

## GESTÃO DE ATIVOS DE AUTOMAÇÃO: UMA ABORDAGEM INOVADORA PARA MEDIR, INDICAR E MONITORAR A EFICIÊNCIA<sup>1</sup>

Jedson Alessandro Damasceno<sup>2</sup>

Georgia Lacorte Alves Pessali<sup>3</sup>

Wagner Francisco Marques<sup>4</sup>

Vicentino Rodrigues<sup>5</sup>

### Resumo

As atuais tecnologias de automação tornam possível a disponibilização de dados importantes sobre as condições de operação dos ativos de automação. Entretanto, a efetiva utilização desses dados, com a interpretação de informações consolidadas destes ativos, não tem sido uma prática comum nas indústrias. Além disso, a despeito da utilização estrita de ferramentas avançadas de avaliação e diagnóstico, outras formas de se acompanhar a eficiência dos ativos de automação mostram-se viáveis. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma solução inovadora, abrangente e flexível, para o gerenciamento da eficiência dos ativos de automação, com foco nas classes Instrumentação, Dispositivos Elétricos, Controladores e Redes de Campo. A abordagem apresentada parte do conceito da medida de eficácia destes ativos por meio de indicadores, passando pela especificação das formas de extração/geração das informações e das soluções de integração baseadas na infra-estrutura existente e, portanto, buscando minimizar os investimentos. Aliados aos aspectos técnicos são imprescindíveis os modelos de governança e metodologia para direcionamento e priorização das intervenções conforme recursos disponíveis, efetividade das ações e a sustentabilidade desta solução de apoio à manutenção. A validação da solução por meio de um sistema -piloto em uma planta de beneficiamento de minério de ferro corroborou para uma abordagem independente de plataforma através da utilização de ferramenta PIMS.

**Palavras-chave:** Gestão de ativos de automação; Indicadores; Eficiência; Governança; PIMS.

### AUTOMATION ASSETS MANAGEMENT: AN INNOVATIVE APPROACH TO MEASURING, INDICATING AND MONITORING THEIR EFFECTIVENESS

#### Abstract

Current automation technologies make possible the provision of important data about automation assets operating conditions. However, the effective use of those data, associated to the interpretation of consolidated assets information, has not been a common practice in the industries. Furthermore, additional ways of monitoring the automation assets effectiveness are feasible as well, notwithstanding the strict use of advanced tools for both evaluation and diagnosis of the assets performance. In this regard, this paper aims to present an innovative, comprehensive and flexible, set of solution for automation assets effectiveness management by focusing on essential asset classes: Instrumentation, Electrical Devices, Controllers and Fieldbus Networks. The approach to be presented in this paper starts from the concept of measuring the effectiveness of those assets by means of comprehensive KPIs (Key Performance Indicators), passes by the specification of distinct ways of information extraction/generation and finally goes by the definition of integration solutions based on the existing infrastructure and hence by seeking to minimize capital investments whenever possible. Besides the technical aspects, a governance model and a well-defined methodology are indispensable for the adequate prioritization and execution of the necessary interventions according to the available resources. This model also contributes to the effectiveness of the actions and to the sustainability of this overall solution that supports the maintenance work. The validation of the solution by means of a pilot system implemented in an iron ore processing plant has been a way of confirming this platform-independent approach by using a PIMS (Plant Information Management System) software.

**Key words:** Automation assets management; Indicators; Effectiveness; Governance; PIMS.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 16º Seminário de Automação e TI Industrial, 18 a 21 de setembro de 2012, Belo Horizonte, MG.

<sup>2</sup> Eng. Eletricista, M.Sc., Gerente. Accenture Automation and Industrial Solutions, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>3</sup> Eng. Controle e Automação, Consultora Sênior. Accenture Automation and Industrial Solutions, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>4</sup> Técnico em Eletrônica. Consultor Sênior. Accenture Automation and Industrial Solutions, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>5</sup> Eng. Eletricista, M.Sc., Gerente da Área de Automação, Energia e Telecomunicações. Depto.Ferrosos Sudeste da Vale, Itabira, MG, Brasil.

## **1 INTRODUÇÃO - PORQUE A GESTÃO DE ATIVOS DE AUTOMAÇÃO É IMPORTANTE**

Os ativos de automação desempenham um papel importante nas indústrias como recursos primordiais na implementação de automatismos exigidos pela operação do processo e de seus equipamentos.<sup>(1,2)</sup> Além disso, cada dia mais, as otimizações de processos buscam sistemas de automação e controles avançados que permitam alcançar os objetivos do negócio das empresas, tais como, aumento da produtividade, redução de custo e melhoria da qualidade. Porém, a base destas soluções de automatismos e otimizações é composta por ativos de automação que nem sempre proporcionam a eficiência necessária no desenvolvimento destas funcionalidades.

A sustentabilidade da saúde dos ativos de automação ainda não é um diferencial alcançado pela maioria das empresas.<sup>(2)</sup> Isto ocorre, principalmente, pela falta de informação das condições destes ativos no contexto dos processos nos quais eles estão inseridos e, pela deficiência no gerenciamento da disponibilidade, utilização, desempenho e qualidade das funções para as quais estes ativos foram projetados.

Além disso, deve haver um alinhamento claro deste gerenciamento com os processos de manutenção preditiva, preventiva e corretiva de uma indústria, observando-se cada uma das componentes básicas (disponibilidade, utilização, desempenho e qualidade) de um indicador de eficiência. Isto proverá subsídios mínimos para que os processos de manutenção tomem as devidas ações de forma antecipada e eficaz na solução de eventos indesejados aos objetivos do negócio.

Ressalta-se ainda a importância de que haja um envolvimento das pessoas, utilizando-se ao máximo os recursos tecnológicos disponíveis, bem como, metodologias que garantam a sustentabilidade dos processos de manutenção utilizando-se efetivamente a Gestão de Ativos de Automação como ferramenta diária de suporte.

## **2 ABORDAGEM GERAL PARA GESTÃO DE ATIVOS DE AUTOMAÇÃO**

Geralmente, para se alcançar um estágio ideal e avançado de Gestão de Ativos de Automação é necessário um processo estruturado em etapas bem definidas e coesas, buscando uma evolução sustentável que preze sempre pela gestão da mudança, governança eficiente e adequações da infra-estrutura tecnológica de acordo com os objetivos traçados pelos drivers de negócio.

