



IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE SUPERVISÃO DE MANUFATURA EM EMPRESAS DE USINAGEM – ESTUDO DE CASO

João Fernando Gomes de Oliveira

Núcleo de Manufatura Avançada - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos

jfgo@sc.usp.br - São Carlos, SP, Brasil

Ricardo Gold de Mello

Núcleo de Manufatura Avançada - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos

rgmello@sc.usp.br - São Carlos, SP, Brasil

Douglas Soares Dantas

Núcleo de Manufatura Avançada - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos

ddantas@sc.usp.br - São Carlos, SP, Brasil

André G. L. S. Caetano

Núcleo de Manufatura Avançada - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos

agcaetano@hsbc.com.br - São Carlos, SP, Brasil

Gustavo Meireles

Andersen Consulting Brasil

Gustavo.meireles@ac.com - São Paulo, SP, Brasil

Marcelo Biffi

TRW do Brasil

Marcelo.biffi-nonTRW@trw.com

Resumo. *Este trabalho é resultado da implementação de um sistema de supervisão em uma linha de acabamento final de válvulas de motores. A necessidade de informações confiáveis e em tempo real tornou-se um importante diferencial como ferramenta de melhoria contínua e aumento de produtividade e consiste no estado da arte de gerenciamento de chão-de-fábrica. Este trabalho trata da metodologia utilizada para a implementação do sistema, bem como o detalhamento das etapas transcorridas, desde a concepção do sistema até a implementação, ressaltando a arquitetura do sistema, os softwares e hardwares utilizados e os principais benefícios obtidos com a implementação.*

Palavras-chave: *Supervisão de chão de fábrica, SCADA, Monitoramento, Feildbus.*

Etapa 1: Criar Infra-Estrutura Necessária

“Temos as condições necessárias?”

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- ✧ Iniciar processo de intervenção através da definição de uma equipe de trabalho e;
- ✧ Identificar infra-estruturas física e financeira pertinentes ao projeto.

Nesta etapa foram analisados a infraestrutura física (máquinas, equipamentos, sensores e hardware) disponíveis, bem como software e pessoal disponível para a implementação do projeto.

A equipe compreendeu uma pessoa de CPD, uma da manutenção, uma da produção e o gerente da fábrica, além da equipe de pesquisadores do NUMA.

Etapa 2: Compreender Necessidades de Implantação

O primeiro passo envolve o reconhecimento e a definição dos disparadores de mudança associados ao sistema em análise. O objetivo é responder à pergunta: **“Por que implantar o sistema?”**. E poder determinar se as expectativas definem os resultados esperados pelos patrocinadores e líderes do projeto, bem como toda mão-de-obra envolvida na linha a ser automatizada.

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- ✧ Realizar entrevistas;
- ✧ Identificar fatores propícios à implantação da solução;
- ✧ Compreender expectativas e definir objetivos.

A tabela 1 resume as principais expectativas e necessidades identificadas após a realização das entrevistas.

Expectativas			
produção por turno	motivo do refugo	situação da ferramenta	soluções adotadas para problemas e responsável
tempo de set-up	produção por válvula	refugo	registro de manutenção com máquina em operação
produção por OF	capacidade da linha	ajustes por dressagem	paradas por vazamento
rastreabilidade do lote	tempo de uso da linha	confiabilidade da máquina	fluido de corte
tempo de ciclo	tempo de paradas	medidas de ajuste	peças por dressagem
Gargalos	motivo de paradas	motivos de parada de manutenção	paradas por batimento

Tabela 1: Resumo das expectativas coletadas nas entrevistas (em negrito as expectativas que foram consideradas para a implementação)

Etapa 3: Analisar Situação Atual

O passo seguinte, através de ferramentas e procedimentos, procura responder à pergunta: **“Onde estamos agora?”**.

Nessa etapa são descritos os elementos que representam o estado atual da organização (*AS-IS*) os quais usados em passo futuro como entradas para o projeto da organização modificada (*TO-BE*).

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- ✧ Delimitar as fronteiras do processo em análise;
- ✧ Construir uma “imagem” detalhada do processo atualmente em operação e;
- ✧ Realizar diagnóstico da situação atual e identificar disfunções através de relações de causa-efeito.

Etapa 4: Direcionar Implantação

Uma vez respondidas as questões anteriores, a pergunta “**Para onde queremos ir?**” pode ser respondida, de acordo com o estabelecido na visão organizacional. Nesta etapa as principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- ✧ Identificar visão e princípios pertinentes aos problemas levantados e;
- ✧ Analisar tipologia das soluções viáveis através da análise de cenários pré-configurados.

