

## XII-004 - APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE CONFIABILIDADE E MANTENABILIDADE EM SISTEMAS DE SANEAMENTO NO VALE DO PARAÍBA – “ANÁLISE DE FALHAS E REGISTROS DE MELHORIAS IMPLANTADAS”

### Joel Leopoldo Costa

Eletricista de Manutenção Industrial, Taubaté (Escola SENAI), Técnico em Eletrônica, Taubaté (Colégio UNITAU), Bacharel em Computação Aplicada, Ênfase em Automação Comercial e Industrial, Taubaté (Departamento de ciências da computação UNITAU), Especialista em Automação e Controle Industrial, Ênfase em Mecatrônica, Taubaté (Departamento de Engenharia - UNITAU), Responsável Técnico de Manutenção Estratégica, Divisão de Manutenção Eletromecânica do Vale do Paraíba - RVOM - Sabesp.

**Endereço:** Avenida Heitor Villa Lobos, 1.229 – Vila Ema – São José dos Campos – SP – CEP: 12.243-260 – Brasil – Tel. +55 (12) 3947-1527 – e-mail: [joelcosta@sabesp.com.br](mailto:joelcosta@sabesp.com.br)

### RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados obtidos com a capacitação e reestruturação da equipe de manutenção do polo regional do Vale do Paraíba, sediado em São José dos Campos – SP onde fica situada a Divisão de manutenção do Vale do Paraíba – RVOM/Sabesp. No decorrer do texto serão apresentados alguns números referentes a esta Unidade de Negócio – UN, para que se possa ter noção da complexidade e responsabilidade de se manter em pleno funcionamento e ao menor custo possível os sistemas de saneamento empregados na região de abrangência. Além de propiciar a redução e mesmo a eliminação de paradas não programadas, as quais causam prejuízos materiais, financeiros, transtornos à população atendida e efeito negativo à imagem da companhia, as ferramentas de gestão, engenharia de manutenção e análise de falhas aqui apresentadas auxiliam a otimização do capital humano. É importante destacar que este é cada vez mais escasso em todos os segmentos, pois com o aumento da competitividade, os custos operacionais têm sido reduzidos ao menor patamar possível e dentre estes está sem dúvida o emprego de mão-de-obra, a qual deve ser mais capacitada e motivada possível a fim de fornecer o melhor rendimento e confiabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia de Manutenção, Análise de Falhas, Implantação de Melhorias.

### INTRODUÇÃO

Os dados e resultados obtidos nos estudos apresentados neste trabalho referem-se à Superintendência Regional do Vale do Paraíba – RV/Sabesp, a qual é responsável pela gestão dos municípios atendidos, a Divisão de Manutenção do Vale do Paraíba – RVOM, é responsável por gerir, prevenir, manter, atualizar e corrigir eventuais problemas ou perda de funcionalidades dos sistemas de saneamento. Esta malha se inicia na captação da água bruta nos rios ou em poços profundos, o perfeito tratamento desta para que sejam atendidos os padrões de potabilidade, sendo esta então armazenada em reservatórios, distribuída para a população, bem como a coleta do esgoto sanitário, o afastamento deste, o tratamento e a disposição do efluente final nos rios e córregos, novamente dentro de padrões rigorosos para este fim, sob constante fiscalização dos órgãos competentes.

Seguem alguns números da Unidade de Negócio, 26 (vinte e seis) municípios atendidos, sendo 32 (trinta e dois) ao total na região de abrangência, atualmente encontram-se em plena operação mais de 600 (seiscentos) sistemas dos mais variados portes e complexidade, atendendo uma população de cerca de 1.400.000 (um milhão e quatrocentos mil) habitantes. Para manter em operação estes sistemas são necessários mais de 745 (setecentos e quarenta e cinco) pontos de entrega de energia por parte das concessionárias de distribuição de energia elétrica desta região, sendo 145 (cento e quarenta e cinco) contas de energia elétrica na modalidade de Média Tensão (Classe A4 - 2,3 a 25 kV) e 477 (quatrocentas e setenta e sete) na modalidade de Baixa Tensão (Classe B3 – 220 V).

