

Apostila de Automação Industrial

João Paulo Cerquinho Cajueiro

5 de março de 2015

Sumário

1	Sistemas de automação	3
1.1	História	4
1.2	Classificação	5
1.3	Pirâmide de automação	6
2	Gerenciamento da manufatura: PIMS e MES	8
2.1	PIMS	9
2.1.1	Historiador de Processos	10
2.1.2	Banco de Dados Temporal	10
2.1.3	Interface Gráfica	10
2.2	MES	10
2.3	Redes de Comunicação: Introdução e noções básicas	12
3	SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition	13
3.1	Arquitetura de sistemas SCADA e interfaceamento com níveis de automação	13
3.2	Funcionalidades principais de sistemas SCADA	13
4	Controladores Lógico-Programáveis (CLP)	14
4.1	Programação - arduino	14
4.2	Linguagem Ladder – Lógica Booleana	14
4.3	Linguagem Ladder – Temporizadores	14
4.4	Linguagem Ladder – Contadores	14
4.5	Linguagem Ladder – Aplicações	14
5	Linguagem Grafcet	15
5.1	Linguagem Grafcet – Aplicações Parte 1	15
5.2	Linguagem Grafcet – Aplicações Parte 2	15
6	Instrumentação Industrial	16
6.1	Medição de grandezas mecânicas. Características de instrumentos. .	16

6.2 Transmissão de dados, aterramento e blindagem em instrumentação. 16

Capítulo 1

Sistemas de automação

A palavra automação vem do latim *automatus* – mover por si mesmo. Logo a automação de uma tarefa consiste em fazer esta tarefa ser realizada sem trabalho humano. Isto pode ser por diversos motivos: seja por que é uma tarefa perigosa e portanto queremos aumentar a segurança das pessoas, como num processo que envolva alta temperatura, por exemplo; seja para fazer a tarefa de forma mais rápida, seja para melhorar a qualidade do produto final ou seja porque simplesmente o custo do trabalho humano é muito elevado. Logo, podemos definir automação da seguinte forma:

Automação é a substituição do trabalho humano para melhorar segurança, qualidade, produção e custos.

Neste contexto, automação industrial é nada mais que a automação de um sistema industrial, ou de um sistema de manufatura. Embora manufatura venha de fazer com as mãos, a revolução industrial mudou seu conceito, passando a significar a fabricação de praticamente qualquer produto. Do ponto de vista econômico, a manufatura é a transformação de materiais (matéria prima) em itens de maior valor (produto). Isto é conseguido por uma determinada sequência de processos químicos e físicos. De forma mais sucinta:

Manufatura é a transformação de matéria prima em produtos pela aplicação de um ou mais processos.

Logo, a automação industrial consiste em fazer os processos necessários para a manufatura com o mínimo de esforço ou interferência humana, visando melhor segurança, qualidade, produção e custo. Note que por esforço humano, queremos dizer tanto esforço físico quanto mental, logo uma máquina bastante complexa mas que funcione a manivela, não se classificaria como automação; da mesma forma uma máquina que não exija esforço físico mas requer atenção constante também não é automatizada (seria apenas mecanizada).

1.1 História

É interessante pegar alguns pontos chave na história da automação. Embora várias máquinas mecânicas de diversas graus de complexidade já existissem, como por exemplo relógios mecânicos desde o século VIII na china e desde o século XIII na Europa e os fantásticos robôs de Pierre Jaquet-Droz, do século XVIII, considera-se que a revolução industrial iniciou com a invenção do tear mecânico por Cartwright em 1785, que realiza um movimento relativamente complexo de forma automática a partir de uma roda d'água.

Um outro grande avanço ocorreu por volta de 1788, com a invenção do mecanismo de regulação de fluxo de vapor de James Watt, o que permitia então controlar a potência de caldeiras e outras máquinas a vapor, controlando uma energia

muito maior que uma roda d'água. Isto foi um grande impulso para a mecanização, mas a verdadeira automatização ainda ficava muito restrita devido a dificuldade de realizar processos complexos de forma automática. Ou seja, retirava-se grande parte do esforço físico do homem, mas ainda era necessário muito esforço mental.

