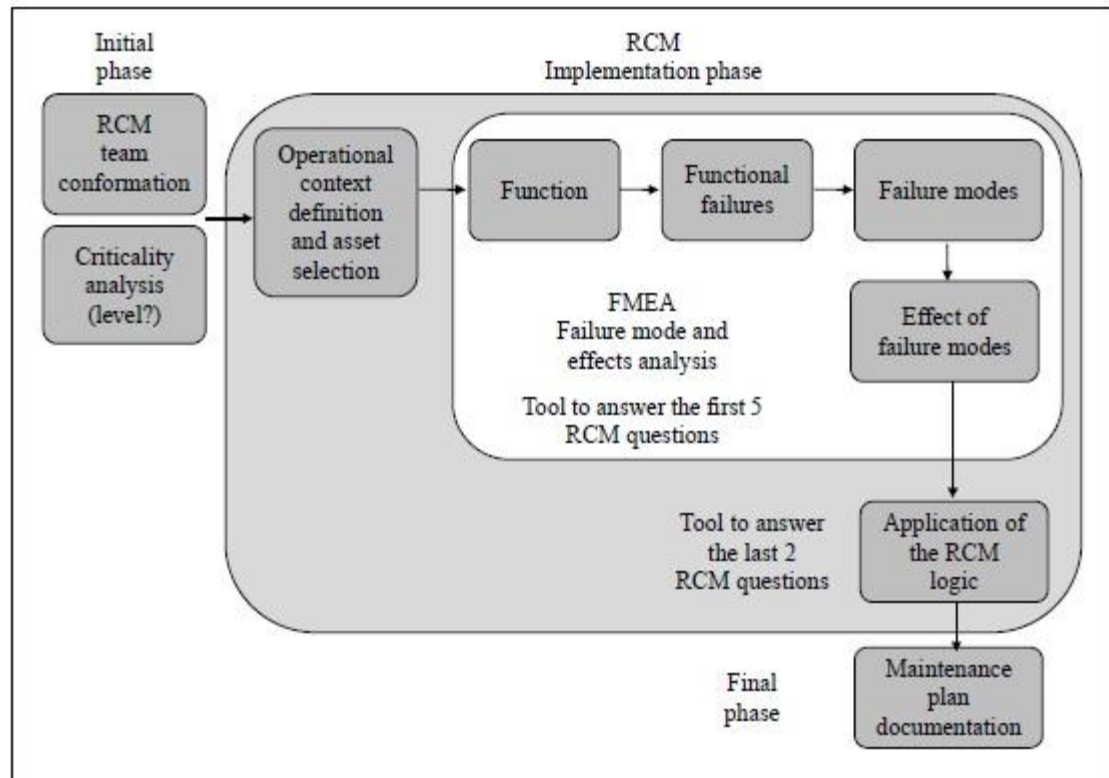


Figura 3 – Processo de Implementação de RCM. Fonte: Márquez et al. (2009).

A teoria da RCM, como o próprio nome já diz, busca manter os equipamentos disponíveis e confiáveis aos seus usuários, determinando e assegurando o que deve ser feito àquele ativo. Moubray (1997) apresentou sete questões básicas (perguntas) sobre cada item sob análise ou revisão:

1. Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
2. De que forma ele falha em cumprir suas funções?
3. O que causa cada falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que forma cada falha importa?
6. O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Para as perguntas, Moubray (1997) apresenta técnicas para equacionar ou resolver as falhas. Classificou os modos de falhas em seis padrões (curvas), diferentemente da convenção de modelo “padrão da curva da banheira”, propondo tarefas pró-ativas para resolução. As soluções passam por grupos de revisão de RCM, que incluem operadores, manutentores, facilitadores, supervisores de produção e manutenção, além de técnicos especialistas externos, se necessário. Com a RCM, a empresa busca ter maior segurança e proteção ambiental; maior desempenho operacional (quantidade, qualidade do produto e serviço ao cliente); maior efetividade do custo de manutenção; vida útil mais longa de itens dispendiosos, banco de dados, além de maior motivação das pessoas e melhor trabalho em equipe. Para Wessels (2003), a confiabilidade passa pelo processo de manutenção preditiva que busca estender o tempo entre falhas do equipamento, definir o momento certo de intervenção antes da falha e dar celeridade ao tempo médio de reparos ou substituição e, com isso, reduzir gastos com manutenção e otimização dos resultados, isto é, otimização dos custos de manutenção.

