

Automação em Processos Produtivos Baseada em Instrumentação Virtual

Ivan Bovarotti Tagliari, Galdenoro Botura Junior, Luiz Carlos Rosa
Márcio Alexandre Marques, Marilza Antunes de Lemos
Engenharia de Controle e Automação – Campus Sorocaba
UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

ivan_ibt@grad.sorocaba.unesp.br
{galdenoro; luizrosa; marciomq; marilza}@sorocaba.unesp.br

Resumo – Atualmente observa-se uma grande demanda por sistemas de automação, em todos os segmentos industriais, que permitam a redução de custos e o aumento da produtividade. Atingir essas metas vai além do oferecido por sistemas de supervisão tradicionais, sendo necessária sua integração com sistemas inteligentes para tomada de decisões. Este artigo aborda a concepção de um sistema de supervisão capaz de controlar dispositivos ligados a um controlador lógico programável (CLP) através de uma interface ASi sensor-atuador, por meio de um software de instrumentação virtual, o LabVIEW, cuja comunicação com o hardware se baseia no padrão OPC. Com a implementação do sistema em uma réplica de um processo produtivo completo, foi possível monitorar os tempos de produção em cada etapa da manufatura do produto final. A escolha do ambiente LabVIEW visou pesquisar sua aplicabilidade, inicialmente voltada à laboratórios, em um ambiente de automação industrial. Verificou-se que o uso do LabVIEW permite, facilmente, integrar o sistema desenvolvido a um sistema inteligente de tomada de decisões, otimizando todo o processo produtivo, fechando, assim, a malha de controle.

Palavras-chaves: Sistema de supervisão, automação, controle, padrão OPC, rede ASi, CLP, LabVIEW.

I. INTRODUÇÃO

Em suas primeiras implantações, os projetos de automação de instalações industriais visavam apenas o monitoramento e controle local automático dos principais parâmetros voltados a garantir uma adequada operação remota e não assistida. Nos dias de hoje, o grande interesse por sistemas de automação ocorre onde a presença humana esteja sob perigo e o ambiente insalubre [1], ou onde se busca a otimização e padronização dos procedimentos existentes no processo, obtendo-se: redução dos custos; aceleração do processo produtivo; redução nos volumes, tamanhos e custos dos equipamentos; restabelecimento mais rápido do sistema; maior qualidade dos produtos e a possibilidade de introdução de sistemas produtivos interligados [2].

Para que estes objetivos sejam alcançados é necessário que se empregue um sistema que supervisione e realize a coleta metodológica e precisa dos dados, já que na maioria das vezes, o produto obtido é altamente dependente da tecnologia aplicada ao processo. Os avanços tecnológicos neste campo, como a instrumentação, as redes de campo (Profibus, Ethernet, DeviceNet, LonWorks, Fieldbus Foundation, etc), o

controle e os sistemas de supervisão, foram fundamentais para a obtenção de malhas de controle mais eficientes [3].

Por meio dos sistemas de supervisão é possível a integração das informações do chão de fábrica com um sistema central de tomada de decisões, viabilizando a integração dos diversos dispositivos e equipamentos controlados, o monitoramento das variáveis, o emprego de comandos remotos, a inserção de parâmetros, o monitoramento de alarmes, tornando-se imprescindível para que as indústrias possam adaptar seus processos para atender às exigências do mercado. Estes sistemas são implementados em um ambiente computacional e possuem uma interface com o usuário que permite a entrada de parâmetros manualmente e a atuação no sistema, a partir de uma representação fiel de todo o processo. A figura 1 mostra a pirâmide que representa os níveis hierárquicos envolvidos em sistemas de automação industrial. Sistemas de supervisão aplicados a processos industriais utilizam conceitos inseridos na base da pirâmide e caminham para o controle e monitoramento remoto de dados atingindo o terceiro nível[1].