Etapa 5: Definir Iniciativas de Implantação

Já que respondemos “Para onde queremos ir?”, a próxima pergunta é “**Como chegaremos lá?**”. Esta pergunta é respondida na forma de iniciativas de implantação que são objetivos específicos ou ações planejadas a fim de diminuir a distância entre a situação atual e o futuro desejado.

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- ✧ Definir configuração específica da solução a ser implantada (escolha do cenário);
- ✧ Determinar planos de ação a serem adotados durante a implementação;
- ✧ Identificar responsabilidades e;
- ✧ Definir orçamento final.

Para o sistema de supervisão, optou-se por um software SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), software largamente usado na indústria de processos, porém ainda não utilizado em indústrias de manufatura discreta para supervisionar linha de produção.

Para a aquisição de dados utilizou-se um protocolo de rede denominado Fieldbus com 2 módulos digitais de 32 I/O e um módulo digital de 16 I/O.

Dentro desta tecnologia de comunicação de redes de campo existem dezenas de propostas de cabeamento e protocolos encontrados no mercado, sendo que muitos demonstram-se incompatíveis entre si (McFarlane, 1997).

O Fieldbus utiliza de placas controladoras que coletam os dados e, utilizando a lógica descrita em sua programação, os enviam para os atuadores da rede, os quais podem ser, alarmes, coletores de dados, reguladores, etc. Seu funcionamento é baseado na topologia a FDDI, mais conhecida como *Token Ring* ou Rede em Anel.

A tabela 2 relaciona os sinais coletados em cada máquina, os quais alimentam a rede de campo instalada.

Tabela 2: Arquitetura dos sensores

Máquina	Tipo de Controle	Informações necessárias	Sinal relacionado
Máquina de teste	-	Peça temperada	Sensor do pistão ou da porta de refugio
Transportador	CLP	Parada da máquina 1 (falta de peça), N ^o de peças	Sensores 1 e 2
Máquina 1	Lógica relé	Início de ciclo	Sensor do posicionador Sensor de potência *
		Fim de ciclo	Pistão que expulsa a peça
		Início e fim de dressagem	Relé do dressador
		Parada de emergência	Botão de emergência
Máquina 2	CLP	Início e fim de ciclo	Pistão que alimenta a peça Sensor de presença
		Início e fim de dressagem	Sensor do dressador
		Parada de emergência	Botão de emergência
Transportador	-	Parada da máquina 2 por excesso de peça na linha	Sensor de presença
Máquina 3	CLP	Início de ciclo	Pistão posicionador
		Fim de ciclo	Pistão que expulsa a peça
		Início e fim de dressagem do rebolo de corte	Contato seco do contador de peças para dressagem
Máquina 3	CLP	Início da dressagem do rebolo de arraste	Botão de dressagem do rebolo de arraste OU sensor do dressador
		Fim da dressagem do rebolo de arraste e início de ciclo	Botão de início de ciclo
		Parada de emergência	Botão de emergência
		Parada por falta de peça	Ventosa alimentadora de peça
Transportador	-	Parada da máquina 3 por excesso de peça na linha	Sensor de presença
Máquina 4	CLP	Início de ciclo	Fechamento da pinça que prende a peça
		Fim de ciclo	Pistão que expulsa a peça
		Início e fim de dressagem do rebolo de corte	Contato seco do contador de peças para dressagem
		N ^o de peças	Sensor de emissão acústica
		N ^o de peças refugadas	Pistão separador
Transportador	-	Parada da máquina 4 por excesso de peça na linha	Sensor de presença
Máquina 5	CLP	Início de ciclo	Pistão posicionador
		Fim de ciclo	Pistão que expulsa a peça
		Início e fim de dressagem do rebolo de corte	Contato seco do contador de peças para dressagem
		Início da dressagem do rebolo de arraste	Botão de dressagem do rebolo de arraste
		Fim da dressagem do rebolo de arraste	Botão de início de ciclo
		Parada de emergência	Botão de emergência
		Parada por falta de peça	Ventosa alimentadora de peça

A figura 2 ilustra a arquitetura do sistema escolhido para a implementação:

