

## ANÁLISE E INTRODUÇÃO DE TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO DE CLASSE MUNDIAL NO SETOR DE MANUTENÇÃO ELÉTRICA PARA AUMENTAR A DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS

*Elpídio Oscar Benitez Nara<sup>1\*</sup>, Jorge André Ribas Moraes<sup>2</sup>, André Luiz Emmel Silva<sup>2</sup>, Samuel Koch<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Programa de Pós-graduação em Sistemas e Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Santa Cruz do Sul – Brasil*

<sup>2</sup>*Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Santa Cruz do Sul – Brasil*

\*E-mail: [elpidio@unisc.br](mailto:elpidio@unisc.br)

---

### ÁREA

Conhecimento como aliado às novas tecnologias para Otimização de Processos

---

### RESUMO

O cenário industrial contemporâneo está caracterizado pela busca constante por melhores resultados, o que está relacionado diretamente com a elevada concorrência globalizada e com o acréscimo de exigência por parte do consumidor. Desta maneira, as organizações buscam incessantemente métodos para garantir a sua competitividade. Para que uma empresa se torne mais competitiva, suas funções básicas ou departamentos também devem apresentar resultados excelentes. A Manutenção, como departamento integrante das empresas, também deve buscar melhores resultados apoiado nas melhores práticas conhecidas. O presente trabalho foi elaborado aplicando-se técnicas da filosofia de Manutenção de Classe Mundial (MCM) no setor de Manutenção Elétrica, baseando-se em uma análise estruturada de dados históricos de parada dos equipamentos e indicadores de desempenho da manutenção através do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), na sugestão e execução de melhorias através de planos de ação e na análise dos resultados obtidos. O método aplicado comprovou-se eficaz na redução da manutenção corretiva elétrica e na redução do indicador *Downtime* Elétrico nos equipamentos trabalhados, direcionando a manutenção elétrica para o conceito de Manutenção de Classe Mundial.

**Palavras-chave:** Manutenção Elétrica, Manutenção de Classe Mundial (MCM), Indicadores de Desempenho da Manutenção, Método de Análise e Solução de Problemas (MASP)

---

### 1 INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas encontram-se imersas em um ambiente de negócios cada vez mais competitivo, onde buscam através de estudos reduzir custos, tornando-se cada vez mais excelentes (PEREIRA<sup>1</sup>).

Esta preocupação é especialmente identificada nos países de primeiro mundo, onde suas companhias buscam estarem situadas entre as empresas excelentes ou melhores do mundo, e para que uma empresa seja excelente os seus diversos segmentos também devem ser. Baseados nesta necessidade, o setor de manutenção destas empresas buscam constantemente a melhoria apoiadas nas melhores práticas conhecidas, sendo considerada assim, como Manutenção de Classe Mundial - MCM (NASCIF<sup>2</sup>; PEREIRA<sup>1</sup>).

O departamento de manutenção pode ser apontado como um centro de custo de uma organização industrial, sendo necessária uma gestão através da aplicação de melhores práticas, como a implantação de um programa de MCM, para a redução de custos, mantendo a operacionalidade e confiabilidade dos equipamentos (HAMRICK<sup>3</sup>).

Para Filho<sup>4</sup>, uma empresa deve ser lucrativa e, para que isso ocorra, a manutenção deve procurar reduzir despesas e aumentar o tempo de operação, pois é a operação a fonte de tal lucro. Ainda, as quebras representam um desperdício de matéria-prima, energia e mão de obra, e em consequência perda na lucratividade.

Neste contexto, conforme Kardec e Nascif<sup>5</sup> a manutenção em uma empresa necessita deixar de ser apenas eficiente e se tornar eficaz, não bastando apenas reparar os equipamentos ou instalações o mais breve possível, mas principalmente manter o equipamento disponível para a operação reduzindo a probabilidade de uma parada.

Outro fator que passou a exigir maior eficiência e organização da manutenção é a grande evolução tecnológica do maquinário, onde a necessidade de mão de obra especializada é fundamental. Neste cenário, a manutenção também precisou buscar desenvolvimento nas técnicas de gestão, traçando estratégias de manutenção e não somente aplicando serviços braçais (PEREIRA<sup>1</sup>).

