

## **Desenvolvimento e análise de um modelo de implantação da MCC aplicado na redução de falhas em sistemas industriais**

Leandro Roberto Baran (SENAI-PR) [leandro.baran@senai.pr.br](mailto:leandro.baran@senai.pr.br)

Prof. Dr. Flavio Trojan (UTFPR-PG) [trojan@utfpr.edu.br](mailto:trojan@utfpr.edu.br)

### **Resumo**

Os sistemas industriais contemporâneos são obrigados a operar dentro de limites, parâmetros e metas estabelecidas, objetivando redução de custos e a garantia da disponibilidade e confiabilidade. A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é uma técnica que pode auxiliar organizações a desenvolverem um programa de manutenção sistemática, atingindo os objetivos em relação ao custo-benefício de forma eficaz. A MCC combina outras técnicas e ferramentas em uma metodologia estruturada para seleção das ações de manutenção, reduzindo os custos e atividades desnecessárias bem como aumentando a confiabilidade do sistema, através da redução de ocorrências das falhas. Este trabalho descreve o desenvolvimento de um modelo de implantação da MCC e sua aplicação em um Sistema de Controle de Tensão, visando a redução de suas falhas funcionais, através da seleção dos componentes críticos e identificação das atividades de manutenção com base no contexto operacional de cada componente e as consequências decorrentes de suas falhas.

**Palavras chave:** Manutenção Centrada em Confiabilidade, Redução de Falhas, Modelo de Implantação.

## **Development and testing of a model of implantation in MCC applied reduction of faults in industrial systems**

### **Abstract**

The contemporary industrial systems are required to operate within limits, parameters and targets, aiming to reduce costs and ensure availability and reliability. The Reliability Centered Maintenance (RCM) is a technique that can help organizations develop a systematic maintenance program, achieving objectives in relation to cost-effectively benefit. The RCM combines other techniques and tools in a structured methodology for selection of maintenance actions, reducing costs and unnecessary activities and increasing system reliability by reducing the occurrences of failures. This paper describes the development of a model for implementation of RCM and its application in a Voltage Control System, aimed at reducing their functional failures, through the selection of critical components and identification of maintenance activities based on the context of each operating component and the consequences of their failures.

**Key-words:** Reliability Centered Maintenance, Failure Reduction, Deployment Model.

### **1. Introdução**

O ambiente econômico contemporâneo evidencia a necessidade de mudar o contexto no qual a função da manutenção é vista dentro das organizações, deixando de ser apenas uma despesa necessária, para ser enfatizada como uma ferramenta estratégica para o sucesso da organização.

Tsang (2002) afirma que o desenvolvimento de técnicas e métodos de manutenção deve fazer frente à: (i) estratégias atuais de operação; (ii) expectativas de preservação ambientais e de segurança por parte da sociedade; (iii) mudanças tecnológicas crescentes e; (iv) mudanças organizacionais.

Esses fatores refletem a necessidade de um planejamento de manutenção eficiente, com atividades que se adaptem ao processo de produção, estabelecidas em função da prioridade desse processo, atendendo a prazos, metas e a um melhor custo-benefício.

Como objetivo principal este trabalho visa apresentar a metodologia MCC, criando um modelo orientado e adaptado para redução e prevenção de falhas em sistemas industriais, avaliando seus resultados através de um estudo de caso em um sistema industrial.

O modelo de implantação foi desenvolvido através de uma análise de diferentes versões de MCC encontradas na literatura, observando os pontos essenciais em cada uma dessas versões e os requisitos mínimos necessários para uma aplicação na manutenção de sistemas industriais. Para validar a eficácia do modelo o mesmo foi aplicado na redução das falhas incidentes em um Sistema de Controle de Tensão.

## 2. Manutenção

Sistemas de produção industriais estão sujeitos à deterioração em consequência do uso e vida útil, levando ao aumento dos custos de produção, menor qualidade e a possibilidade de um acidente (DOHI, *et al.*, 2001). Portanto um processo de manutenção é importante para reduzir a probabilidade dessas ocorrências.

