

METODOLOGIA DE REVITALIZAÇÃO DA AUTOMAÇÃO EM USINAS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO¹

Leandro Russo de Araújo²
Frederico Medina Vargas³
Marcos Paulo Pereira Sécca⁴
Diogo Grecco Ferreira Martins⁵

Resumo

O objetivo desse trabalho é apresentar uma metodologia para um projeto de auditoria e revitalização dos ativos de automação de uma planta de beneficiamento de minério de ferro, tendo como foco diagnosticar os problemas existentes e executar melhorias para aumentar a performance dos ativos de automação. Como forma de comprovar os ganhos do projeto, o desempenho dos ativos deve ser correlacionado com variáveis chaves do processo, como a recuperação metalúrgica. O desempenho das malhas de controle deve ser relacionado estatisticamente com ganhos do processo, demonstrando que a sua otimização traria ganhos monetários. Os elementos dessas malhas devem ser diagnosticados, ajustados e as malhas sintonizadas. Além disso, deve-se avaliar as lógicas de PLC existentes e todo o processo de gestão dos ativos de automação, PIMS e segurança da rede de TA, sempre propondo melhorias. As ações que envolvem grandes investimentos devem ser abordadas em um documento a parte, apontando soluções para os problemas identificados, sempre com a preocupação de quantificar os ganhos de cada ação. Após a realização de todas as melhorias propostas, os ganhos do projeto precisam ser comprovados através da comparação das variáveis chaves, como recuperação metalúrgica, desvio da alimentação e tempo de parada de equipamentos, antes e depois dos acertos, observando a igualdade das condições de contorno. Da mesma forma, outros resultados importantes podem ser obtidos, como a redução dos insumos consumidos e o aumento da vida útil dos elementos finais. As ações não realizadas dentro do projeto precisam ser devidamente endereçadas e seus ganhos devidamente calculados.

Palavras-chave: Automação; Malha de controle; Gerenciamento de ativos; Tecnologia de automação.

LOOP CONTROL AUDITORSHIP OF AN IRON ORE PROCESSING PLANT

Abstract

The goal of this work is to present a proposal of an automation assets auditorship project for an iron ore processing plant, focusing in diagnosing the existing problems and performing improvements to increase the performance of those assets. To prove the projects return on investment, the automation performance must be correlated to process keys variables, as metallurgical yielding. The performance of the loop control must be statistically related with profits of the process, demonstrating that its optimization would bring monetary profits. The control elements of these loops must be diagnosed, adjusted and then the loop control must be tuned. Moreover, the existing PLC logics and the automation management process must be evaluated. In addition plant information management system and automation network security should be checked always considering improvements. The actions that involve investments must be boarded in a separated document, where solutions to the identified problems are discussed, always quantifying the return on investment of each action. After the accomplishment of all improvement proposals, the profits of the project must be proved through the comparison of the key process variables, as metallurgic yield and plant stops, before and after the modification, observing the same conditions. In the same way, other important results can be gotten, as the reagents consumption reduction and the increase of the useful life of the final control elements. The problems don't solved during the project must be scheduled to be in treated in another opportunity.

Key words: Automation; Loop control; Automation management; Automation technology.

¹ Contribuição técnica ao XI Seminário de Automação de Processos, 3 a 5 de outubro, Porto Alegre-RS

² Engenheiro de Controle de Automação, Chemtech

³ Gerente de Projetos, Chemtech

⁴ Líder de Projetos, Chemtech

⁵ Gerente de Projetos, Chemtech

INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho é apresentar uma metodologia de auditoria de toda a automação de uma planta de beneficiamento de minério de ferro, abordando aspectos de gestão, instrumentação e controle, com a finalidade de diagnosticar os problemas existentes e executar melhorias para aumentar o desempenho dos ativos da automação.