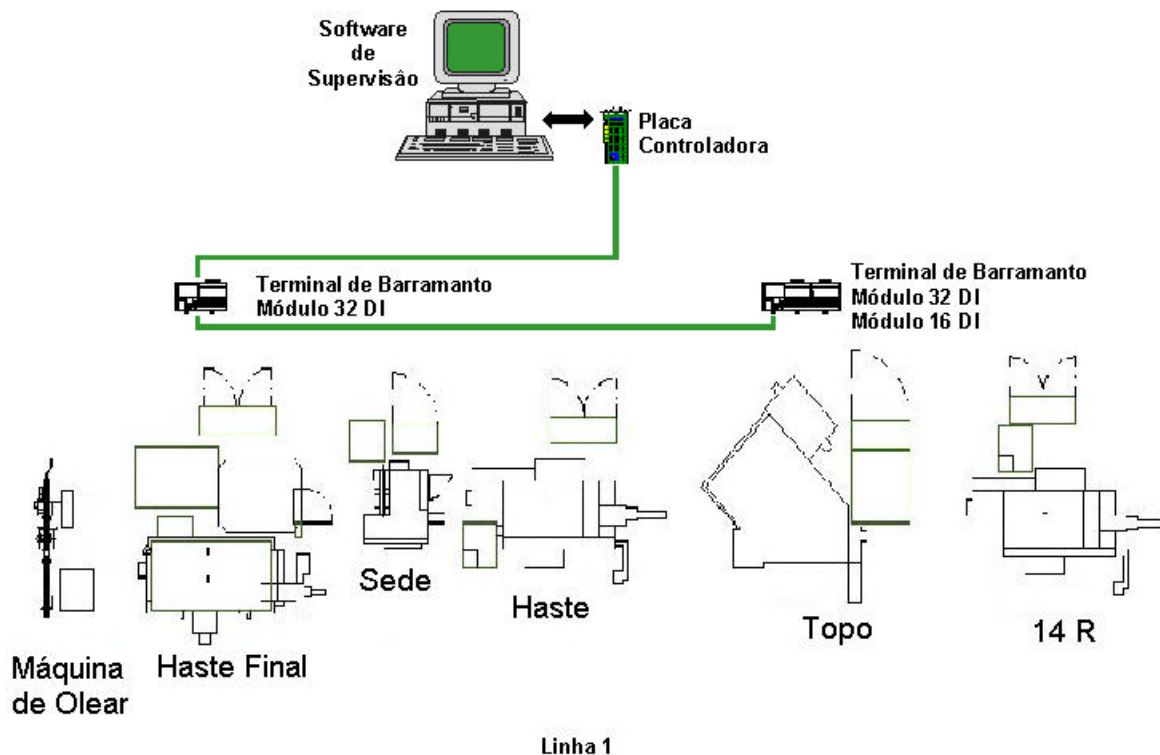


Figura 2: Arquitetura do sistema de supervisão

Os dados coletados e tratados são então armazenados em uma base de dados a onde consultas são exploradas e relatórios finais são extraídos para análises e auxílio ao processo de tomada de decisão.

O custo do projeto pode ser dividido em quatro fontes: (1) instalação/aquisição da rede de campo (fieldbus); (2) aquisição do software; (3) implementação do sistema. (4) manutenção, ajuste e aperfeiçoamento do sistema.

Considerando o custo total de implementação, pode se observar que este é inferior a 5% do valor das máquinas. Isto é, com um custo 5% maior na elaboração de uma linha é possível desenvolver e implementar um sistema de supervisão. O sistema implementado é ainda subutilizado, podendo atender a outras linhas, o que significa que seu custo por máquina pode ser ainda menor.

Etapa 6: Implementar Iniciativas

Nesta etapa foram adotadas e desenvolvidas soluções para o bom funcionamento do sistema e para contemplar os objetivos traçados (tabela 2).

Gerenciamento de tempo e motivo de parada:

Para o gerenciamento dos motivos de parada era utilizado o sistema tradicional de empresas, onde o operador no fim do turno indicava de forma manual o tempo parado relativos a vários motivos discriminados por códigos em uma ficha de papel.

Para garantir a confiabilidade das informações foi desenvolvido um sistema de botoeira ligado ao botão de início de ciclo da máquina. A botoeira consiste de 6 botões cada um indicando um motivo de parada, assim ao reiniciar o ciclo o operador aciona o botão correspondente ao motivo de parada. A solução permite que os tempos de parada sejam monitorados com alta precisão e em tempo real.

Os motivos de parada foram selecionados para cada máquina de acordo com as necessidades identificadas pelos operadores, além dos botões com motivos foi inserido um

outro botão para “outros” motivos. A configuração do sistema é simples e, assim, caso os tempos de parada devido à “outros motivos” esteja demasiadamente elevado, o sistema pode ser reconfigurado para que seja feita a troca de um motivo pouco acionado por um outro que não estava sendo identificado. Desta maneira, ajusta-se o processo á realidade da produção.