Para Filho<sup>6</sup> a evolução da manutenção com relação a sua organização e administração está diretamente ligada à sofisticação do processo produtivo sendo que suas mudanças devem acompanhar a evolução do processo.

Este trabalho tem como objetivo geral a análise e introdução de técnicas da filosofia de Manutenção de Classe Mundial (MCM) no setor de manutenção elétrica para aumentar a disponibilidade dos equipamentos do processo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A Manutenção de Classe Mundial (MCM)**

Segundo Filho<sup>7</sup>, Manutenção de Classe Mundial (MCM) consiste na metodologia e processo de identificar as melhores práticas de manutenção existentes em outras empresas e comparar estas práticas com a *performance* da sua organização. Alguns parâmetros a serem analisados: Liderança e Gerenciamento; Responsabilidades e Atribuições; Manutenção Preventiva e Preditiva; Instalações e Ferramental; Garantia de Desempenho; Estrutura Organizacional; Fornecedores de Material e Serviços; Treinamento Continuo; Desempenho Médio e Comprometimento da Equipe.

Segundo Nascif e Dorigo<sup>8</sup>, a busca de excelência na manutenção ou a chamada Manutenção de Classe Mundial, passa pela identificação e aplicação de melhores práticas de manutenção, modificando a

forma de atuar da manutenção. A implementação de um programa de excelência na manutenção, se aplicado com disciplina, pode levar de 3 a 5 anos para atingir o *status* desejado. A busca por excelência deve ser direcionada por indicadores e por programas de gestão duradouros e contínuos.

Existem ainda três aspectos para se alcançar a MCM: possuir uma estrutura adequada, pessoal treinado e qualificado e planos de ação bem elaborados através da metodologia *Plan, Do, Check and Action* (PDCA). Além disso, a rotina da manutenção deve ser estabilizada, visando à previsibilidade, e devem ser implementadas melhorias na busca da competitividade (NASCIF e DORIGO<sup>8</sup>).

Para Hamrick<sup>3</sup>, para alcançar o *status* de MCM na manutenção elétrica é necessário uma cultura corporativa de apoio à melhoria contínua, integrado com atividades de manutenção preventivas e preditivas e programas como *Reability Centered Maintenance* (RCM), *Total Productive Maintenance* (TPM), etc. Além disso, é importante manter o foco no cumprimento dos programas de melhoria de desempenho, produtividade e confiabilidade.

Para Filho<sup>3</sup>, historicamente, o advento da introdução e da disponibilidade da eletricidade nos ambientes industriais trouxe consigo a necessidade de um grupo de pessoas com conhecimento específico em eletricidade e posteriormente em eletrônica, formando parte do grupo da manutenção nas empresas.

Segundo Hamrick<sup>3</sup>, a aplicação de MCM na manutenção elétrica faz parte do contexto geral da aplicação de Manutenção de Classe Mundial em uma empresa, e geralmente acarreta uma mudança funcional na manutenção elétrica.

## 2.2 Indicadores de desempenho da manutenção

Os indicadores são desenvolvidos e utilizados pelos gerentes para medir o desempenho e guiar a busca das metas operacionais definidas pela empresa. Estes indicadores devem mostrar onde e quais os melhoramentos devem ser introduzidos para aperfeiçoar os processos ou mesmo para destacar o desempenho satisfatório (KARDEC<sup>9</sup>).

Para Kardec<sup>9</sup>, indicadores são guias que permitem medir a eficácia das ações tomadas, bem como medir os desvios entre o programado e o realizado. Através dos indicadores é possível comparar ao longo do tempo, dados internos e externos.

Para Filho<sup>7</sup>, os indicadores de manutenção podem ser descritos como “Dados estatísticos relativos a situação da manutenção, sua *performance* e o crescimento de sua qualidade e desempenho de suas funções”.

Segundo Xenos<sup>10</sup>, os indicadores ou itens de controle, devem ser estabelecidos para garantir que sejam simples, relevantes e que possam ser úteis para gerar alguma ação concreta. É importante manter apenas um número de indicadores que sejam úteis e realmente necessários, pois os mesmos requerem grande esforço na coleta de dados e não podem representar um esforço desperdiçado.