5ª Fase – foco Eficiência: Estratégia de definição de plano preventivo, otimização da programação e recursos. Busca-se maior efetividade e eficiência das políticas de manutenção, seja via planos de manutenção ou de projeto. Márquez et al. (2009) comentam que se deve analisar o horizonte de tempo. Para políticas de longo prazo, devem-se estabelecer planos de capacidade de manutenção, políticas de estoques de peças de reparos e determinação de intervalos de manutenção e substituição. Para médio prazo, propõe-se direcionar ou planejar escalas de manutenção por todo o piso da planta. Já para curto prazo, recomenda-se dispor de recursos e controlá-los. A metodologia recomendada é a Análise de Risco de Otimização de Custo (*Risk Cost Optimization – RCO*).

6ª Fase – foco Avaliação: Estratégia de avaliação e controle da manutenção. Márquez et al. (2009) comentam que através de técnicas ou modelos de previsão, como Análise da Confiabilidade (*Reliability Analysis – RA*) e Método do Caminho Crítico (*Critical Path Method – CPM*), é possível discutir os benefícios das diferentes políticas de manutenção passíveis de utilização em toda a planta. É possível quantificar níveis de desempenho e simular resultados através de modelos estatísticos com razoável grau de confiança. Através do plano e da meta, atividades e tipos de manutenção poderão ter previstos e controlados seus desvios, buscando atingir bons indicadores de desempenho.

7ª Fase – foco Avaliação: Estratégia da análise de ciclo de vida dos ativos, otimização e substituição. Segundo Márquez et al. (2009), trata-se de calcular os custos dos ativos em

toda a sua vida. Incluem-se todos os custos a montante e a jusante (custos de investigação no decorrer de todo o ciclo de vida), ou seja, os custos de pesquisas e de desenvolvimento do projeto, os custos de investimentos (aquisição e construção) e os custos de operação e manutenção, até chegar aos custos de remoção (Figura 4). Na tomada de decisão com a Análise do Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost Analysis – LCCA*) é possível comparar alternativas de investimentos, políticas de manutenção, estoques de peças de reparos, tempos de operação, tempos de reparos e custos de componentes e decisões de manter o equipamento ou substituí-lo (Campbell e Jardine, 2001).

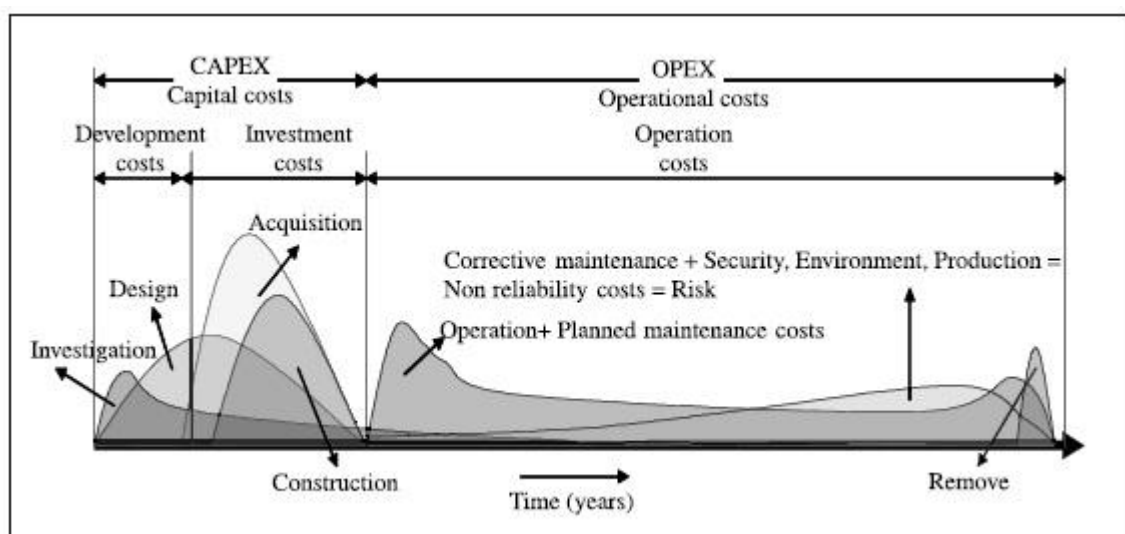


Figura 4 – *Life Cycle Cost Analysis*. Fonte: Márquez et al. (2009).