Este trabalho propõe um sistema de supervisão capaz de

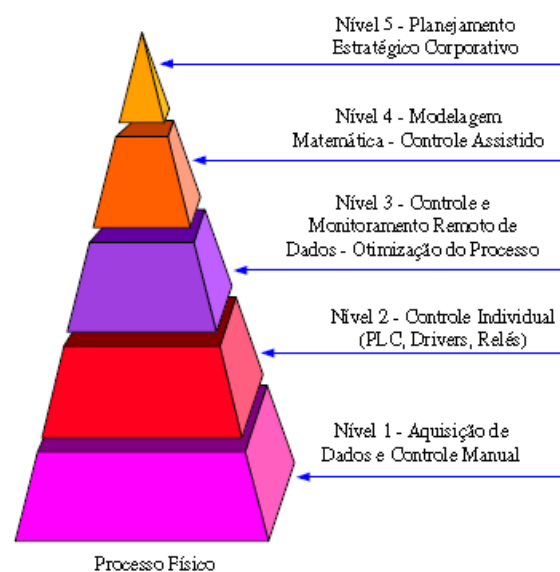


Fig.1. Níveis de controle industrial na Pirâmide de Automação [1]

realizar o monitoramento de variáveis obtidas por intermédio de sensores e atuadores interligados a um controlador lógico programável (CLP); controlar o processo de acordo com o estado dessas variáveis; atuar no processo de forma automática ou a partir da ação de um operador; detectar falhas de operação, como incoerência entre o comando enviado e o que realmente está acontecendo no processo; gerar relatórios para documentação e análise. Finalmente, esse sistema deve ser integrado a um processo industrial que possua esteiras interconectando as várias etapas do processo e disponibilize os dados para um sistema de tomada de decisão.

Para a criação desse sistema foi utilizado o *software* LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*), da National Instruments, a fim de se pesquisar a possibilidade dessa ferramenta, inicialmente voltada para uso em laboratórios, ser aplicada em um sistema de automação em ambiente industrial. Caso seja verificada sua aplicabilidade no sistema proposto será possível expandir seu estudo para a criação de sistemas especialistas de tomada de decisões interligados ao sistema de supervisão central.

O restante deste artigo está dividido como se segue: a seção II apresenta a arquitetura da planta industrial a ser automatizada; a seção III apresenta o sistema desenvolvido; a seção IV descreve os resultados obtidos e a seção V apresenta as conclusões.

II. ARQUITETURA DA PLANTA INDUSTRIAL

O desenvolvimento de um sistema de controle e a automação de um processo produtivo deve partir dos dispositivos existentes na planta a ser automatizada, os quais permitirão que se analise o estado das variáveis do processo, como esses são interligados a um sistema de controle central (p.ex. um CLP); e quais os meios de atuação na produção.

A partir de uma planta com as seguintes características: esteiras dotadas de motores, cujo controle é feito por meio de um CLP da Siemens (série S7-300), e sensores e atuadores digitais interligados ao CLP através de uma interface de comunicação atuador-sensor (rede ASi), foi desenvolvido um sistema que controla e monitora as fases de um processo produtivo.

Cada estação de trabalho possui um CLP próprio e a comunicação entre eles é realizada através de uma rede PROFIBUS em que um deles é adotado como mestre da rede e os outros escravos, permitindo um controle centralizado a partir de apenas um CLP.

A CPU313C-2DP, CLP existente na planta, possui uma porta de comunicação serial (RS-232), que permite a sua conexão com outro dispositivo microprocessado. Entretanto, essa ligação não pode ser feita diretamente. Para que um computador consiga estabelecer uma comunicação com o CLP, tanto para enviar como para receber dados, é necessário que a saída serial seja conectada previamente a uma placa de aquisição PROFIBUS ou um drive MPI (Multi Point Interface), para, então, ser ligada ao computador.

A planta utiliza o protocolo de comunicação MPI da Siemens, uma versão mais simples de um protocolo

PROFIBUS. Esse dispositivo MPI foi especificamente projetado para o uso com servidores OPC de 32 bits. Sua transmissão pode ser tanto em uma taxa de 19200 baud como em 38400 baud (selecionável através do adaptador MPI), além de possuir oito bits de dados, paridade ímpar e um bit de parada [4].