Os indicadores de manutenção, quando bem gerenciados, devem promover grandes melhorias no desempenho dos equipamentos e da própria manutenção e podem expressar alguns resultados simples, como o custo de manutenção por um período, a taxa ou o tempo de interrupção de produção por um período de tempo, ou até mesmo o número de falhas ocorridas em um período (XENOS<sup>10</sup>).

Segundo Hamrick<sup>3</sup>, um programa de melhorias deve conter medição de desempenho através de indicadores. Estes devem estar claros e devem ser divulgados por meio de gestão visual e servem para destacar o sucesso deste programa.

Inúmeros são os indicadores de manutenção que podem ser utilizados, conforme nos mostram Kardec e Nascif<sup>5</sup> e Filho<sup>6</sup>, porém, segundo Tavares<sup>11</sup>, alguns deles são conhecidos como Indicadores Classe Mundial.

Destaque para os indicadores *Uptime* e *Downtime* (FILHO<sup>6</sup>):

- *Uptime*: Tempo em que um equipamento está apto a realizar sua função;

$$Uptime = \frac{\sum(\text{Produção Atual ou Real})}{\sum(\text{Produção Teórica})} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

- *Downtime*: Tempo em que um equipamento não está em condições de utilização devido a alguma anormalidade ou avaria.

$$Downtime = \frac{\sum(\text{Produção Perdida})}{\sum(\text{Produção Teórica})} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

A aplicação de indicadores na manutenção, segundo Kardec<sup>9</sup>, é fundamental, pois sem eles é quase impossível avaliar o desempenho da manutenção e seus pontos fracos.

## 2.3 Ferramentas para o aumento da confiabilidade

### 2.3.1 MASP – Método de Análise e Solução de Problemas

A metodologia MASP é uma técnica de análise e solução de problemas que se baseia na metodologia PDCA (*Plan, Do, Check and Act* – Planejamento, Ação, Verificação e Avaliação) (KARDEC e NASCIF<sup>5</sup>).

Quando adotada para tratar falhas ocorridas no passado, esta sistemática depende de um histórico fidedigno da realidade das falhas que ocorreram no processo. Além disso, é importante contar com um processo documentado e que a análise seja realizada por um grupo multidisciplinar e preferencialmente com a participação de um executando da tarefa de manutenção, para resgatar detalhes que nem sempre constam nos históricos. Para este tipo de análise, deve-se obedecer a lei de Pareto, onde 20% ou menos das falhas ocorridas representam 80% das perdas ou custos, ou seja, as falhas devem ser priorizadas antes de serem tratadas (KARDEC e NASCIF<sup>5</sup>).

Segundo Kardec e Nascif<sup>5</sup>, esta metodologia é muito eficiente para a avaliação de falhas já ocorridas. Filho<sup>12</sup> reafirma que o MASP baseia-se na metodologia PDCA. Além disso, o autor descreve MASP como uma sequência lógica de passos para se atingir uma meta desejada através da análise e solução de problemas.

Segundo Filho<sup>12</sup>, durante a aplicação da metodologia muitas outras ferramentas da qualidade podem ser utilizadas no processo, dentre elas temos o Diagrama de Ishikawa, Gráfico de Pareto, *Brainstorming*, Estratificação, Diagrama Gravidade-Tendência-Urgência (GUT), Folha de Verificação, Fluxograma, Plano de Ação Estruturado (5W1H / 5W2H), entre outras.

### 2.3.2 RCFA – Análise de Causa-Raiz da Falha

O método RCFA – *Root Cause Failure Analysis* é um método ordenado de busca das causas raízes de um problema e de determinação de ações para impedir a sua reincidência (KARDEC e NASCIF)<sup>5</sup>.

Ainda segundo os autores, sua metodologia é originária das técnicas de Manutenção produtiva Total (TPM) e Gerenciamento da Qualidade Total (TQM) conhecida como “5 porquês”. Apesar de ser uma técnica bastante simples, sua investigação deve ser rigorosa e documentada, e a sequência de perguntas deve ser utilizada até que não possa mais ser respondida ou não faça mais sentido, ou seja, quando se chegou a causa raiz.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com base na fundamentação teórica realizada e os dados disponíveis na empresa em estudo, como indicadores de processo e dados históricos de falhas em equipamentos e ocorrências de manutenção, foi definida uma metodologia de análise de falhas baseada em melhoria contínua. Os indicadores de Manutenção e de Processo são originados e disponibilizados mensalmente pelo setor de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e pelo setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) da empresa, respectivamente. As ocorrências de manutenção são coletadas de um sistema de gerenciamento informatizado onde são lançadas as Ordens de Serviço de manutenção.