Dhillon (2006) apresenta manutenção como: “todas as ações necessárias para manter um ativo ou restaurá-lo, para uma condição satisfatória”. Kardec e Nasfic (2009) afirmam que além de manter a condição do ativo, a manutenção deve garantir sua confiabilidade e disponibilidade, atendendo ao processo com segurança, preservando o meio-ambiente e com custos adequados, sendo essa a missão da manutenção.

### 2.1 Tipos de Manutenção

Alsyouf (2009) afirma que os métodos de manutenção podem assumir três formas: manutenção corretiva, manutenção preventiva ou Manutenção Baseada nas Condições (CBM), também conhecida como manutenção preditiva. Mobley *et al.* (2008) afirmam que a diferença entre esses métodos está no momento em que a atividade de manutenção é executada.

#### 2.1.1 Manutenção Corretiva

Bloom (2006) define manutenção corretiva como: toda ação de reparo executada em uma máquina ou equipamento em falha visando restabelecê-lo a uma condição operacional satisfatória. Filho (2008) divide a manutenção corretiva em duas classes: corretiva planejada, onde o reparo ou remoção da falha é realizado em data posterior a falha, e corretiva não planejada ou de emergência, onde o reparo ocorre logo após a falha.

#### 2.1.2 Manutenção Preventiva

Nesse método todas as ações de manutenção e reparo são executadas quando o sistema apresenta condições operacionais, ainda que com algum defeito, podendo ser realizadas em intervalos de tempo predeterminados, em função da vida útil e do ciclo de operação ou em função da condição do sistema (FILHO, 2008; MOBLEY *et al.*, 2008).

Dhillon (2006) enfoca a manutenção preventiva como um programa de manutenção, composto de técnicas preditivas, tarefas de manutenção baseadas no tempo e manutenção corretiva para fornecer um suporte abrangente para toda a produção de plantas ou sistemas de manufatura.

#### 2.1.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva consiste em toda a ação de acompanhamento ou monitoramento das

condições de um sistema, seus parâmetros operacionais e sua eventual degradação, sendo realizada através de medições ou inspeções que não interfiram na operação do sistema (FILHO, 2008; MARÇAL, 2000).

Marçal (2000) define como critério de seleção para aplicação de técnicas preditivas a relevância do sistema ou equipamento no processo produtivo, através de parâmetros como: criticidade de uma falha do sistema, tempo de operação, sistemas ou componentes sobressalentes, característica das falhas, possibilidade de monitoramento e custos de inspeção.

A escolha do método de manutenção adequado dependerá de razões técnicas e econômicas para cada equipamento ou sistema, podendo-se optar por um método isolado ou uma mescla dos três. Um programa de manutenção eficaz será alcançado através de uma combinação apropriada, a partir de vantagens e desvantagens dos diferentes métodos de manutenção existentes (MARÇAL, 2000; PAPIC *et al.*, 2009).

### **3. Manutenção Centrada em Confiabilidade**

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), do inglês *Reliability Centered Maintenance* (RCM), é uma abordagem criada no final da década de 60, inicialmente orientada para a indústria aeronáutica, com o objetivo de direcionar os esforços da manutenção para componentes e sistemas onde a confiabilidade é fundamental. Seu principal objetivo é garantir o desempenho, a segurança e preservação do ambiente a um melhor custo-benefício (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009; WANG e HWANG, 2004).

Garza (2002) afirma que além da introdução de novos conceitos, a MCC apresenta um novo foco para a manutenção em relação ao modelo tradicional, embasando as suas ações em novos objetivos, visando evitar ou reduzir as consequências e efeitos significantes de uma falha, priorizando as necessidades do processo de produção e não do componente ou equipamento de maneira isolada.

