



GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH

SISTEMA EAMON: SISTEMA INTELIGENTE E INTEGRADO PARA A GESTÃO, MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO AUTOMÁTICO DE ATIVOS

HELIO R. T. DE AZEVEDO* (1)
SANDERSON P. S. DE SOUZA (1)
LUCIANO R. C. COSTA JUNIOR (1)

EVERTHON E. A. DOS SANTOS (2)
PEDRO GAYER DE ARAUJO (2)

(1) MDM SISTEMAS LTDA

(2) CTG BRASIL

RESUMO

O trabalho apresenta as principais características do Sistema EAMon Lion ("Enterprise Asset Monitoring"), um Sistema corporativo inovador desenvolvido através de um Projeto de P&D ANEEL, envolvendo a CTG Brasil, MDM Sistemas e NTT/COPPE/UFRJ. Foram aplicadas tecnologias computacionais inteligentes (IA) para o Gerenciamento Integrado e Centralizado das Informações de Monitoramento dos Ativos de 14 (Catorze) UHEs da CTG Brasil. A plataforma será a primeira ferramenta do Centro Inteligente de Monitoramento de Ativos (CIMA), uma grande aliada da Operação & Manutenção, pois permitirá a visualização em tempo real dos resultados da Manutenção Preditiva de todos os equipamentos eletromecânicos, auxiliando no diagnóstico desses equipamentos, através de Técnicas de IA

PALAVRAS-CHAVE

Manutenção Preditiva, Monitoramento Integrado, Monitoramento Inteligente de Ativos, Gestão Inteligente de Ativos, Centros de Monitoramento e Diagnóstico.

1.0 – INTRODUÇÃO

O Projeto de P&D que deu origem ao desenvolvimento do Sistema EAMon Lion, tem uma duração de 29 (vinte e nove) meses e sua finalização é prevista para novembro de 2021. Sua concepção partiu da necessidade das equipes de Engenharia de Manutenção da CTG em ter maior eficiência no acesso e controle sobre os resultados das coletas e a execução das diversas atividades de Gestão da Manutenção Preditiva mais diretamente relacionadas ao dia a dia das equipes. Tal necessidade surgiu em função da grande quantidade de ativos que necessitam ser monitorados, tendo como base 14 UHEs (Total de 71 UGs) que fazem parte dos ativos da CTG Brasil.

O EAMon Lion trabalha de forma integrada com o Sistema MDM (Sistema de Monitoramento e Diagnóstico Automático de Máquinas e Equipamentos) instalado nas Usinas da CTG Brasil.

Para a consecução do Projeto de P&D, a MDM Sistemas trabalhou em parceria com consultores do Núcleo de Transferência de Tecnologia (NTT) da COPPE/UFRJ, que possuem grande experiência no desenvolvimento e aplicação de Sistemas Inteligentes para Engenharia, particularmente sistemas de diagnóstico de falhas, e especialmente em aplicações de novas tecnologias de Inteligência Computacional baseadas em "Data Analytics" ("Machine Learning", por exemplo).

2.0 - MOTIVAÇÃO DO PROJETO

A Automação e a Integração do processo de Execução e Controle das Inspeções Preditivas permitem o gerenciamento das Inspeções Preditivas da empresa, de forma sistemática, gerando maior robustez e com maior segurança nos Processos. Devido a essa Automação, é possível obter uma significativa redução do tempo de análise e do risco que eventuais falhas catastróficas possam atingir os ativos, como já ocorrido em passado recente. A sistematização reduz, também, o custo em relação ao processo manual e aumenta a confiabilidade dos resultados das Inspeções Preditivas.

Através do uso do Sistema que foi desenvolvido é possível realizar a gestão dos dados das inspeções que estarão concentrados em uma única plataforma amigável, onde será possível monitorar os resultados das últimas Inspeções Preditivas realizadas em cada Usina, a indicação de atrasos na execução das Manutenções Preventivas e Inspeções Preditivas, além de identificar imediatamente os valores medidos que estiverem fora dos limites estabelecidos, de forma a agilizar ao máximo a tomada de decisões da equipe de Manutenção.

A Figura 1 ilustra a estratégia utilizada pelo Sistema EAMon Lion, com centralização das informações contidas em cada Planta.

