

# RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE ATIVOS INTEGRANDO OS SISTEMAS DE CONTROLE E MANUTENÇÃO\*

Marcio Nicolay (1)

## Resumo

Este trabalho aborda as principais características dos sistemas de controle e das políticas de manutenção atualmente em uso, com especial destaque para as preditivas *on line*, as tendências que têm sido apontadas e ofertadas no mercado e os benefícios da integração entre os dois sistemas. É apresentada a aplicação prática de um sistema de diagnóstico da condição de ativos (também chamado de sistema de gestão de ativos na prática de mercado) integrado ao sistema de controle do processo, os benefícios que se pode obter do mesmo e os ganhos que foram obtidos em uma planta de mineração. Estes ganhos mencionados referem-se a perdas evitadas em um britador, uma peneira vibratória e um tambor de um transportador de correia.

**Palavras-chave:** Monitoramento da Condição; Saúde de Ativos; Gestão de Ativos; Políticas de Manutenção.

## RESULTS FROM AN ASSET DIAGNOSTIC SYSTEM IMPLEMENTATION, INTEGRATING CONTROL AND MAINTENANCE SYSTEMS

### Abstract

This paper discusses the main characteristics of the control systems and maintenance policies currently in use, especially the online predictions, the trends that have been pointed out and offered in the market and the benefits of the integration between the two systems. It presents the practical application of an asset condition diagnosis system (also called asset management system in market practice) integrated with the process control system, the benefits that can be obtained from the process and the gains that were obtained.

These gains refer to the process interruption avoidance for equipment problems correction identified in a crusher, vibratory screener and conveyor drum.

**Keywords:** Condition Monitoring; Asset Health; Asset Management; Maintenance Policies.

<sup>1</sup> (1) Engenheiro Eletricista, Mestre em processos industriais, engenheiro Especialista, ABB, São Paulo, SP, Brasil...

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos pela implantação de um Sistema de Gerenciamento de Ativos integrado ao Sistema de Controle de Processo e Elétrico, focado em permitir o diagnóstico antecipado, otimizar o planejamento das atividades de manutenção baseada na condição e eliminar “ilhas de gerenciamento” não integradas ao sistema de controle.

Esse sistema foi instalado em uma mina de ferro, na área da usina, contemplando as máquinas de pátio (empilhadeiras e retomadoras), transportadores de correia, britadores, peneiras vibratórias e equipamentos elétricos, como motores, transformadores e painéis e equipamentos de TI e Automação.

O principal resultado da implantação deste sistema em especial, é evitar a percepção errônea de que o sistema de gestão de ativos é um item de luxo ou difícil de justificar o investimento financeiramente. Além disso, um programa de monitoramento e diagnóstico de ativos consistente e bem implantado elimina a manutenção desnecessária, reduz as atividades de inspeção em campo, em especial em áreas de difícil acesso ou de risco e reduz as ocorrências de manutenção corretiva emergencial melhorando os índices de produtividade da planta podendo ser implantado com o aproveitamento das tecnologias já existentes na fábrica, proporcionando uma integração gradativa entre as equipes de operação, automação e manutenção.

### 1.1. Políticas de Manutenção e sua Aplicabilidade

De uma forma geral pode-se classificar as políticas em manutenção em Preventiva e Corretiva (LAFRAIA, 2006), no entanto, subdivisões podem ser definidas como forma de melhorar a aplicação das políticas às características de falhas dos ativos a serem atendidos e às demandas dos sistemas de produção e do negócio, em última análise.

Existem definições de variadas fontes para políticas de manutenção e para efeito de melhor comparação, algumas dessas definições estão apresentadas na Tabela 1.

Além dessas definições clássicas de políticas de manutenção, a metodologia de RCM tem suas definições próprias para os meios de mitigar, ou de responder aos modos de falha que venham a ser identificados, considerando-se sua característica de evolução no tempo (curva p-f) e sua característica de probabilidade de falha.

Moubray (1997) as classifica em tarefas proativas e ações padronizadas, sendo as tarefas proativas subdivididas em:

- Restauração Programada;
- Descarte Programado; e
- Manutenção por Condição,

Essas tarefas se podem classificar, na linguagem clássica, como Manutenção Planejada para os dois primeiros casos e Manutenção Baseada na Condição para o último caso.