Com a crescente demanda por fornecimento de água potável bem como o tratamento de esgoto sanitário em função do crescimento e aumento populacional nos municípios associados à necessidade de todas as empresas em qualquer segmento de mercado ser cada vez mais competitiva, lucrativa e inovadora é uma questão de sobrevivência otimizar a utilização de recursos e reduzir o custo operacional.

No setor de manutenção o principal recurso é o capital humano e seu nível intelectual seguido de ativos, normas, procedimentos, métodos e ferramentas de gestão, portanto quanto melhor for a utilização otimizada destes recursos melhor, sendo assim é fundamental lançar mão das ferramentas de análise, indicadores e técnicas de gestão da manutenção assim como em qualquer processo. Isto motivou a reestruturação de processos internos, redistribuição de atividades, capacitação da equipe de forma contínua, tais atividades têm por objetivo garantir a melhoria contínua dos processos, redução do custo operacional, aumento da confiabilidade e também da credibilidade da equipe de manutenção em todas as tarefas multidisciplinares por esta realizadas.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados obtidos com os trabalhos realizados na célula de Confiabilidade e Análise de Falhas, a qual foi destacada da rotina do dia-a-dia após redistribuição de atividades do grupo de manutenção eletromecânica e automação. Ao longo de 05 (cinco) anos de aplicação de ferramentas de apoio a Gestão, Planejamento e Controle de Manutenção – PCM, intervenções de melhoria e/ou ações corretivas necessárias e relato das conclusões, ações e registro de melhorias implantadas em sistemas de saneamento da Unidade de negócio do Vale do Paraíba – RV/Sabesp.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Entre as tarefas executadas por esta Divisão de Manutenção destacam-se o planejamento e controle das intervenções programadas, a aplicação de técnicas de manutenção preditiva, preventiva, corretiva, análise de comportamento de sistemas eletromecânicos e de automação, estudos de caso e implantação de melhorias e adequações tecnológicas.

Atualmente a entrada das Solicitações de intervenção (Nota) é feita por meio de um sistema de gestão corporativo (SAP) e seus dados armazenados em banco de dados e acessível em qualquer ponto da rede corporativa (intranet). Neste sistema são registradas também todas as intervenções de qualquer natureza, desta forma é mantido o histórico de cada parte dos sistemas de saneamento atendidos, o qual é também previamente programado para gerar Solicitações de intervenção (Notas) de forma sistemática de acordo com a criticidade e periodicidade de cada equipamento operacional cadastrado para garantir a continuidade das manutenções.

No caso de ocorrências graves ou repetitivas a célula de Confiabilidade e Análise de Falha é imediatamente acionada para avaliar a situação e encontrar a causa raiz e apresentar as alternativas para solucionar eventuais problemas e/ou falhas encontradas, bem como relatar e registrar no histórico da divisão de manutenção.

Analisando os dados estatísticos e indicadores do sistema de gestão corporativo – **SAP** Tempo Médio Para Reparo – **MTTR** (*Mean Time To Repair*), Tempo Médio até a Falha – **MTTF** (*Mean Time To Failure*), Tempo Médio entre Falhas – **MTBF** (*Mean Time Between Failures*) associado à avaliação de custos de manutenção foram detectadas várias oportunidades de melhoria e potencial de aplicação de ferramentas de gestão de manutenção tais como: Técnica de Incidentes Críticos - **TIC**, Análise de Modos de Falhas e Efeitos – **FMEA** (*Failure Mode and Effect Analysis*) e Análise de Causa e Efeito (Diagrama de *Ishikawa / Brainstorming*) dentre as diversas outras existentes, no escopo deste trabalho serão focados os métodos / ferramentas de análise. Foram efetuados vários estudos de casos no período de dezembro de 2011 a Novembro de 2016, dos quais alguns foram utilizados para demonstrar os resultados obtidos e as melhorias implantadas na região de abrangência desta Unidade de Negócio.