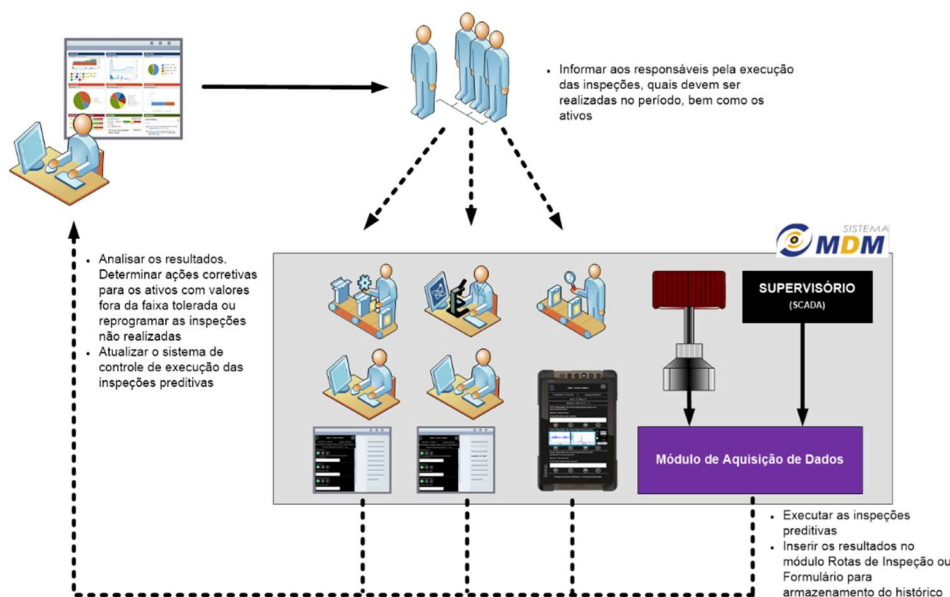


FIGURA 1 - Sistema EAMon Lion – Estratégia proposta para o Projeto.

Atualmente está disponível uma grande quantidade de técnicas preditivas, que são usadas de forma frequente nas Usinas Hidrelétricas da CTG Brasil para realizar o monitoramento da condição dos ativos. A análise de óleo (isolante e lubrificante), termografia, ensaio de ultrassom, análise de vibração, são alguns exemplos de técnicas preditivas usadas nas suas Usinas Hidrelétricas.

3.0 – OBJETIVOS DO PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA EAMON LION

O Sistema EAMon Lion foi desenvolvido para ser uma ferramenta que utiliza metodologias computacionais inteligentes e interdependentes para Integração e Gestão das Informações dos Ativos das UHEs. Possui a capacidade de automatizar procedimentos e integrar informações do Processo de Execução e Controle de Inspeções Preditivas, além de permitir concentrá-las em um único Sistema. De forma resumida, seus principais objetivos são:

- Fazer a Gestão e Controle da disponibilidade dos Ativos de maneira mais eficiente;
- Realizar o Controle dos atrasos nas Manutenções e Inspeções Preventivas;
- Receber Notificações de valores medidos fora dos limites estabelecidos;
- Reduzir o tempo e do custo em relação ao processo manual;
- Permitir a execução das Inspeções Preditivas da empresa de forma sistemática;
- Diminuir do risco de que eventuais falhas catastróficas ocorram com os ativos;
- Aumentar a confiabilidade dos resultados das Inspeções Preditivas;
- Apresentar medidas de desempenho centralizadas;
- Medir eficiências / ineficiências no processo;
- Gerar relatórios detalhados mostrando novas tendências;
- Economizar tempo em comparação com a execução de vários processos individuais;
- Obter visibilidade total de todos os sistemas instantaneamente;
- Identificar, de forma rápida, as não conformidades e identificação de correlações entre os dados;
- Centralizar a visualização dos alarmes e valores das Plantas / UHE / Equipamentos;
- Realizar a Gestão do Processo:
- Notificações automáticas de Inspeções Preditivas cuja execução esteja atrasada ou que seja necessária;
 - Priorização por classificação de risco dos ativos;
 - Controle de estoque de óleo com notificação de volume baixo;
 - Automação do processo de “cobrança” da execução das Inspeções Preditivas;
 - Apresentação de índices de desempenho das inspeções e estado dos ativos.
- Apresentar o estado atual da condição dos ativos avaliados através de qualquer técnica preditiva, dentre as quais se podem destacar:
 - Análise de óleo lubrificante;
 - Análise de óleo isolante;
 - Termografia;
 - Análise de Vibração;

- Ultrassom;
- Novas Técnicas Preditivas a serem introduzidas futuramente.

4.0 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SISTEMA EAMON LION

Tendo em vista atender às necessidades tecnológicas que se configuram como necessárias a um Sistema com as características descritas nos objetivos descritos acima (Item 3.0), optou-se por uma estratégia que incorpora a utilização de tecnologias avançadas, já comprovadamente eficazes em seu uso, em conjunto com sistemas de comunicação via Web e conceitos de “Data Analytics” (“Machine Learning”).

Dessa forma, o Sistema EAMON Lion é capaz de integrar as técnicas de Manutenção Preditiva em um âmbito corporativo, através de ferramentas de visualização e diagnóstico unificadas. Isto permitirá a correlação de informações entre diferentes plantas, ajudando na disseminação e aplicabilidade das técnicas.