O sistema de transporte tem como elemento principal uma série de esteiras. As esteiras são responsáveis por movimentar os carros de transporte de uma estação de produção à outra. Cada estação realiza uma fase da manufatura do produto final. Sua movimentação é realizada através de motores trifásicos comandados pelo CLP por intermédio de um inversor de frequência. A velocidade empregada pelo inversor de frequência não é controlada pelo CLP, resultando na aplicação de uma velocidade sempre constante.

As esteiras permanecem sempre em funcionamento e a parada do produto na estação é realizada por uma trava que retém a passagem do carro de transporte, ou seja, todas as esteiras são acionadas ao mesmo tempo através do acionamento de um único bit no CLP, enquanto cada estação possui um atuador pneumático que impede ou libera a passagem do mesmo.

Os sensores e atuadores presentes na rede ASi permitem o controle do estado das variáveis de cada estação, como: presença de carro, presença de peça, identificação do carro, indicação da posição da trava de retenção e comando dessa trava.

O controle dos dispositivos envolvidos na rede ASi é realizado por meio da comunicação entre um módulo mestre e diversos módulos escravos, isto é, os sensores e atuadores são conectados a um módulo escravo, que se comunica com um módulo mestre, acoplado a um CLP [5]. O endereçamento de cada dispositivo ligado a um escravo é mapeado em um espaço de memória do CLP e é comandado através de acionamento bit a bit.

A Siemens dispõe de vários modelos de módulos mestres que se acoplam diretamente aos CLPs da série S7-300. A planta proposta baseia-se no módulo CP343-2.

A figura 2 apresenta um diagrama de interligação entre sensores/atuadores e o CLP por meio de uma arquitetura mestre-escravo.

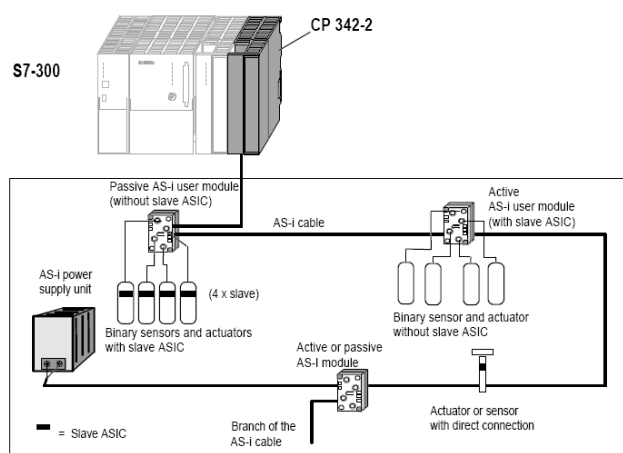


Fig. 2. Representação da arquitetura da rede ASi [5]

Dessa forma, é possível controlar o estado dos dispositivos de instrumentação presentes em cada estação de trabalho. Cada estação possui um conjunto de seis desses dispositivos, entre eles: três sensores indutivos, um sensor óptico, um atuador pneumático, comandado através de uma válvula eletro-pneumática, e um sensor de fim de curso, inserido no atuador, o qual indica sua posição.

Cada sensor indutivo desempenha uma função específica: um sensor detecta a presença do carro de transporte na estação; outro tem a função de indicar a aproximação ou o afastamento de um carro na estação; outro se comporta como um sensor de contagem, realizando a identificação do carro, já que cada um desses é dotado de uma codificação metálica distinta. Já o sensor óptico detecta a presença de um produto sobre o carro de transporte. O atuador pneumático é responsável por liberar ou reter a passagem do mesmo. O último sensor identifica o estado do atuador, avançado ou recuado.

Baseado na planta descrita, o sistema proposto automatiza o transporte de um produto nas diversas fases do processo produtivo e, também, controla o tempo de produção em cada estação de manufatura. A próxima seção detalha o sistema desenvolvido.

III. SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO BASEADO EM INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL

A ferramenta base utilizada no desenvolvimento do sistema foi o LabVIEW por ser um ambiente de grande flexibilidade para a criação de sistemas que necessitem aquisição de dados e monitoramento em tempo real. Nele a programação é feita de acordo com o modelo de fluxo de dados, o que oferece vantagens para a aquisição de dados simultâneas e sua manipulação, controle de instrumentos, automatização de testes, processamento de sinais, controle industrial, sistemas de supervisão, sistemas especialistas e projeto embarcado [6], podendo todas essas funcionalidades ser integradas em um único sistema.

Uma restrição encontrada no desenvolvimento do sistema foi a impossibilidade de comunicação direta entre o LabVIEW e o CLP. Assim, tornou-se necessária a inserção de um protocolo de comunicação que padronizasse a troca de informações entre esses dois componentes.

Como solução utilizou-se o padrão OLE (*Object Linking and Embedding*) para controle de processos (OPC, do inglês OLE for Process Control). O padrão OPC de comunicação foi criado a partir da necessidade de algumas empresas em desenvolver uma ferramenta capaz de promover o acesso a dados em tempo real dentro do Sistema Operacional Windows. Basicamente, o padrão OPC estabelece normas para desenvolvimento de sistemas com interfaces padrão para comunicação de dispositivos de campo (CLPs, sensores, atuadores, etc.) com sistemas de supervisão, monitoramento e gerenciamento [7].

O padrão OPC baseia-se em uma arquitetura cliente-servidor, onde um *software* (servidor) realiza a configuração da comunicação entre o CLP e o computador, enquanto outro

software (cliente OPC) manipula os dados adquiridos e envia ações de controle, neste caso, o LabVIEW.

Para atuar como servidor foi utilizado o *software* NI OPC Servers da National Instruments. O NI OPC Servers proporciona uma interface consistente de comunicação com múltiplos dispositivos através da adição de diversos canais de comunicação. A combinação desse software com o LabVIEW fornece uma plataforma única para obtenção de medições de alto desempenho e controle [8].

Para tal, no servidor, é necessário configurar os dispositivos de controle que serão utilizados, a taxa de comunicação entre esses dispositivos e o computador, e finalmente o endereçamento de todas as variáveis disponíveis, por meio da criação de “tags” (identificação dada a cada variável). A figura 3 apresenta o ambiente de programação do NI OPC Servers.

Para que o LabVIEW seja empregado como cliente OPC é necessária a utilização do módulo adicional DSC (Data Supervisory and Control module). O módulo DSC expande o ambiente de programação gráfico do LabVIEW com funcionalidades adicionais, dentre as quais está a criação de um canal cliente OPC capaz de se comunicar com servidores OPC.

Com isso é possível apontar no cliente um servidor OPC de entrada de dados, importar as “tags” criadas nesse servidor e manipulá-las através de seu ambiente de programação.

Em resumo, a figura 4 representa a arquitetura final que permite um sistema de supervisão comunicar-se com um CLP. Nela o NI OPC Servers se conecta através do cliente OPC, inserido dentro do módulo DSC no LabVIEW. Vale ressaltar que essa forma de configuração independe do CLP utilizado, ou seja, é aplicada para consolidar a comunicação entre o LabVIEW e qualquer tipo de CLP.

Todas as especificações referentes a comunicação entre o computador e o adaptador MPI, conectado ao CLP, devem ser configuradas no servidor OPC.