As ações padronizadas lidam com os ativos já em estado de falha, que são aplicáveis quando tarefas proativas, preventivas, ou preditivas, não sejam viáveis. Essas tarefas são subdivididas em:

- Localização da falha;
- Usar até quebrar; e
- Reprojeto.

As duas primeiras atividades se podem classificar como manutenção Corretiva, na linguagem clássica e a última tarefa é comum ser chamada também de Manutenção de Melhoria, por alguns autores.

Outros termos são encontrados em algumas outras referências, tais como “manutenção deferida”, “manutenção automática” e “manutenção remota”. Mas não são de interesse para este trabalho.

Partindo das definições vistas anteriormente, pode-se classificar as políticas de manutenção, de forma simplificada, em:

- Manutenção Preventiva Programada;
- Manutenção Baseada na Condição (que engloba o Monitoramento da Condição); e
- Manutenção Corretiva.

A Manutenção Preventiva deve ser aplicada quando o modo de falha tem característica de desgaste e portanto pode-se prever, com base em cálculos estatísticos, o melhor momento para troca de componentes, medições, ajustes, limpeza etc, comportamento de probabilidade de falhas conforme apresentado na Figura 1, ou quando o modo de falha que se quer evitar seja caracterizado por envelhecimento acelerado no final de vida, conforme Figura 2.

Figura 1: Curva de probabilidade de falha de desgaste



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2: Curva de probabilidade de falha por envelhecimento



Fonte: Elaborado pelos autores

Ainda que alguns equipamentos tenham sua curva de probabilidade de falha com distribuição exponencial, Figura 3, isto é, não se pode prever em que momento é mais provável a ocorrência da falha, pode acontecer que algum, ou alguns de seus componentes críticos tenham curva de probabilidade de falha que denote desgaste e nesses casos a Manutenção Preventiva programada será aplicável, como por exemplo, os casos de *overhaul* de turbinas.

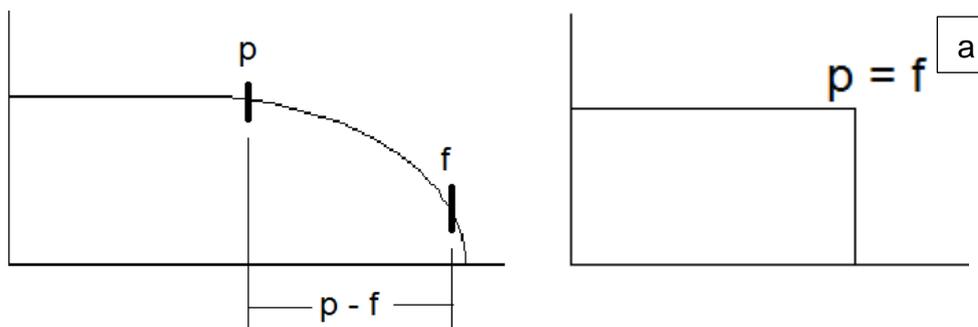
Figura 3: Curva de probabilidade de falha aleatória, ou exponencial



Fonte: Elaborado pelos autores

A Manutenção Baseada na Condição deve ser aplicada sempre que uma característica de desgaste, ou de envelhecimento, não puder ser identificada e quando a curva p-f, demonstrada na figura 4, que descreve o tempo que decorre entre o início do desenvolvimento de uma falha até a ocorrência dessa, apresentar um intervalo p-f que possibilite a identificação segura do modo de falha e o planejamento e execução de uma ação de manutenção para restaurar a condição operacional do equipamento.

Figura 4: Exemplos de curva p-f



Fonte: Elaborado pelos autores

Nos exemplos da Figura 4, a curva p-f “a” admite uma ação de manutenção quando o modo de falha inicia a se manifestar, no entanto, na curva “b” isso se torna impossível.

## 1.2. Tendências em Aplicação de Digitalização para a Manutenção

Como impulso natural dos seres humanos, tem-se procurado, constantemente, a obtenção de melhores resultados nas atividades desenvolvidas e não tem sido diferente na área da manutenção industrial. Já na década de 1970, pode-se destacar o trabalho de Nowlan e Heap (1978), buscando meios mais eficazes de obter bom desempenho dos equipamentos ligados à aeronaves, com custos mais adequados. Priorizando a manutenção baseada na condição, através de inspeções planejadas, para identificar as falhas em seu estágio inicial e evitar riscos à segurança e à Operação.