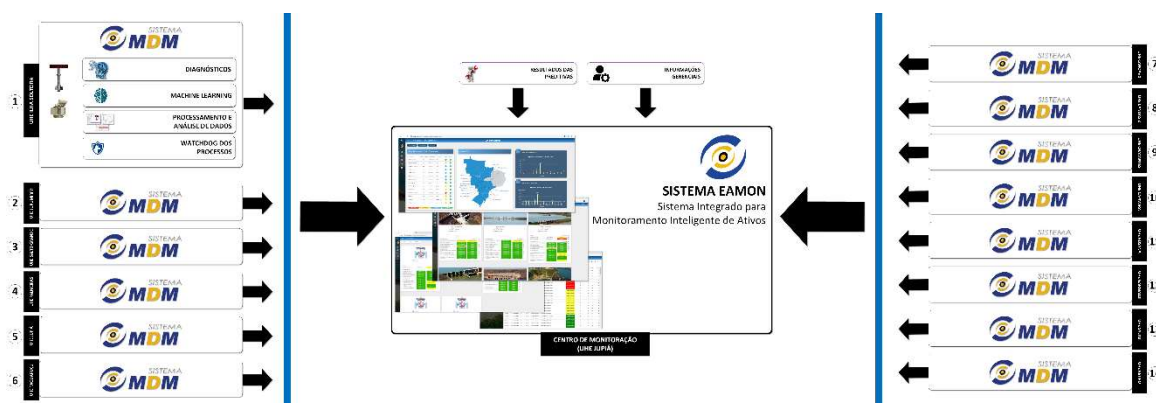


FIGURA 2 - Arquitetura integrada do Sistema EAMon Lion com o Sistema MDM existente nas 14 Usinas.

5.0 - ARQUITETURA DO SISTEMA MDM

A metodologia computacional envolveu o uso de módulos de Sistema de Monitoramento e Diagnóstico Automático de Falhas em Equipamentos - Sistema MDM (Sistema Especialista Fuzzy) já existentes nas UHEs, integrando as técnicas de Análise Inteligente de Dados (Data Analytics / Machine Learning), em uma configuração híbrida, se constituindo em uma poderosa ferramenta, original para esse tipo de aplicação.

As aplicações dessas técnicas são extremamente adequadas, devido à necessidade de tratamento da enorme quantidade de dados/informações que serão geradas a partir da integração dos processos de Manutenção Preditiva, considerando todas as UHEs.

A arquitetura do Sistema de Monitoramento e Diagnóstico Automático – Sistema MDM, utiliza uma estratégia de aquisição de dados distribuída. Através de uma rede de dados, esses sinais são transmitidos para o Servidor do Sistema MDM. O Servidor possui uma porta de comunicação com a rede corporativa da Usina, o que permite o acesso aos seus dados a partir de qualquer computador com acesso à rede.

Um diagrama esquemático, com a representação da arquitetura existente em cada uma das UHEs, é apresentado a seguir, na Figura 3:

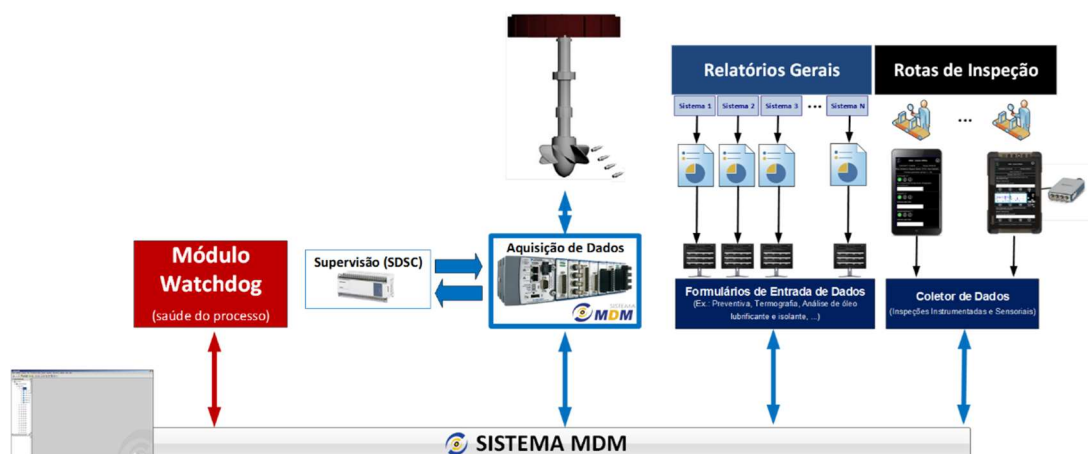


FIGURA 3 – Diagrama da arquitetura do Sistema MDM em cada UHE da CTG Brasil.

O Módulo de Coleta Offline (MDM Coletores portáteis – Tablets ou Smartphones - com suporte a sistemas operacionais Android, iOS ou Windows) centraliza os dados obtidos através de inspeção que possuem baixa frequência de coleta (uma vez ao dia, por exemplo). Esses dispositivos para a execução de rotas de inspeção, são capazes de coletar dados instrumentados (valores numéricos inseridos) ou informações sensoriais com “valores” simbólicos (dados advindos de visão, audição ou tato). Para permitir que os resultados de sistemas de coletas de dados preditivos existentes se comuniquem com o módulo, foram desenvolvidos submódulos computacionais que fazem a normalização destes dados para um formato comum ao Sistema como um todo.