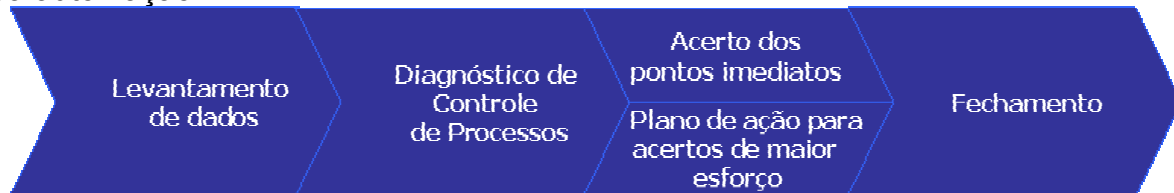


Figura 1 - Fases do projeto de revitalização

A Figura 1 apresenta as fases de um projeto de revitalização, conforme descrito a seguir:

- levantamento de dados: fase em que são identificadas as áreas do processo em que o projeto atuará e ainda são estimados os ganhos financeiros com o projeto. Nessa fase são identificados os gargalos operacionais e com isso são propostas soluções com foco em automação com o objetivo de redução desses gargalos. Nesta fase são acordadas metas de ganhos;
- diagnóstico de controle de processos: nessa etapa são auditados os instrumentos e as malhas de controle selecionados. A auditoria é também estendida aos processos de gestão tais como fechamento do balanço de massa, segurança de rede de automação, gestão de ativos e gestão do PIMS;
- acertos de pontos imediatos: as soluções que não necessitam de grandes investimentos, identificadas durante o diagnóstico, têm a sua implementação realizada imediatamente. Esses acertos, na realidade, não necessitam de investimentos em ativos (como instrumentação nova) e são os responsáveis pelos ganhos imediatos do projeto;
- plano de Ação de Maiores Esforços: as soluções mais complexas e que precisam de maiores investimentos têm a sua solução avaliada, detalhada tecnicamente e a sua viabilidade de implantação estimada;
- fechamento: nessa etapa os ganhos acordados no início do projeto são comprovados.

Ao longo deste trabalho, cada uma das fases apresentadas será discutida em detalhes.

LEVANTAMENTO DE DADOS

A primeira etapa do projeto tem como objetivo a identificação dos principais gargalos operacionais e a definição dos pontos que serão abordados no projeto. Além disso, uma atividade de estimativa de retorno de investimento deve ser realizada.

Workshops de Levantamento de Informações

Logo no início do projeto, a equipe designada para realizar o trabalho precisa conhecer os gargalos da planta sob a ótica das diversas áreas. Para tal, na primeira

semana de trabalho devem ser conduzidas reuniões com as áreas. Nessas reuniões, chamadas *workshops*, são discutidos problemas de processo, instrumentação, controle, manutenção e gestão da automação.

A Figura 2 apresenta uma sugestão para os *workshops*, destacando as áreas que precisam ser envolvidas. É importante destacar que cada planta de beneficiamento de minério de ferro tem suas particularidades que devem ser contempladas no cronograma da Figura 2.



Figura 2 - Sugestão de cronograma para realização dos workshops

Levantamento de Documentos

Em paralelo à realização dos workshops, uma parte da equipe inicia o levantamento de dados necessários ao projeto. As seguintes informações são essenciais para o bom andamento do projeto: fluxogramas da unidade, P&IDs, lista de ativos, lista de malhas de controle, telas de supervisor e identificação de tags do PIMS.

Nessa etapa é também realizada a coleta dos dados relevantes no Sistema PIMS. As variáveis de processo, modo de operação, *set-point* e variável manipulada de todas as malhas de controle consideradas críticas nos workshops são coletadas para que o desempenho dessas malhas possa ser avaliada.

Cálculo de Ganhos

Uma boa forma de mensurar a efetividade do projeto é através da realização de uma estimativa de ganhos e ao final, através de sua comprovação. São selecionadas para comporem a lista de soluções com possibilidade de retorno tangível, aquelas que podem ser executadas com modificação de lógicas de PLC, sintonia de malhas de controle ou reengenharia de malhas existentes.