Damodaran (1997) comenta que, embora os modelos sejam quantitativos, os dados de entrada deixam margem suficiente para julgamentos subjetivos; portanto, os valores que forem obtidos sofrem o efeito das tendências que são inseridas no processo. Logo, quanto mais informações quantitativas, melhor será a avaliação.

8ª Fase – foco Melhoria: Estratégia de melhoria contínua e utilização de novas técnicas. Para Márquez et al. (2009), essa estratégia leva à utilização de novas técnicas e tecnologias, inclusive em manutenção. Obviamente, em se tratando de manutenção, os níveis de conhecimento, experiências e treinamentos são requeridos, e técnicas vêm sendo desenvolvidas envolvendo operadores, fazendo operações simples de manutenção, e manutentores, realizando tarefas de nível de exigências maiores – para estes, mais precisamente, a Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance – TPM*) é tida como melhoramento.

Como foco de melhoria, ou seja, já utilizando novas técnicas, Oberg (2010) comenta que o conceito e a prática de TPM precisam ser absorvidos pela administração maior da empresa, assim como o RCM. Em se tratando de revisão, a filosofia que deve nortear a determinação da manutenção é a de que “manutenção é um negócio” e não deve ser ignorado. Se o cliente a paga, também quer retorno sobre tais gastos. No conceito ou foco de melhoria, é importante rever até mesmo os indicadores. Oberg (2010) propõe algumas métricas:

- Conformidade da manutenção preventiva.
- Conformidade dos escalonamentos de manutenção.
- Giro dos estoques.
- Acurácia dos estoques.
- Nível de estoques.
- Padrões ou tipos de não atendimento a clientes.
- Rigor com as pendências de atendimento.
- Análises de quebras e emergências.
- Distribuição de tarefas.
- Escalonamento e não escalonamento.
- Efetividade dos equipamentos.

A TPM, aqui tratada como uma melhoria, é uma filosofia de trabalho que busca reduzir perdas, aumentar a eficiência e a efetividade dos equipamentos ou planta. Essas perdas, segundo Nakajima (1988) são:

- Perda por quebra.
- Perda por ajustes nas preparações (*setup*).
- Perda nas paradas curtas e frequentes (ociosidades).
- Perda por diminuição de velocidade.
- Perda decorrente de falha no processo (habitual e ocasional).
- Perda na partida (*startup/restart*).

A redução das perdas, segundo a filosofia da TPM, passa por quatro atividades básicas (Wireman, 1998: 143):

1. Melhoria da eficiência e eficácia da manutenção.
2. Foco no gerenciamento dos equipamentos e prevenção.
3. Treinamento para melhorar as habilidades de todo o pessoal envolvido.

4. Envolvimento dos operadores em algumas atividades diárias de manutenção em seus equipamentos.

A estruturação da TPM na organização se dá através de oito pilares e possuem níveis de implantação que vão crescendo na medida em que ocorre sua implantação:

1. Melhorias específicas ou focadas.
2. Manutenção autônoma.
3. Manutenção planejada.
4. Educação e treinamento.
5. Controle inicial.
6. Manutenção da qualidade.
7. *TPM-office*.
8. Segurança, higiene e meio ambiente.

Contribuindo para o melhoramento com novos conceitos, políticas e técnicas, Azevedo (2001) traz o conceito de Gerenciamento dos Ativos Empresariais (*Enterprise Asset Management – EAM*). Com ferramentas claras, aponta para a ótica de criação de valor para as empresas. Voltando a conceitos antigos da economia industrial, como o Retorno sobre os Ativos (*Return on Assets – ROA*). A TPM é vista como forma de otimizar o ROA. O EAM apresenta os elos qualitativos e quantitativos para tornar legíveis e tangíveis as possibilidades objetivas de se progredir com as estratégias como Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance – TPM*), Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability-Centered Maintenance – RCM*), Manutenção de Ativos Centrada em Confiabilidade (*Reliability-Centered Asset Maintenance – RCAM*), Intervenção Baseada em Risco (*Risk-Based Intervention – RBI*), Análise do Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost Analysis – LCCA*).