A seguir são expostos os principais estudos de caso efetuados durante o período inicial de análise de falha realizadas na região:

**Caso 01 – “Análise QF N° 001/2011 – EEAB de Cachoeira Paulista – Queima de motor elétrico”**

- Registro da investigação e ações realizadas:
  - Desmontagem e retirada do motor elétrico de 75CV / 220 V / 175 A / FS. 1,00 / Reg. Contínuo (Foto 01);
  - Estator do motor elétrico preparado para ser rebobinado (Foto 04).
- Parecer da assistência técnica:
  - Curto-circuito entre bobinas (Foto 02);
  - Curto-circuito entre espiras (Foto 03);
  - Curto-circuito na caixa de ligação (terminação).
- Conclusão:
  - Os danos causados ao motor se deram em função da elevada temperatura ambiente, a qual se encontrava acima de 40°C – ABNT NBR 7094:2003 – Máquinas elétricas girantes – Motores de indução - Especificação;
  - Fadiga dos materiais e falta de manutenção preventiva do bobinado (rejuvenescimento).
- Fotos:



**Foto 01: Motor elétrico danificado.**



**Foto 02: Curto-circuito entre bobinas.**



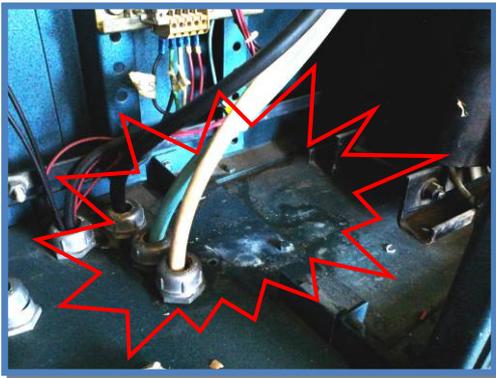
**Foto 03: Curto-circuito entre espiras.**



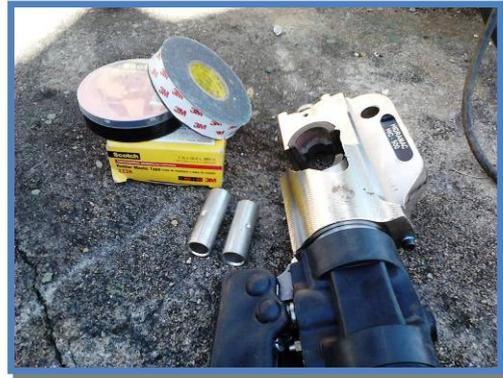
**Foto 04: Estator pronto para ser rebobinado.**

Caso 02 – “Análise QF N° 005/2012 – EEAT de São José dos Campos – Queima de motor elétrico”

- Registro da investigação e ações realizadas:
  - Evidência de infiltração de água no interior do Painel de Comando de Motor – PCM (Foto 05);
  - Evidência dos materiais e ferramentas utilizados na substituição do CMB (Foto 06);
  - Evidência da utilização de materiais e ferramentas corretos (Foto 07);
  - Detecção de ponto de aquecimento no circuito elétrico de potência (Foto 08).
- Conclusão:
  - A causa dos danos ao bobinado do motor elétrico foi baixa isolamento em relação ao referencial terra em função da contaminação dos materiais isolantes por infiltração de água, a qual se deu por meio das emendas onde houve falha durante a execução da isolamento no momento da troca do CMB anterior.
- Fotos:



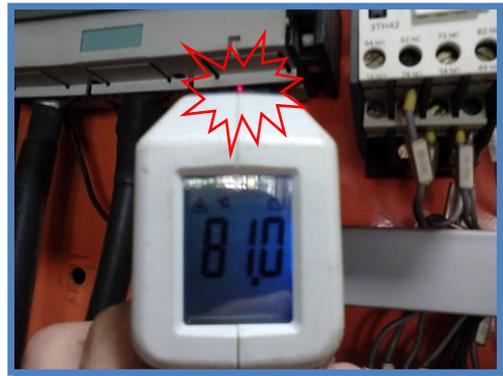
**Foto 05: Evidência de infiltração no PCM.**



**Foto 06: Materiais e ferramentas utilizados.**



**Foto 07: Execução de emenda a compressão.**



**Foto 08: Detecção de ponto aquecido.**

Caso 03 – “Análise QF N° 007/2012 – EEAT de São José dos Campos – Queima de motor elétrico”