Estes submódulos foram desenvolvidos na forma de formulários de preenchimento manual (MDM Formulários) ou leitura sistemática na base de dados destes sistemas (quando esta leitura for tecnicamente viável).

6.0 - GESTÃO DO PROCESSO DE INSPEÇÕES PREDITIVAS

Através do Sistema EAMon Lion é possível realizar a gestão dos dados das Inspeções que ficam concentrados em uma única plataforma amigável. Nesta plataforma é possível monitorar os resultados das últimas Inspeções Preditivas realizadas em cada Usina, obter a indicação de atrasos na execução das Manutenções Preventivas e Inspeções Preditivas, além de notificar imediatamente os valores medidos que estiverem fora dos limites estabelecidos, de forma a agilizar ao máximo a tomada de decisões da equipe de Manutenção.

O Sistema apresenta o estado atual da condição dos ativos avaliados através de qualquer técnica de Inspeção Preditiva prevista no Item 3.0, apresentadas anteriormente, e possui as seguintes principais características:

- Notificações automáticas de Inspeções Preditivas cuja execução esteja atrasada ou que seja necessária;
- Automação do processo de “cobrança” da execução das inspeções preditivas;
- Apresentação de índices de desempenho das inspeções e estado dos ativos;
- Medir eficiências / ineficiências no processo;
- Realizar a gestão do Processo:
 - Priorização por classificação de risco dos ativos;
 - Controle de estoque de óleo com notificação de volume baixo;
 - Apresentação de Índices de Desempenho das Inspeções e estado dos ativos.
- Visualização customizável e centralizada dos resultados e planejamento das Inspeções Preditivas das Usinas através de relatórios com não conformidades ou desvios, valores anormais ou prazo estourado, priorização entre Usinas, risco;
- Permitir o cadastro sistemático dos resultados de todas as Inspeções Preditivas;
- Inserir de forma automática os resultados das Inspeções Preditivas integrados com os dados de monitoramento online no Sistema MDM.

7.0 - INTERFACE DO SISTEMA EAMON LION: PORTAL “DASH BOARD WEB”

A interface visual do Sistema EAMon Lion é baseada no conceito de Portal Web Dashboard, ou Detalhamento sob Demanda. Os painéis fornecem visões para indicadores chave, relevantes para o processo. O uso de Dashboard permite a visualização de várias informações de forma centralizada e organizada, fornecendo assim um "instantâneo" do processo. O Dashboard é exibido em um Portal Web que está vinculado ao Sistema EAMon Lion que por sua vez mantém as informações constantemente atualizadas.

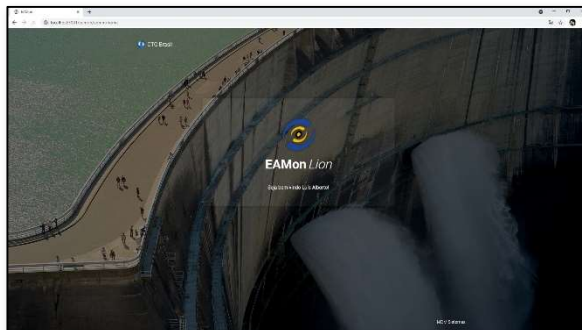


FIGURA 4 - Tela principal do Portal EAMon Lion.

7.1 - Características “Drill down” ou Detalhamento sob Demanda

O Dashboard do Sistema EAMon Lion inclui diversas informações de contexto, comparações e histórico, juntamente com avaliadores de desempenho. Os painéis são analíticos e suportam interações com as informações, como a possibilidade de obtenção de maior detalhamento em níveis, interações estas chamadas de “Drill down”.

A Figura 5, abaixo, apresenta o diagrama da hierarquia do Monitoramento e Controle das Inspeções Preditivas com a visão geral de todas as UHEs da empresa com seu respectivo estado de alertas:

