



**XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GMI/13

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO – XII

GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO- GMI

**DESAFIO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO APERIÓDICA E PERIÓDICA EM RELAÇÃO À
MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS EQUIPAMENTOS DA USINA DE ITAIPU**

**André L. R. Lenzi(*) Jeferson Toyama Marco A. S. Mauro Jorge D. M. Santacruz Ruben D. L. Rojas
ITAIPU BINACIONAL**

RESUMO

O sistema de geração de energia da usina de Itaipu compreende uma grande quantidade de equipamentos distribuídos por complexidade e função. Para efetuar a gestão adequada de operação e manutenção destes equipamentos se faz necessário a adoção de uma metodologia que aborde de forma sistêmica atividades de planejamento, programação, execução e análise. Esta metodologia envolve os setores de operação e de manutenção e visa garantir a confiabilidade de geração. Neste contexto a metodologia utilizada por Itaipu, para gerenciamento e integração das atividades de Operação e Manutenção, está definida em uma plataforma denominada SOM - Sistema de Operação e Manutenção.

PALAVRAS-CHAVE

Metodologia, Geração, Operação, Manutenção, Confiabilidade.

1.0 - INTRODUÇÃO

A metodologia concebida em Itaipu para gerenciar as atividades de operação e manutenção surgiu através de uma adaptação de um método chamado MECEP que significa Método de Controle e Serviço de Manutenção Preparado que foi desenvolvido na década de 1960 pela empresa francesa EDF - Electricité de France e trazido para América do Sul na década 1970. Esse método foi adaptado para realidade de Itaipu com o nome SOM - Sistema de Operação e Manutenção que é um método de operação e manutenção, cuja filosofia tem um caráter eminentemente preventivo. Portanto, a linha mestre para o planejamento e programação de todos os serviços é a realização da manutenção preventiva periódica.

As intervenções por parte das equipes de manutenção nos equipamentos da central requerem a utilização de uma metodologia que consiga programar e executar solicitações de serviços de caráter periódico e aperiódico dentro dos prazos estipulados e armazenar as informações coletadas em campo. Neste contexto, que se destacam dentre os vários subsistemas de manutenção do SOM os dois principais subsistemas informatizados pertencentes à metodologia, conhecidos como SMP - Sistema de Manutenção Periódica e SMA - Sistema de Manutenção Aperiódica que fazem a gestão completa das solicitações de serviços, desde o planejamento, execução e análise dos dados entre as solicitações com a principal finalidade de manter a confiabilidade do histórico de manutenção.

Contudo, o objetivo proposto neste informe técnico é apresentar a filosofia e os principais recursos utilizados nas manutenções periódicas e aperiódicas através dos sistemas informatizados SMP e SMA de Itaipu ao longo dos anos e demonstrar a importância da necessidade de evolução da atual plataforma informatizada utilizada nestes sistemas. A evolução da atual plataforma para uma plataforma tecnológica mais avançada deverá contemplar a integração com o sistema ERP - Enterprise Resource Planning utilizado na Itaipu bem como reunir as condições necessárias para a gestão de ativos dos novos equipamentos que serão instalados com a modernização tecnologia da usina.

2.0 - FILOSOFIA DA CODIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Os equipamentos na usina de Itaipu são codificados com o objetivo de individualizar a característica de cada sistema e estrutura a fim de facilitar o planejamento e controle ao longo da vida útil. Dentre várias funções a codificação tem que cumprir, essencialmente, os objetivos específicos a seguir:

- Identificar o patrimônio de ativos cadastrados na usina no aspecto quantitativo e qualitativo;
- Armazenar e processar informações, individualizadas por sistema e equipamento;
- Otimizar as atividades de manutenção, minimizando as indisponibilidades operativas.