- Registro da investigação e ações realizadas:
  - Vista geral dos barriletes dos CMBs submersos (Foto 09);
  - Evidência de que as emendas não causaram falha no sistema elétrico (Foto 10);
  - Evidência de que houve fuga de corrente à terra no barrilete do CMB (Foto 11);
  - Evidência de que o CMB não sofreu avarias durante a instalação anterior (Foto 12).
- Conclusão:
  - A causa dos danos ao bobinado do motor elétrico foi baixa isolamento em relação ao referencial terra, os mesmos operavam em ponto operacional além da capacidade nominal de cada um dos CMBs de 200 HP (sendo três ao total), este fato implicava na sobrecarga dos motores elétricos, o que se agravava com a ocorrência de operação com submersão disponível abaixo da requerida pelo equipamento, ocorrência de superaquecimento no bobinado dos motores elétricos causando por fim a sua queima por curto-circuito interno e fuga de corrente para a terra.
- Fotos:



Foto 09: Vista geral dos barriletes.



Foto 10: Evidência de emendas sem danos.



Foto 11: Evidência de curto-circuito à terra.



Foto 12: Vista externa do CMB sem danos.

Caso 04 – “Registro de Melhorias N° 001/2012 – EEAT de São José dos Campos”

- Registro das ações realizadas:
  - Evidência dos componentes instalados inicialmente, diversos itens obsoletos e passíveis de falha (Foto 13);
  - Evidência da conclusão dos trabalhos de reforma e adequação tecnológica, onde vários componentes foram suprimidos por ser incorporados à tecnologia empregada (Foto 14);
  - Evidência de componentes desgastados por corrosão no circuito de potência (Foto 15);
  - Evidência de adequação tecnológica e reforma realizada no circuito de potência (Foto 16).
- Conclusão:
  - Foi executada atualização tecnológica de três quadros de acionamento de motores com potência nominal de 75 CV, acionados em 380 Volts com o emprego de chaves de partida suave (*soft-starter*), desta forma foram incorporados vários componentes auxiliares diretamente ao *drive* de acionamento, que além de aumentar a confiabilidade e a precisão das proteções reduziu significativamente o número de pontos suscetíveis a falha, permitiu a partida e parada dos conjuntos motobomba em rampa minimizando os efeitos dos golpes de aríete que com o passar do tempo levam os materiais a fadiga.
- Fotos:



Foto 13: Vista geral do PCM “antes”.



Foto 14: Vista geral do PCM “depois”.



Foto 15: Circuito de potência “antes”.



Foto 16: Circuito de potência “depois”.

## **RESULTADOS**

Durante a execução destas avaliações, execução / controle de melhorias e registros correspondentes pode-se observar que a maioria das falhas encontradas relaciona-se a falha humana desde a concepção do projeto no que diz respeito ao correto dimensionamento dos equipamentos (ponto de trabalho de CMBs), correto ajuste de parâmetro das proteções elétricas e hidráulicas, execução de tarefas de substituição de equipamentos (Conjuntos Motobomba – CMBs do tipo Submerso com grau de proteção IP68) onde as emendas dos condutores elétricos devem obrigatoriamente operar constantemente no interior da caixa selada nas Estações Elevatórias do tipo ‘Q’ (tubulões) e em poços profundos, sendo as mesmas submetidas à presença constante de umidade e pressão referente à coluna de água imposta sobre as mesmas.

Desta forma será direcionado o foco em três atividades dentro do plano de trabalho, primeiramente a reciclagem no treinamento profissional das equipes no tocante a correta parametrização das proteções eletro-hidráulicas e utilização de materiais durante o processo de substituição de CMBs do tipo submersos, seguida da revisão de projetos e dimensionamento de CMBs bem como do conceito de seletividade nas proteções elétricas e por fim a busca de novas tecnologias nos materiais empregados na confecção de emendas em condutores elétricos com o objetivo de elevar a confiabilidade, a resistência eletromecânica dos mesmos, reduzirem o tempo de execução dos trabalhos bem como a possibilidade de falha humana durante o procedimento em questão.

Após breve pesquisa de mercado e visita técnica realizada em empresa do ramo observou-se que existem materiais avançados sob o ponto de vista tecnológico, os quais atendem com perfeição os quesitos anteriormente citados.