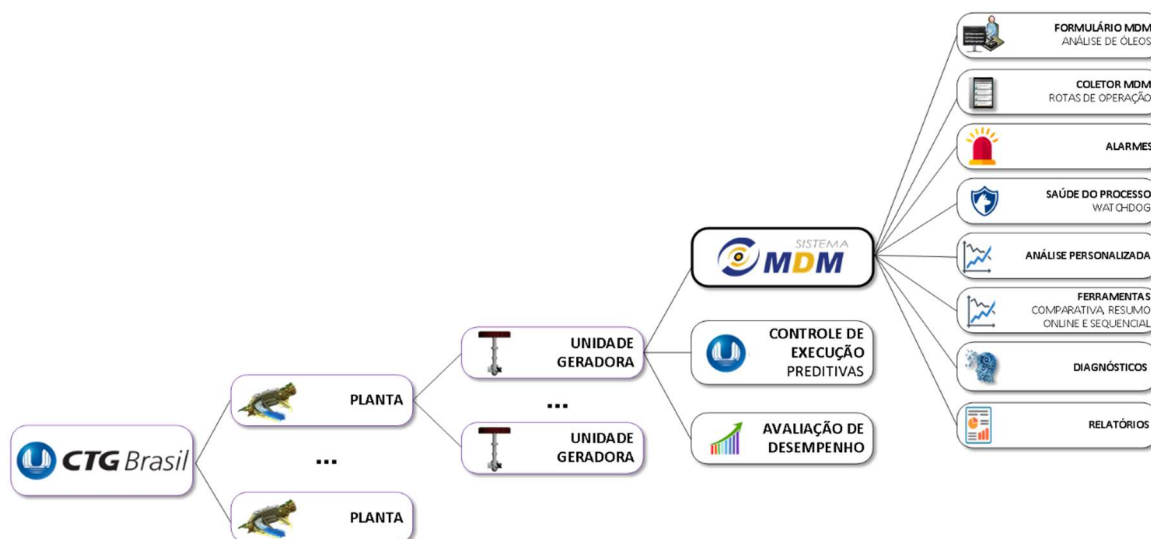


FIGURA 5 - Esquemático da função Detalhamento sob Demanda (“Drill down”).

Os benefícios do uso Dashboard incluem:

- Apresentação centralizada de medidas de desempenho;
- Medir eficiências / ineficiências;
- Capacidade de gerar relatórios detalhados mostrando novas tendências;
- Economizar tempo em comparação com a execução de vários processos individuais;
- Obter visibilidade total de todos os sistemas instantaneamente;
- Identificação rápida de não conformidades e correlações de dados.

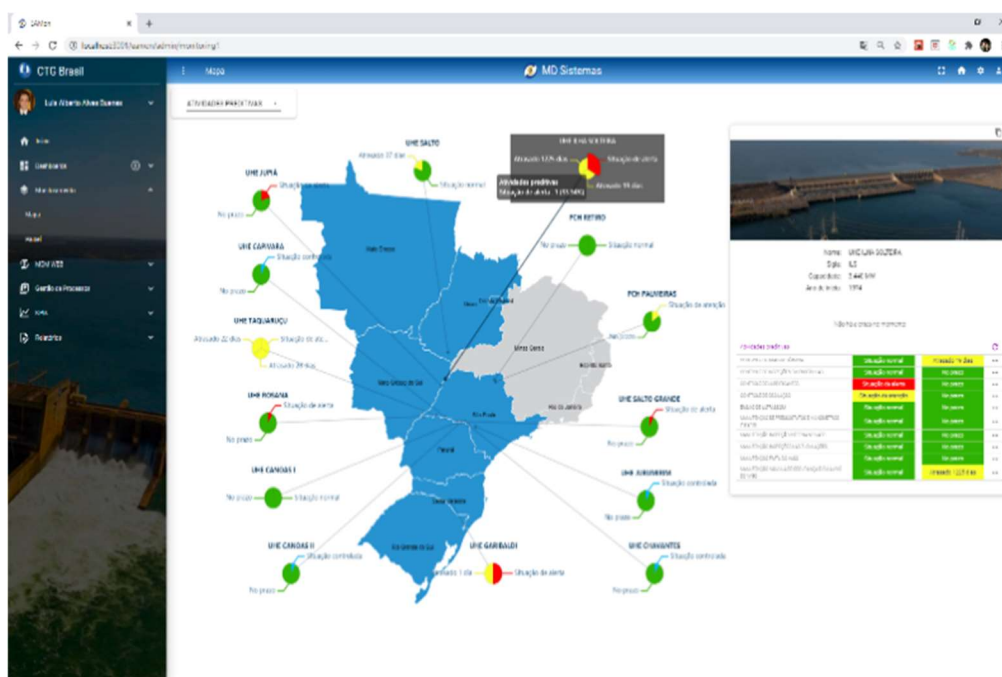
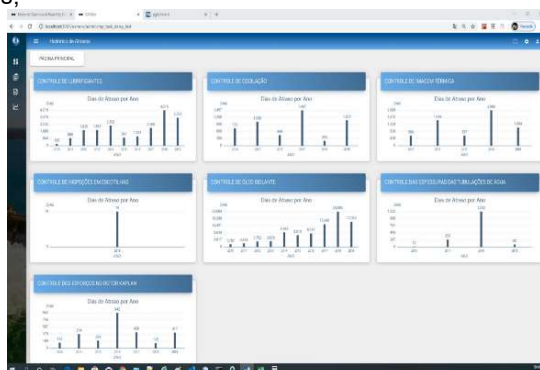


FIGURA 6 – “Drill down” Nível 1 – Corporativo: Todas as Plantas.

7.2 - Características da Gestão do processo de Inspeções Preditivas

As Figuras apresentadas abaixo apresentam algumas telas de Interface para controle das Inspeções Preditivas nas Usinas;



FIGURAS 7 e 8 – Vários gráficos de barra, um para cada Inspeção Preditiva, informando o desempenho do processo: número de dias de atraso por ano, para cada tipo de Inspeção.