2.1 Classificação utilizada na localização

Cada equipamento obrigatoriamente tem que estar instalado em um código de localização, o qual é composto por seis dígitos alfanuméricos intercalados por letras e números. A partir desta codificação é possível saber onde está o equipamento e qual função ele desempenha dentro de um sistema específico. Para melhor compreensão, cada estrutura da codificação tem uma definição conforme descrição a seguir:

- **Conjunto de unidades de manutenção:** Conjunto de unidade de manutenção agrupadas conforme determinadas características básicas comum a todas;
- **Unidade de manutenção:** Conjunto de subunidades agrupadas com o objetivo de racionalizar os trabalhos de manutenção e minimizar as indisponibilidades operativas;
- **Subunidade de manutenção:** Conjunto de equipamentos agrupados, por interdependência operativa, similaridade de função e/ou proximidade física, que desempenha uma função específica;
- **Equipamento:** Conjunto de peças, componentes, dispositivos ou circuitos capazes de desempenhar uma ou mais funções requeridas.

A partir desta definição todas as solicitações de serviços com natureza periódica ou aperiódica são elaboradas a partir da localização. A estruturação das localizações serve para todos os equipamentos instalados na usina e obrigatoriamente deve seguir a lei de formação representada de forma simplificada na Figura 1.

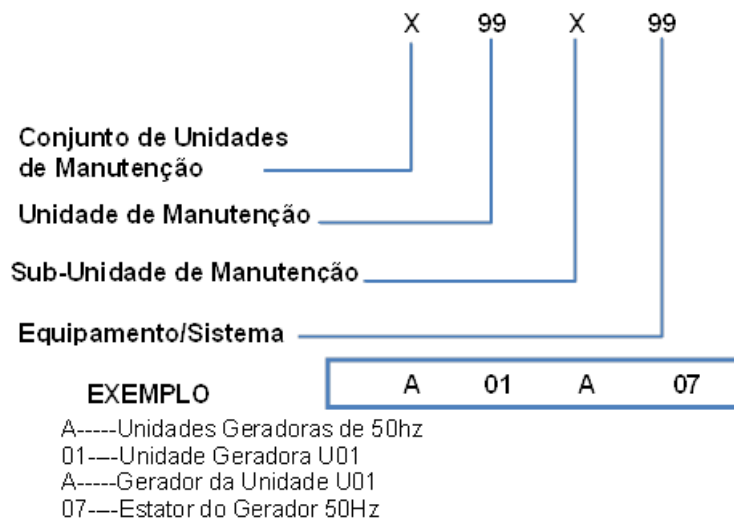


Figura 1 – Código Alfanumérico da Localização

2.2 Código de identificação do equipamento

As regras de formação da localização determinam, como premissa básica em Itaipu, que para cada localização existente apenas um código de identificação do equipamento pode estar associado. Este código de identificação é composto por uma sequência de oito algarismos numéricos que individualizam o equipamento por tipo/função. A identificação do equipamento através do código se torna tão relevante que a partir desta sequência numérica é possível pesquisar todo o histórico de manutenção executada no equipamento.

A composição de como é estruturado o código de identificação do equipamento está representada na Figura 2 a seguir.