Esta abordagem considera ainda que os custos de implementação sejam minimizados ao máximo e os benefícios identificados, para que haja justificativas plausíveis de investimento em Gestão de Ativos de Automação. Esta é justamente a abordagem utilizada por este trabalho que trata o assunto não só como uma aplicação tecnológica, mas também como uma solução sustentável.

A figura a seguir mostra exatamente o fluxo evolutivo de uma solução completa de Gestão de Ativos de Automação, abordando as etapas típicas para sua implementação. De acordo com o estágio em que uma determinada empresa se encontra, deve-se passar ou não por todas as etapas do processo. O tempo e custo de implementação está diretamente associado ao estágio em que esta empresa se encontra e aos seus objetivos estratégicos traçados.

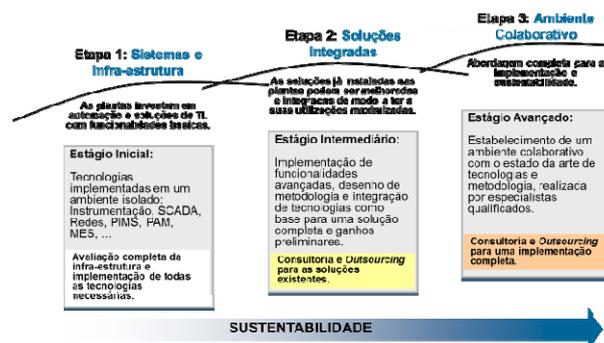


Figura 1. Abordagem orientada por estágios para gestão de ativos de automação.

## 2.1 Sistemas e Infra-estrutura

Adequação da infra-estrutura tecnológica básica para a monitoração dos ativos e identificação dos padrões a serem adotados independentemente de fabricante e nível tecnológico, ou seja, o objetivo é adequar os ativos e sistemas quanto às suas condições operacionais e de tecnologias que permitam no futuro alcançar os objetivos do negócio de forma eficiente. Além disso, os aspectos humanos também devem ser considerados desde o início, de forma a já se preparar uma base sólida de profissionais que possam ser os futuros responsáveis pelo tema dentro da organização.

## 2.2 Soluções Integradas

Integração dos sistemas de forma a permitir a monitoração efetiva de todos os ativos de automação, porém, aproveitando-se ao máximo as tecnologias e soluções existentes na empresa buscando-se minimizar os investimentos e viabilizando o negócio dentro da corporação. Além disso, neste estágio deve-se preparar o nível de sistema de informação (Ex.: PIMS) integrado aos sistemas de automação. Este irá receber e historiar os dados que irão gerar os futuros indicadores necessários à Gestão de Ativos. Nesta etapa deve-se dar início ainda à estruturação das equipes e metodologias que farão com que todo o processo funcione de forma sustentável.

## 2.3 Ambiente Colaborativo

Por fim, chega-se à etapa final onde o “estado da arte” é alcançado, ou seja, quando tecnologias, pessoas e metodologia estão adequados e funcionando em perfeita harmonia dentro da empresa. Na dimensão de tecnologia, define-se que os ativos, cada qual com sua respectiva tecnologia, estão integrados e sendo monitorados pela ferramenta de Gerenciamento da Informação (Ex.: PIMS) através de indicadores (KPIs) úteis aos objetivos do negócio e associados aos processos de manutenção. Na dimensão pessoas, têm-se equipes capacitadas e dedicadas ao assunto, com seus papéis e responsabilidades claros para atendimento dos níveis de serviço determinados. E na dimensão metodologia, têm-se fluxos de trabalho bem definidos e aplicados em harmonia com a estrutura organizacional existente, ou seja, com governança e foco nos resultados esperados pela empresa.

A figura a seguir mostra justamente estas três dimensões / pilares e seus principais componentes que juntos buscam alcançar a excelência em Gestão de Ativos de Automação.

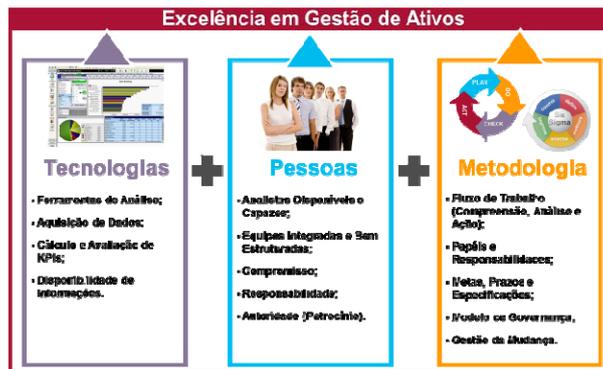


Figura 1. Pilares importantes para gestão de ativos de automação.

## 3 CLASSES DE ATIVOS DE AUTOMAÇÃO ABORDADAS

A maior parte das falhas de sistemas de automação se deve a problemas nos ativos da base da pirâmide de automação, pois, estes são, justamente, os ativos mais expostos às condições do ambiente de produção (calor, umidade, vibração, surtos elétricos, etc.).

A seguir é apresentada uma figura que mostra, dentro da arquitetura típica da ISA95 e ISA 99, os ativos pertencentes aos Níveis 1 e 2 que são foco deste trabalho.<sup>(3-5)</sup>

Nestes são encontradas as Classes de Instrumentação (Ex.: Válvulas de Controle, Medidores e Transmissores, Analisadores, etc.), e de Dispositivos Elétricos (Ex.: Inversores de Freqüência, Relés Inteligentes, Chaves de Partida, etc.), bem como as Classes de Controladores (Ex.: CLPs, SDCDs, etc.) e de Redes de Campo (Ex.: Ethernet, Profibus, Devicenet etc.).