Já na década de 1990, Moubray (1997) traz considerações importantes sobre como estabelecer o intervalo p-f para cada modo de falha e tem duas frases significativas que são transcritas a seguir:

*Em teoria, é possível determinar o intervalo p-f observando continuamente um item que esteja operando, até que ocorra uma falha potencial, ...*

*Claramente essa abordagem é impraticável, devido ao elevado custo envolvido, ....*

Partindo-se dessa constatação de Moubray pode-se avaliar que a tecnologia tem evoluído e tornado esta assertiva não mais verdadeira.

Não somente é viável um monitoramento contínuo de determinados modos de falha, como também a definição das variações de degradação dos ativos em função de sua condição operacional. Em parte, pelo desenvolvimento de novos e mais eficientes dispositivos e pelo barateamento destes e em parte pelas novas possibilidades de integração de diversos sistemas, possibilitando a combinação de informações para uma avaliação mais ampla da condição operacional dos ativos.

Esse desenvolvimento da tecnologia de obtenção de dados tem evoluído para a utilização destes, transformando-os em informação que é utilizada na geração de diagnósticos e prognósticos.

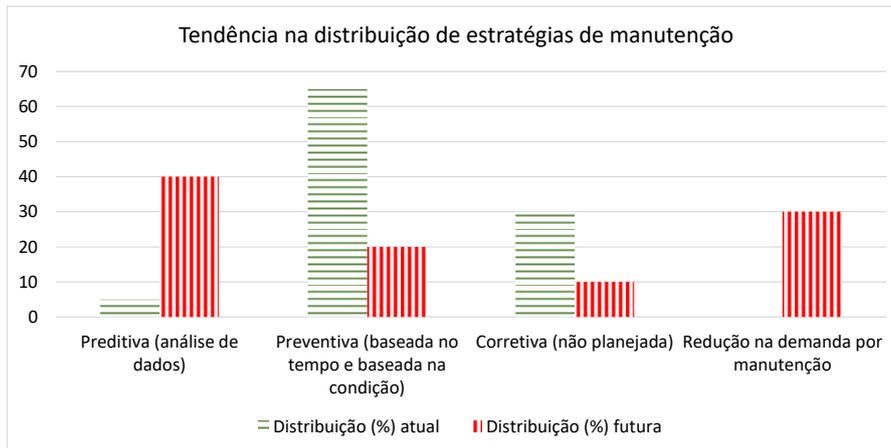
Embora poucos ainda se utilizem dessas possibilidades, ao menos de modo ostensivo, tem-se observado que muitas empresas têm buscado conhecer essa maneira de utilizar os dados disponíveis nos sistemas a favor de um melhor desempenho dos ativos e por consequência de melhores resultados operacionais.

Em estudo da ARC Advisory Group (2012), foi demonstrado que um sistema de monitoramento contínuo tem um alto impacto na disponibilidade operacional em 87% dos casos e um médio impacto em 12% dos casos. Além de trazer uma redução de custos operacionais e de manutenção, de alto impacto, em quase 60% dos casos.

Se uma tecnologia tem alto impacto na melhoria de desempenho e na redução de custos, a tendência é de que se torne cada vez mais aplicada e melhorada. E isso é o que se tem observado em relação ao monitoramento contínuo dos ativos.

Na área de extração de petróleo, por exemplo, Kar et al. (2017) estimam uma mudança de paradigma na distribuição de estratégias de manutenção, conforme Figura 5, com consequente redução de custos operacionais em 40%, devido a digitalização das informações e processos de decisão.

Figura 5: Tendência de distribuição de estratégias de manutenção



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Kar et al. (2017)

Um evento que reforça a tese de ampliação da abordagem digital nos negócios é a recente criação de um grupo de trabalho chamado Aliança Brasil 4.0, que acomoda o setor público e privado num objetivo comum de modernizar a automação da indústria nacional para que volte a ser competitiva no mercado internacional.

Empresas de *Engineering Procurement and Construction* – EPC (Engenharia, Gestão de compras e Construção) quando pedem cotação para novos empreendimentos industriais, já estão exigindo sistemas de gestão de ativos ou, numa linguagem mais técnica, sistemas de diagnóstico de ativos integrado ao sistema de controle.