Em um segundo momento, foi realizada uma avaliação da atual situação do setor de manutenção elétrica da empresa através da análise de relatórios de paradas dos equipamentos. Essa análise visa identificar quais as falhas elétricas vem ocorrendo nos equipamentos e, através do uso da metodologia escolhida de melhoria contínua, foram propostas ações a fim de melhorar a disponibilidade de um grupo de equipamentos através da redução do indicador *Downtime* Elétrico.

Ainda com base nos dados relativos aos indicadores, históricos de manutenção e de paradas do processo, também foi avaliado o indicador *Downtime* Elétrico quanto a sua veracidade, ou seja, se o mesmo expressa a realidade encontrada no processo produtivo, através da comparação dos lançamentos de paradas com relação ao histórico de manutenção.

Para esta avaliação, utilizou-se a metodologia de pesquisa descritiva, a qual se baseia na observação, registro, análise e correlação dos fatos ou fenômenos sem manipulá-los. Seu intuito é descobrir com a melhor precisão possível a frequência que um fenômeno ocorre, sua natureza e características (CERVO e BERVIAN<sup>13</sup>).

Segundo Cervo e Bervian<sup>13</sup>, este tipo de pesquisa busca estudar a realidade presente, tendo na coleta de dados uma de suas importantes operações. Tal coleta de dados pode utilizar-se de diversos instrumentos ou técnicas, como a observação, a entrevista, o questionário e o formulário. Estas técnicas de coleta de dados buscam tanto descrever os antecedentes do problema quanto ilustrar o problema propriamente dito.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Definição da metodologia para análise de falhas

Através do referencial teórico, observou-se que uma das técnicas para analisar as falhas elétricas que ocorrem no processo produtivo é o método MASP. Esta técnica se baseia na ferramenta PDCA e engloba as fases de análise, planejamento, ação e verificação, além de ser bastante eficaz para tratamento de falhas já ocorridas, o que é bastante conveniente já que a empresa possui um histórico bastante amplo de paradas e ocorrências na manutenção. A aplicação deste método, na fase de planejamento, foi combinada com a Análise de Causa-Raiz da Falha (RCFA), pois os resultados das ações são mais eficazes quanto melhor identificadas as reais causas das falhas.

A fase de planejamento, que consistiu no levantamento prévio de dados e análise dos dados ocorreu entre os meses de junho e julho de 2012, considerando dados de paradas entre janeiro e julho de 2012. A implantação das ações propostas no plano de ação que foram validadas ocorreu nos meses de julho, agosto e setembro de 2012, podendo ser considerados os dados como resultados a partir de outubro de 2012.

### 4.2 Análise das paradas elétricas e priorização do trabalho

Nesta etapa do trabalho, foram analisados os dados a fim de identificar o histórico do indicador *Downtime* Elétrico entre os meses de janeiro a junho de 2012.

Como sequência, foram levantados os dados de paradas de máquinas neste mesmo período separando os dados por grupo produtivo. Estes dados de paradas foram organizados levando em conta sua parcela de contribuição para o indicador de *Downtime* Elétrico da planta, ou seja, como o indicador leva em conta a produção teórica do equipamento, máquinas mais velozes tendem a contribuir mais para o indicador. Desta forma, duas máquinas que obtiveram o mesmo tempo de parada mas possuem velocidades de projeto diferentes contribuem de forma proporcional ao indicador.