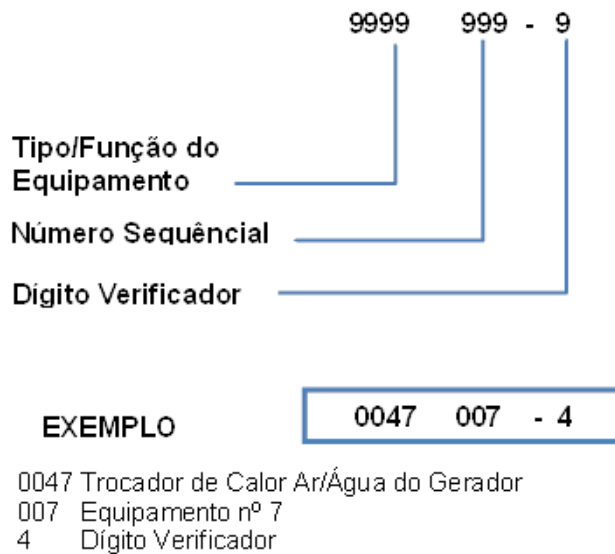


Figura 2 – Código de Identificação do Equipamento

- Tipo/função do equipamento:** Os quatro primeiros dígitos definem a característica do equipamento relacionada com a sua função, no caso da Figura 2 o código 0047 representa o trocador de calor ar/água do gerador;
- Número sequencial:** Esta é a segunda parte do código, que é classificada por três algarismos, os quais representam a ordem sequencial que o equipamento foi cadastrado. Esta ordem, é iniciada em 001 para cada equipamento. Neste contexto, representa a quantidade de equipamentos que foram cadastrados para cada tipo de equipamento;
- Dígito verificador:** Este algarismo, é um mecanismo que garante a validade e integridade do código identificador, protegendo-o principalmente de digitações erradas, ou seja, o dígito verificador é um complemento fixo ao código de cada equipamento.

3.0 - SUBSISTEMAS DE MANUTENÇÃO

A metodologia do SOM abrange uma grande quantidade de informações dos setores de operação e manutenção. Cabe destacar que os subsistemas informatizados que compõe este método são estruturados em forma modular, sendo processos informatizados para aquisição, tratamento e geração de informações técnicas e gerenciais com diferentes particularidades entre as superintendências de operação e manutenção. Neste informe técnico serão abordados especificamente os subsistemas SMP e SMA e suas principais características que os tornam tão relevantes dentro do cenário da metodologia do SOM.

As manutenção periódicas e aperiódicas na usina, são planejadas e executadas dentro destes sistemas informatizados, que em todo o processo realizam interação com informações quanto a testes, ensaios, medições e análise de dados, cruzando as solicitações periódicas e aperiódicas com o objetivo de formar o histórico da execução confiável e compatível com as necessidades da manutenção. A partir disso é possível que as informações coletadas, possam subsidiar a tomada de decisão por parte da engenharia de manutenção na busca contínua da melhoria do processo de manutenção.

Dentro deste contexto a Figura 3 retrata de forma resumida como estão inseridos os sistemas informatizados de manutenção periódica e aperiódica dentro da metodologia do SOM.