Em 1820 Babbage começou a desenvolver a sua máquina diferencial, que hoje chamaríamos de uma calculadora mecânica. Ela evoluiu até o conceito da máquina analítica, descrita em 1837, que é considerada o primeiro projeto de computador, embora apenas partes dela tenham sido efetivamente construídas.

Em 1880, Herman Hollerith criou um novo método baseado na utilização de cartões perfurados, para automatizar algumas tarefas de tabulação do censo dos EUA que antes duravam 10 anos. Com o método, o processo era concluído em 6.

Ao longo da primeira metade do século XX foram utilizados muitos sistemas eletromecânicos para o controle de processos industriais. Eram os chamados circuitos chaveados, que utilizavam relês para o controle lógico e para o comando de motores.

Em 1936, Alan Turing descreveu um *computador universal* em seu artigo “On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem”, o que hoje é conhecido como uma Máquina de Turing. Suas idéias foram desenvolvidas em 1944, com a construção do Colossus, considerado como o primeiro computador, embora tivesse a função específica de quebrar o código criptográfico alemão na segunda guerra. Ele consistia de um circuito com 1600-2400 válvulas com capacidade de processamento de 25k caracteres/s. A título de comparação, os computadores de casa de hoje em dia atingem 10 bilhões de cálculos por segundo.

O avanço da eletrônica fez que a capacidade de processamento dos computadores aumentasse de forma exponencial. Atualmente o mais rápido computador do mundo é o chinês Tianhe-2, que faz 33,86 quatrilhões de cálculos por segundo, consumindo 24MW.

Na década de 60 a General Motors fez uma especificação de um CLP – Controlador Lógico Programável, que é um computador voltado para o controle de processos industriais. Em 1968 foi criado o primeiro.

Hoje em dia toda automação está relacionada a sistemas computadorizados, seja em CLPs, CNC, robôs industriais, automação dos sistemas de apoio a produção, entre outros.

1.2 Classificação

Hoje em dia se definem, grosso modo, 3 tipos de automação, tal qual mostra a figura 1.1: fixa, flexível e programável.

A automação fixa é aplicada à produção de um único produto (ou com mínimas variações), em grandes quantidades: refinaria de petróleo, parafuso, tampas de

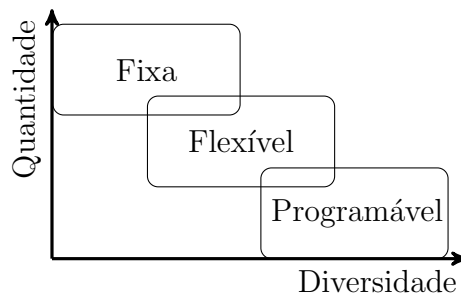


Figura 1.1: Tipos de automação industrial quanto a quantidade e diversidade de produtos.

garrafa, clips, biscoito, cerveja, etc. Ela utiliza equipamentos específicos para aquela tarefa, que portanto tem alto custo mas grande produtividade.

A automação flexível é aplicada à produção de produtos parecidos, em que pequenas modificações permitem a alteração do produto, como por exemplo mudança de um perfil a ser prensado ou extrudado ou a mudança das quantidades do mesmo conjunto de matérias primas (mudança de receita). Tipicamente é feita a chamada fabricação em lotes, onde entre um lote e outro se alteram as peças e/ou as sequências a serem seguidas de forma automática para ter o menor tempo parado possível. Exemplos são livros, circuitos integrados, potes de plástico, máquinas de café.

A automação programável é para produção de produtos diferentes mas cujo volume de produção não justifica um processo único. Ela usa máquinas de propósito geral, tais como robôs, ferramentas de controle numérico e impressoras 3d, onde a definição do processo é quase toda feita por *software*, de modo que o custo do maquinário é diluído em diversos produtos.

