

---

# AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Pedro Berretta de Lucena

pedrobl@ieg.com.br  
LECA-DCA-UFRN

---

**Resumo:** Este artigo fala um pouco sobre automação industrial definindo-a, mostrando sua importância na indústria atual e discutindo sobre seus componentes. Também é discutido um pouco sobre a instrumentação utilizada em sistemas de automação industrial, sobre os controladores lógicos programáveis (CLP), sobre os sistemas supervisórios e sobre algumas arquiteturas de sistemas de automação.

**Palavras Chaves:** automação industrial, processo, sistema de controle, sistema supervisório, controlador lógico programável, instrumentação.

**Abstract:** This paper says a little about industrial automation defining it, showing its importance into the actual industry and arguing about its components. Also it is said a little about the instrumentation used in industrial automation systems, about the programmable logical controllers (PLC), about the supervisory systems and about some automation systems architectures.

**Keywords:** Industrial Automation, process, control system, supervisory system, programmable logical controller, instrumentation.

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da Revolução Industrial, a automação deu um grande salto e vem crescendo a cada dia conforme a necessidade do mercado e o aumento da concorrência. É evidente que as empresas automatizadas possuem grande vantagem em relação às outras, pois conseguem ter uma produção maior com um custo menor.

Vários processos podem ser automatizados, como o carregamento do produto final ao veículo de transporte, o processo de embalagem, pesagem do produto para dividi-lo em quantidades iguais nas embalagens, e vários outros processos. Outra tarefa importante para se automatizar é o controle de variáveis em processos industriais como controle de temperatura, pressão, nível, vazão, pH, condutividade, velocidade, umidade etc.. “A palavra controle, de origem francesa (*contrôler*), denota o ato ou poder de exercer domínio, fiscalizar, supervisionar, manter o equilíbrio” (SILVEIRA e SANTOS, 1998). “Um sistema pode ser chamado de sistema de controle quando sua saída é controlada para assumir um valor particular ou seguir uma determinada entrada” (BOLTON, 1995).

## 2 AUTOMAÇÃO DE INDUSTRIAL

Automação industrial pode ser definida como um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticos vários processos numa indústria (AFFONSO, entre 2001 e 2003).

Um sistema de automação industrial possui diversos componentes que realizam tarefas específicas: o Comando Numérico Computadorizado (CNC), os Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) integrados juntamente com os sistemas de supervisão, o Controle de Processo e os Sistemas CAD/CAM (Computer Aided Design e Computer Aided Manufacturing – projetos e manufatura apoiados em computador).

O Comando Numérico Computadorizado controla automaticamente máquinas operatrizes como tornos, frezas e furadeiras. Os Controladores Programáveis são equipamentos eletrônicos programáveis destinados a substituir sistemas controlados por dispositivos eletromecânicos e interfacear Comandos Numéricos Computadorizados com máquinas operatrizes. Esse equipamento substitui o diagrama elétrico, os relés e suas interligações por programas que simulam estes componentes. O Controle de Processo visa o controle global de um processo, em vez de parcial, como o Controlador Lógico Programável e o Comando Numérico Computadorizado (por exemplo, o controle de tráfego de trens) (AFFONSO, entre 2001 e 2003).

## 3 INSTRUMENTAÇÃO

Em processos industriais, é extremamente importante manter sob controle algumas das principais variáveis de processo. Os instrumentos de medição e controle permitem controlar essas variáveis com uma precisão maior do que se fossem controladas manualmente por um operador humano. O sistema de controle é responsável por manter a variável controlada no valor especificado (referência ou *set point*).

### 3.1 EVOLUÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO

Os instrumentos estão divididos em três categorias: pneumáticos, eletrônicos analógicos e eletrônicos digitais.

A instrumentação pneumática é a mais antiga possuindo recursos limitados. Sua principal desvantagem é o tempo de

resposta demorado e a vantagem é a aplicação em áreas de alto risco de explosividade.

Baseada na instrumentação pneumática, a instrumentação eletrônica analógica surgiu com vários avanços. Porém, seus recursos ficaram parecidos pois tinham circuitos equivalentes aos instrumentos pneumáticos.