Exemplos de aplicação de digitalização na manutenção preditiva tem sido trazidos também por Gold (2018), em especial para ferrovias, automóveis e máquinas agrícolas.

As empresas que oferecem essa nova metodologia têm se concentrado em desenvolver sistemas que atuam com base nas metodologias:

- gestão de alarmes: coletam os alarmes de diversos ativos a centralizam num único painel, facilitando a visualização e integração;
- análise de dados (*Data Analytics*), que se caracteriza por coletar e organizar dados significativos para as análises que se deseja fazer, e tratar esses dados de modo a poder concluir sobre o objeto da análise; e
- aprendizagem de máquina (*Machine Learning*), onde muitos dados são coletados e utilizados para que o sistema de monitoramento conclua sobre a condição dos ativos sem interferência humana.

A metodologia “Aprendizagem de máquina” oferece vários métodos de análise, como segregação, análise de regressão de uma ou muitas variáveis e rede neural, entre outras. Não se deve esperar dessa metodologia uma varinha de condão que indique problemas sem que lhe tenham sido oferecidos parâmetros para decisão e isso exige um grande banco de dados com as possibilidades de sucesso e de falha.

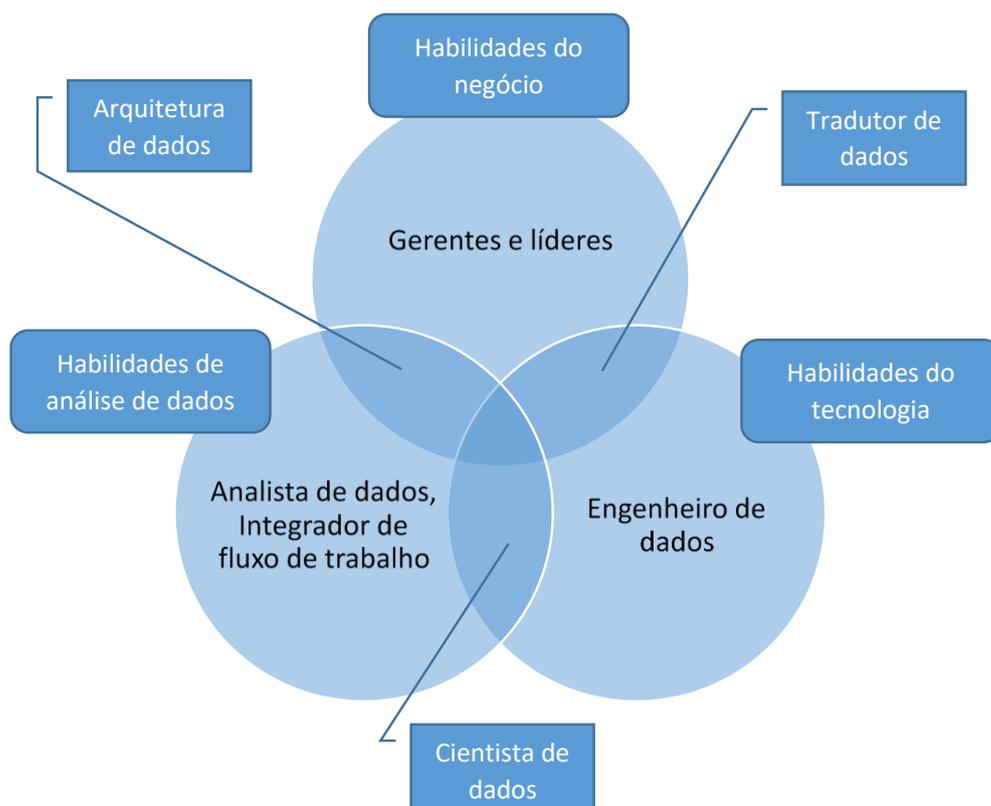
Isto é o que fez a empresa Duke Energy (WEST, 2018), nos Estados Unidos, ao implantar um sistema de monitoramento de seus equipamentos, em especial para vibração e temperatura, onde foi necessário contratar uma Organização não

governamental, que possui dados históricos de diversos usuários e comercializa esses dados para que os sistemas de seus clientes possam ter uma base confiável para gerar seus resultados.

Essa nova maneira de abordar os dados relativos à manutenção dos ativos também tem impacto no mercado de trabalho. Conforme estimativa de Chui (2018), a área de engenharia e tecnologia e de ensino deverão apresentar uma forte expansão, ao passo que outras atividades como manutenção corretiva e montagem, deverão crescer menos ou até decrescer.