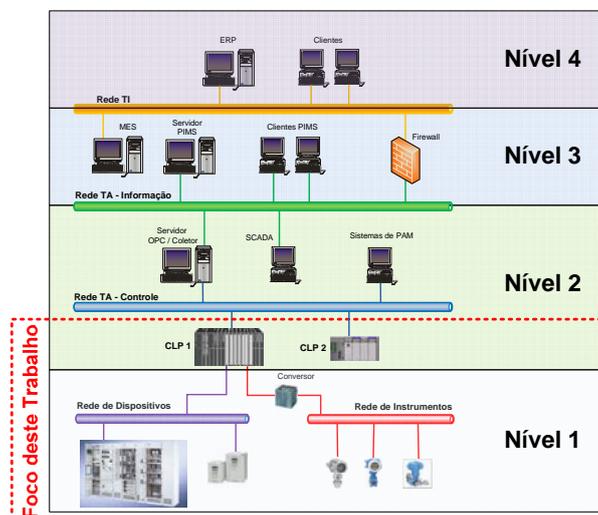


Figura 2. Classes de ativos escolhidas como foco dentro dos níveis da Norma ISA-95.

Para estas classes o principal objetivo de se realizar a Gestão de Ativos de Automação é diminuir o tempo de parada de planta devido essencialmente a problemas de automação. Este objetivo macro pode ser desmembrado nos seguintes objetivos específicos:

- Impedir a paralisação ou deterioração do funcionamento de malhas de controle. Grande parte dos problemas se deve ao mau funcionamento de transmissores e de válvulas (agarramentos, desgaste etc.).

- Garantir que o fluxo de informações de processo e de produção para uma tomada de decisão não seja interrompido.
- Impedir que sistemas de controle avançados interrompam o seu funcionamento por falha de instrumentação, controladores ou redes industriais o que acarretaria cancelamento dos benefícios deste tipo de sistema.
- Propiciar indicadores de deterioração contínua de desempenho, com o conforto de escolher o momento mais conveniente para uma intervenção.
- Propiciar diagnósticos precisos, favorecendo uma intervenção dirigida ao problema e abreviando sua duração.

## 4 INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS NOS ATIVOS PARA DIAGNÓSTICO

Grande parte das informações de diagnóstico dos ativos de automação está disponível nos mesmos, porém, subutilizadas. Isto significa que estas informações muitas das vezes não são acessadas ou monitoradas para tomadas de decisão pelas equipes de manutenção. Quando se trata de diagnósticos disponibilizados pelos ativos, estes estão diretamente associados à classe do ativo e sua tecnologia. A seguir cada uma destas classes será brevemente explorada quanto às informações disponíveis de diagnóstico.

### 4.1 Instrumentação

A maior variação de diagnósticos encontrada na classe de instrumentação refere-se ao tipo de interface utilizada pelo mesmo. Dentre as tecnologias analisadas pelo trabalho destacam-se os seguintes tipos:

- **Analógica (4 a 20 mA):** Os instrumentos que operam em loops de corrente de 4-20mA puramente analógico, não provêm diagnósticos através de sua conexão, porém pode-se extrair de forma analítica, através da análise da variável de processo, informações básicas de valor considerável para acompanhamento da “saúde” do instrumento. Os seguintes diagnósticos podem ser obtidos: Congelamento da Variável, abertura de loop e saturação.
- **Hart:**<sup>(6,7)</sup> Esta interface, que utiliza o meio físico da comunicação analógica 4 a 20mA, provê diagnósticos que poderão ser extraídos dos Status padronizados pelo protocolo Hart. Como exemplo de diagnósticos disponíveis por esta interface, podemos citar: mau funcionamento do instrumento, congelamento de variável, saturação, etc.
- **Rede Profibus-PA**<sup>(8,9)</sup>: Para instrumentos que utilizam desta tecnologia, os diagnósticos poderão ser extraídos dos Status padronizados pelo protocolo Profibus-PA. Sua total independência de fabricantes e sua padronização são garantidas pelas normas EN50170 e EN50254. Como exemplo de diagnósticos disponíveis por esta interface, podemos citar: qualidade da leitura, mau funcionamento do instrumento, congelamento de variável, saturação, etc.

### 4.2 Dispositivos Elétricos

Da mesma forma que nos Instrumentos, os diagnósticos destes ativos variam de acordo com a interface utilizada pelos mesmos, além disso, em alguns casos o tipo específico do Dispositivo Elétrico pode influenciar. Dentre as tecnologias analisadas pelo trabalho destacam-se os seguintes tipos de interface:

- **Analógica (4 a 20 mA):** Para os dispositivos em 4 a 20 mA analógico, que possuem sinal de retorno do campo (ex.: inversores de frequência que possuem entrada analógica indicando a velocidade instantânea), não provêm diagnósticos através de sua conexão, porém pode-se extrair de forma analítica, através de algoritmos que utilizam o sinal enviado e o retorno do Dispositivo Elétrico, informações básicas de valor considerável para acompanhamento da “saúde” do Dispositivo. Os seguintes diagnósticos podem ser obtidos: agarramento, abertura de loop e saturação.
- **Rede Profibus-DP<sup>(8,9)</sup> e Devicenet<sup>(10)</sup>:** Para dispositivos que utilizam estas tecnologias, o diagnóstico poderá ser extraído dos parâmetros específicos de diagnóstico/status que trazem informações de falhas ou advertências relacionadas ao dispositivo. Como exemplo destes diagnósticos, podemos citar: falhas de memória interna, falhas na CPU, advertências, temperatura interna, falhas gerais no hardware, etc. Para a rede DeviceNet, a obtenção de diagnósticos requer tratamento específico para cada modelo de dispositivo, bem como por cada fabricante, através da parametrização prévia do dispositivo para reportar tais diagnósticos.

### 4.3 Controladores

Para os Controladores Programáveis, o foco está nos diagnósticos de suas respectivas CPUs. Através de informações genéricas obtidas destes controladores, é possível gerar diagnósticos da “saúde” do ativo. Estas informações genéricas são as mesmas para todas as plataformas encontradas, sendo elas: scan da CPU, memória utilizada, modo de operação, falhas e defeitos.