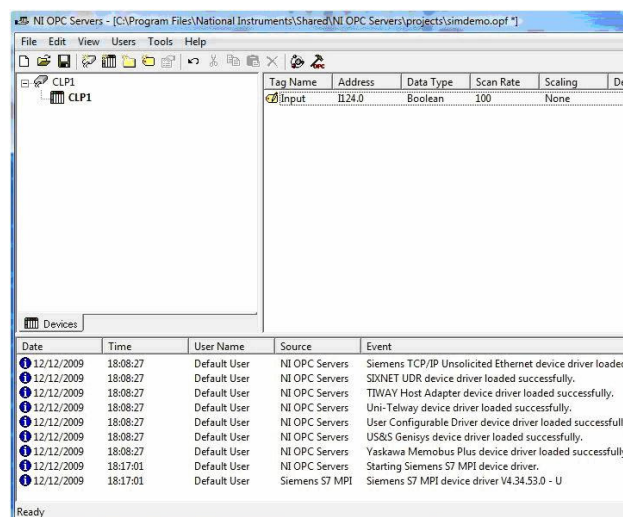


Fig. 3. Tela principal do NI OPC Servers

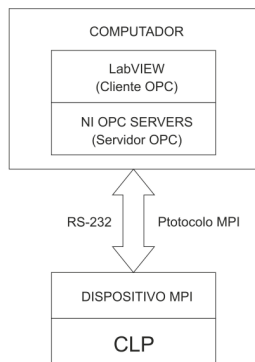


Fig. 4. Arquitetura de comunicação *hardware-software*

Consolidada a comunicação desde o ambiente de programação do LabVIEW, até os dispositivos de instrumentação interligados ao CLP, foi possível implementar o sistema de supervisão de acordo com as especificações propostas:

- monitorar o tempo de produção de cada fase do processo;
- verificar através de contagem de tempo se realmente existe a presença de uma peça detectada pelo sensor óptico;
- comandar a trava pneumática para liberar a passagem do carro;
- reativar essa mesma trava após decorrer dois segundos que o carro deixou a estação;
- verificar se o estado da trava realmente corresponde ao comando enviado para ela, gerando uma mensagem de erro em caso de discordância;
- identificar qual carro está na estação;
- gerar gráficos dos tempos de produção de cada carro em cada estação;
- apresentar o tempo médio de produção em cada estação;
- apresentar planilha contendo os tempos de produção de cada peça nas seis estações;
- permitir que o usuário possa navegar entre as telas do programa;
- disponibilizar botão de emergência capaz de paralisar o sistema;
- gerar histórico das temporizações em relatório nos formatos .xls ou .txt, com as mesmas informações contidas na planilha.

Cada uma dessas ações é realizada por diferentes rotinas de programação que possuem variáveis dependentes umas das outras. A principal é a de contagem de tempo de trabalho das estações de manufatura. O programa obtém e trata os tempos de cada estação de forma independente, pois diferentes estações podem estar em funcionamento ao mesmo tempo.

A determinação dos tempos do programa se fez a partir de uma única base de tempo, com atualização a cada 1 ms. Ao se detectar a presença de um carro de transporte na estação, um valor inicial de contagem é armazenado numa variável do tipo *float* (flutuante), enquanto outra variável do mesmo tipo

armazena o resultado de uma subtração entre o tempo atual lido no timer do sistema e esse valor inicial, até que seja detectada a presença de uma peça pronta sobre o carro de transporte. O valor final de uma contagem é gravado em um vetor, liberando o monitoramento de uma nova temporização. Esse vetor dá origem a um gráfico com os tempos de produção em cada estação. A partir da união dos vetores de cada estação em uma matriz foi criada uma planilha que possibilita a importação desses dados por outro *software*, de análise matemática e de planejamento estratégico da produção.

A figura 5 apresenta parte da tela principal do sistema de supervisão. Nessa tela são apresentadas as principais informações do processo produtivo, tais como: a estação de trabalho em funcionamento; o tempo de produção atual em cada estação; a presença/ausência de uma peça pronta sobre o carro de transporte; botão que retém a liberação do carro de transporte, independente de qualquer outra situação; botões de navegação, de emergência e de geração de relatórios.

O programa conta ainda com duas outras telas: uma com gráficos dos tempos de produção de cada peça em cada estação, mostrando também o tempo médio de produção em uma determinada fase do processo; e a outra contendo uma planilha com os dados de tempos de todas essas fases.

IV. TESTES E RESULTADOS

O sistema de supervisão desenvolvido foi adaptado para ser testado no sistema de manufatura flexível Multi-FMS da FESTO. Como mostra a figura 6, a FMS é constituída de múltiplas células de trabalho e unidades de controle individuais (CLP ou unidade de controle robótico). A interligação entre as células de trabalho é feita a partir de um sistema de transporte, dotado de quatro esteiras comandadas a partir de um CLP.