## **CONCLUSÃO**

Avaliação dos resultados foi bastante significativa, demonstrando impactos positivos no aumento da confiabilidade dos sistemas em questão, além da eliminação de falhas recorrentes e consequentes demandas por retrabalho, redução do tempo de parada de sistemas de produção e distribuição de água tratada. É importante ressaltar a redução do impacto ambiental por paralisações não programadas em sistemas de coleta e tratamento de esgotos, além da redução dos custos de manutenção.

Estas são potenciais ferramentas para otimização de mão-de-obra e exploração da máxima vida útil dos equipamentos, pois quando os mesmos operam em condições seguras, adequadas e recomendadas por seus fabricantes é possível elevar ao máximo a performance destes, otimizar a relação entre custo e benefício e garantir o menor período de retorno do capital investido na aquisição dos ativos industriais, além de otimizar o emprego de mão-de-obra qualificada, a qual tende a ser cada vez mais escassa em todos os segmentos de mercado, pois esta impacta diretamente no custo operacional de qualquer empresa independentemente do setor ou mesmo do ramo de atuação da empresa.

## **RECOMENDAÇÕES**

A aplicação de técnicas de gestão de manutenção, avaliação de indicadores, realização de análise de falhas, correções de projetos, realinhamento de conceitos, atualização tecnológica é imprescindível, pois estas proporcionam o aumento do rendimento das equipes de atuação em campo (chão de fábrica), elevando-se então a capacidade de realização de trabalho do setor de manutenção e reduzindo-se os índices de manutenção corretiva, paradas não planejadas, perda de produção e consequente lucro cessante. A reciclagem constante de treinamentos para aperfeiçoamento da mão-de-obra empregada, da qual se exige mais e mais capacitação dado o nível de complexidade dos sistemas de acionamento, automação, controle, transmissão de dados e supervisão utilizados em todo tipo de processo produtivo.

Segundo Boog (1999) “O treinamento é a educação profissional que visa adaptar o homem ao trabalho em determinada empresa, preparando-o adequadamente para o exercício de um cargo. Pode ser aplicado a todos os níveis e setores da empresa”.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. NBR 5462, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Confiabilidade e manutenibilidade, Nov. 1994.
2. Brito, Prof. D.Sc. Jorge Nei, Curso “PCM – Planejamento e Controle da Manutenção”, Abr. 2011.
3. Técnico, Relatório de Estudo, “Análise de Causa das Falhas Recorrentes nos Conjuntos Moto-bomba Submersas do Reservatório R18a”, Divisão de Manutenção do Vale do Paraíba – RVOM/Sabesp.
4. TÉCNICA, RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO, “ANÁLISE DE QUEBRA e FALHA – Nº 001/2011 – EEAB – Cachoeira Paulista”;
5. TÉCNICA, RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO, “ANÁLISE DE QUEBRA e FALHA – Nº 005/2012 – EEAT / CRAT R81 – São José dos Campos”;
6. TÉCNICA, RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO, “ANÁLISE DE QUEBRA e FALHA – Nº 007/2012 – EEAT / CRAT R18 – São José dos Campos”;
7. TÉCNICO, RELATÓRIO, “REGISTRO DE MELHORIAS – Nº 001/2012 – EEAT / CRAT R74- São José dos Campos”;
8. Toledo, José Carlos de, FMEA – Análise o Tipo e Efeito de Falha, GEPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade – DEP – UFSCar.
9. Benedetti, Jorge Luís, COMO INTENSIFICAR A CONFIABILIDADE HUMANA EM SISTEMAS AÉREOS E INDUSTRIAIS, 2006.
10. Botelho, Rubens de Oliveira (UNESA), Oliveira, Ualison Rébula de (UNESA), CAPACITAÇÃO PESSOAL E PROFISSIONAL ATRAVÉS DE TREINAMENTO, COMUNICAÇÃO, EMPOWERMENT E MOTIVAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO NO CONSÓRCIO MODULAR XPTO CAMINHÕES E ÔNIBUS.
11. BOOG, Gustavo Gruneberg. Manual de treinamento e desenvolvimento. 2. ed. São Paulo, Atlas, 1999.