### 4.4 Redes de Campo

Da mesma forma que ocorre com os ativos de instrumentação, a maior variação de diagnósticos encontrada na classe de redes de campo, refere-se ao tipo de rede utilizada. Dentre as tecnologias analisadas pelo trabalho destacam-se os seguintes tipos:

- **Profibus<sup>(8,9)</sup> e Devicenet<sup>(10)</sup>:** Através de informações genéricas obtidas do módulo de comunicação é possível gerar os diagnósticos necessários para o trabalho. Estas informações genéricas são: nós ativos na rede, modo de operação, falhas e alarmes.
- **Modbus:** Semelhante ao que ocorre com as redes Profibus e Devicenet, a rede Modbus também utiliza informações genéricas para gerar os diagnósticos necessários. Estas informações genéricas são: tempo entre comunicações, modo de operação, falhas e alarmes.
- **Ethernet:** Todos os diagnósticos dos módulos de rede ethernet serão obtidos através de comunicação SNMP. Através deste protocolo, são obtidas as seguintes informações: falhas e alarmes, taxa de transmissão e taxa de colisão.
- **Remote I/O:** Estes módulos disponibilizam informações básicas, através da comunicação com o CLP, que são utilizadas na geração dos diagnósticos. Estas informações básicas são: nós ativos na rede, modo de operação, falhas e alarmes.

## **5 SOLUÇÕES DE INFRAESTRUTURA NECESSÁRIAS PARA A INTEGRAÇÃO**

As diferentes tecnologias destes ativos, associadas às suas interfaces de comunicação, provêm diferenciados recursos de diagnósticos, que são específicos para cada classe de ativo e tecnologia. De modo a direcionar ações para a implementação da Gestão de Ativos através do PIMS, é feito um relacionamento entre a tecnologia de comunicação e a forma de obtenção de diagnósticos básicos.

### **5.1 Arquitetura Conceitual**

As informações básicas de diagnósticos são disponibilizadas para o Sistema de Gestão de Ativos, via servidor OPC, sendo que este servidor lê as informações através de comunicação ethernet com as CPUs dos CLPs.

Como ferramenta de suporte à análise dos ativos, pode-se utilizar ainda um software de mercado que possua soluções homologadas de análise de diagnósticos avançados para determinada tecnologia (Ex.: FDT/DTM, eddl, etc.) ou fabricante. Este software comunica diretamente com os seus ativos monitorados, através da rede ethernet, utilizando-se de conversores para a tecnologia empregada, caso necessário. As informações providas por este tipo de software complementam a Solução de Gestão de Ativos deste trabalho no caso de análises avançadas.

### **5.2 Levantamento da Infra-estrutura**

Para cada planta, foram analisadas todas as classes de ativos abordadas neste trabalho, bem como, suas tecnologias e fabricantes, de forma a verificar a estrutura da arquitetura existente e ter uma visão do cenário atual em que cada planta se encontra.

### **5.3 Proposição da Solução**

Uma vez definida a arquitetura conceitual, foram verificados os gaps existentes entre a arquitetura proposta e a infraestrutura encontrada nas diversas plantas. Comparando-se estas infraestruturas, foram elaborados planos de investimento, considerando a tecnologia presente em cada planta, bem como a melhor relação custo/benefício para a implantação do Sistema de Gestão dos Ativos.

## **6 UMA FORMA INOVADORA PARA INDICAR A EFICÁCIA DOS ATIVOS DE AUTOMAÇÃO**

Considerando a disponibilidade das informações acerca da situação atual e do funcionamento real dos ativos de automação, torna-se necessário determinar uma maneira de se indicar a eficácia deste ativo, de tal forma que seja possível avaliá-lo de uma maneira global e também comparativa. As informações resultantes dessa indicação poderão então ser utilizadas para a tomada de decisão e, possivelmente, a identificação das ações necessárias.

Para isso, a definição de indicadores-chave de desempenho (KPIs) representa uma maneira usual, efetiva e, principalmente, essencial para a Gestão de Ativos de Automação. Os KPIs para cada classe de ativos devem ser determinados com base nos seguintes princípios básicos:

- apresentar valor consistente, consolidado e confiável;

- possuir uma formulação clara e bem definida;
- permitir uma avaliação rápida com base em dados absolutos ou normalizados;
- ser de fácil entendimento e interpretação;
- agregar o significado de um maior volume de dados correlatos;
- permitir o agrupamento e a estratificação (drill-down) da informação em níveis de detalhamento;
- permitir a realização de benchmarking entre ativos, grupos, unidades etc, assim como a projeção de capacidade através do comportamento histórico; e
- ser em número reduzido para facilitar o gerenciamento.

Dessa forma, a utilização de um ou vários KPIs depende do nível de detalhamento desejado e do tipo de análise a ser feita. No contexto deste trabalho, optou-se pela aplicação e adaptação de um conceito já bem utilizado nas indústrias, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), para se indicar a eficácia dos ativos de automação.<sup>(1,2)</sup>

## 6.1 O Conceito Usual de OEE

*Overall Equipment Effectiveness*, ou OEE, é um conceito amplamente conhecido no meio industrial, principalmente na área relacionada com manutenção, que permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Como uma forma de medir a eficácia de uma máquina ou processo, o OEE tem-se tornado o núcleo principal de muitas técnicas empregada em programas de Gestão de Ativos.

De uma forma geral, o OEE é definido como o tempo efetivo de operação em relação ao tempo de produção disponível, o que pode ser decomposto em três fatores de eficácia:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$$

Adicionalmente, como forma de se agregar ainda mais valor à indicação de eficácia, pode-se associar um novo fator a este cálculo, a Utilização, resultando em:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Utilização} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$$

Esses componentes básicos devem ser mutuamente exclusivos e, no contexto de equipamentos, são assim definidos:

- **Disponibilidade:** percentual de tempo que o ativo está disponível em relação ao tempo total de operação;
- **Utilização:** percentual de tempo real de operação que o ativo está sendo efetivamente utilizado em comparação ao tempo que este está disponível;
- **Desempenho:** percentual de tempo que o ativo está cumprindo a meta produtiva prevista para ele, representando assim quão bem o ativo está operando;
- **Qualidade:** percentual de tempo que o ativo está operando dentro dos critérios de qualidade/confiabilidade para o qual ele foi projetado.

Dessa forma, os fatores Disponibilidade e Utilização levam em consideração possíveis perdas relacionadas com paradas não-programadas, enquanto que os fatores Desempenho e Qualidade avaliam, independentemente, possíveis perdas relacionadas à eficiência, rendimento e efetividade.