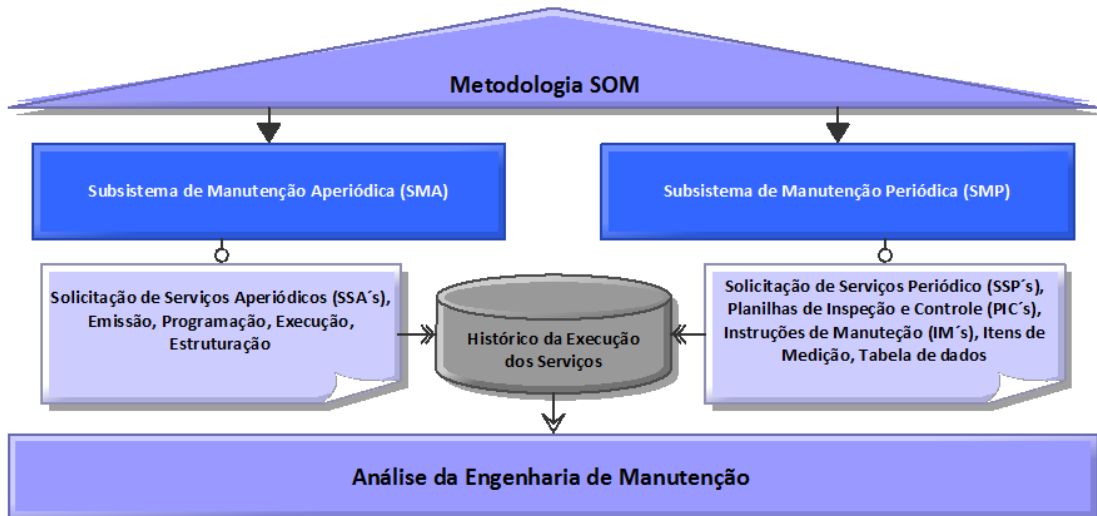


Figura 3 – Visão geral da manutenção periódica e aperiódica

3.1 Subsistema de Manutenção Periódica.

O SMP é um sistema informatizado responsável por apoiar a gestão de todas as informações relacionadas aos serviços de manutenção preventiva periódica realizados dentro da usina de Itaipu pela superintendência de manutenção. O produto principal do sistema SMP é a gestão das manutenções periódicas, as quais são atividades realizadas dentro de períodos determinados e estabelecidos pelo conhecimento da lei de degradação dos equipamentos, com objetivo de aumentar a confiabilidade e desempenho e, com isso, reduzir a probabilidade de falhas e acidentes. Para compreender melhor como está estruturado o processo das atividades periódicas segue o fluxo de atividades representado a seguir na Figura 4.



Figura 4 – Processo geral da manutenção periódica

O documento que retrata as atividades de manutenção periódica é chamado de SSP – Solicitação de Serviço Periódico o qual é composto por um formulário digital que representa a ordem de serviço preventiva - SSP a ser executada. A SSP está sempre vinculada a uma PIC - Planilha de Inspeção e Controle da qual são extraídas grande parte das informações que compõe os campos da SSP. É através do processamento deste documento que são controladas as execuções dos serviços de manutenção periódica nos equipamentos da usina. Anualmente são geradas aproximadamente 5.300 SSP's segregadas por diferentes setores de execução.

Para facilitar o agrupamento de atividades a solicitação de serviço é classificada de duas formas:

- a. **SSP por Subunidade de Manutenção:** A solicitação de serviço é classificada por subunidade e agrupa vários equipamentos que deverão ser inspecionados durante a manutenção periódica;
- b. **SSP por Conjunto de Manutenção:** A solicitação de serviço é classificada por conjunto e agrupa todas as subunidades que deverão ser inspecionadas durante a manutenção periódica e geralmente, como é um grupo grande de equipamentos a serem verificados, as inspeções são realizadas com equipamentos em condições normais de operação.

Para que o executor possa ter acesso às atividades de manutenção periódica a serem executadas dentro da SSP, se faz necessário imprimi-lá dentro do próprio sistema informatizado SMP. O objetivo da rotina de impressão é liberar os documentos para que possam ser carregados os itens de medição que serão coletados em campo e também possibilitar ao sistema fazer uma série de validações para garantir que os documentos serão utilizados na manutenção estejam atualizados. O sistema atualiza na impressão as seguintes informações:

- a. **Atualizar a revisão da PIC:** Esta atualização é relevante, pois é possível que ocorra uma revisão na planilha de inspeção e controle entre o intervalo da geração da programação das SSPs até o momento da impressão no sistema SMP. Esta atualização garante que o responsável do trabalho leve a campo a última versão da PIC;
- b. **Vincular solicitações aperiódicas pendentes:** O principal objetivo do SMP vincular as solicitações de manutenção aperiódicas nos equipamentos agrupados dentro da SSP é permitir ao responsável pelo trabalho analisar quais solicitações aperiódicas estão pendentes antes do início da execução do serviço periódico, e quais poderão ser solucionadas durante o período da manutenção periódica. Outro detalhe importante é que através da vinculação o sistema classifica com uma determinada situação o estado que o equipamento foi encontrado e deixado após a intervenção, em termos de pendências, e isto serve de parâmetro posterior para a análise da engenharia de manutenção;
- c. **Atualizar e imprimir a instrução de segurança:** Grande parte dos planos de manutenção, ou seja a PIC, tem uma instrução de segurança associada ao roteiro de manutenção. O objetivo é que a instrução de segurança seja impressa sempre com a última revisão para ser entregue ao responsável do trabalho;
- d. **Impressão dos formulários de dados :** Cada manutenção periódica pode ter ou não formulários de dados para preenchimento obrigatório dependendo da periodicidade que a solicitação de serviço esteja classificada. Estes formulários de dados são selecionados e impressos automaticamente pelo sistema informatizado e simultaneamente à primeira impressão da SSP.