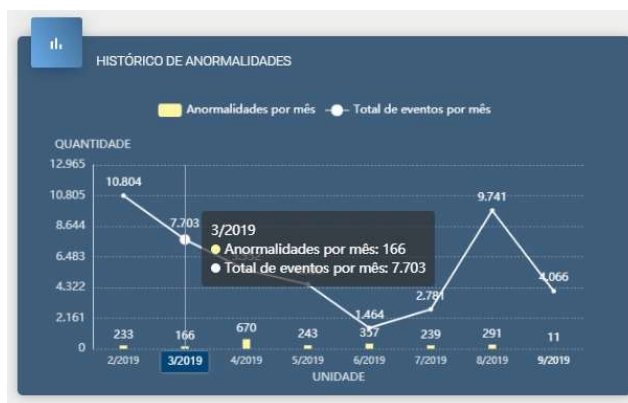


FIGURA 9 - Gráficos apresentando a quantidade de anormalidades para toda a Empresa, por ano. Total de anormalidades por mês, considerando todas as técnicas de Inspeção Preditivas.

FIGURA 10 - Interface para inserção do resultado das Inspeções Preditivas: data, estado e comentário.

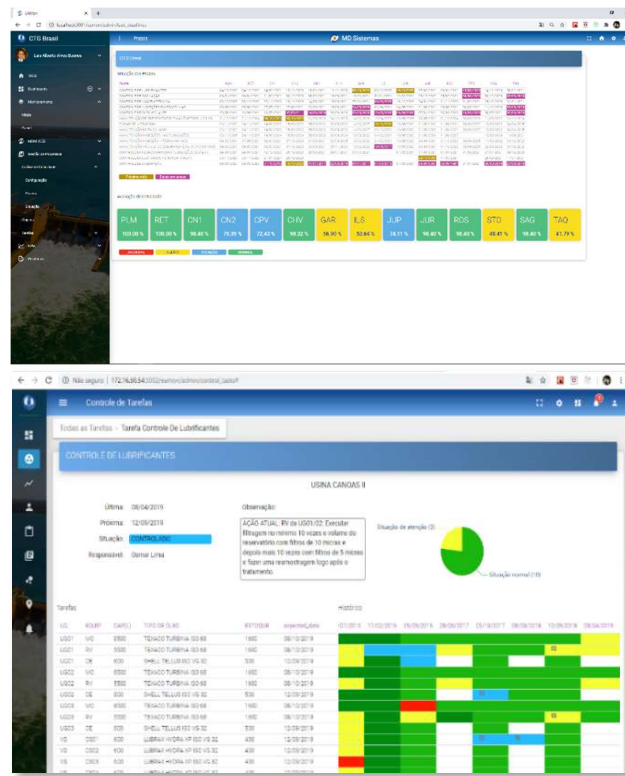


FIGURA 11 - Apresentação de Índices de Criticidade na execução das Inspeções Preditivas nos ativos da UHE.

8.0 - INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

A MDM Sistemas, com seus parceiros neste Projeto, desenvolveu uma solução inovadora, que agrega tecnologia de ponta ao Sistema, com a adoção de novas técnicas de processamento intensivo de dados e Inteligência Computacional. Suas características inovadoras, introduzidas no desenvolvimento, visaram à obtenção de resultados confiáveis e de fácil acesso às equipes de Manutenção e Operação da CTG Brasil.

A principal inovação introduzida no Sistema EAMon Lion está relacionada com a integração de técnicas de Inteligência Computacional entre Banco de Conhecimentos, baseado em regras, com técnicas de “Data Analytics” (“Machine Learning”). Como resultado, o Módulo de Diagnóstico (Sistema MDM) adquiriu características de um Sistema Híbrido, com um potencial de detecção e capacidade de Diagnóstico extremamente amplificados em seu uso.

A Figura 12 apresenta, de forma simplificada a arquitetura da solução desenvolvida para o Sistema EAMon Lion.

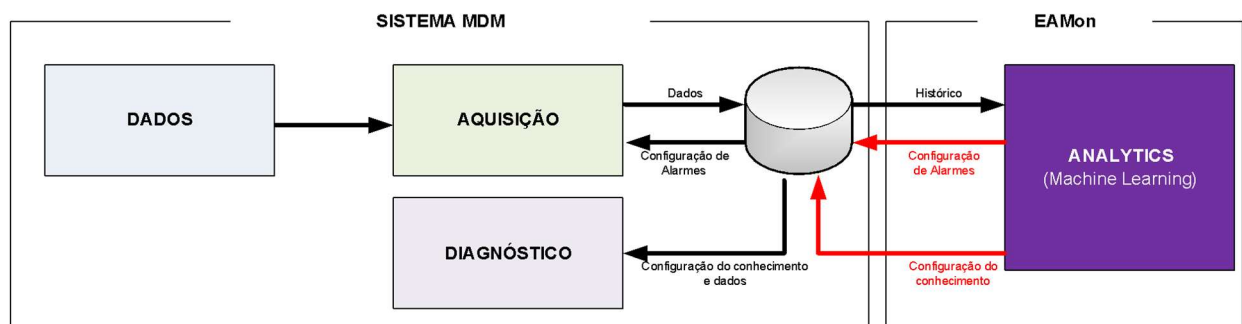


FIGURA 12 - Arquitetura do Módulo de Diagnóstico do Sistema EAMon Lion integrado com Módulo “Data Analytics”.