Para tal, o desempenho das malhas de controle deve ser relacionado estatisticamente com ganhos do processo, demonstrando que a sua otimização é capaz de trazer ganhos de produção. Para cada variável do processo analisada, deve-se observar quais as malhas relevantes para a melhoria dessa variável e, posteriormente, relacioná-las através, por exemplo, de uma rede neural.

Como ponto de partida para essa análise, as variáveis listadas na Tabela 1 podem ser relacionadas.

Tabela 1 - Pontos passíveis de ganhos e variáveis a serem otimizadas

Ganho no Processo	Variável a Ser Otimizada
Recuperação Metalúrgica	Desempenho das malhas de controle da Flotação e do Concentrador Magnético
Umidade do produto final	Desempenho das malhas de controle dos Filtros
Consumo de Reagentes	Desempenho das malhas de controle da Flotação e Espessadores
Número de paradas nos britadores	Desempenho da malha de controle da Corrente nos britadores
Número de paradas por rasgo em correias	Desempenho das lógicas para controle de nível em chutes
Estabilidade do processo	Variabilidade de malhas de controle

Tanto a metodologia de cálculo quanto os valores obtidos devem ser armazenados para que, ao final do projeto, os cálculos após as modificações possam ser refeitos e os ganhos pactuados, comprovados.

DIAGNÓSTICO DE CONTROLE DE PROCESSOS

A etapa de diagnóstico de controle de processos tem por objetivo identificar os problemas relativos à instrumentação, controle e gestão da automação. Para tal uma série de estudos é conduzida, conforme descrito a seguir.

Auditoria do Processo de Gestão de Ativos

A gestão de ativos é essencial para garantir a vida útil dos elementos envolvidos no controle da unidade. Um processo consistente de gestão, contemplando aspectos de manutenção preventiva, corretiva e evolutiva é essencial para o bom funcionamento dos ativos de automação, o que tem como consequência direta um melhor funcionamento da unidade e uma maior vida útil dos equipamentos, o que aumenta a produção e reduz o custo com manutenção. Seguem abaixo alguns tópicos que precisam ser considerados nessa análise:

- caracterização dos ativos de automação (sensores, elementos de controle, PLCs, supervisórios e sistemas);
- política de manutenção dos ativos de automação (sensores, elementos de controle, PLCs, supervisórios e sistemas);
- caracterização do plano de manutenção dos ativos de automação (sensores, elementos de controle, PLCs, supervisórios e sistemas);
- análise da efetividade do plano de manutenção dos ativos de automação (sensores, elementos de controle, PLCs, supervisórios e sistemas);
- metodologia para determinação da estratégia de mitigação de falhas dos ativos;
- lista de sobressalentes desejável x disponível.

Diagnóstico de Gestão do PIMS

Uma planta de produção de minério de ferro precisa zelar pela qualidade das informações armazenadas em seu sistema PIMS. Muitas vezes esse sistema é o único existente na planta capaz de armazenar as informações de produção e qualidade, o que o torna bastante crítico.

Apenas uma boa política de gestão é capaz de garantir que as informações contidas nesse sistema estejam sendo armazenadas de forma organizada, otimizada e segura.

O diagnóstico do processo de gestão do PIMS tem como objetivo levantar, através de entrevistas com os responsáveis pela gestão do ambiente, com seus usuários e através de estudo de documentos, como o sistema é gerido e quais os tipos de problemas são mais comuns. Seguem abaixo alguns pontos importantes que precisam ser considerados nessa avaliação:

- políticas de backup;
- política de criação, exclusão, modificação e configuração de tags;
- estratégia de compressão de dados;
- normas de nomenclatura de tags;
- política de manutenção corretiva, preventiva e evolutiva;
- plano de continuidade operacional do sistema; e
- integração entre sites.