A grande evolução se deu no surgimento da instrumentação eletrônica digital, quando um leque de possibilidades foi criado. Surgiram circuitos com agrupamentos de instrumentos, foram desenvolvidos novos algoritmos de controle e novas interfaces com o operador, e houve a possibilidade de integração dos setores da indústria (AFFONSO, entre 2001 e 2003).

### 3.2 CLASSES DE INSTRUMENTOS

Os instrumento podem ser classificados nas seguintes classes (AFFONSO, entre 2001 e 2003):

**Instrumentos cegos** – são instrumentos que não tem indicação visível do valor da variável medida como por exemplo alarmes e transmissores sem indicação local.

**Instrumentos indicadores** – são instrumentos que dispõe de indicador e escala graduada na qual se pode ler o valor da variável medida/controlada.

**Instrumentos registradores** – são instrumentos que registram a variável medida/controlada com um traço contínuo ou através de pontos.

**Elementos primários** – são elementos que estão em contato direto com a variável medida/controlada e que utilizam ou absorvem energia do próprio meio, para fornecer ao sistema de medição uma resposta em função da variação da variável medida/controlada.

**Transmissores** – são instrumentos que detectam as variações na variável medida/controlada através do elemento primário e transmitem-na à distância. O elemento primário pode ou não fazer parte integrante do transmissor.

**Conversores** – são instrumentos que recebem um sinal de entrada pneumático ou eletrônico, procedente de um outro instrumento, e convertem-no em um sinal de saída padrão, que pode ser de dois tipos padrões: 4 a 20 mAcc ou 0,2 a 1,0 kgf/cm<sup>2</sup> (19,614 a 98,07 Kpa).

**Controladores** – são instrumentos que comparam o valor da variável medida/controlada com o valor desejado (set point ou ponto de ajuste), e exercem uma saída de correção na variável manipulada, função da diferença entre estes dois valores (erro ou *offset*) e de sua equação de controle. Existem diversos tipos de controladores convencionais como P (proporcional), PI (proporcional e integrativo), PD (proporcional e derivativo ou diferencial), PID (proporcional, integrativo e derivativo), adaptativo e preditivo; controladores inteligentes como *fuzzy*, *fuzzy* com algoritmo genético, neural e neurofuzzy; e controladores híbridos como PID com algoritmo genético e indireto com modelo neural da planta. Atualmente, os sistemas de controle que utilizam algum tipo de inteligência artificial já estão conquistando seu devido espaço. Em um artigo técnico da revista Controle & Instrumentação, edição 77, de fevereiro de 2003, chamado “Controle Fuzzy para automação predial”, escrito por Fernando de Melo Luna Filho e Adolfo Bauchspiess, foi dito o seguinte: “Os sistemas inteligentes

procuram fornecer respostas que solucionam problemas, de forma apropriada às situações específicas destes problemas, mesmo sendo novas ou inesperadas. Automação predial indica o conjunto de tecnologias associadas para uso racional de energia elétrica e automatização de algumas atividades dentro de casas e edifícios. O presente trabalho visa estudar, através de metodologia incluindo simulações e execução de testes em maquetes, processos onde a variável que se deseja controlar é a temperatura. A técnica de controle inteligente ‘Lógica Fuzzy’ apresentou desempenho superior ao controlador proporcional integral”.

**Atuadores (ou elementos finais de controle)** – são equipamentos que recebem o sinal de correção do controlador e, em função deste sinal modificam/atuam sobre a variável manipulada ou agente de controle.

### 3.3 SISTEMAS DE CONTROLE

Como dito na introdução, um sistema de controle é aquele que tem a saída controlada para assumir um valor particular ou seguir uma determinada entrada (BOLTON, 1995).

Há basicamente duas formas de sistemas de controle: sistemas em malha aberta e sistemas em malha fechada.

#### 3.3.1 SISTEMAS EM MALHA ABERTA

Para um sistema em malha aberta, a saída do processo não exerce nenhuma influência sobre a entrada do sistema de controle, pois não existe realimentação do sinal de saída. Assim, a saída não é modificada de forma a seguir as alterações nas condições de operação. A entrada é escolhida com base na experiência, de tal forma que o sistema dê o valor de saída desejado. A Figura 3.1 ilustra um sistema em malha aberta.