9.0 - RESULTADOS OBTIDOS

Os principais resultados observados até a atual etapa de utilização do Projeto do Sistema EAMon Lion são:

- Capacidade de apresentar a condição atual dos ativos, avaliados através de qualquer técnica preditiva descrita no item 3.0;
- Visualização centralizada dos alarmes e valores das Plantas / UHE / Equipamentos (Telas projetadas para utilização em Central de Monitoramento de Ativos);
- Solução modular e escalável - permite a expansão e substituição de funcionalidades e novas Técnicas Preditivas com mínimo impacto e esforço;
- Gestão do Processo:
 - Notificações automáticas de Inspeções Preditivas cuja execução esteja atrasada ou que seja prioritária;
 - Priorização por classificação de risco dos ativos;
 - Controle de estoque de óleo com notificação de volume baixo;
 - Apresentação de índices de desempenho das inspeções e do estado dos ativos.
- Disponibilização de Relatórios para acesso às informações dentro do Portal.
- Concentração dos dados coletados pelos operadores através de dispositivos móveis, inseridos em forma de carga de dados oriundos de laudos dos laboratórios contratados, por formulários eletrônicos e outros. As informações são integradas na base de dados do Sistema MDM, permitindo a correlação com os dados obtidos pelos sensores instalados nos equipamentos e com os parâmetros operacionais (SCADA, Sistemas PIMs), aumentando consideravelmente a capacidade de detecção, análise e diagnóstico de falhas;
- O EAMon Lion se caracteriza por seu conceito extremamente versátil, modular e configurável, podendo ser instalado em Empresas (Geração & Transmissão) com grande número de ativos submetidos a Estratégias de Manutenção Preditiva: Monitoramento Contínuo ou Periódico (On-line e Off-line) de parâmetros;
- Permite integração com o controle de acesso corporativo da CTG Brasil.
- O Sistema EAMon Lion foi desenvolvido como um produto de mercado que poderá ser comercializado e instalado em outras empresas do Setor Elétrico nacional e internacional (Suporte para linguagens espanhol e inglês).

10.0 – CONCLUSÕES

De forma resumida, os principais benefícios que podem ser obtidos a partir da utilização do Sistema EAMon Lion são as seguintes:

- Redução de tempo e esforço para a execução do processo de análise preditiva;
- Custo reduzido de operação devido à sistematização da fiscalização;
- Eliminação de problemas decorrentes de má comunicação entre as partes;
- Redução significativa risco de confiabilidade devido a erros de digitação e/ou interpretação;
- Coleta, Análise e Visualização sistematizada e customizável de todas as Inspeções Preditivas nas Usinas;
- Coleta, Análise e Visualização sistematizada e customizável de dados referentes à saúde dos processos envolvidos no Sistema EAMon Lion (falhas de software e hardware);
- Análise centralizada em um Centro de Monitoramento dos dados coletados e diagnosticados pelo Sistema MDM em cada planta;
- Visualização customizável e centralizada dos resultados e planejamento das Inspeções Preditivas das Usinas através de relatórios com não conformidades ou desvios, valores anormais ou prazo estourado, priorização entre Usinas, risco;
- Visualização customizável e centralizada dos dados, das análises e dos diagnósticos das Usinas através de uma visão que não requer ser especialista apresentando também visão geral para o gerente, responsável por controlar a preditiva;
- Evolução do conhecimento técnico dos profissionais da CTG, mediante a expansão na Base de Regras de Análise e Diagnóstico do Sistema EAMon Lion;
- Emissão de Relatórios customizados a partir dos resultados gerados pela execução dos diagnósticos;
- Capacitação, conhecimento técnico e experiência adquiridos no desenvolvimento do Projeto, assim como na sua operação subsequente estarão sob o controle da equipe técnica da CTG.

Com isso podemos afirmar que, de forma geral, o uso do Sistema promoverá um significativo avanço na capacidade de a Equipe de Manutenção da CTG conhecer a condição operativa dos seus Ativos e, assim, planejar com segurança as intervenções e prevenir ocorrências catastróficas com consequente perda de geração, motivados pelo aumento da velocidade e capacidade de identificação antecipada de problemas nas Unidades Geradoras e Sistema Auxiliar das UHEs.

11.0 - AGRADECIMENTOS

Agradecimento póstumo ("In memoriam"): Sr. Marco Antônio Leão.
Equipe de Engenharia de Manutenção Eletromecânica, CTG Brasil

O Sr. Marco Leão, além de uma pessoa exemplar, foi um profissional de suma importância para o sucesso deste desenvolvimento, tendo sido um dos responsáveis pelo nascimento da ideia do Sistema EAMON Lion. Tanto é que o nome do Sistema incorpora hoje o seu sobrenome.