#### **3.1 Processo de Implantação**

A metodologia MCC procura responder sete questões apresentadas de forma sequencial sobre o sistema ou processo em análise, respondidas através do trabalho em uma sequência estruturada de etapas, onde cada etapa possui ferramentas de modelagem e análise de sistemas que documentam os critérios e dados utilizados na resolução de cada questão (BACKLUND, 2003; MOUBRAY, 1997).

O processo de implantação da MCC na manutenção de um equipamento ou sistema pode ser resumido em sete etapas (MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2009; SMITH e HINCHCLIFFE, 2004):

- Etapa 1: Identificação das Funções do Sistema;
- Etapa 2: Análise dos Modos de Falha e Efeitos;
- Etapa 3: Seleção das Funções Significantes;
- Etapa 4: Seleção das Atividades Aplicáveis;
- Etapa 5: Avaliação da Efetividade das Atividades;
- Etapa 6: Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas;
- Etapa 7: Definição da Periodicidade das Atividades.

Os processos de análise e possíveis relacionamentos presentes em cada etapa da implantação são ilustrados na figura 1:

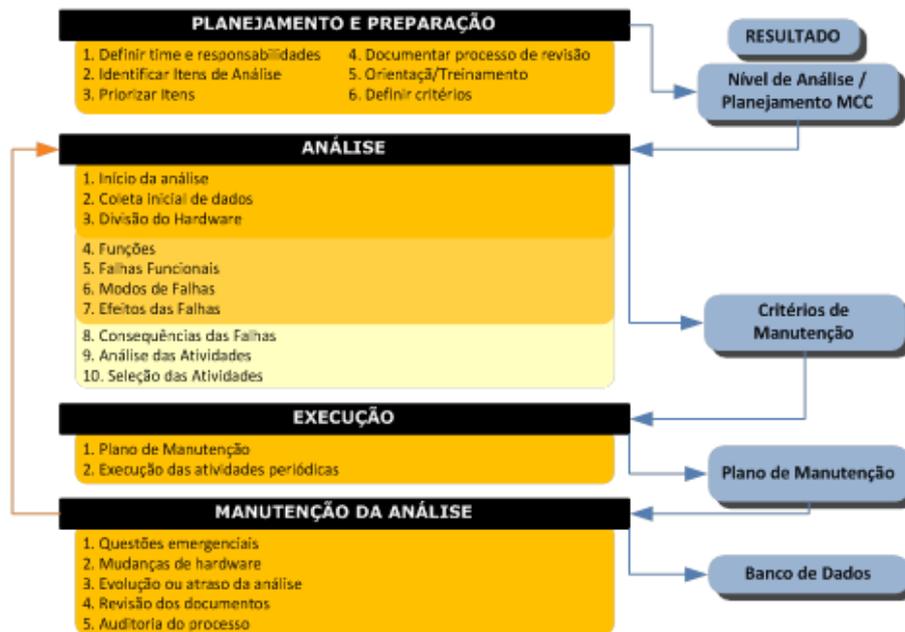


Figura 1 – Diagrama de Implantação da MCC  
Fonte – Leverette, J. C. (2006, p. 24)

### 3.2 Funções do Sistema

O objetivo desta etapa é determinar todas as funções realizadas pelo sistema e subsistemas, observando o contexto operacional e o padrão de desempenho para cada função. As ações presentes nesta etapa são (MOUBRAY, 1997):

- Definição do nível de análise: etapa onde se estabelece a que profundidade do sistema (sistema, subsistemas, componentes, etc.) será realizada a análise e quais parâmetros serão utilizados para a sua seleção (SMITH e HINCHCLIFFE, 2004);
- Seleção dos sistemas: seleção dos sistemas prioritários conforme seu impacto sobre segurança, ambiente, operação e custo. Smith (1993) acrescenta como critérios o volume e custo das tarefas da manutenção preventivas, manutenções corretivas com alto custo ou frequência e sistemas com grande impacto nas paradas de produção;
- Coleta de informações: criação de uma base de dados para as análises posteriores e complementada conforme a necessidade do processo de implantação, podendo ser utilizados manuais (operação, manutenção e projetos), instruções de operação, dados de falhas, diagramas de funcionamento e esquemas técnicos da instalação;
- Identificação dos sistemas: define os limites do sistema, descrevendo-os, identificando suas entradas e saídas e seu contexto de operação, gerando documentos para análise das funções;
- Identificar funções do sistema: descrição das ações ou exigências que o sistema ou subsistema deve realizar, em termos de capacidade de desempenho e dentro dos limites especificados, identificando-as para todos os modos de operação do equipamento (MOBLEY, 2008).