Os documentos de suporte da manutenção citados acima, são fundamentais para que as manutenções preventivas possam ser executadas, ou seja, o executor segue as instruções contidas nas planilhas e formulários e carrega os dados dentro das SSPs. Para validar estes dados é necessária a aprovação em duas etapas, que são o setor e a divisão de manutenção. Dentro de cada etapa é possível reprovar a análise dos dados caso algum valor esteja fora de padrão e o documento retorna novamente para o executor providenciar a correção. Após esta etapa, a solicitação de serviço segue para a etapa mais importante do processo da manutenção preventiva que é a análise da engenharia de manutenção.

Neste fase do processo, são analisadas as informações registradas nas SSPs relativas à manutenção preventiva periódica. Cada SSP tem diferentes equipamentos com complexidades distintas umas das outras, o que muitas vezes exige que a análise da mesma seja efetuada por um ou mais analistas em razão da especialidade de cada um. Cada analista de engenharia, após efetuar a análise que lhe corresponde, grava parcialmente a rotina dentro do subsistema SMP e o último analista que executar a verificação dos dados é o responsável pela gravação total na SSP e assim é concluído o processo de análise da engenharia de manutenção. Finalizado todo o processo as informações das manutenções preventivas armazenadas através das SSPs ficam disponíveis dentro do subsistema SMP com a finalidade de manter a confiabilidade do histórico das manutenções periódicas.

3.2 Subsistema de Manutenção Aperiódica

O SMA é um sistema informatizado responsável por apoiar a gestão de todas as informações que são relacionadas aos serviços de manutenção aperiódica realizados dentro da usina de Itaipu pelas superintendências de manutenção e operação. Dentro do contexto de manutenção, o subsistema controla as manutenções corretivas, manutenções preventivas aperiódicas, estudos de melhorias, ensaios, pareceres técnicos, aquisição de equipamentos e componentes bem como serviços de apoio. Para que todos estes procedimentos sejam executados de forma padronizada e seguindo um processo estabelecido existe um formulário digital chamado de SSA – Solicitação de Serviço Aperiódico.

A SSA é caracterizada como uma ordem de serviço na qual são registradas as informações necessárias para o controle de todo o processo. Diferente da solicitação de serviço periódico a SSA não tem informações previamente preenchidas e não é vinculada a nenhum setor específico. No momento do preenchimento dos dados dentro do subsistema informatizado SMA o usuário é responsável por preencher os seguintes campos conforme a Figura 5 a seguir.