12.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

12.1- AZEVEDO, H.R.T.; SOUZA, S.P.S.; MARTINS, F.R. "Sistema MDM - Monitoração e Diagnóstico de Máquinas: Sua utilização na detecção, análise e diagnóstico de defeitos em Hidrogeradores, utilizando informações de múltiplos parâmetros", I SMER: Seminário de Manutenção de Equipamentos Rotativos, 19 a 23 de setembro de 2005, São José do Rio Preto – SP.

12.2- MARTINS, F.R.; AZEVEDO, H.R.T; SOUZA, S.P.S.; FERRAZ, L.; PITANGUI, C.; "A Utilização de Sistemas Especialistas Fuzzy para Formalização da Memória Organizacional sobre o Diagnóstico de Falhas em Unidades Geradoras", II ENAM, novembro de 2004, Belém, PA.

12.3- Proposta Técnica de Projeto P&D ANEEL - MDM Sistemas: PP-PED019-C-001: "Desenvolvimento de Sistema Inteligente e Integrado para a Gestão, Monitoramento e Diagnóstico Automático de Ativos – Sistema EAMon", de 28/03/2019.

12.4- Relatórios Técnicos de Acompanhamento Mensal: RM-PED024-P-01 ao 026: Relatórios de Acompanhamento Mensal Projeto "EAMon Lion – Sistema para Gestão, Monitoramento e Diagnóstico Automático de Ativos", 06/2019 a 08/2021.

DADOS BIOGRÁFICOS



(1) HÉLIO RICARDO T. DE AZEVEDO.

Engenheiro Mecânico, UFRJ (1978), Mestre em Engenharia Mecânica, COPPE/UFRJ (1984). Aprovado nas disciplinas para Doutorado, Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, UNICAMP (1990-1992). Pesquisador Responsável pelo Laboratório de Propriedades Mecânicas (LPM) e Coordenador de Programa de Pesquisas do CEPEL (1978-2000). Membro Titular da Academia Nacional de Engenharia-ANE (2015). Atualmente é Diretor Geral da Empresa MDM Sistemas Ltda, com atividades de desenvolvimento de soluções avançadas para Diagnóstico Computacional de Grandes Máquinas e Ativos Industriais e Consultoria Técnica para resolução de problemas na área de Geração Elétrica no Brasil e no Exterior.

(2) EVERTHON ELIAS ALCÂNTARA DOS SANTOS.

CTG Brasil, Coordenador de Engenharia de Confiabilidade (2019 até o momento), Especialista de Manutenção (2016 a 2019). Endesa Geração / Enel Geração, Especialista de Planejamento em Manutenção (2012 a 2016). CBA (Grupo Votorantim), Engenheiro de Manutenção Sênior (2004 a 2011).

(3) PEDRO GAYER DE ARAUJO.

Engenheiro eletricitista graduado pela UFF - Universidade Federal Fluminense e com formação em Gestão de Projetos pela FIA - Fundação Instituto de Administração, atua com o programa de Pesquisa & Desenvolvimento regulado pela ANEEL desde 2016. Atualmente trabalha na área de P&D I da CTG Brasil, multinacional que opera no Brasil focado 100% em geração de energia limpa.

(4) SANDERSON PEREIRA SIMÕES DE SOUZA.

Graduado em Engenharia Mecânica pela UFRJ, MBA em Engenharia de Manutenção pela ABRAMAN/UPADI/UFRJ e Mestrado em Engenharia Mecânica, COPPE/UFRJ. Já atuou como Engenheiro Mecânico no CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Atualmente, atua como Gerente de Engenharia na MDM Sistemas Ltda, onde vem desempenhando atividades de Gerenciamento da execução de projetos cujo objetivo foi realizar a instalação do Sistema para Monitoração e Diagnóstico Automático – Sistema MDM em diversas empresas do Setor Elétrico. Realização de treinamentos sobre a utilização dos Sistemas MDM e Gerenciamento de Projetos de P&D.

(5) LUCIANO RAIMUNDO CHAGAS COSTA JUNIOR.

MDM Sistemas - Desde 2012, Gerente de Desenvolvimento de soluções e arquiteto do novo Sistema MDM. Engenheiro Eletrônico pela UFRJ/RJ, em 1990. MSc em Engenharia Elétrica pela PUC/RJ em 1992, com tese em Diagnóstico de Máquinas Hidrogeradoras. Desenvolvimentos de Sistemas: Empresa de telecomunicação CLARO/RJ/SP - Sistema de integração - INTEGRADOR. CEPEL / ELETROBRAS - Sistema para simulação de vibrações em máquinas hidrogeradoras - ROTMEF. Módulo de diagnóstico no sistema DIAHGER. Arquitetura inicial do sistema de monitoração e diagnóstico - SOMA; CENPES / PETROBRAS - Sistema para distribuição inteligente de equipamentos offshore - ADDVAV. Motor de inferência do sistema de projetos de tubos para plataformas offshore – FRAES

-----XXXXXXXXXX-----