## 6.2 Aplicação do OEE aos Ativos de Automação

Partindo-se do conceito do OEE, foram feitas analogias entre as características de cada elemento (Disponibilidade Física, Utilização, Desempenho e Qualidade) com as características do ativo de automação. Por exemplo, a função de um instrumento de campo, independentemente do seu tipo e tecnologia, é medir bem. Isto significa que para todo e qualquer instrumento, o mesmo deve estar sempre pronto para medir com máxima confiabilidade e precisão as variáveis de processo para o qual foi dimensionado, para isso:

- Sua **disponibilidade** física está associada ao fato dele estar funcionando e enviando um sinal íntegro ao sistema de controle;
- Sua correta **utilização**, todavia, pode ser interpretada pelo fato de suas variações de medição no tempo corresponderem à constante de tempo esperada pela variável de processo;
- Seu **desempenho** pode ser observado verificando-se se ele está trabalhando dentro das faixas de medição esperadas para as quais ele foi dimensionado;
- E, por fim, a **qualidade** de sua medição está associada à precisão da mesma e ao seu próprio processo de calibração.

Esta mesma interpretação pode ser aplicada a qualquer tipo de ativo de automação, bastando para isso atentar às suas especificidades e ao objetivo ao qual este ativo se propõe.

Nesta linha de raciocínio, o trabalho estruturou indicadores análogos ao conceito de OEE, criando os seguintes termos, de acordo com cada classe de ativo:

- OIE – *Overall Instrument Effectiveness*;
- ODE – *Overall Device Effectiveness*;
- ONE – *Overall Network Effectiveness*;
- OCE – *Overall Controller Effectiveness*.

Onde cada OxE é uma função calculada com todos ou parte dos quatro componentes, ou seja:

$$OxE = f(DF, U, D, Q)$$

A fim de permitir uma equalização em termos de comparação dos indicadores das diversas classes de ativos, cada OxE teve ainda uma adequação de seu valor através do uso de pesos para cada componente.

## 6.3 Agregação dos KPIs Baseada na Norma ISA-88

O padrão ISA-88<sup>(11,12)</sup> aborda um modelo hierárquico, onde é proposta uma estruturação dos elementos físicos de processo organizados em sete níveis, a saber: Enterprise, Site, Area, Process Cell, Unit, Equipment Module e Control Module.

Tomando como base este modelo físico, e a fim de se definir formas para agregação dos KPIs de Gestão de Ativos (OIE, ODE, OCE e ONE), um outro KPI, global e genérico, pode então ser definido:

- OAE – *Overall Asset Effectiveness*

Conforme ilustrado na figura a seguir, para cada elemento da planta, dentro de uma estrutura hierárquica orientada a processo e equipamento, os KPIs são agregados de tal forma que um nível de processo superior englobe os KPIs do nível imediatamente inferior e assim sucessivamente.

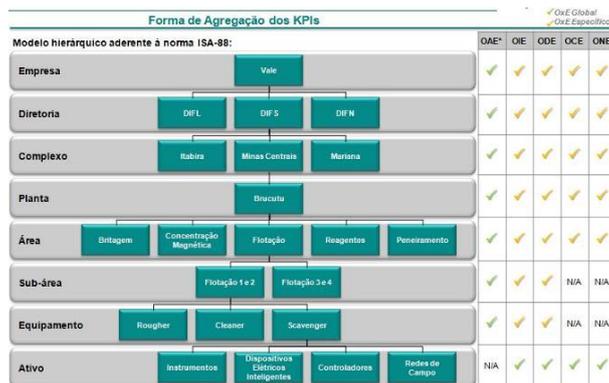


Figura 3. Agregação dos KPIs baseado no padrão ISA-88

O OAE é utilizado como o indicador de eficácia do ativo, num contexto mais amplo, quando houver mais de um tipo de KPI em determinado nível de visualização. Este será uma média dos demais KPIs aplicáveis ao nível físico em questão. Como exemplo, pode-se citar a visualização no nível de Equipamento. Este nível possibilita a visualização de três KPIs distintos: o OAE, o OIE e o ODE. O OIE, nesse nível, é uma composição dos OIEs dos ativos Instrumentos pertencentes ao nível Ativo, o qual está imediatamente abaixo do nível Equipamento. Analogamente, o mesmo raciocínio se aplica ao ODE, para os ativos Dispositivos Elétricos. Já os KPIs OCE e ONE não se aplicam especificamente a este nível, visto que os ativos Controladores e Redes de Campo estão usualmente organizados numa planta nos níveis superiores, isto é, a partir do nível de Área. Por fim, o OAE no nível Equipamento corresponde então à média dos indicadores OIE e ODE desde nível.

## 7 MONITORAMENTO EFETIVO ATRAVÉS DE UMA METODOLOGIA APLICADA

Considerando a abrangência do conceito de Gestão de Ativos de Automação, este deve englobar desde o nível gerencial corporativo, que foca na gestão do investimento e do ativo industrial como um todo, até o nível técnico e funcional, que necessita tanto de procedimentos e técnicas específicas para gerenciar o ativo quanto de uma equipe dedicada e capacitada a executar funções pré-estabelecidas. Nesse sentido, torna-se essencial a especificação de um modelo característico de governança que forneça os processos básicos para geração, indicação e monitoramento das informações necessárias ao gerenciamento consistente dos ativos de automação da forma mais efetiva e objetiva possível.

A metodologia a ser apresentada nesse trabalho abrange as classes de ativo descritas no capítulo 3. Entretanto, apesar de o foco dessa metodologia ser específico, grande parte das informações propostas está relacionada com o funcionamento global de um Centro de Gestão de Ativos de Automação num contexto mais amplo, e que, portanto, deverá estar em consonância com outras classes de ativos de automação que possam futuramente ser integradas.

### 7.1 Alinhamento com o Gerenciamento da Manutenção

A finalidade básica da Gestão de Ativos de Automação pode ser atingida por meio da manutenção baseada na condição destes ativos. Sua monitoração adequada possibilita um tempo mínimo ideal de verificação das condições destes ativos e, portanto, uma manutenção próxima do ótimo teórico, levando-se em consideração que as ações de manutenção também ocorrerão de forma adequada. Além disso, o

diagnóstico mais específico do problema, proporcionado pela atuação de uma equipe dedicada, irá fazer com que as intervenções sejam mais precisas, uma vez que é possível se obter informações prévias sobre o desempenho e a situação atual do ativo de automação.