Esta solução permitiu que fossem analisados também os tempos de *set-up* (que foi incluído como um dos motivos de parada)

Tempo de ciclo e capacidade da linha: os tempos de ciclo foram analisados a partir de sinais coletados através do CLP (Controladores de Lógica Programável). Para coletar informações de início e fim de ciclo, foram instalados contatos secos nas saídas do CLP que comandam os eixos da máquina. Os sinais gerados pelos relés são coletados pela rede de campo. A contagem de tempo é realizada no próprio software das placas controladoras.

O sistema ainda compara os tempos de ciclo e mantém armazenado o menor tempo de cada máquina. Assim é possível saber qual a capacidade máxima de cada máquina da linha.

Peças por dressagem: o controle da dressagem também foi realizado a partir de informações coletadas no CLP, utilizando-se novamente de contatos secos para a alimentação da rede de campo.

Produção: a contagem total de peças é feita em dois pontos da linha. Nas outras máquinas a contagem é zerada entre cada dressagem do rebolo. A contagem é feita através de contatos secos somados as informações de sensores de presença. Foi necessária uma solução conjunta para garantir a confiabilidade da informação, pois a informação do avanço da ferramenta (coletada no CLP) não representa obrigatoriamente que uma peça foi feita.

Com informações sobre o turno e ordem de fabricação é possível determinar a produção por qualquer intervalo ou período de tempo.

Refugo: Na operação de retificação da haste da válvula, um sensor de emissão acústica é utilizado para detectar falhas de circularidade e, automaticamente, refugar a válvula em questão. No momento do refugo é acionado um dispositivo para remover a peça da linha, o sinal do pistão separador é coletado pela rede e o sistema de supervisão realiza a contagem do refugo.

Gargalos: Primeiramente os gargalos podem ser identificados pelos tempos de ciclo de operação. Mas uma das vantagens do sistema é que em podendo visualizar a produção por um longo intervalo de tempo, é fácil determinar como outros fatores interferem na produção.

No sistema de supervisão foi elaborado um gráfico de produção por tempo, onde é possível comparar a produção real com a ideal. Assim o ritmo de produção pode ser analisado e gargalos mais facilmente identificados.

Custo de ferramental: Foi implementado um sistema de custeio de ferramental em tempo real. A partir de informações do custo do ferramental (rebolo, dressador e rolo diamantado), dos parâmetros de dressagem (profundidade de dressagem) e das informações obtidas em tempo real (numero de peças por dressagem) pode-se calcular com exatidão qual o custo do ferramental por peça.

Indicadores de desempenho: Como já citado por diversos autores (Neely, White, ...) um dos problemas com os indicadores atuais é que eles atuam como “retrovisores” do processo não permitindo que ações sejam tomadas dentro do prazo necessário. No sistema implantado

foram desenvolvidos indicadores para ritmo e produtividade com o intuito de mostrar, em tempo de tomada de decisões, os problemas e desvios em relação ao cenário programado.

Interface: A parte visual do sistema foi dividida em uma tela principal (mostrada na figura 3) e outras 6 telas específicas. A primeira, além do gráfico de produção da linha aborda dados genéricos das seis máquinas, informações como tempo total de ciclo, capacidade máxima de cada máquina, peças produzidas, entre outra. Ao clicar em cada máquina o usuário navega então em telas específicas por máquina. Nelas, é possível analisar o sinal de ciclo, bem como o tempo de dressagem, peças refugadas e outros dados peculiares a cada máquina.