Diagnóstico de Segurança Física e Lógica da Rede e dos Sistemas de TA

A disponibilidade dos sistemas de controle de uma unidade está diretamente ligada à robustez da rede de automação (adequação de ativos, processos de gestão, cabeamento etc.) e à sua vulnerabilidade frente às principais ameaças existentes atualmente.

Para garantir disponibilidade, uma arquitetura de rede deve prever os principais dispositivos de proteção de mercado (IPS, IDS, firewall, anti-vírus etc.) assim como a proteção física dos ativos dessa rede, que devem estar instalados em locais adequados, ao abrigo de poeira, calor, e devidamente protegidos do acesso de pessoas desautorizadas.

O ponto de partida desse trabalho é uma análise de risco do ambiente de automação como um todo, considerando seus principais ativos: switches, estações de trabalho, estações de desenvolvimento, supervisórios, gestão de PLC e servidores. A vulnerabilidade desses ativos é analisada, considerando a metodologia PSR (probabilidade, severidade e relevância). Além disso, os pontos abaixo também precisam ser considerados nessa análise:

- políticas de segurança do ambiente de TA (normas, procedimentos e instruções);
- Verificação dos controles existentes de segurança física e do ambiente (Sistema de controle de acesso, CFTV, ar condicionado, energia, cabeamento, CPD, etc)
- verificação do processo de análise de risco e análise dos relatórios existentes;
- identificação de vulnerabilidades através da análise de risco (avaliação da rede, sistemas e processos);
- análise do processo de desenvolvimento de sistemas;
- análise do plano de continuidade de negócios;
- análise do processo de mudança em Firewall, PLCs, supervisórios, PIMS e sistemas;
- processo de backup; e
- gestão de configuração.

A partir desse trabalho é possível fazer afirmações quanto à segurança do ambiente de automação e então propor controles necessários à adequação dos índices de conformidade e segurança da unidade aos padrões estabelecidos internacionalmente.

Diagnóstico da Instrumentação

Em um ambiente tão agressivo como o encontrado nas usinas de beneficiamento de minério de ferro, onde os instrumentos estão sujeitos à polpa de minério e à poeira condutiva, é muito comum identificar problemas de desempenho da instrumentação. Por essa razão, todos os sensores e elementos finais de controle envolvidos nas malhas precisam ser avaliados conforme as normas da ISA por meio de vários testes, uma vez que a sintonia por si só não seria capaz de trazer resultados significativos.

Avaliação dos elementos de medição

Para que uma malha de controle opere bem é fundamental que os sinais oriundos dos instrumentos de medição estejam chegando à sala de controle com qualidade adequada, representando as condições reais encontradas no campo. Para tal avaliação, dois testes precisam ser realizados:

- comunicação entre o instrumento de medição e o supervisor; e
- avaliação do comportamento dos dados temporais armazenados no PIMS.

Avaliação das válvulas de controle

Seis testes devem ser realizados nas válvulas de controle: histerese, banda morta, agarramento, dimensionamento, comunicação e posicionamento, sendo que os quatro primeiros devem ser preferencialmente realizados a partir de um software específico de sintonia de malhas de controle, como o InTune, da ControlSoft.

- **Histerese:** A histerese é um fenômeno que existe em todas as válvulas de controle e se caracteriza pela ocorrência da diferenciação do ganho da malha de controle quando a válvula de controle é submetida a *inputs* de intensidades iguais, porém em direções opostas, como pode ser observada na Figura 3. Quanto maior a histerese de uma válvula de controle, pior o desempenho da mesma.