Sendo assim, as principais demandas relacionadas com a Gestão dos Ativos de Automação devem ser classificadas quanto a sua natureza bem como sua relação com a gestão da manutenção:

- demanda de natureza corretiva;
- demanda de natureza preventiva;
- demanda de natureza preditiva;
- demanda de natureza melhoria contínua.

Aliando-se a gestão da manutenção à Gestão dos Ativos de Automação, é possível então determinar as demandas específicas, bem como classificá-las, conforme descrito na tabela a seguir:

**Tabela 1.** Relacionamento das demandas de gestão de ativos com a gestão da manutenção

Demandas Típicas	Naturezas Possíveis		
	Corretiva	Preventiva	Preditiva / Melhorias
<b>1. Manutenção e aferição dos instrumentos e dispositivos elétricos inteligentes devido a:</b>			
1.1. Funcionamento indevido	X		
1.2. Configuração incorreta	X		
1.3. Degradação da calibração		X	X
1.4. Mau funcionamento	X		
1.5. Desempenho anormal do ativo	X		X
<b>2. Troca parcial ou completa resultante de:</b>			
2.1. Dano físico / quebra	X		
2.2. Rotina preventiva (vida útil do ativo)		X	
2.3. Obsolescência do ativo			X
<b>3. Atualizações de versões de firmware por:</b>			
3.1. Problemas específicos do ativo	X	X	
3.2. Recomendações dos fabricantes		X	X
<b>4. Projetos de Melhorias</b>			
4.1. Novas necessidades de processo			X
4.2. Otimizações para melhorar a eficácia e/ou desempenho do ativo			X
4.3. Adequações a padrões típicos de operação			X
4.4. Novas áreas e/ou plantas			X
4.5. Reincidência de ocorrências semelhantes		X	X
4.6. Replicação de melhores práticas entre áreas da planta, sites e complexos ( <i>benchmarking</i> )			X

## 7.2 Definições das Equipes Envolvidas e de seus Papéis e Responsabilidades

O modelo básico proposto nesse trabalho envolve conhecimentos multidisciplinares relacionados à governança, gestão, tecnologias de automação e processos industriais a fim de se instituir um processo estruturado para a Gestão dos Ativos de Automação com foco nas seguintes funções básicas:

- avaliar e monitorar os Indicadores Chave de Desempenho (KPIs) referentes aos ativos de automação;
- definir e acompanhar planos de ação para as principais demandas identificadas a partir de problemas existentes ou a partir da tendência e análise dos KPIs;
- propor iniciativas de melhorias operacionais relacionadas com a disponibilidade, utilização, desempenho e qualidade dos ativos de automação;
- possibilitar maior sinergia entre as diferentes áreas existentes no ambiente industrial, tais como Automação, Manutenção, Processo e Operação, no que tange o gerenciamento e a utilização eficiente dos ativos;
- acompanhar e controlar os índices da planta e seus impactos na operação; e
- promover debates sobre as principais questões, as melhores práticas e as lições aprendidas diretamente relacionadas à Gestão dos Ativos de Automação.

As equipes envolvidas com a Gestão dos Ativos de Automação (Figura 4) estão diretamente associadas à realidade organizacional da empresa, mas, neste contexto, devem ser estruturadas com base na seguinte composição fundamental:

- Comitê Executivo
- Supervisão
- 1º Nível (Central de Serviços)
- 2º Nível (Equipes Locais de Automação e Manutenção)
- 3º Nível (Especialistas)

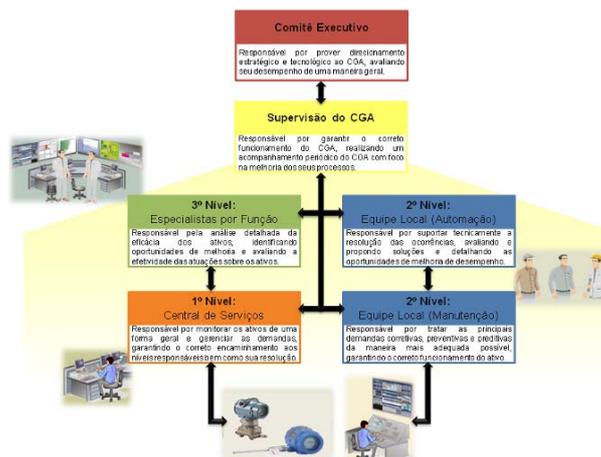


Figura 4. Inter-relação entre as Equipes Envolvidas

Atividades	Papéis				
	Comitê Executivo	Supervisão do CGA	1º Nível: Central de Serviços	2º Nível: Equipe Local (Automação)	3º Nível: Equipe Local (Manutenção) / Especialistas
Monitoramento global dos ativos	I	A	R	I	C
Análise detalhada da eficácia dos ativos	I	A	I	I	C
Identificação de demandas de natureza Corretiva	I	A	R	A	I
Identificação de demandas de natureza Preventiva	I	A	R	C	I
Identificação de demandas de natureza Preditiva	I	A	I	I	C
Identificação de demandas de natureza Melhoria	I	A	I	C	I
Resolução de demandas de natureza Corretiva	I	A	I	R	C
Resolução de demandas de natureza Preventiva	I	A	I	R	C
Resolução de demandas de natureza Preditiva	I	A	I	R	C
Resolução de demandas de natureza Melhoria	I	A	I	C	R
Gerenciamento das ocorrências	I	A	R	I	I
Apoio técnico às soluções	I	A	I	C	R
Reunião semanal com Líderes de cada Nível	A	R	I	I	I
Reunião mensal com Comitê Executivo	A	R	I	I	I
Direcionamento Estratégico	R	C	I	I	I
Geração de Relatório Diário de Acompanhamento do CGA	I	A	R	I	I

Figura 5. Parte de uma Matriz RACI para Gestão de Ativos de Automação.

Uma vez instituídas as equipes de trabalho com suas funções bem definidas, é importante ter papéis e responsabilidades bem estruturados para uma correta aplicação dos conceitos essenciais de Gestão de Ativos. Para isso, a matriz RACI é uma excelente ferramenta que permite a formalização desse processo, conforme exemplificado na Figura 5.