### 3.3 Análise de Falhas

Moubray (1997) define falha como “a interrupção ou alteração na capacidade de um item desempenhar sua função requerida”. Identificada as funções do sistema, o objetivo desta etapa

consiste em determinar como o mesmo pode parar de realizar esta função, identificando e classificando as falhas do sistema, observando seu mecanismo, modos de falhas, para enfim determinar as causas dessa falha no sistema.

Smith e Hinchcliffe (2004) destacam dois pontos chaves nessa etapa do processo:

- (i) o foco da análise está na perda da função e não na perda do equipamento;
- (ii) falhas são mais do que apenas uma declaração única e simples de perda de uma função, pois a maioria das funções apresentam duas ou mais condições de perda, onde nem todas são igualmente importantes.

### 3.4 Documentação das Falhas

Para Backlund (2003) e Bloom (2006) a documentação e a análise das falhas na metodologia MCC podem ser realizadas pelas ferramentas: (i) Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*); e (ii) Análise Crítica dos Modos de Falha e Efeitos (FMECA - *Failure Mode Effects & Criticality Analysis*).

Almannai *et al.* (2008) definem FMEA como um método sistemático com foco na prevenção de falhas de um sistema, projeto e/ou processo, através de uma abordagem de identificação, frequência e impacto dos modos de falhas sobre os mesmos.

O procedimento FMEA é uma sequência de passos lógicos, iniciando com a análise de elementos de menor nível (subsistemas ou componentes), identificando os modos, potenciais e mecanismos de falha, traçando efeito dessa falha nos vários níveis do sistema (MOBLEY, 1999).

O FMECA é composto de duas análises separadas, o FMEA e uma Análise de Criticidade (CA). O FMEA analisa diferentes modos de falha e seus efeitos enquanto a CA prioriza o seu nível de importância com base na taxa e na gravidade do efeito da falha (TM 5-698-4, 2006).

### 3.5 Efeitos das falhas

A identificação dos efeitos das falhas tem como objetivo guiar a análise das consequências das falhas para processo no qual o sistema analisado está inserido, assegurando a relação do modo de falha analisado, com a falha funcional do sistema em questão e eliminando os modos de falhas que não impactam ou prejudiquem o sistema de forma significativa (SMITH e HINCHCLIFFE, 2004).

Um dos métodos para avaliação da criticidade é a utilização do número de risco (RPN), do inglês *Risk Priority Number*. Jian-ming *et al.* (2011) observam que o RPN é uma metodologia de análise dos riscos associados as falhas potenciais, com foco na priorização das ações de manutenção. A avaliação do RPN pode ser realizada através da equação 1:

$$RPN = S \times F \times O$$

Equação 1

Onde (S) expressa a severidade do modo de falha, (F) a sua frequência e (D) o nível de detecção.

Para Wessels e Sautter (2009) a análise de criticidade fornece uma avaliação final dos efeitos de um modo de falha, podendo ser conduzida em uma abordagem quantitativa, através de uma análise estatística das taxas de falha, modos de falhas e efeitos ou qualitativa, quando não há dados disponíveis sobre as falhas, sendo necessário classificar a criticidade de forma subjetiva pelos membros da equipe.