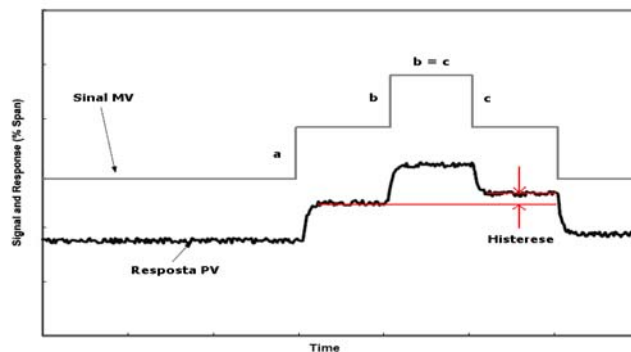


Figura 3 - Efeito da histerese em válvula de controle

- **Banda Morta:** Assim como a histerese, a banda morta é um fenômeno que também surge quando ocorre inversão no curso do atuador de uma válvula de controle. Quando uma válvula possui uma banda morta muito larga, observa-se um congelamento momentâneo do sinal da PV quando se dá a reversão do sinal da MV, conforme Figura 4. Quanto maior a amplitude da banda morta, pior o desempenho da malha de controle.

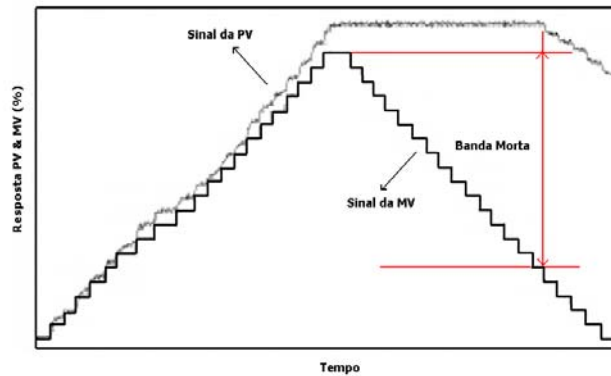


Figura 4 - Banda morta em válvula de controle

- **Agarramento:** Uma válvula de controle com problemas de agarramento apresenta comportamento semelhante a uma válvula com banda morta excessiva, porém a diferença reside no fato que no agarramento observa-se um retorno brusco do movimento da PV, o que não acontece no caso da banda morta. A Figura 5 ilustra como o agarramento atua em uma malha de controle.

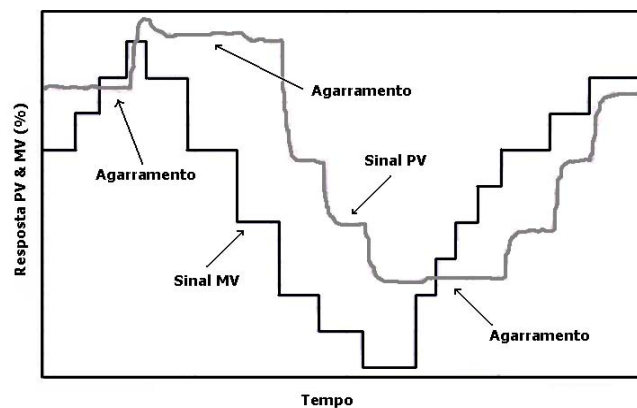


Figura 5 - Agarramento em válvula de controle

- **Dimensionamento:** Uma válvula com problemas de dimensionamento compromete o controle por não oferecer a sensibilidade necessária para o ajuste do processo em todas as suas condições operacionais. Pequenas variações sugeridas na MV pelo controlador têm efeito sobre amplificado no processo quando a válvula de controle é superdimensionada. No caso do subdimensionamento, grandes variações na MV do controlador não são suficientes para controlar o processo.
- **Comunicação:** Este teste tem como objetivo a detecção de eventuais problemas que possam existir entre a comunicação do sinal do sistema supervisor e o elemento final das malhas de controle. Esse procedimento é

útil para detectar vários problemas típicos em instalações industriais, como a passagem dos cabos próximos a equipamentos ou a fios de alta tensão, o que gera um alto campo magnético e compromete a comunicação.