Fig. 5. Tela principal do sistema

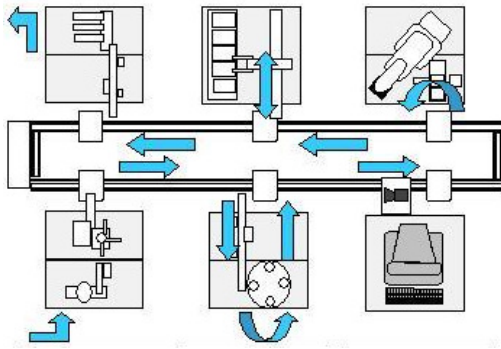


Fig. 6. Arquitetura do Sistema de Manufatura

Na figura 7, podem ser vistos os elementos da planta citados na seção III, tais como sensores e atuadores, bem como as células de trabalho.

A realização dos testes mostrou uma característica relevante do sistema proposto no que diz respeito à rastreabilidade de erros. Para um processo produtivo totalmente automatizado é possível detectar falhas em uma determinada fase do processo a partir dos gráficos de tempos de produção em cada estação. Uma falha pode ser caracterizada por uma variação incomum no tempo de produção padrão. Fases de manufatura realizadas por um operário também podem ser monitoradas e sua eficiência comparada com a de outros na mesma fase do processo, detectando gargalos da produção.

A figura 8 apresenta a tela de gráficos criada. Nela, pode-se verificar que cada estação está registrando tempos de produção distintos e os apresentando em gráficos particulares, bem como a quantidade de carros que já passaram pela estação e a média dos tempos registrados. Pode-se, também, notar a facilidade de se detectar uma variação anormal no tempo de produção e em qual iteração essa variação ocorreu, promovendo a tomada de decisões, por exemplo, uma manutenção preditiva de uma máquina baseada na inconstância de seu funcionamento.

A última tela, mostrada na figura 9, contém os dados exatos das temporizações em cada estação unidos em uma única planilha. Nela, pode-se verificar que as temporizações realmente foram registradas e apresentadas para o usuário com a precisão de três casas decimais. Com isso pode-se identificar o tempo de produção de cada iteração em cada



Fig. 7. FMS FESTO

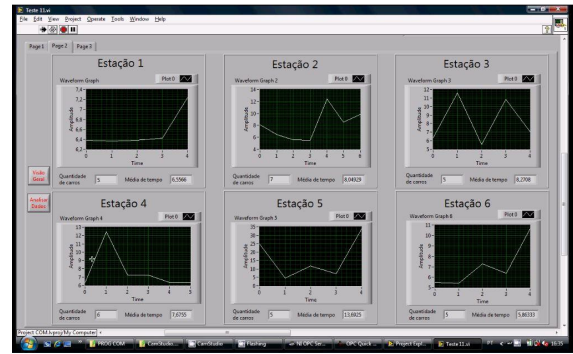


Fig. 8. Tela “Gráficos” em funcionamento

estação de forma precisa.

O programa permite que essa planilha seja salva e posteriormente importada por outro *software*, capaz de realizar uma análise estatística da produção e uma atuação otimizada de forma automática.

Assim, foi possível realizar testes e simulações de um processo produtivo real, comprovando a funcionalidade e efetividade do sistema de supervisão projetado, implementado por meio do LabVIEW, em um ambiente industrial completo, contendo todas as especificações propostas. A partir do histórico gerado é possível integrar a monitoração da fábrica com um sistema de tomada de decisão inteligente.

V. CONCLUSÃO

As expectativas mostram que o mercado de automação industrial manterá um elevado crescimento nos próximos anos, já que as empresas serão cada vez mais forçadas a melhorar a qualidade de seus produtos, bem como sua taxa de produtividade, em função da acirrada competitividade econômica [1].