### 3.6 Análise e Decisão

O objetivo desta etapa é selecionar as atividades de manutenção preventivas com base em sua aplicabilidade e eficácia, através da sua capacidade de reduzir, eliminar, prevenir ou detectar uma falha conciliada a uma análise de viabilidade econômica e técnica da mesma, composta de (MOUBRAY, 1997):

- Avaliação das consequências das falhas, decorrente do seu impacto sobre os fatores: (i) segurança; (ii) meio ambiente; (iii) operação; e (iv) econômico;
- A priorização das funções significantes para decisão das tarefas de manutenção pode ser realizada através de um fluxo de decisão utilizando como critérios: (i) evidência da falha durante operação normal do sistema; (ii) segurança operacional e meio ambiente; (iii) operação do sistema; e (iv) aspectos econômicos.

#### 3.6.1 Lógica de decisão

Escolhidas as funções significantes, a metodologias MCC utiliza uma lógica estruturada conduzida através de um fluxo de decisão, baseado em uma série de perguntas sobre a falha funcional e os modos de falha associados a ela. Isto auxiliará para determinar a necessidade e a periodicidade das medidas preventivas e outras tarefas de manutenção (NAVSEA, 2007; NASA, 2004).

#### 3.6.2 Seleção das atividades de manutenção

Etapa onde são estabelecidos os requisitos de natureza técnica e prática para determinar as ações e métodos de manutenção a serem utilizados. Para Bloom (2006) a decisão por uma atividade de manutenção deve ser baseada em sua aplicabilidade e efetividade, de forma que se apliquem na eliminação ou redução da falha do objeto em análise, com segurança e com critérios econômicos e operacionais adequados.

Moubray (1997) sugere a seguinte ordem de prioridade na seleção entre as atividades de manutenção: (i) inspeção preditiva; (ii) restauração preventiva; (iii) substituição preventiva; (iv) detecção da falha; e (v) atividades *default*.

### 3.7 Processo de Atualização e Revisão

Durante todo processo de análise MCC e após sua conclusão, recomenda-se a formação de uma equipe responsável pela auditoria e por informar possíveis atualizações e correções para otimização da metodologia.

Kobbacy e Murthy (2008) afirmam que a atualização do MCC deve ser realizada em três perspectivas: (i) atualizações de curto prazo, com a revisão dos resultados de análises anteriores e da documentação do MCC; (ii) atualizações de médio prazo com a validação e análise das atividades de manutenção atuais e as selecionadas na análise; (iii) atualizações de longo prazo, com a revisão de toda análise, observando além do sistema analisado, toda a planta e suas relações exteriores.

## 4. Modelo proposto de implantação

Baseando-se nos objetivos da MCC e nas etapas analisadas anteriormente, um programa de implantação da MCC foi proposto nesse estudo, com base no seguinte fluxo:

- Seleção do sistema e coleta de informações;
- Identificação das Funções e Falhas do Sistema;
- Análise FMECA;
- Seleção das atividades de manutenção;
- Plano de Manutenção;
- Melhoria contínua.

#### 4.1 Aplicação do Modelo Proposto

O modelo de implantação proposto foi aplicado no Subsistema de Controle de Tensão do Desbobinador de Alumínio, de uma indústria de embalagens cartonadas. O sistema de estudo é considerado crítico por fazer parte da linha principal da fábrica.

O objetivo da aplicação do MCC foi a redução no número de pequenas paradas ocasionadas no Controle de Tensão. O Sistema Desbobinador de Alumínio como um todo era responsável por 17% de todas as paradas de máquina no processo de Laminação, sendo que desse percentual, 41% das falhas eram relacionadas ao Controle de Tensão.

##### 4.1.1 Seleção do Sistema e Coleta de Informações

Nessa etapa definiu-se a equipe responsável pela análise, implantação e execução da MCC, formada na sua maioria por técnicos da equipe de manutenção, com apoio de profissionais da área de segurança.