- **Calibração:** O teste de calibração das válvulas de controle é realizado a partir da avaliação da posição desse elemento em resposta a pedidos de abertura originados no sistema supervisor. Devido ao ambiente extremamente agressivo onde grande parte das válvulas de um processo de beneficiamento de minério se encontra (sujeitas a polpas de minério e a poeira condutiva de ferro), é muito comum encontrar problemas das mais diversas origens, que vem a refletir no posicionamento indevido da válvula, tais como transdutor I/P defeituoso, diafragma furado, calibração inadequada, não linearidade, ar de instrumento inadequado, etc. Projetos semelhantes realizados pela Chemtech indicam que mais de 50% das válvulas de controle de usinas de beneficiamento de minério de ferro apresentam algum tipo de problema.

Avaliação dos inversores de frequência

O teste empreendido com os inversores de frequência tem como objetivo avaliar a frequência de saída do inversor para o processo em resposta aos comandos requisitados pela sala de controle. Dessa forma, o comando deverá ser variado entre zero e 100% (com degraus de 25%) e esse valor confrontado com os valores de saída obtidos no próprio inversor.

Caso a frequência de saída não esteja compatível com a frequência especificada para aquele processo, o sinal de saída analógica do cartão deverá ser verificado e, caso nenhum problema seja verificado, a parametrização do inversor deverá ser revista.

Diagnóstico das malhas de controle

Após a verificação e correção de todos os elementos de uma malha de controle, a etapa de diagnóstico da malhas pode ser iniciada. A etapa de testes de avaliação da sintonia das malhas de controle é realizada através da introdução de perturbações no processo (alterações no *set-point*) das variáveis controladas. Para avaliar qualitativamente o desempenho das malhas, são realizados três testes diferentes de desempenho: rastreamento do *set-point*, rejeição de distúrbio e performance global.

No teste de rastreamento de *set-point*, é avaliada a capacidade da malha de controle de atender a uma mudança de *set-point*. Através desse teste pode-se determinar o tempo de resposta, a presença de *overshoot* ou *off-set* e a velocidade de atuação, ou seja, pode-se verificar na prática se a malha de controle atende ao comando do operador.

O teste de rejeição de distúrbio consiste em observar como a variável controlada se comporta após um longo período em que onde o *set-point* é mantido constante. Através desse teste é possível verificar a presença de oscilações externas e as respostas da malha de controle a essas oscilações. Além disso, é possível notar se a malha de controle possui parâmetros inadequados a ponto de amplificar oscilações geradas internamente.

No testes de performance global é observado o comportamento do controlador durante três dias e com isso são avaliados alguns parâmetros indicativos de desempenho, tais como:

- porcentagem do tempo que a malha está inativa (%);
- porcentagem do tempo em modo Automático/Manual/Remoto (%);
- variabilidade da PV da malha de controle (%);
- porcentagem do tempo que o erro (SP-PV) é positivo/Negativo;
- média do erro absoluto;
- porcentagem do tempo que a PV fica saturada (%); e
- porcentagem do tempo que a MV fica saturada (%).

ACERTOS DOS PONTOS IMEDIATOS

Os primeiros problemas a serem atacados nessa etapa são aqueles identificados durante a etapa de diagnóstico da instrumentação. Os problemas mais típicos e simples de serem resolvidos são: calibração de válvulas, parametrização de inversores de frequência, substituição de cabos causadores de problemas de comunicação, dentre outros. Esses acertos são críticos, pois impedem a realização das sintonias das malhas, que é o segundo tipo de acerto mais relevante desse trabalho. Todos esses acertos devem ser executados de forma conjunta com a área de manutenção da usina.

Outros problemas tais como implantação de novas malhas de controle e acertos de lógicas de PLC também podem ser realizados pois, em geral, não demandam esforço excessivo e podem trazer grande retorno para a planta.

Os problemas cuja solução demandam substituição ou manutenção de instrumentos precisam ser agendados em parceria com a programação da manutenção da usina, já que outras variáveis devem ser consideradas, como a aprovação da compra ou a parada programada do processo.

Deve-se apenas atentar para que os problemas mais relevantes de instrumentação sejam corrigidos antes do início da fase da sintonia, de forma a alcançar o maior retorno de desempenho possível e evitar o retrabalho, já que a troca de elementos de uma malha pode alterar o seu ganho e deteriorar a sintonia realizada.