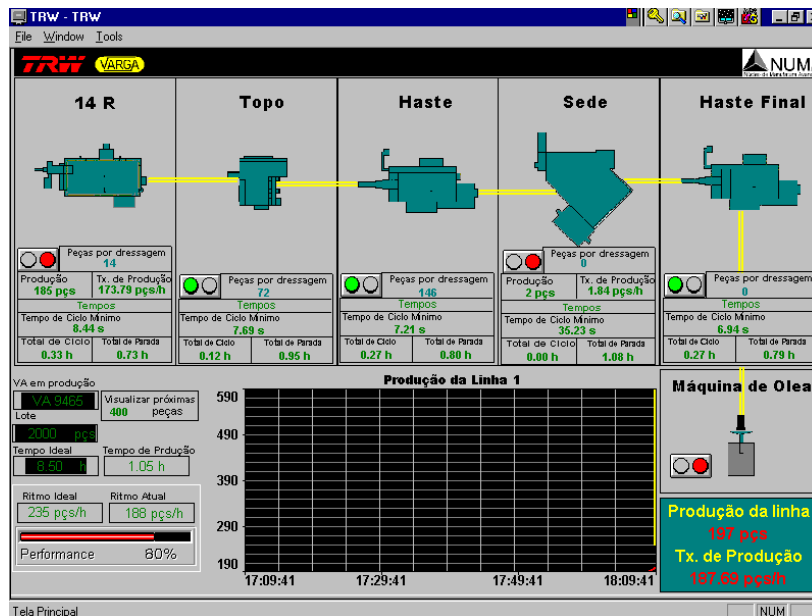


Figura 3: Tela principal do sistemasupervisiório

Etapa 7: Analisar Progressos e Resultados

Por fim, resta avaliar se os resultados estão sendo obtidos, avaliar a própria metodologia de implantação, registrar lições aprendidas na medida em que a organização progride, celebrar e recompensar o sucesso obtido. A pergunta-chave deste passo é: **“Chegamos com sucesso?”**.

Revisões sistemáticas do progresso da implementação e do impacto que estas causam nas medidas gerais de desempenho da empresa são importantes para assegurar que as iniciativas adotadas causaram o efeito desejado.

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- ❖ Verificar efeitos causados pela nova configuração;
- ❖ Identificar nível de adequação aos objetivos inicialmente estabelecidos;
- ❖ Identificar disfunções relacionadas ao processo de implantação e;
- ❖ Finalizar intervenção.

Pelo fato do sistema estar funcionando a cerca de 2 meses, o seu maior impacto nas melhorias da produção ainda não pode ser totalmente analisado. Entretanto, pela observação das telas e dos motivos de parada já foram tomadas ações que resultaram em um ganho de cerca de 10% na produção.

Além disso, a visualização do sistema pelos gerentes, diretores e chefes da linha propicia uma imagem comum sobre o chão-de-fábrica facilitando o entendimento sobre as ações a serem tomadas. Isso faz com que haja mais foco nas atividades e consenso nas prioridades.

4. CONCLUSÕES

Analisando a metodologia de implantação do Sistema de Supervisão em linhas de usinagem e os impactos na produção que começam a surgir, torna-se claro o ganho que tal investimento vem a acrescentar à empresa. Neste sentido, como em toda automação industrial, a adaptabilidade tanto do pessoal gerencial como da mão-de-obra envolvida no processo mostrou-se lenta e necessitada de constantes incentivos e esclarecimentos.

Fica evidente também que a implantação do sistema é cíclica. Uma vez que a visualização da linha em uma tela de computador é acessada por gerentes, diretores, chefes e até mesmo operadores da mesma, o leque de necessidades de novas implementações e otimizações no sistema está em constante transformação.

REFERÊNCIAS

- CAETANO, A. G. L. S., OLIVEIRA, J. F. G., 2000, *Sistemas de supervisão de chão-de-fábrica: uma contribuição para implantação em indústrias de usinagem*. São Carlos. 161p. Dissertação (mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CAETANO, A. G. L. S.; MEIRELES, G. S. C.; OLIVEIRA, J. F. G.; SOUSA, G. W. L., 2000, Informações de chão de fábrica num ambiente de manufatura integrada. In: *Congresso e exposição internacionais da tecnologia da mobilidade*, 8., São Paulo, 1999. SAE Brasil 99. São Paulo, SAE do Brasil (SAE Technical Paper Series, 1999-01-3021).
- MCFARLANE, A., 1997, Fieldbus review. *Sensor Review*, v. 17, n 3, p. 204–210.
- MELLO, R. G. M. et. al., 2000, Avaliação de Desempenho para o Gerenciamento Estratégico do Chão de Fábrica; In: Encontro Nacional de Pós-Graduação em Administração, 6., Florianópolis, 2000.
- HARROLD, D., 2000, Enterprise integration requires understanding the plant floor. *Control Engineering*. pp. 46-54. Fev.
- RENTES, A. F., 2000, *TransMeth – Proposta de uma metodologia para condução de processos de transformação de empresas*. São Carlos. 218p. Tese de livre docência, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

IMPLEMENTING SUPERVISING MANUFACTURING SYSTEMS IN MACHINING COMPANIES – STUDY CASE

Abstract. *This work is the resulted of the implementation of a supervision system in a final finish line of motor valves. The need of reliable information and in real time became an important and differential tool in order to achieve continuous improvement and productivity increase and it consists of the state of the art of shop floor managing. This work is explains the methodology used to implement the system, as well as the particularities of each of the elapsed stages, from the conception of the system to its implementing, standing out the architecture of the system, the softwares and hardwares used and the main benefits obtained with the implementation.*

Keywords: *shop floor control, SCADA, supervising, Fieldbus*