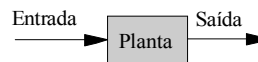


Figura 3.1 – Sistema em malha aberta.

Um exemplo de sistema de malha aberta é um aquecedor elétrico de ar em que a entrada do sistema é um sinal determinado pela chave seletora. Se houver mudanças nas condições ambientais, a temperatura variará porque não é possível compensar a saída devido à inexistência de informação de realimentação (BOLTON, 1995).

#### 3.3.2 SISTEMAS EM MALHA FECHADA

Um sistema em malha fechada recebe uma informação de uma função da própria saída, ou seja, um sinal é realimentado da saída para a entrada e usado para modificar a entrada, corrigindo automaticamente o erro através do sinal de controle aplicado à planta (sistema físico), de tal maneira que a saída se mantenha com o valor desejado mesmo com modificações nas condições de operação (BOLTON, 1995). Uma ilustração de um sistema em malha fechada pode ser vista na Figura 3.1.

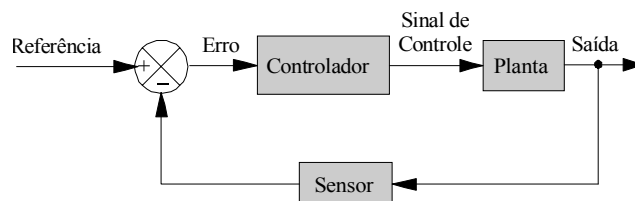


Figura 3.2 – Sistema em malha fechada.

Um refrigerador de ar é um bom exemplo de um sistema em malha fechada, onde existe um reostato que realimenta o sistema para manter a temperatura em uma faixa desejada.

## 4 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS (CLP)

O controlador lógico programável (CLP) é um equipamento eletrônico destinado a atender necessidades de um sistema a ser controlado ou automatizado com mais precisão, confiabilidade, baixo custo e rapidez. Ele substitui a lógica feita por diversos equipamentos – como relés, módulos temporizadores, controladores, pirômetros e monitores de velocidade – por sua lógica armazenada em memória de programa. A grande vantagem do CLP é que para se fazer uma modificação na lógica, basta alterar seu programa.

O programa é uma seqüência de instruções a serem executadas pelo CLP. O CLP executa as seguintes tarefas de forma cíclica: lê as entradas, executa o programa gerando valores para aplicar nas saídas e aplica os valores nas saídas.

Existem diversos “cartões” (periféricos de função específica) que se comunicam com o CLP para receber entradas ou emitir saídas. Por exemplo, cartões de entradas analógicas, cartões de saídas analógicas, cartões de entradas digitais (ligado/desligado), cartões de saídas digitais (liga/desliga) e cartões de temperatura para conexão de termopares.

## 5 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Atualmente a grande quantidade de processos automatizados, existentes nos mais diversos meios, motiva a utilização dos chamados sistemas SCADA (*Supervisory Control & Data Acquisition Systems*), que permitem a monitoração do processo em tempo-real (TIBOLA e PEREIRA, 1999).

Sistemas supervisórios são componentes importantes no contexto dos sistemas de automação industrial. Eles são programas que permitem que sejam monitoradas e rastreadas informações do processo produtivo através de um computador ligado a uma rede onde o CLP (ou os CLPs) também está conectado.

Os Sistemas Supervisórios também podem ser vistos como sistemas que supervisionam ou monitoram processos executados em uma planta industrial, através da visualização de variáveis da planta que está sendo automatizada, bem como das ações tomadas pelo sistema de automação. Sistemas Supervisores são usualmente empregados com a finalidade de tornar possível o reconhecimento de possíveis falhas em componentes da planta antes que essas falhas ocorram efetivamente, partindo-se da premissa que a eminente ocorrência de um falha geralmente pode ser detectada através de mal funcionamentos e pequenas anomalias no comportamento do sistema antes que a falha realmente ocorra, permitem ainda o acompanhamento destas falhas em forma de histórico (TIBOLA e PEREIRA, 1999).