Ainda com relação ao mercado de trabalho, Fleming et al. (2018), indica que para a maneira de trabalhar com base em digitalização, deverá envolver diversas funções relativamente novas no mercado de trabalho, para as quais os profissionais em outras atividades deverão migrar. Isso pode ser visto na Figura 7.

Figura 7: Novas ocupações no mercado de trabalho digitalizado



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Fleming et al. (2018)

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Integração entre Sistema de Controle e Sistema de Diagnóstico (Gestão) de Ativos

A tecnologia avança de forma surpreendente e atualmente encontramos sistemas de controle automatizados capazes de realizar operações que requerem um processamento complexo quase que de forma autônoma e sem a necessidade de constantes intervenções humanas. O objetivo de um sistema de controle automatizado é simplificar os processos produtivos para que eles sejam eficientes, seguros e tenham qualidade, isso aumenta a lucratividade, simplifica a operação e a manutenção evitando paradas não planejadas, aumentando a produtividade, melhorando as condições de trabalho e segurança das pessoas.

Ainda é muito comum encontrar instalações industriais que possuem diversos sistemas de controle independentes, dedicados a situações específicas da instalação e desconectados entre si. Com o avanço da tecnologia e os novos requisitos de desempenho de produtividade, é cada vez mais indispensável trabalhar em uma plataforma de controle que seja adaptável, escalável e multifuncional para alcançar o desempenho e o controle máximo de produção. Os sistemas mais modernos atendem desde pequenos sistemas híbridos até grandes aplicações de automação de processos, automação de sistemas de potência e segurança e possuem ferramentas para simplificar e integrar todas as fases de um projeto, da configuração até a entrega para operação, com suporte a protocolos de redes industriais, arquitetura aberta e também recursos confiáveis para melhoria da produtividade. O SMA – Sistema de Diagnóstico de Ativos adiciona funcionalidades avançadas para o suporte ao diagnóstico, notificação de uma falha potencial e a programação de rotinas de manutenção eficientes através do monitoramento contínuo e combinado da condição dos ativos sendo capaz de relacionar os dados disponíveis do sistema de controle, dados técnicos e informações provenientes de sistemas especialistas para até mesmo identificar os indícios de uma possível falha antes que ela ocorra e prejudique o processo produtivo.

O sistema de controle aliado ao SMA fornece dados em tempo real do desempenho dos equipamentos e sistemas, permitindo integrar dados e informações de toda a planta em um único lugar, ampliando as capacidades de autodiagnóstico e identificação da degradação do desempenho para a programação das atividades de manutenção com alto grau de precisão e eficácia, melhorando a confiabilidade dos equipamentos e a estratégia de manutenção preditiva.

O bloco é o componente que analisa dados em tempo real, responsável por consolidar os dados disponibilizados pelo sistema de controle para o SDA. Esta análise é realizada através de condições de monitoramento e diagnóstico customizadas para cada família de equipamentos. Para cada condição monitorada, existe uma lógica/algoritmo que faz uso de variáveis do processo, dados de softwares especialistas, dados nominais fornecidos pelos fabricantes, parâmetros de normas técnicas entre outros, para determinar os alertas e alarmes de saúde dos ativos.

Figura 8: Exemplo de fluxo de dados entre os sistemas



Fonte: Elaborado pelos autores

O Sistema também é integrado ao CMMS (*Computerized Maintenance Management System* – Sistema Computadorizado de Gerenciamento da Manutenção) / EAM (Enterprise Asset Management) para a abertura e acompanhamento do status das notas de manutenção abertas no módulo PM (*Plant Maintenance*) do SAP. As principais vantagens da integração dos dados operacionais e de manutenção em um único sistema de gerenciamento são:

- facilitar a integração entre as diferentes equipes de manutenção e entre a equipe de manutenção e a de operação;
- a detecção de problemas que não podem ser facilmente percebidos com as técnicas de manutenção preditiva atualmente disponíveis;
- a obtenção da visão global da situação dos ativos da planta e também a visão detalhada da situação de cada ativo da planta por família de ativos ou área de processo, auxiliando na análise de falhas e identificação de causas de defeitos.