A tendência é cada vez mais ter a automação flexível e programável aumentando a capacidade de produção, de modo que a flexível vai ocupando nichos da fixa e a programável da flexível. Apesar disso, em vários casos é difícil imaginar alguns produtos deixando de utilizar a automação fixa.

1.3 Pirâmide de automação

A automação em larga escala de uma grande indústria ou de um conjunto de indústrias é mais complexa que a manufatura: envolve problemas de abastecimento, armazenagem, análise de mercado, exigências ambientais, entre várias outras coisas. Uma forma de se separar os diferentes problemas da automação é através da chamada Pirâmide de Automação, mostrada na figura 1.2.

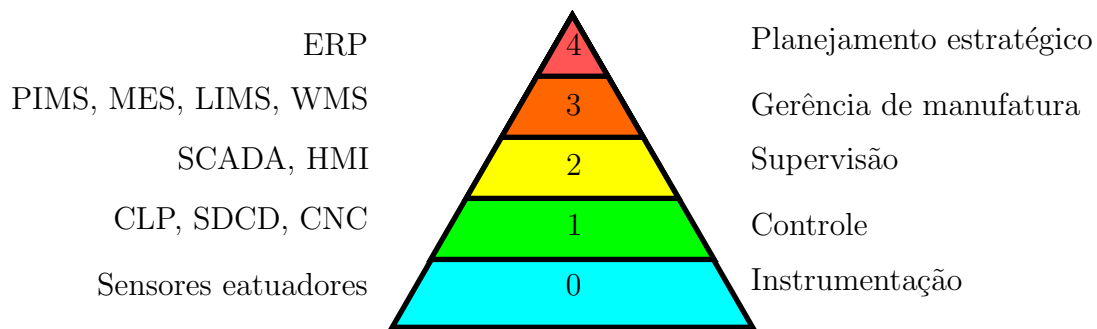


Figura 1.2: Pirâmide de automação.

Note que esta não é a única representação da pirâmide: umas começam pelo 1, outras tem apenas 4 camadas, e assim por diante, logo mais importante que o número de cada camada é o que tais camadas significam.

Nível 0 :Instrumentação Camada onde se encontram instrumentos, sensores, motores, máquinas, etc. Consistem nos equipamentos do chamado “*chão de fábrica*”.

Nível 1: Controladores Controle automático da planta – onde se localizam os Controladores Lógico-Programáveis (CLP), os Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD), os Controles Numéricos Computadorizados (CNC) e/ou computadores de controle.

Nível 2: Supervisão Supervisão e controle do processo através de Interfaces Homem-Máquina (IHMs) ou SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*).

Nível 3: Gerenciamento da Manufatura Gestão dos recursos da planta e controle da produção. Sistemas PIMS (*Process Information Management System*) e MES (*Manufacturing Execution Systems*).

Nível 4: Gerenciamento da Empresa Gestão dos recursos e produção da empresa como um todo. ERP – *Enterprise Resources Planning*.

Este texto faz um estudo da automação industrial de modo *top-down*: começando do nível 3 até o nível 0. O nível 4 é mais importante para um estudo de engenharia de processo e portanto não será abordado.

Capítulo 2

Gerenciamento da manufatura: PIMS e MES

PIMS – *Process Information Management System* e MES – *Manufacturing Execution System* são sistemas da camada 3 da pirâmide de automação, responsáveis pelo armazenamento e tratamento de dados do nível 2, concentrando os dados de diversos processos separados em um único ponto. São os chamados *middleware*, pois ficam a meio caminho entre os sistemas de gerenciamento de empresa e os supervisórios, às vezes combinando funções de um ou de outro.

De forma geral, no terceiro nível da pirâmide a preocupação é em consolidar os dados brutos do processo (*data*), para com eles gerar informações (*information*) e conhecimento (*knowledge*) sobre o processo, aumentando o valor destes valores, como mostra a figura 2.1. Os dados são obtidos ou do controlador ou do supervisor de um determinado processo. A relação entre dados ou a variação destes dados no tempo geram informação sobre a planta. A relação entre informações ou a variação de informações no tempo geram conhecimento.