Através de quadros sinóticos animados, os sistemas supervisórios mostram as informações com indicações instantâneas das variáveis de processo (vazão, temperatura, pressão, volume, etc) provenientes do CLP.

É possível manter um processo eficientemente sob controle sem que seja utilizado um sistema supervisório. Porém, o processo não terá monitoração, supervisão e obtenção de dados

do sistema, o que é de extrema importância para o gerenciamento do processo, através das informações de como está se comportando o mesmo, de alarmes, curvas de processo, comportamento das variáveis críticas e situações de falhas.

Há cerca de 20 anos atrás, os sistemas supervisórios começaram a ser desenvolvidos. Porém, sua utilização no mercado e o seu sucesso ocorreram por volta de 15 anos atrás, revolucionando o mercado e desestruturando os grandes sistemas chamados SDCD's, que controlavam fábricas com enormes sistemas centralizados em grandes painéis.

Esses sistemas distribuídos, com a utilização do computador, são tão confiáveis quanto os grandes sistemas de SDCD's, com uma economia assustadora em vista dos grandes controladores de processo.

“Hoje os sistemas supervisórios podem ter uma arquitetura aberta, ligados em rede, permitindo que o fluxo de dados do processo ultrapasse o limite das paredes da empresa e percorra o mundo através dos meios de comunicação existentes” (AFFONSO, entre 2001 e 2003).

## 6 ARQUITETURAS DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

A comunicação entre os equipamentos em um sistema de automação industrial é realizada por meio de redes. Basicamente, as principais são: redes de informação, redes de controle, redes de campo e redes digitais. A arquitetura a ser utilizada vai influenciar diretamente no sucesso do sistema para alcançar os objetivos de desempenho, modularidade, expansibilidade, etc. (SEIXAS FILHO, 2002). Portanto, é de extrema importância a escolha da arquitetura apropriada.

As estações clientes se comunicam com seus servidores através da rede de informação. As estações Servidores se comunicam com os CLPs através da rede de controle.

Do ponto de vista de segurança, é interessante isolar o tráfego de controle do tráfego de informação através de equipamentos de rede. Hoje o equipamento mais utilizado para este fim é o switch Ethernet e o padrão mais utilizado é o 100Base-T. Além de evitar os problemas de divisão de banda, típico da arquitetura barramento, o switch segmenta a rede. O switch assegura a criação de uma rede Ethernet livre de colisões. Esta nova concepção de rede é denominada de rede Ethernet Industrial.

### 6.1 REDE DE INFORMAÇÃO

A rede de informação representa o nível mais alto dentro de uma arquitetura. Nas grandes empresas, é comum a escolha de um backbone de grande capacidade para interligação dos sistemas de ERP (Enterprise Resource Planning), Supply Chain (gerenciamento da cadeia de suprimentos), e EPS (Enterprise Production Systems). Este backbone pode ser representado pela rede ATM ou GigaEthernet ou mesmo por uma Ethernet 100-BaseT, utilizando como meio de transmissão cabo par trançado nível 5. Esta última rede vem conquistando um espaço crescente no segmento industrial, devido ao baixo custo e à sua simplicidade.

### 6.2 REDE DE CONTROLE

A rede de controle interliga os sistemas industriais de nível 2 ou sistemas SCADA aos sistemas de nível 1 representados por

CLPs e remotas de aquisição de dados. Alguns equipamentos de nível 3 como sistemas PIMS e MES também podem estar ligados a este barramento. Até dois anos atrás o padrão mais utilizado era o Ethernet 10Base-T. Hoje o padrão mais usado é o Ethernet 100Base-T.

### 6.3 ARQUITETURA DE REDE ÚNICA

As redes de controle e informação também podem estar fundidas em uma rede única. Esta topologia apresenta os seguintes inconvenientes:

- o tráfego na rede de controle é de natureza diversa do tráfego na rede de informação, caracterizando-se por mensagens curtas e muito freqüentes;
- o tráfego da rede de informação é em geral representado por arquivos maiores transmitidos com baixa freqüência;
- os requisitos de performance e segurança das duas redes também são diferentes.