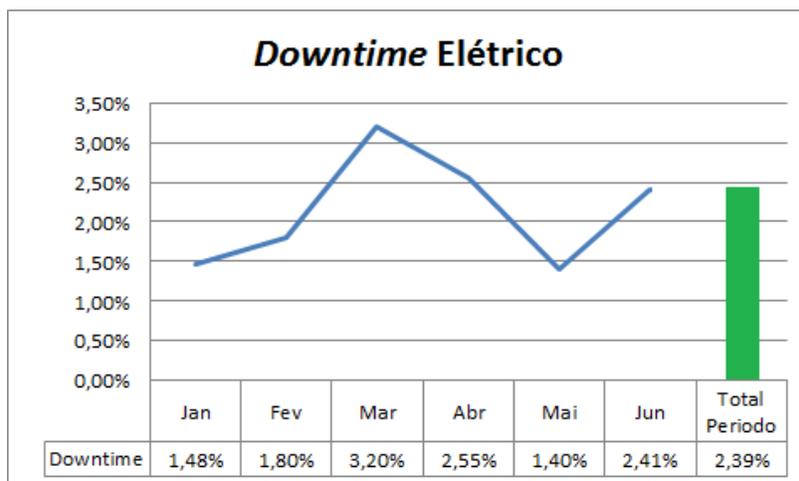


Figura 1 – Histórico de Downtime Elétrico Geral da Planta (Janeiro a Junho de 2012)

A figura 1 mostra o histórico de *Downtime* elétrico geral da planta antes da introdução de técnicas de manutenção de classe mundial. Já a figura 2 mostra esse histórico separado por grupo de máquinas.

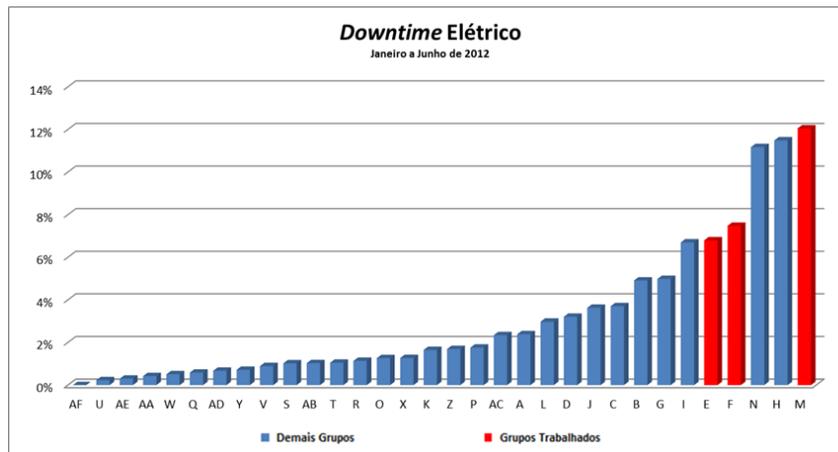


Figura 2 – Histórico de Downtime Elétrico por Grupo de Máquinas (Janeiro a Junho de 2012)

Como indicado pela Figura 2, os grupos de equipamentos que mais contribuíram para o elevar o indicador foram os grupos de máquinas M, H, N, F e E. Como os grupos H e N estão em processo de substituição na planta, os mesmos foram desconsiderados como prioridades de trabalho.

### 4.3 Aplicação do método MASP

Para a aplicação da metodologia MASP nos grupos de máquinas priorizados foi inicialmente levantado o histórico de paradas do equipamento para verificar quais as causas mais frequentes e mais impactantes de paradas elétricas nos três grupos. Os dados deste levantamento foram organizados e estratificados, primeiramente por máquina do grupo a que as paradas se referiam e posteriormente as causas das paradas.

Após a estratificação, foi definido um grupo de trabalho que contou com integrantes do setor de manutenção elétrica, respeitando os critérios de experiência, conhecimento ou participação em problemas já ocorridos nestes equipamentos. Durante estas seções de investigação e análise dos dados, foram utilizadas mais duas ferramentas da qualidade, o diagrama de *Ishikawa*, para o levantamento das hipóteses, e a Análise de Causa-Raiz de Falha (RCFA) através da técnica dos 5 porquês em cinco hipóteses que o grupo determinou como prioridade por votação.

Após estas avaliações terem sido feitas, o grupo elaborou um plano de ação para cada grupo de equipamentos com ações para corrigir as causas fundamentais (ou raízes) priorizadas através de votação. Tal plano de ação foi discutido com a supervisão de manutenção e definido algumas ações que poderiam ser colocadas em prática de acordo com o orçamento de manutenção e disponibilidade dos equipamentos.