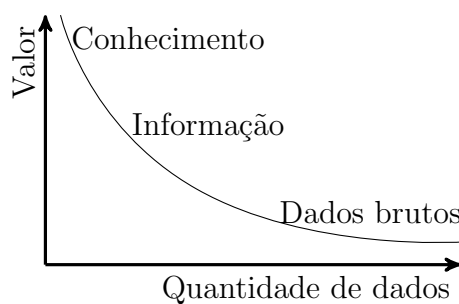


Figura 2.1: Relação entre dados, informações e conhecimentos.

Um exemplo desta relação é mostrado na figura 2.2. Nesta figura, a partir

dos dados de temperatura e vazão de um fluido é gerada a informação do calor removido em determinado trocador de calor. A comparação dos calores removidos de diversos trocadores gera o conhecimento de qual trocador é mais eficiente.

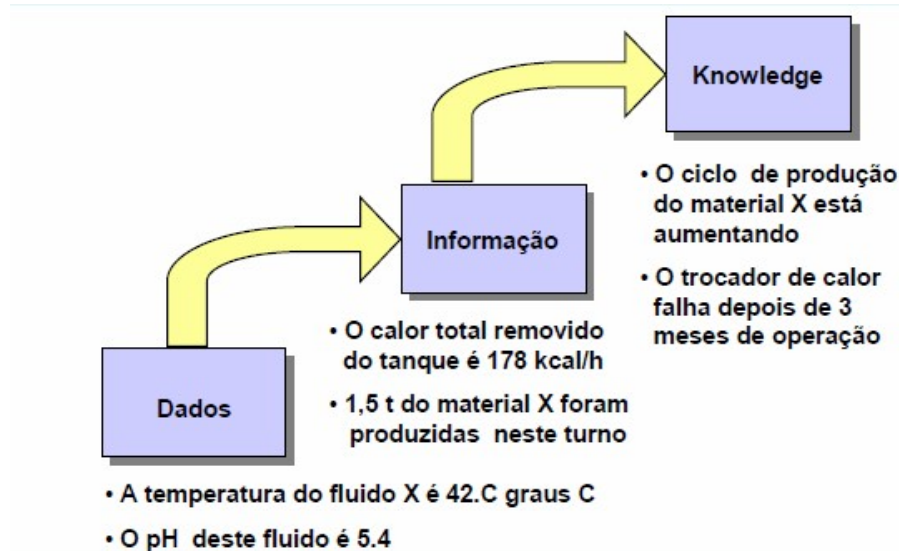


Figura 2.2: Exemplo da transformação de dados para informação e de informação para conhecimento.

2.1 PIMS

Para a finalidade de gerar informação e conhecimento, o ponto de partida é obter os dados brutos. Esta é a tarefa principal do PIMS: adquirir, armazenar e apresentar diversos dados de uma planta. O PIMS foi criado e ainda é principalmente usado para processos contínuos, tais como uma refinaria ou siderúrgica, e portanto tem um enfoque muito grande em variáveis analógicas e na relação delas com o tempo.

Do ponto de vista do PIMS podemos esquematizar os sistemas de uma fábrica como mostra a figura 2.3, onde se vê que o PIMS tem 4 partes principais: um

historiador de processos que se comunica com vários sistemas do nível 1 (CLP, CNC) ou 2 (supervisório) ou ainda de outros sistemas nível 3, tais como um LIMS – *Laboratory Information Management System* ou MES para obter dados brutos dos diversos processos e acumula-os num

banco de dados temporal , que armazena os dados indexando-os pelo tempo. Uma

interface gráfica faz a recuperação e visualização destes dados, que ainda podem ir para

aplicações clientes com variadas funções, desde análise dos dados a interface com outros sistemas.