Como forma de contribuir para o efetivo funcionamento da Gestão de Ativos, são de igual forma importantes a instituição de um organograma alinhado à estrutura organizacional já existente na empresa, a adequada capacitação das pessoas e o correto dimensionamento das equipes.

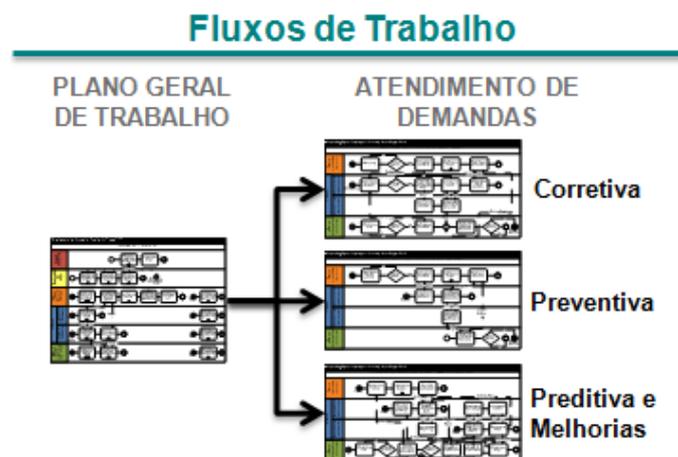
## 7.3 Desenvolvimento dos Modelos de Processo de Negócio

Como parte integrante do processo de definição da metodologia para aplicação dos conceitos de Gestão de Ativos de Automação, é essencial desenvolver modelos de processo que sejam alinhados ao máximo ao negócio e à operação específicos de cada planta industrial.<sup>(13,14)</sup>

Esse modelo de processo de negócio deve, primeiramente, considerar um plano geral de trabalho, compreendendo assim todas as equipes de trabalho envolvidas e focando nas atividades básicas e globais, bem como no inter-relacionamento entre as principais demandas.

Neste plano geral, a Central de Serviços deve realizar o monitoramento global dos ativos identificando possíveis demandas necessárias para corrigir e/ou melhorar a situação dos KPIs. Uma vez identificadas, as demandas devem ser registradas e classificadas e os demais níveis de atendimento devem ser acionados para tratá-las adequadamente. As demandas de natureza corretiva, preventiva ou preditivas são encaminhadas para a equipe Local de Manutenção, enquanto que as demandas de natureza de Melhoria são encaminhadas para a equipe Local de Automação. À medida que as ocorrências vão sendo tratadas pelos níveis responsáveis, a Central de Serviços deve fazer um acompanhamento dos status das mesmas. A periodicidade destes acompanhamentos deve variar de acordo com a natureza das demandas que originaram as ocorrências.

Depois de identificadas as naturezas das demandas, fluxos de trabalhos adicionais devem então ser detalhados, levando-se em consideração as especificidades de cada tipo de situação, conforme mostrado na figura a seguir:



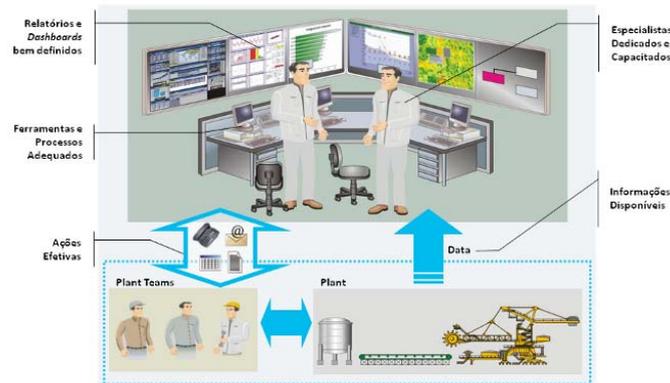
**Figura 6.** Fluxos de Trabalho por Natureza de Manutenção

Por fim, a Central de Serviços deve gerar um Relatório Diário de Acompanhamento, o qual deverá conter indicadores e estatísticas que forneçam uma visão clara do desempenho da Gestão de Ativos como um todo.

## 7.4 Instituição de um Ambiente Colaborativo

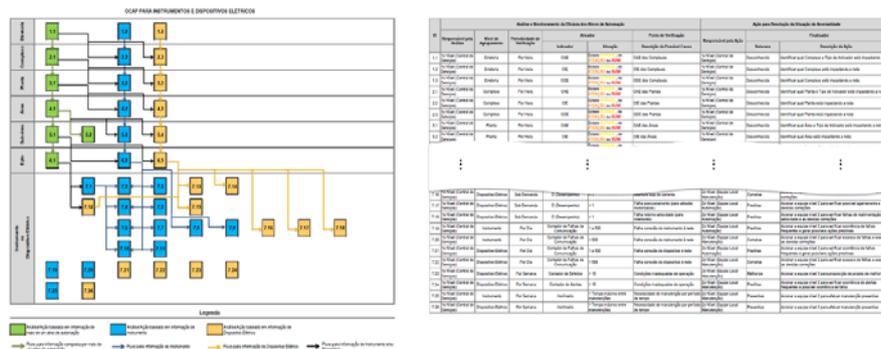
A fim de se aprimorar os benefícios potenciais da Gestão de Ativos de Automação, com análises precisas, efetivas e no tempo adequado, deve ser instituído um ambiente colaborativo, no qual seus aspectos essenciais funcionem em harmonia: especialistas dedicados e capacitados, ferramentas básicas de análise, informações

de diagnóstico disponíveis e confiáveis, metodologia e KPIs bem definidos, todos esses organizados em um ambiente de trabalho adequado.



**Figura 7.** Ambiente Colaborativo para a Gestão dos Ativos de Automação.

Como ferramenta prática e útil no suporte ao monitoramento dos ativos e, conseqüentemente, à tomada de decisão e à identificação de ações necessárias, o OCAP (*Out-of-Control Action Plan*) se mostra extremamente aplicável, conforme exemplificado na figura a seguir. O OCAP contém as principais ações a serem executadas em caso de anomalias ou situações indesejáveis dos valores dos KPIs, devendo ser utilizado como uma fonte de orientação inicial de forma a guiar a análise e interpretação das informações, bem como a detecção de necessidades de intervenções nos ativos para que estes retornem a uma condição favorável de operação.