PLANO DE ACERTOS DE MAIORES ESFORÇOS

Em paralelo à etapa de acertos imediatos, é elaborado o plano de acertos de maiores esforços, que se trata de um relatório que contempla uma lista de melhorias relacionadas à automação que tem potencial de implantação, mas que por exigirem maiores investimentos, não podem ser implantadas durante o projeto. Essa lista é priorizada em conjunto com a equipe de automação da planta, de forma a alinhar essas propostas com iniciativas já existentes.

As ações analisadas são levantadas durante as reuniões de *workshop* ou identificadas pela equipe de projeto durante o trabalho e priorizadas em conjunto com os representantes da planta. Para cada ação priorizada, são realizadas as seguintes análises:

- avaliação da situação presente;
- proposta de solução;
- detalhamento técnico da solução;
- estimativa orçamentária;
- cronograma preliminar de implantação;
- lista de aquisições/manutenções/substituições; e
- estimativa de retorno do investimento.

Ao final, as ações são agrupadas, gerando blocos de trabalho de alta, média e baixa prioridade. Para cada bloco é orçado o custo de implementação e o retorno do investimento, considerando aquele bloco de trabalho como um projeto, onde são incluídas, por exemplo, despesas de gerenciamento e viagens.

São problemas tipicamente identificados em plantas de beneficiamento de minério de ferro e abordados por esse trabalho:

- adequação do princípio de medição de sensores;
- melhoria no sistema de fornecimento de ar de instrumentos;
- substituição de válvulas de controle;
- desenvolvimento de lógicas de integração entre processos;
- redimensionamento de válvulas e sensores; e
- Implantação de controle avançado.

RESULTADOS E CONCLUSÃO

As grandes companhias de beneficiamento de minério de ferro, em geral, possuem um grande grupo que é encarregado de cuidar da automação da planta, mas que, por problemas de dimensionamento das equipes, nem sempre possuem como prioridade a manutenção das sintonias das malhas de controle. Tal problema leva em pouco tempo à queda da performance das malhas, o que prejudica o desempenho da planta. A utilização de um software específico para essa finalidade, como o InTune, da ControlSoft, é essencial para dar agilidade a esse tipo de trabalho já que os PLCs e os supervisórios possuem visualização limitada das variáveis de processo e não disponibilizam ferramentas adequadas de sintonia. A equipe local deverá ser treinada e inserida em uma gestão de melhoria contínua, de forma a monitorar e controlar periodicamente desvios nos ganhos obtidos pelo projeto.

Outro ponto crítico nesse tipo de unidade é o baixo volume de recursos disponíveis para a manutenção da instrumentação e dos elementos de controle. De uma maneira geral, apenas os instrumentos críticos (geralmente relacionados à qualidade), possuem uma sistemática rigorosa de manutenções. Outros tipos de ativos, principalmente as válvulas, têm manutenção deficiente, o que deteriora o desempenho do controle regulatório da planta.

Esse tipo de projeto, além de trazer melhorias imediatas para o processo, contribui também para a mudança da rotina interna da planta, tanto relativa aos profissionais de automação, quanto aos de manutenção, uma vez que os procedimentos de avaliação da instrumentação e das malhas de controle são fortemente repassados e os ganhos do projeto são mostrados de maneira clara, o que reforça ainda mais a argumentação sobre a importância de se manter esse tipo de ativo em bom estado de conservação.

Outros ganhos com esse tipo de trabalho podem ainda ser destacados: aumento da estabilidade das malhas de controle, redução do tempo de operação da malha em modo manual, redução do desgaste dos elementos de controle, aumento da confiabilidade dos instrumentos de medição, etc.

Além disso, alguns estudos da Chemtech mostram que a aplicação de um projeto dessa natureza pode trazer um ganho de produção de cerca de 1%, o que pode ser aumentado ainda mais caso haja investimento na aquisição de instrumentos e elementos de controle.