Durante o escopo ficou definido a análise ao nível componente do Sistema de Controle de Tensão e sistemas que interagem com esse, sendo os parâmetros de criticidade escolhidos para análise: segurança operacional, impactos operacionais e econômicos. Outra tarefa realizada durante esta etapa foi o estudo sobre o sistema em questão, com coleta de dados de manutenção, operação e projeto, parâmetros operacionais e sobre possíveis atualizações do sistema.

##### 4.1.2 Identificação das funções do sistema

Com auxílio de planilha da MCC e documentos de projeto foram identificadas as fronteiras do sistema em análise, com suas entradas e saídas, informações de funções, dispositivos de proteção e redundância e detalhes técnicos, possibilitando a criação de diagramas funcionais do sistema. A figura 03 apresenta o diagrama funcional do controle de tensão resultante dessa etapa.

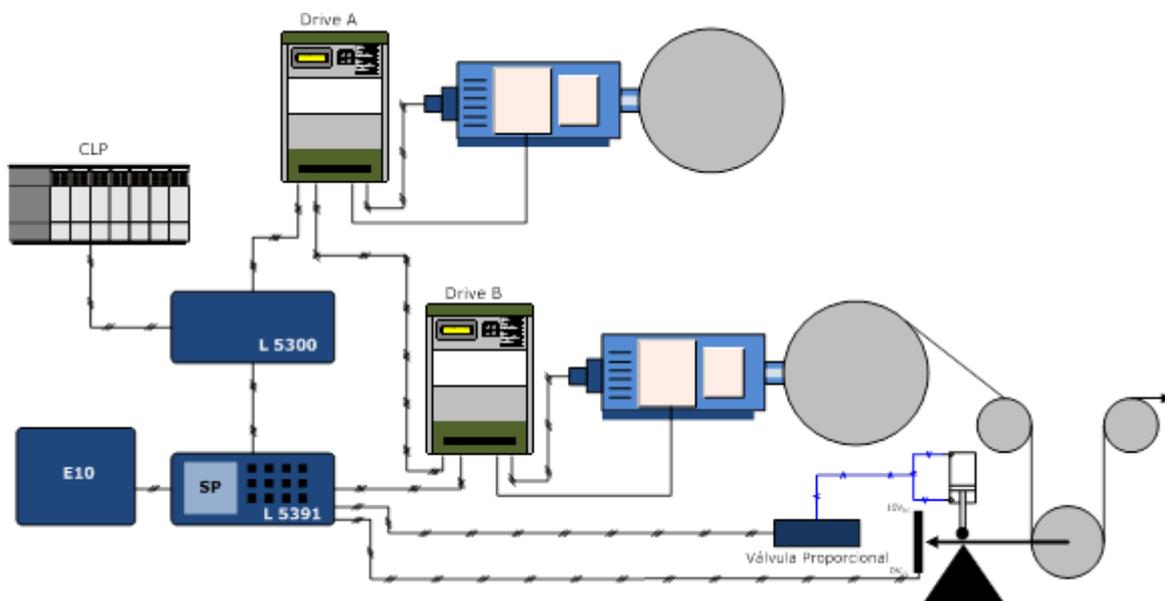


Figura 2 – Diagrama Funcional do Sistema de Controle de Tensão  
Fonte – Autores (2011)

#### 4.1.3 Seleção dos Sistemas e Componentes Críticos

Durante esta etapa foram classificados os componentes críticos do sistema, com base no impacto de suas falhas em: segurança, produção, qualidade, meio-ambiente, tempo de reparo, tempo entre falhas e custo de manutenção. Utilizando Pareto aliado a Regra “80/20” identificou-se 09 componentes críticos, de um total de 30 que compunham o sistema.

#### 4.1.4 Análise FMECA

Em virtude de o sistema apresentar apenas uma função principal, foram identificadas duas falhas funcionais do sistema para a mesma: (i) falha no controle de tensão da folha de alumínio; e (ii) falha de sincronismo de velocidade. Com a utilização da análise FMECA identificou-se identificados 6 modos de falha para as falhas funcionais do Controle de Tensão, resultando em 73 modos de falhas dos componentes do sistema. Como só foram analisados os componentes críticos, todos os modos de falha apresentados nesta etapa foram conduzidos à etapa decisional para seleção de atividades.