#### 4.4 Avaliação da veridicidade do indicador *Downtime* Elétrico

Durante as etapas de análise do histórico de paradas dos equipamentos identificou-se que em alguns casos os lançamentos eram feitos em máquinas ou partes que não pertenciam àquele grupo de máquinas, o que comprova que o indicador *Downtime* Elétrico possui desvios.

Além disso, foram avaliadas e confrontadas as paradas apontadas pelo PCP com os lançamentos realizados pela manutenção no sistema de gerenciamento de manutenção e não foram encontrados desvios significantes.

Outro ponto verificado durante a análise do histórico de paradas é que o tempo lançado em alguns casos não representa um tempo compatível com o necessário a uma correção ou intervenção elétrica, pois esta se necessária ocasionaria parada maior do que a verificada no lançamento.

Como a avaliação foi realizada apenas em um grupo de máquinas devido a grande quantidade de histórico disponível para análise, não se conseguiu precisar ou quantificar os desvios, porém os mesmos foram comprovados.

#### 4.5 Dados e resultados obtidos após a aplicação do MASP

Após a implantação de todos os planos de ação propostos e validados, foram considerados e coletados novamente os dados de paradas de máquinas e o indicador *Downtime* Elétrico. Analisando os resultados obtidos após a aplicação do MASP, conforme Figura 3, verifica-se que o indicador *Downtime* Elétrico da Planta não apresentou melhora significativa se comparado aos períodos anteriores. Porém este fato pode ser explicado pela inconsistência de produção ocorrida nos últimos meses analisados, pela alteração de equipamentos instalados na planta e pela manutenção mecânica profunda realizada em algumas máquinas.

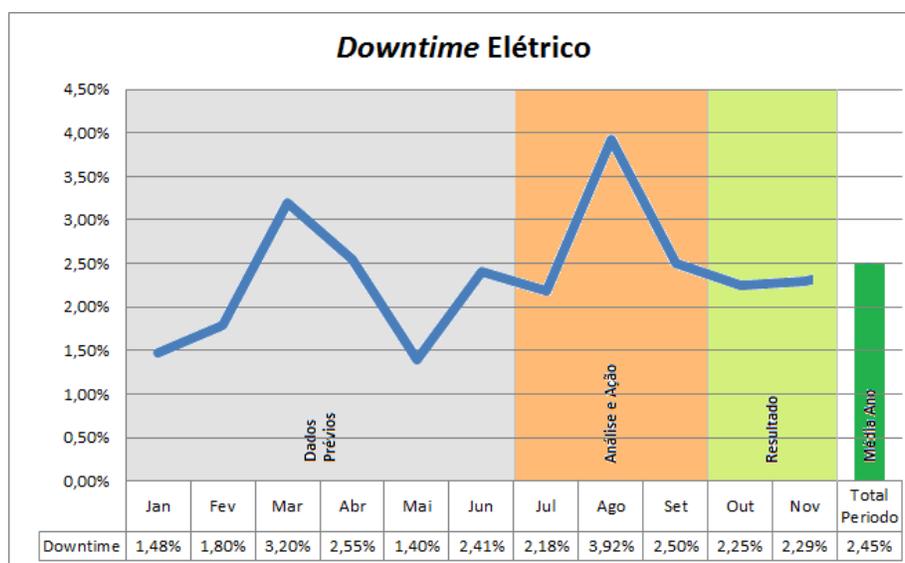


Gráfico 3 – Histórico de Downtime Elétrico Geral da Planta (Janeiro a Novembro de 2012)

Com relação a Figura 4, a mesma demonstra a posição das máquinas mais impactantes no indicador *Downtime* Elétrico no mês de Outubro de 2012, indicando as máquinas trabalhadas, as máquinas não trabalhadas e as máquinas que sofreram mudanças durante o período e por isso não fizeram parte do estudo.