Assim, projetos de automação que reduzam custos, acelerem e, principalmente, aperfeiçoem a produção, a partir da utilização de novas tecnologias, serão de extrema valia dentro dessa atual dinâmica de mercado. Desse modo, se faz fundamental a existência de sistemas que permitam a tomada de decisões mais efetivas e inteligentes, através do monitoramento minucioso do processo produtivo, papel desempenhado pelos sistemas supervisórios.

Nesse contexto, este artigo apresentou a implementação de um sistema de supervisão de um setor de uma fábrica (esteiras de transporte) com sensores e atuadores interligados a um CLP através de uma rede ASi. Para tal, foi utilizado um

	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação 4	Estação 5	Estação 6
1	6,383	8,078	6,336	6,364	24,848	5,485
2	6,360	6,415	11,593	12,490	4,608	5,425
3	6,361	5,561	5,546	7,228	11,675	7,271
4	6,424	5,512	10,817	7,266	11,243	6,352
5	7,225	12,350	7,042	6,370	33,781	10,647
6	0,000	8,561	0,000	6,342	0,000	8,838
7	0,000	9,808	0,000	0,000	0,000	0,000
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Fig. 9. Tela “Análise de Dados” em funcionamento

ambiente de programação gráfico, o LabVIEW, cuja comunicação com o CLP foi feita através do padrão OPC.

Verificou-se que a rede ASi é uma forma econômica e muito eficiente de se interligar atuadores e sensores a um CLP, e também, que o padrão OPC adotado foi uma boa alternativa para consolidar a comunicação entre o LabVIEW e os instrumentos de campo.

Comprovou-se a possibilidade da utilização do *software* LabVIEW para criação de sistemas de supervisão completos em um sistema de produção industrial, permitindo, assim, a fácil integração do sistema desenvolvido com outros de controle inteligente.

O controle dos tempos em cada fase do processo produtivo, possibilitou a atuação manual e automática no processo, e ainda a geração de dados para documentação, que permitirão análises matemáticas mais específicas e guiarão um posterior planejamento estratégico, tema sugerido para um futuro e complementar estudo.

A funcionalidade e efetividade do sistema desenvolvido foram confirmadas a partir de testes e simulações realizadas num ambiente físico semelhante ao proposto, réplica de uma fábrica completa, cujas outras fases do processo podem ser, também, automatizadas através da aplicação desse mesmo modelo apresentado. Vale ressaltar, ainda, que sua aplicação pode ser estendida a qualquer tipo de processo produtivo.

Portanto, fica evidente a grande necessidade e a possibilidade de se prosseguir com os estudos e desenvolvimento de projetos nessa área, buscando trazer novos métodos, conceitos e soluções tecnológicas a esse setor, como a inserção de novos *softwares* em um processo industrial e a criação de sistemas que adquiram e forneçam dados para a criação de um sistema mais completo e totalmente automatizado.

REFERÊNCIAS

- [1] Webb J.; Greshock K. Industrial Control Electronics, Maxwell Macmillan International Editions, 1992. 593p.
- [2] Pessen, D. W. Industrial Automation – Circuit Design and Components, Wiley, Nova York, 1989. 507p.
- [3] Souza, M. de; Pereira, S. L.- Tecnologia Da Informação Como Ferramenta De Suporte A Decisão E Gestão Nos Processos De Automação Das Instalações Operacionais De Saneamento, IEEE, 2008. 6p.
- [4] Kepware Technologies - Siemens S7 MPI Device - Driver Help – 2009. 13p.
- [5] Siemens – CP343-2 AS-Interface Master – 2008. 127p.
- [6] CLARK, C. L.. Labview – Digital Signal Processing and Digital Communications. New York: McGraw-Hill, 2005.
- [7] Fonseca, M.; Comunicação OPC – Uma abordagem prática, 2002. 12p.
- [8] NI OPC Servers
<<http://search.ni.com/nisearch/app/main/p/q/ni%20opc%20servers/>>. Acessado em 13/12/2009
- [9] Gutierrez, R.M.V.; Pan, S.S.K. Complexo Eletrônico: Automação do Controle Industrial. BNDES Setorial. p. 189-232. 2008