O sistema identifica pequenos desvios no funcionamento dos ativos por monitorá-los individualmente e em tempo real. Os dados obtidos são organizados para dar suporte a análises de falhas, monitorar o desempenho em tempo real do ativo e para direcionar a ação a ser tomada após a identificação de uma anomalia (manutenção prescritiva). Além disso, a identificação destes desvios possibilita a priorização de ações corretivas planejadas com base na criticidade dos ativos, o que assegura uma manutenção assertiva e capaz de evitar o agravamento de problemas que poderiam resultar em paradas de produção ou acidentes.

## 2.2. Aplicação Prática de Integração entre Sistema de Controle e Sistema de Diagnóstico de Ativos

O sistema instalado monitora cerca de 6500 ativos, que estão categorizados através de famílias de equipamentos de processo, mecânica, elétrica, instrumentação, TI e TA.

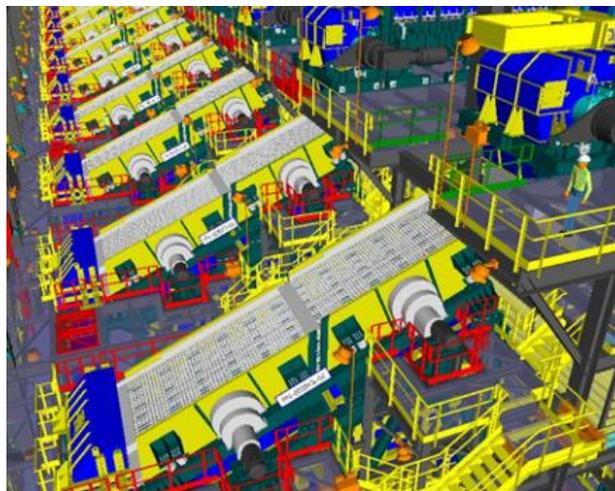
Para o diagnóstico desse universo de equipamentos, foi necessário desenvolver 1 bloco de monitoramento por família, totalizando 59 blocos compreendendo um total de 956 condições/algoritmos. Desta forma, aplicado ao escopo de 6500 ativos (6500 blocos), o sistema monitora em tempo real cerca de 55.000 condições/algoritmos.

Os alarmes de condição gerados pelo sistema, são gerenciados e classificados através da criticidade dos equipamentos, resultando no índice de saúde do ativo. Com essa informação, o profissional de manutenção tem a opção de automaticamente abrir a notificação de serviço no CMMS, uma vez criada a notificação de serviço, esta deverá seguir o fluxo da equipe de planejamento da manutenção, com foco em manutenção baseada na condição.

### 2.3. Resultados obtidos

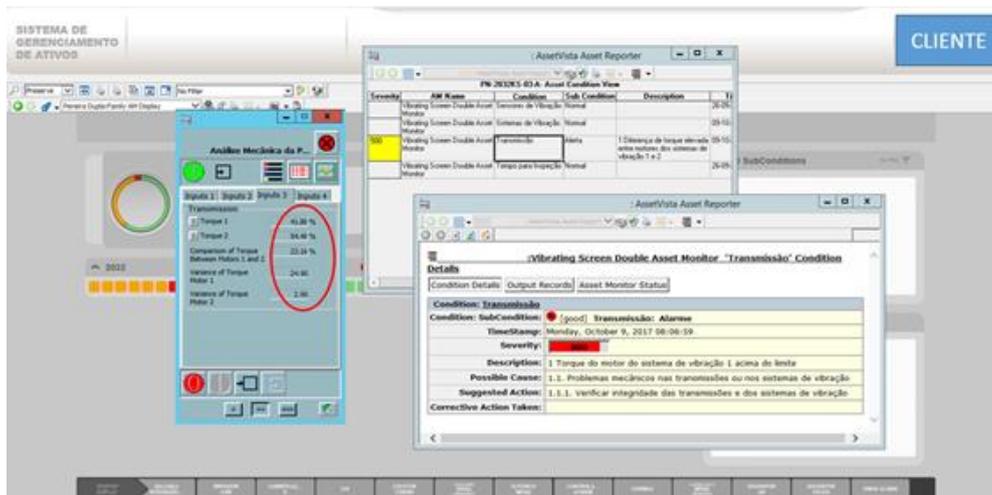
O sistema instalado está monitorando 6500 ativos da planta e foi capaz de identificar uma falha de lubrificação no britador cônico, permitindo a programação antecipada da manutenção baseada na condição e evitando perdas potenciais de produção de 8 horas. O custo desta perda potencial foi avaliado em US\$ 400 mil, sendo US\$ 300 mil relativos a perda de produção e US\$ 100 mil relativos a custo de manutenção emergencial e peças de reposição, que teriam sido danificadas se não fosse feita a intervenção por condição no momento inicial do desenvolvimento da falha. Adicionalmente, outras perdas foram evitadas durante o comissionamento nos equipamentos: tambor de transportador de correia, peneira vibratória e empilhadeira de minério. Sendo que o tambor ofereceu uma redução de perda estimada em USD 8MM, entre peças, Mão de obra, reparos e produção perdida.. A Figura 9 ilustra a área de operação de peneiramento e a Figura 10 ilustra as telas de navegação no Sistema de Diagnóstico de Ativos aplicado.