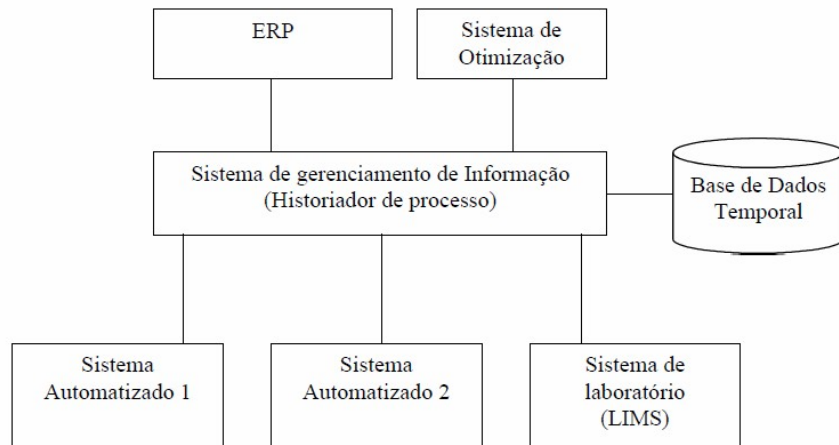


Figura 2.3: Sistema PIMS – REFAZER.

2.1.1 Historiador de Processos

2.1.2 Banco de Dados Temporal

2.1.3 Interface Gráfica

2.2 MES

Assim como o PIMS, um sistema MES também adquire dados do processo com o objetivo de apresentar uma visão geral do processo. Porém o MES tem uma função mais ativa que o PIMS, que é focado mais no armazenamento dos dados. Outra diferença importante é que os MES são usados principalmente em processos discretos, muitas vezes em sistemas de automação flexível ou programada, e tem que lidar com o sequenciamento dos processos, o que ocorre menos em sistemas contínuos.

Os sistemas MES agregam diversas funções de sistemas anteriores mais simples e específicos e são definidos por terem 11 funções:

Gerenciamento das definições de produto. Tudo o que é necessário para a fabricação do produto. Isto inclui armazenamento, lista de materiais e insumos, set-points do processo e receitas.

Gerenciamento de insumos. Permite preparar e executar ordens de produção com garantia de disponibilidade dos insumos.

Agendamento de produção. Permite determinar a ordem que a produção será feita, para alcançar os requerimentos de produção definidos pela ERP (camada 4 da pirâmide) utilizando otimamente os recursos.

Envio de ordens de produção. Em função do agendamento feito, o MES cuida de enviar as ordens de produção para os diversos postos da planta.

Acompanhamento da execução de ordens de produção. Comunicação com sistemas níveis 1 e 2 para garantir a execução das ordens.

Coleção dos dados de produção. Equivalente ao historiador de processo do PIMS.

Análise da performance da produção. Cálculo dos chamados índices de produção – *KPI, Key Performance Indicators*. É a geração de informação útil a partir dos dados da produção.

Rastreamento da produção. Permite levantar que produto ou lote foi feito quando e em qual equipamento. Útil para melhoria da produção e imprescindível para remédios e produtos alimentícios.

Armazenamento dos logs de produção. Hoje em dia tais logs são inseridos pelo operador no próprio sistema supervisor e relacionados às variáveis de produção.

Interface de auditoria. Permite a análise dos diversos dados e informações armazenados e o cruzamento destes dados com outras bases de dados.

2.3 Redes de Comunicação: Introdução e noções básicas

Capítulo 3

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

3.1 Arquitetura de sistemas SCADA e interface-
 amento com níveis de automação

3.2 Funcionalidades principais de sistemas SCADA

Capítulo 4

Controladores Lógico-Programáveis (CLP)

4.1 Programação - arduino

4.2 Linguagem Ladder – Lógica Booleana

4.3 Linguagem Ladder – Temporizadores

4.4 Linguagem Ladder – Contadores

4.5 Linguagem Ladder – Aplicações

Capítulo 5

Linguagem Grafcet

5.1 Linguagem Grafcet – Aplicações Parte 1

5.2 Linguagem Grafcet – Aplicações Parte 2

Capítulo 6

Instrumentação Industrial

- 6.1 Medição de grandezas mecânicas. Características de instrumentos.
- 6.2 Transmissão de dados, aterramento e blindagem em instrumentação.