**Figura 8.** OCAP para Instrumentos e Dispositivos Elétricos.

Como forma de englobar todos os conceitos envolvidos em Gestão de Ativos de Automação e permitir uma visão sistêmica do monitoramento das informações, são fundamentais a especificação, implementação e utilização de relatórios e dashboards para o acompanhamento efetivo da eficácia dos ativos, conforme exemplificado na Figura 10.

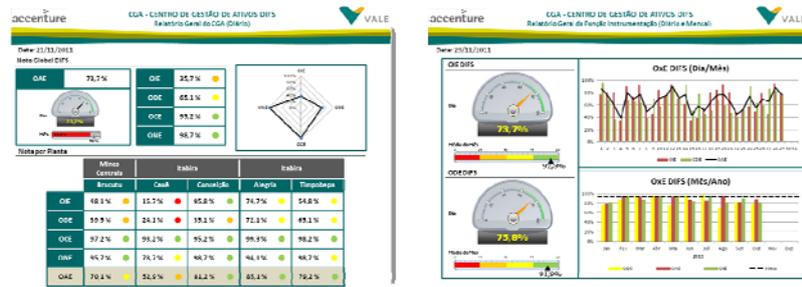


Figura 9. Exemplos de Relatórios de Acompanhamentos.

De uma maneira geral, a efetiva instituição desse ambiente colaborativo depende fortemente da aplicação de uma gestão de mudança eficaz que leve em consideração os aspectos organizacionais intrínsecos da empresa na qual a Gestão de Ativos de Automação pretende ser implementada.

## 8 PROVA DE CONCEITO E BENEFÍCIOS POTENCIAIS

Um dos principais objetivos de se realizar a Gestão de Ativos de Automação é a redução dos tempos de parada de planta e dos custos de manutenção. Este objetivo está sendo obtido através da manutenção baseada na condição destes ativos e provada por meio de um Projeto Piloto desenvolvido para uma das Usinas de Beneficiamento do Departamento de Ferrosos Sudeste da Vale Brasil S/A.

O Projeto Piloto foi implantado recentemente, seus ganhos quantitativos ainda não foram medidos, porém, de uma forma qualitativa já se pode dizer que a monitoração desses ativos de forma contínua aponta para um tempo mínimo de verificação das suas reais condições e, portanto, uma melhoria dos processos de manutenção. Estes benefícios potenciais referem-se, justamente, a um aumento da eficiência destes ativos, do trabalho e da disponibilidade da planta, bem como, a uma redução dos custos de manutenção, inventário de ativos e paradas não planejadas.

A seguir uma tela extraída do Sistema PIMS desenvolvido para o Piloto, utilizando KPIs e Relatórios que possibilitam a efetiva Gestão de Ativos de Automação.



Figura 10. Tela do Sistema PIMS Desenvolvido para o Projeto Piloto na Vale

## 9 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o assunto Gestão de Ativos de Automação, com foco em instrumentos de campo, dispositivos elétricos, controladores e redes de campo.

Sendo esses considerados peças chaves em qualquer projeto de automação e otimização de processos.

O trabalho propõe a aplicação de uma solução para Gestão de Ativos de Automação através de um modelo base padronizado envolvendo Tecnologias, Pessoas e Metodologia. Este modelo proporciona, de uma forma universal e eficaz, atingir os resultados esperados com a melhor relação custo versus benefício, independentemente de fabricante e da situação tecnológica em que a planta se encontra. Porém, a implantação desta solução deve ser feita em etapas bem claras de acordo com o estágio em que a planta e a estrutura organizacional da empresa se encontram.

As soluções aqui apresentadas foram comprovadas através de um Projeto Piloto para uma Usina de Beneficiamento de Minério de Ferro, mas, também são aplicáveis a qualquer tipo de processo e muito úteis para um cenário heterogêneo na maioria das empresas no que tange a fabricantes, tecnologias e processos.

Enfim, o trabalho propõe uma nova forma de se abordar a Gestão de Ativos de Automação, possibilitando uma solução sustentável para toda e qualquer planta industrial.

## Agradecimentos

Agradecemos à Vale e à Accenture pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho inovador e de grande valor para a automação industrial.

## REFERÊNCIAS

- 1 DAMASCENO, Jedson Alessandro; FONSECA, Marcos de Oliveira. "Gerenciamento de Ativos de Automação: Uma Solução para a Manutenção Baseada na Condição. XII Seminário de Automação de Processos, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 01 a 03 de outubro de 2008, Vitória, Brasil.
- 2 FONSECA, Marcos de Oliveira; SEIXAS FILHO, Constantino; DAMASCENO, Jedson Alessandro. "Eficiência Proporcionada pela Automação como Diferencial para o Negócio. XIII Seminário de Automação de Processos, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 07 a 09 de outubro de 2009, Minas Gerais, Brasil.
- 3 ANSI/ISA-95.00.01-2000. Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology. ISA 2000.
- 4 ANSI/ISA-95.00.02-2001. Enterprise-Control System Integration Part 2: Object Model Attributes. ISA 2001.
- 5 ANSI/ISA-99.00.01-2007. Security for Industrial Automation and Control Systems Part 1: Terminology, Concepts, and Models. ISA 2007.
- 6 HART – SMART Communications Protocol Specification. HCF\_SPEC-11, Revision 5.10. HART Communication Foundation, release date: December 14, 2000.
- 7 Hart Communication Foundation, web site <http://www.hartcomm.org>.
- 8 Profibus Specification. Profile for Process Control Devices - Version V 3.01. PROFIBUS International, order nº 3.042, December 2004.
- 9 Associação PROFIBUS – Brasil, web site <http://www.profibus.org.br>.
- 10 Bob Law. DeviceNet Technical Bible. Rockwell Automation, version 03/18/2005.
- 11 ANSI/ISA-88.01-1995. Batch Control Part 1: Models and Terminology. ISA 1995
- 12 ANSI/ISA-88.00.02-2001. Batch Control Part 2: Data Structures and Guidelines for Languages. ISA 2001.
- 13 OMG. Business Process Model and Notation "BPMN" Version 2.0. OMG, retrieved 2011-03-29. Web site <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>.
- 14 The Official ITIL® Website, <http://www.itil-officialsite.com>.