Figura 9: Desenho ilustrativo da área de peneiramento



Fonte: Imagem obtida na Internet

Figura 10: Telas de navegação do SMA



Fonte: Elaborado pelos autores com base no sistema implantado

### 3 CONCLUSÃO

A digitalização da tratativa dos dados relativos à manutenção tem sido cada vez mais utilizada e a tendência, conforme analisado, é de um aumento exponencial no uso e na sofisticação dos métodos a serem empregados. No entanto, deve haver uma análise preliminar de qual metodologia é a melhor a ser empregada, pois cada uma tem um custo inerente e um resultado a ser oferecido.

A metodologia apresentada aqui, como exemplo de aplicação, utiliza os métodos de gestão de alarmes e de análise de dados (*Data Analytics*), que se mostraram perfeitamente adequados para as expectativas do cliente, trazendo ganhos já na etapa de comissionamento.

Como ganho adicional pode-se verificar que o sistema de diagnóstico de ativos se alinha com o Sistema de Gerenciamento de Ativos, conforme as normas NBR ISO 55000 (2014), na medida em que contribui diretamente para o cumprimento dos requisitos abaixo e indiretamente para os demais:

- Planejamento: riscos relacionados a ativos devem constar do gerenciamento de riscos da organização;
- Operação: tratamento e monitoramento de riscos; e
- Avaliação de desempenho: definição do que precisa ser medido e monitorado e os métodos de análise/avaliação.

### Agradecimentos

Agradecemos à equipe de manutenção do cliente pela oportunidade de desenvolver este trabalho e demonstrar a capacidade do sistema de efetivamente auxiliar na prevenção de falhas.

## REFERÊNCIAS

ARC ADVISORY GROUP. Leveraging Predictive Maintenance for APM, [S.I.]: **ARC Advisory Group**, 2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO, **Documento Nacional 2013**, Rio de Janeiro, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994, 37 p.

\_\_\_\_\_, **NBR ISO 55000**: Gestão de ativos – Visão geral, princípios e terminologia. Rio de Janeiro, 2014, 23 p.

FLEMING, O. et al. Ten red flags signaling your analytics program will fail, **McKinsey&Company**, mai. 2018, p. 7-8.

GOLD, J. Predictive maintenance: One of the industrial IoT's big draws, **Network World**, mar. 2018.

INTERNATIONAL STANDARD, **IEC 60050**: International Electrotechnical Vocabulary- part 192: Dependability, Geneva, IEC, 2015, 256 p.

\_\_\_\_\_, **ISO/IEC 2382-14**: Information Technology – Vocabulary - Part 14: Reliability, Maintainability and Availability

KAR, J. et al. Capturing the next frontier of value: Operating models for oil and gas fields of the future, **McKinsey&Company**, dez. 2017.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**, São Paulo, Qualitymark, 2006, 388 p.

MOUBRAY, J. **RCM II**, 2 ed. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1997, 423 p.

NOWLAN, F. S., HEAP, H. F. **Reliability-Centered Maintenance**, 1 ed. San Francisco, Double Access Press, 1978, 495 p.

US Bureau of Labor Statistics; McKinsey Global Institute analysis, apud: CHUI, M., LUND, S. How will automation affect jobs, skills, and wages?, **McKinsey&Company**, mar. 2018, p. 4.

WEST, A. Duke Energy Leverages IIoT for Predictive Maintenance Applications, **IHS Markit Technology**, jan. 2018.