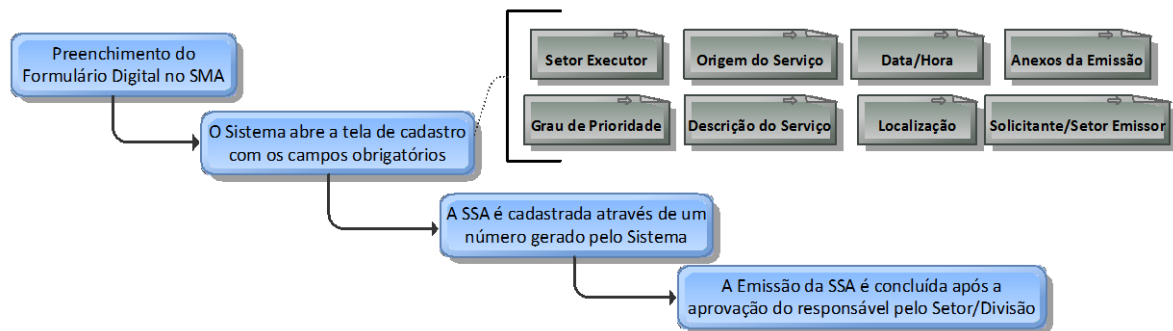


Figura 5 – Informações do Cadastramento da SSA

O processo de controle da SSA é constituído por três etapas: Emissão, Programação e Execução. Cada etapa requer o preenchimento de uma série de informações com o objetivo de auxiliar a divisão executora de manutenção na preparação do serviço quanto a disponibilidade de recursos humanos, materiais sobressalentes e a data da execução do trabalho além da coordenação da atividade com o setor de operação da usina. Para melhor compreensão a Figura 6 demonstra o processo geral da SSA.

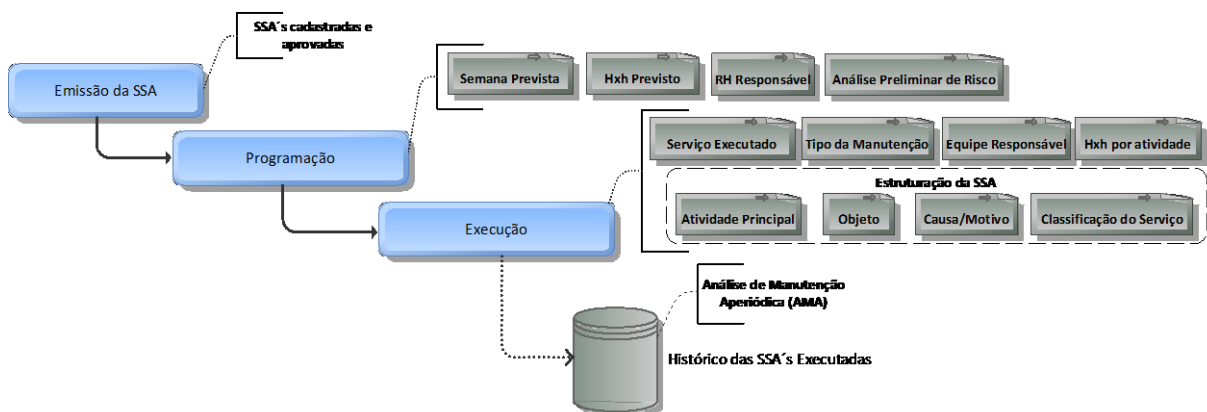


Figura 6 - Processo geral da SSA

Dentre todas as etapas a que merece atenção especial dentro da execução é a estruturação da SSA. Nesta etapa serão inseridos elementos importantes que tem como objetivo principal responder de forma padronizada ao que foi proposto no campo serviço executado. Outro detalhe é que a partir da estruturação é possível ao SMA gerar consultas e gráficos para compor a análise de manutenção aperiódica (AMA).

A seguir a Tabela 1 mostra o que a estruturação da SSA busca responder ao campo serviço executado.

Tabela 1 –Estruturação da execução de uma SSA

| Requisito | Pergunta a ser respondida frente ao serviço executado | Definição Geral |
|---------------|---|--|
| Ação | O que foi executado? | Define a atividade que foi executada. |
| Objeto | Onde foi executado? | Define em qual equipamento /componente/acessório a atividade foi executada. |
| Causa | Porque foi executado? | Define o motivo que causou a intervenção no equipamento/ componente/acessório. |

Estruturada a SSA, o sistema faz uma validação final antes do documento ir para aprovação por setor e divisão. A classificação do serviço, consiste em uma análise de forma automática pelo sistema, ou seja, em função da atividade selecionada na estruturação é inserido um código numérico com objetivo de caracterizar o serviço executado. O objetivo da classificação é resumir o trabalho realizado na SSA com a finalidade de facilitar os estudos estatísticos no SMA, através de consultas pelo código inserido na SSA, além de alimentar o histórico de manutenção aperiódica.