#### 4.1.5 Seleção das atividades de manutenção

Para análise das tarefas utilizou-se o diagrama decisional (figura 03) e os critérios de aplicabilidade e efetividade de cada tarefa. A primeira parte da análise foi realizada no formulário de esquema decisional, onde os modos de falha dos componentes foram classificados quanto a sua visibilidade e natureza do seu impacto.

Após conclusão do esquema decisional, realizou-se a avaliação do RPN de cada modo de falha, e sua seleção das tarefas através do diagrama decisional. Foi necessário um diagrama de decisão para os modos de falha avaliados com um risco insignificante, para isso foi utilizado um diagrama decisional em função do RPN.

Concluído o processo de seleção, as atividades selecionadas foram documentadas no diagrama decisional, junto com as informações dos modos de falha, sendo também inseridas no plano de manutenção do sistema, incorporando-se a rotina de manutenção do mesmo.

A análise completa resultou na identificação de setenta e seis atividades de manutenção, das quais cinquenta e cinco foram aceitas pela equipe de análise e identificadas como viáveis, sendo sete atividades de detecção de falha (sendo três delas realizadas pela operação), vinte e três atividades de inspeção preditiva, seis atividades de substituição preventiva e dezenove mudanças de projeto.

#### 4.1.6 Processo de Atualização e Melhoria Contínua da Análise

Durante o processo de análise e após a sua conclusão foram realizadas auditorias com objetivo de avaliar os resultados obtidos e corrigir possíveis discrepâncias e falhas da equipe de análise. Finalizada a análise e o processo de implantação, foram monitoradas as ocorrências de todo o Sistema de Laminação, mais especificamente o Desbobinador de Alumínio e o Controle de Tensão visando comprovar e atualizar o processo de implantação da MCC.



## 5. Considerações Finais

Esse trabalho propôs contribuir com metodologia de implantação da MCC com foco na redução e eliminação de falhas em sistemas industriais. Do ponto de vista teórico foram identificadas, através de uma revisão da literatura, as etapas essenciais que garantem o sucesso de implantação da MCC em um processo industrial.

O resultado do estudo de caso validou o modelo de implantação proposto no trabalho, onde a redução da incidência de falhas foi de 47% em no primeiro ano após a implantação, chegando a uma redução de 80% com a revisão e atualização da MCC, comprovando sua eficácia na redução de modos de falhas específicos de um sistema e na manutenção desse resultado.