Embora este tipo de topologia seja muito utilizado, a topologia anterior é mais recomendada por segmentar cada tipo de tráfego.

### 6.4 REDES PROPRIETÁRIAS

Apesar da rede Ethernet ser hoje a preferida da área industrial muitas redes proprietárias de concepção mais antigas são ainda muito usadas. Por exemplo a rede DH+ (Data Highway plus) da Rockwell.

### 6.5 ARQUITETURA DE UM SDCD

Os SDCDs tradicionais se caracterizavam por um elevado nível de redundância: redundância de servidores, redundância de rede de comunicação de dados, de cartões de entrada e saída, etc. Além disso, possui sofisticados algoritmos de diagnóstico, que permitem localizar o cartão defeituoso a partir da console de operação. OS cartões de E/S com defeito podem ser trocados a quente.

Atualmente os SDCDs têm um sucesso peso leve. Conhecido como sistema híbrido, este novo sistema alia a versatilidade e performance de um SDCD com o baixo custo de uma solução SCADA com CLP.

### 6.6 REDES DE CAMPO

Os CLPs são usados para ler os sensores discretos ou digitais e os valores dos instrumentos analógicos.

Caso uma rede digital não seja usada, os sinais de campo serão conectados aos cartões de entrada e saída dos CLPs. Os sinais discretos são codificados na faixa de 0 a 24VCC ou 0-110VAC ou 0-220VAC. Já os sinais analógicos são geralmente codificados na faixa de 0 a 20 mA ou de 0-10V.

### 6.7 REDES DIGITAIS

Outra alternativa é o uso de uma rede digital de instrumentos e sensores. Este tipo de rede atende pelo nome genérico de fieldbus ou barramento de campo. Na verdade, devemos dividir estes tipos de rede em 3 tipos diferentes:

- **redes de sensores ou Sensorbus** - são redes apropriadas para interligar sensores e atuadores discretos tais como chaves limites (limit switches), contactores, desviadores, etc.;
- **redes de Dispositivos ou Devicebus** - são redes capazes de interligar dispositivos mais genéricos como CLPs, outras remotas de aquisição de dados e controle, conversores AC/DC, relés de medição inteligentes, etc.;
- **redes de instrumentação ou fieldbus** - São redes concebidas para integrar instrumentos analógicos no ambiente industrial, como transmissores de vazão, pressão, temperatura, válvulas de controle, etc..

## 7 CONCLUSÃO

É evidente a necessidade das empresas se voltarem à automação industrial, pois o mercado atual possui uma alta concorrência que continua crescendo. A empresa que não se adequar a ele, vai ficando para trás, restando assim, aquelas empresas que deixaram sua estrutura ser moldada pelo mercado que está sempre em expansão e mudança. É justamente aí que entra a automação industrial. Ela pode aplicada para possibilitar que as empresas consigam sobreviver no meio de toda essa competitividade existente, reduzindo os custos de produção – o que possibilita a venda de produtos mais baratos – e aumentando a produtividade – possibilitando atender às expectativas do mercado emergente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFONSO, Cleber Horácio. **Noções de automação**: AMX Automação Industrial. Campinas, entre 2001 e 2003. Disponível em: <<http://amxai.tripod.com.br>>. Acesso em: 08, maio, 2003.
- BOLTON, W. **Engenharia de controle**. Tradução Valceres Vieira Rocha e Silva. São Paulo: Makron Books, 1995.
- LUNA FILHO, Fernando de Melo; BAUCHSPIESS. Controle Fuzzy para automação predial. **Revista Controle & Instrumentação**, São Paulo, n. 77, fev. 2003.
- SEIXAS FILHO, Constantino. **Arquiteturas de sistemas de automação**: uma introdução. Belo Horizonte: UFMG, 2002.
- SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. **Automação e controle discreto**. 2. ed. São Paulo: Érica, 1998.
- TIBOLA, Leandro Rosniak; PEREIRA, Carlos Eduardo. **Geração de sistemas supervisórios a partir de modelos orientados a objetos de aplicações industriais**. IV Semana Acadêmica do PPGC, Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.