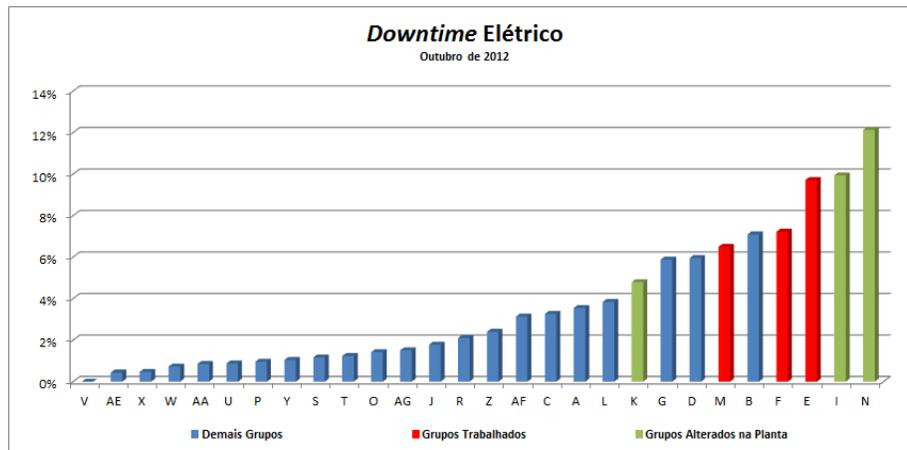


Gráfico 4 – Histórico de Downtime Elétrico por Grupo de Máquinas (Outubro de 2012)

## 5 CONCLUSÃO

Através da realização deste trabalho evidencia-se a importância e a necessidade da gestão da manutenção em uma empresa no que tange a conservação de seus ativos de forma a aumentar sua disponibilidade e em consequência sua lucratividade. Também fica demonstrado que este é um campo vasto onde há oportunidade para melhorias que com certeza acarretarão em um incremento de resultados de todo o negócio.

O método de melhoria contínua utilizado durante a realização deste trabalho, o MASP, mostrou-se efetivo na busca por melhores resultados dentro de um processo industrial. Sua aplicação no setor de manutenção elétrica da empresa foi favorecida pela vasta quantidade de dados históricos de paradas e de ocorrências de manutenção disponíveis para análise, porém, este mesmo fator, a quantidade de dados, tornou o trabalho de análise mais demorado.

Com relação à veracidade do indicador, apesar de terem sido encontrados desvios nos lançamentos de paradas durante as análises, os mesmos não representaram valores elevados se comparado a quantidade de dados analisados e portanto não colocam em dúvida os valores do indicador *Downtime* Elétrico de modo geral.

## 6 REFERÊNCIAS

1. PEREIRA, Mário J. Técnicas Avançadas de Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2010.
2. NASCIF, Júlio. Manutenção de Classe Mundial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 1998, Salvador. Disponível em <<http://www.tecem.com.br/downloads/manutencao.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2012.
3. HAMRICK, Lynn. World Class Maintenance – Best Practices in Electrical Maintenance. 2007. Disponível em: <<http://www.netaworld.org/files/neta-journals/NWsu07-Hamrick.pdf>>. Acesso em 12/05/2012.

4. FILHO, Gil Brando. Custos em Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2010.
5. KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
6. FILHO, Gil Brando. A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.
7. FILHO, Gil Brando. Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade. 4.ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.
8. NASCIF, Júlio; DORIGO, Luiz C. A Importância da Gestão na Manutenção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 2005, Belo Horizonte. Disponível em <[http://www.tecem.com.br/downloads\\_arquivos.asp?tipo=1&pasta=artigos](http://www.tecem.com.br/downloads_arquivos.asp?tipo=1&pasta=artigos)>. Acesso em: 22 abr. 2012.
9. KARDEC, A.; FLORES, J.; SEIXAS, E. Gestão Estratégica e Indicadores de Desempenho. 1.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: ABRAMAN, 2002.
10. XENOS, Harilaus Georgius D'Philippos. Gerenciando a Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
11. TAVARES, Lourival A. Administração Moderna da Manutenção. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações e Assessoria Ltda., 1999.
12. FILHO, Luiz C. A. Apostila Treinamento MASP. QSA Assessoria em Sistemas da Qualidade Ltda. São Leopoldo, 2009.
13. CERVO, Amado; BERVIAN, Pedro. Metodologia Científica. 6. Ed. São Paulo: MAKRON Books, 2007.