## Referências

- ABDEL-AAL, R.E. & AL-GARNI, Z.** *Forecasting Monthly Electric Energy Consumption in eastern Saudi Arabia using Univariate Time-Series Analysis*. Energy Vol. 22, n.11, p.1059-1069, 1997.
- ABRAHAM, B. & LEDOLTER, J.** *Statistical Methods for Forecasting*. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- ALSYOUF, I.** *Maintenance practices in Swedish industries: Survey results*. International Journal Production Economic, v. 121, n. 1, p. 212-223, mai. 2009.
- BACKLUND, F.** *Managing the Introduction of Reliability-Centred Maintenance, RCM – RCM as a method of working within hydropower organisations*. 2003. 317 f. Thesys (Doctoral) – Department of Business Administration and Social Sciences – Division of Quality and Environmental Management, Lulea University of Technology. Lulea, 2003.
- BLOOM, N.** *Reliability Centered Maintenance (RCM): implementation made simple*. 1ª. ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2006.
- DHILLON, B. S.** *Maintainability, maintenance and reliability for Engineers*. 1ª. ed. New York: CRC Press, 2006.
- DOHI, T. et al.** *Optimizing the repair-time limit replacement schedule with discounting and imperfect repair*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 7, n. 1, p. 71-84, jan-abr 2001.
- FILHO, G. B.** *A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção*. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- GARZA, L.** *A Case Study of the Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) in the Acquisition of the Advanced Amphibious Assault Vehicle (AAAV)*. 2002. 85 f. Thesys (Master) – Naval Postgraduate School, United States Navy. California, 2002.
- HEADQUARTERS.** *Failure Modes, Effects and Criticality Analyses (FMECA) for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) Facilities*. Technical Manual (TM 5-698-4). Department of the Army. Washington, DC, 2006.
- JIAN-MING, C.; et al.** *The Risk Priority Number methodology for distribution priority of emergency logistics after earthquake disasters*. Management Science and Industrial Engineering (MSIE), 2011 International Conference on..., p.560-562, 8-11 Jan. 2011. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007\\_TR680488\\_9882.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR680488_9882.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2011. doi: 10.1109/MSIE.2011.5707469
- KARDEC, A.; NASFIC, J.** *Manutenção: função estratégica*. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- KIM, J. H.; JEONG, H. Y. & PARK, J. S.** *Development of the FMECA Process and Analysis Methodology for Railroad Systems*. International Journal of Automotive Technology. Montreal, v. 10, n. 6, p. 753-759, 2009.
- KOBBACY, A. H.; MURTHY, P.** *Complex System Maintenance Handbook*. 1ª. ed. Manchester: Springer, 2008.
- LEVERETTE, J. C.** *An Introduction to the US Naval Air System Command RCM Process and Integrated Reliability Centered Maintenance Software*. In: RCM 2006 - The Reliability Centred Maintenance Managers' Forum. 2006. Anais...: p. 22-29.
- LIM, C. & McALEER, M.** *Time Series Forecasts of International Travel Demand for Australia*. Tourism Management, artigo aceito em 2001 para publicação, aguarda impressão.

- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. & HYNDMAN, R.J.** *Forecasting Methods and Applications*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- MARÇAL, R. F. M.** *Um método para detectar falhas incipientes em Máquinas Rotativas baseado em Análise de Vibrações e Lógica Fuzzy*. 2000. 124 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, de Minas e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.
- MOBLEY, K.; HIGGINS, L. R.; WIKOFF,** *Maintenance Engineering Handbook*. 7ª. ed. New York: McGraw-Hill, 2008.
- MOBLEY, R. K.** *Root Cause Failure Analysis*. 1ª. ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1999.
- MOUBRAY, J.** *Reliability-centered maintenance: second edition*. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.
- PAPIC, L.; ARONOV, J. & PANTELIC, M.** *Safety Based Maintenance Concept*. International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, New Jersey (USA), v. 16, n. 6, p. 533–549, dez. 2009.
- PELLEGRINI, F.R. & FOGLIATTO, F.** *Estudo comparativo entre modelos de Winters e de Box-Jenkins para a previsão de demanda sazonal*. Revista Produto & Produção. Vol. 4, número especial, p.72-85, 2000.
- SMITH, A. M.; HINCHCLIFFE, G. R.** *RCM: gateway to world class maintenance*. 2ª. ed. Burlington: Elsevier Butterworth–Heinemann, v. 1, 2004.
- SMITH, A. M.** *Reliability-Centered Maintenance*. 1ª. ed. Boston: McGraw-Hill, 1993.
- TSANG, A. H. C.** *Strategic dimensions of maintenance management*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 8 n. 1, p.7-39, jan-abr 2002.  
v. 10, n. 2, p. 154-164, Bingley (UK), abr-jun. 2004.
- WANG, C. & HWANG, S.** *A stochastic maintenance management model with recovery factor*. Journal of Quality in Maintenance Engineering,
- WESSELS, W. R. & SAUTER, F. C.** *Reliability Analysis Required to Determine CBM Condition Indicators*. In: Reliability and Maintainability Symposium. Fort Worth, 26-29 jan., 2009. Anais...: p. 454-459.