3. Discussão e resultados

Para acompanhar as mudanças e exigências de mercado, torna-se imperativo o uso combinado das diversas técnicas que levam à otimização dos investimentos em ativos. Independente da origem da técnica, ocidental ou oriental, seus resultados são colocados em cheque. Ora, o incremento de índice de eficiência global leva à discussão quanto ao real uso coerente e sustentável dos ativos e dos investimentos, evitando ou buscando evitar desperdícios. Os autores pesquisados não deixaram dúvidas quanto ao retorno sobre os custos envolvidos e utilizados dentro das técnicas apresentadas.

Entende o autor que os resultados, ou seja, as propostas de estratégia de manutenção, vão, é claro, além dos aqui apresentados. Pode-se dizer que é um assunto inesgotável e novos conceitos e propostas virão. Dentre elas, análises combinadas do fluxo de caixa gerado pelas intervenções em função da melhora dos níveis dos indicadores-chave de desempenho e o valor presente líquido destes, levados ou calculados como riqueza agregada sobre as expectativas dos investimentos, sócios-proprietários e financiadores.

4. Conclusões

Este artigo trouxe para a discussão o tema “manutenção” como estratégia empresarial de investimento, suas abordagens, estruturas, ferramentas, seus benefícios sobre decisões quanto a investimento em equipamentos e políticas de conservação. O retorno dado aos proprietários varia em função do uso do investimento na planta. Desde o planejamento, pesquisa e escolha do equipamento e da política, produção e manutenção influenciarão a análise e o resultado do custo do ciclo de vida do equipamento ou planta. Quanto maior o avanço, isto é, o uso de técnicas de gestão da planta, mais próxima estará a empresa da chamada Empresa de Classe Mundial (*World-Class Company*), pode-se entender que a perpetuação da empresa terá maiores chances, pois terão maior disponibilidade e melhor desempenho de suas plantas, tendo atingido e levado a resultados acima das suas expectativas, seguidas da qualidade cada vez mais exigida pelos seus clientes. A Efetividade Global dos Equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness – OEE*), será consequência e também agregação de valor aos investidores e aumento de valor de mercado da empresa. Isso será possível com a filosofia da Manutenção Preventiva Total (*Total Preventive Maintenance – TPM*), combinada com a Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability-Centred Maintenance – RCM*) e com a Gestão de Ativos Empresariais (*Enterprise Asset Management – EAM*). Pode-se afirmar a existência de correlação entre o nível e o ciclo de utilização dessas técnicas, com o impacto sobre o retorno esperado pelos proprietários da organização.

5. Referências bibliográficas

AZEVEDO, C. EAM – Enterprise Asset Management: que oportunidade para se ter mais sucesso com a TPM. *Mantenimiento Mundial Revista*, n. 7, dic. 2001. Disponível em: <<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/articulos/7eam.asp>>. Acesso em: 7 dez. 2010.

CAMPBELL, J. D.; JARDINE, A. K. S. *Maintenance Excellence*. New York: Marcel Dekker, 2001.

DAMODARAN, A. *Avaliação de investimento: ferramentas e técnicas para determinação do valor de qualquer ativo*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. *A estratégia em ação: balanced scorecard*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KARDEC, A; NASCIF J. *Manutenção: função estratégica*. 3.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

LEE, H.-H. A Cost/Benefit Model for Investments in Inventory and Preventive Maintenance in an Imperfect Production System. *Computers & Industrial Engineering*, v. 48, p. 55-68, 2005.

MÁRQUEZ, A. C. *The Maintenance Management Framework, Models and Methods for Complex Systems Maintenance*. London: Springer, 2007.

MÁRQUEZ, A. C. et al. The Maintenance Management Framework: a Practical View to Maintenance Management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 15, n. 2, p. 167-178, 2009.

MOUBRAY, J. *Reliability-Centred Maintenance*. Luttenworth: Aladon Ltd, 1997.

NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM: Total Productive maintenance*. Portland: Oregon, 1988.

OBERG, C. P. *Managing Maintenance: as a Business*. EPAC Software Technologies, 2010. Disponível em: <<http://www.maintenanceresources.com/referencelibrary/ezone/epac.html>>. Acesso em: 27 nov. 2010.

STAMATIS, D. H. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. 2. ed. Milwaukee: Quality Control: 2003.

SUZUKI, T. *TPM in Process Industries*. Portland: Productivity Press, 1994.

WESSELS, W. R. *Cost-optimized Scheduled Maintenance Interval for Reliability-Centered Maintenance*. Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium. Huntsville: Mevatec Corporation, 2003.

WIREMAN, T. *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*. New York: Industrial Press, 1998.