Contudo, a SSA é uma ferramenta poderosa na avaliação do histórico de manutenção aperiódica nos equipamentos. A partir da solicitação de serviço aperiódica a engenharia de manutenção tem a possibilidade de analisar através de consultas, relatórios e gráficos o histórico de falhas e defeitos dos equipamentos para tomar ações futuras com o objetivo de prolongar a vida útil dos equipamentos da central hidrelétrica de Itaipu.

4.0 - DESAFIO DA MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS EQUIPAMENTOS

Com o avanço em mais de 30 anos de operação dos equipamentos instalados na usina de Itaipu, é natural que haja um processo de degradação dos mesmos. Dentro de todos, muitos operam com lógica eletomecânica e as divisões executoras de manutenção encontram muitas dificuldades de reposição por peças sobressalentes durante as intervenções. Uma outra ótica que complementa este raciocínio é o avanço rápido das tecnologias de supervisão, controle e de novas técnicas de manutenção que melhoram o desempenho de sistemas e equipamentos e minimizam as indisponibilidades operativas. Nesses aspectos dentre vários outros, que a Diretoria Técnica da usina de Itaipu trabalha no projeto de modernização tecnológica dos equipamentos. Tendo em vista a evolução com os novos equipamentos é eminente a necessidade de readequação dos subsistemas informatizados de manutenção para uma plataforma tecnologia com uma interface mais moderna que contemple as novas características destes novos equipamentos.

4.1 Adequação das plataformas dos subsistemas de manutenção

O SMP e SMA, dentre outros, são os principais subsistemas que fazem parte da gestão da manutenção em Itaipu, os quais são sistemas informatizados que foram desenvolvidos internamente pela equipe da SI - Superintendência de Informática da empresa. Com o passar dos anos, a quantidade de atualizações que foram executadas para atender aos usuários e a novas regras de negócio inseridas, acabaram por sobrecarregar as rotinas e conseqüentemente afetar o desempenho dos subsistemas. A SM.DT - Superintendência de Manutenção prevendo a modernização tecnológica dos equipamentos e analisando as limitações dos atuais subsistemas de manutenção, decidiu iniciar um projeto de modernização da atual plataforma informatizada para um modelo que proponha a completa gestão de ativos de forma integrada com os demais sistemas da empresa. Contudo o novo modelo de gestão de ativos proposto pela SM.DT deverá contemplar principalmente as seguintes características conforme descrito a seguir:

- Garantir integração com as informações provenientes do sistema ERP – SAP já utilizado na empresa;
- Utilização de uma plataforma Mobile na força de trabalho com smartphones/tablets (trabalhando on-line e off-line) nas manutenções periódicas e aperiódicas;
- Expansão no sistema de cadastro de ativos em relação aos dados de localização, sobressalente, custo de aquisição e cálculo de depreciação;
- Permitir agilidade em alterações dos “workflows” sem a necessidade de alteração do código fonte do sistema e intervenção direta de um anilista de sistema;

- Configuração de “dashboard” atualizados em tempo real com indicadores gerenciais relativos a dados de produção, operação e manutenção;
- Flexibilidade na confecção de consultas e relatórios com utilização de ferramentas de “Business Intelligence”.

5.0 - CONCLUSÃO

Este informe técnico demonstra como está estruturada a metodologia de manutenção periódica e aperiódica aplicada nos equipamentos da usina de Itaipu. Esta metodologia de manutenção está sendo consolidada a mais de 30 anos e mantém atualmente a confiabilidade do histórico ao longo de todo esse tempo. Com as técnicas de manutenção periódica e aperiódicas adotadas é possível diminuir o risco de falhas e ainda alimentar dados para que a engenharia de manutenção possa tomar decisões seguras sobre os futuros cenários da manutenção.

Através do conhecimento adquirido, as equipes multidisciplinares executam os trabalhos de manutenção e ainda conseguem racionalizar as atividades minimizando a indisponibilidade operativa dos equipamentos para a operação. Porém com a necessidade da modernização de grande parte dos equipamentos que operam com lógica eletromecânica para sistemas digitais é necessário que os principais sistemas informatizados da manutenção, sendo estes o SMP e SMA, sejam adequados tecnologicamente para atender à modernização. Contudo, trata-se de um grande desafio, pois não basta apenas se limitar ao processo de aquisição ou criar um novo sistema, antes é preciso transferir para a nova plataforma os seguintes conceitos demonstrados a seguir:

- Manter a filosofia de formação da localização e codificação dos equipamentos já existentes;
- Transferir todas as regras de negócios dos subsistemas SMP, SMA e demais subsistemas do SOM para o novo sistema;
- Carregar o histórico do ano de 1989 até hoje referentes a todas as manutenções periódicas e aperiódicas para a nova plataforma;
- Carregar aproximadamente as 1.000 Planilhas de Inspeção e Controles (Planos de Manutenção) para o novo sistema de manutenção periódica.

Os princípios de manutenção praticados em Itaipu serão os mesmos, o maior desafio é se adaptar aos novos conceitos dos modernos sistemas de gestão de ativos e com isso conseguir atender de forma segura as novas características dos equipamentos digitais que serão instalados com a modernização tecnológica em Itaipu.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ITAIPU BINACIONAL. Manual Gerais do SOM: G01, G03 e G05. Foz do Iguaçu, 2017.

[2] NUNES, E.L. Saberes da Manutenção: Uma Visão Sistêmica. Curitiba: Editora UFPR 2015.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



André Luis Rodrigues Lenzi nascido em Curitiba em 06 de junho de 1981. Concluiu curso Técnico pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 2001. Trabalhou na manutenção elétrica da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) na área de manutenção elétrica de 2002 a 2003. Ingressou em 2003 na usina hidrelétrica de Itaipu Binacional e permaneceu até o ano de 2009 atuando na divisão elétrica de manutenção de geradores e agregados. Desde setembro de 2009 trabalha na gestão sistemas informatizados da manutenção.

Jeferson Toyama nascido em Cascavel em 21 de janeiro de 1983. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná em 2006 e Mestre em Metrologia Científica e Industrial pela Universidade Federal de Santa Catarina em 2009. Desde 2012 trabalha na Itaipu Binacional.

Marco Aurélio Siqueira Mauro, nascido em Itajubá-MG em 1976. Graduado em engenharia elétrica na Universidade Federal de Itajubá em dezembro de 1998, com mestrando em Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Itajubá em julho de 2015. Trabalha na Usina de Itaipu desde 2000. Atuou no departamento de engenharia de manutenção como especialista em hidrogeradores até 2015 e atualmente gerencia a divisão de sistematização da manutenção.

Jorge David Monges Santacruz nascido em 18 de novembro de 1990 em Villarica Paraguai. Graduado em Engenharia Elétrica na Faculdade Politécnica da Universidade Nacional de Assunção em 2015. Trabalhou como projetista na empresa Tecmag Ingeniería em 2013. Professor encarregado da disciplina Eletrônica de Potência e Instrumentação Eletrônica na Universidade del Cono Sur de las Américas em 2016. Desde setembro de 2016, empregado da divisão de sistematização da manutenção na usina hidrelétrica de Itaipu Binacional.

Rubén Darío López Rojas nascido em 06 de setembro de 1988 em Assunção, Paraguai. Graduado em Engenharia de Informática na Faculdade Politécnica da Universidade Nacional de Assunção em 2015. Trabalhou como desenvolvedor de sistemas na empresa Sebeaot Software entre 2008 e 2009. Atuou como Analista de Sistemas e desenvolvedor no Centro Nacional de Computação dependente da Universidade Nacional de Assunção de 2010 até 2011. Analista de Sistema, desenvolvedor e líder de projetos na empresa Konecta S.A. entre 2011 e 2016. Desde janeiro de 2017, empregado da divisão de sistematização da manutenção na usina hidrelétrica de Itaipu Binacional.