

4.1 INTRODUÇÃO

Certa ocasião, presente a um seminário sobre automação industrial, um palestrante iniciou sua apresentação profetizando: “no futuro, as fábricas só terão dois seres vivos — um homem e um cão de guarda”. Como era de se esperar, alguém da platéia indagou ao palestrante: “para que serve o homem?” A resposta foi enfática: “para cuidar do cão”.

Essa é a sensação que se tem com o avanço da tecnologia. O tema, sob o ponto de vista social, é polêmico, mas o processo é irreversível. Do ponto de vista puramente econômico-financeiro, os sistemas automáticos apresentam vantagens incomensuráveis sobre o custo da mão-de-obra. Cabe ressaltar, por exemplo, que um posto de serviço numa subestação de potência — considerando os turnos a serem cumpridos, os custos decorrentes da legislação brasileira e um salário médio de US\$ 800,00/mês — vale cerca de US\$ 700.000,00 num período de 30 anos, o que é muito superior ao custo médio de automação de uma subestação.

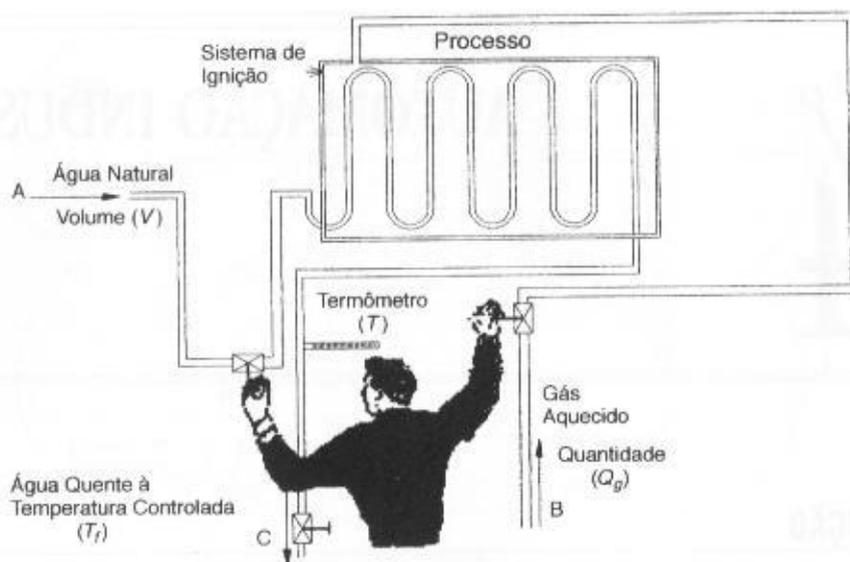
Até o fim do século XIX a produção de bens utilizava exclusivamente a força muscular. Com o advento da Revolução Industrial, a força muscular cedeu lugar às máquinas, cujo processo foi denominado *produção mecanizada*. Nessa situação o homem ainda era parte ativa, não como executor da tarefa produtiva, mas como controlador do processo. Mas as máquinas foram gradativamente evoluindo, tornando-se cada vez mais independentes do controle do homem, assumindo tarefas e tomando *decisões*. Esta evolução se deveu inicialmente a dispositivos mecânicos, hidráulicos e pneumáticos. Com o advento da eletrônica, esses dispositivos foram sendo substituídos, sendo que presentemente a microinformática assumiu o papel da *produção automatizada*, em que o homem utilizando técnicas de inteligência artificial, materializadas pelos sistemas computadorizados, *instrui* um processador de informações a desenvolver tarefas complexas e tomar *decisões* rápidas para controle do processo.

Todo o sistema de automação segue um princípio comum em que o gerenciador do processo é realimentado de informações resultantes da conclusão de cada tarefa, de forma a redimensionar ou reorientar a etapa seguinte, com o objetivo de alcançar o resultado final mais próximo possível daquele a que o dispositivo foi *instruído* a executar através de informações codificadas.

O grau de complexidade de um sistema de automação pode variar enormemente. Os sistemas mais simples mantêm ainda uma forte participação do homem no processo. Os sistemas mais sofisticados basicamente dispensam a interferência do homem, a não ser como gerenciador do processo. A seguir será descrito um sistema de automação rudimentar que utiliza sensores e controladores distribuídos ao longo do sistema de produção, através dos quais um gerenciador de processo (no presente caso, o homem) regula as funções básicas do sistema. Esses sensores e controladores são constituídos de termômetros e válvulas de vazão, podendo ser ainda empregados medidores, resistores elétricos etc.

Através da Figura 14.1 pode-se observar que no ponto A é fornecido ao sistema de produção um certo volume (V) de água, à temperatura variável, a ser aquecida por uma determinada quantidade de gás (Q_g) a uma dada pressão (P) fornecida através do ponto B. O gerenciador do processo, no presente caso o homem, é instruído a manter constante o volume de saída de água quente a uma temperatura T_s no ponto C. Ao perceber que a temperatura da água diminuiu (sensor óptico) tem essa informação enviada ao seu cérebro, que toma a decisão de fazer a sua mão direita au-

FIGURA 14.1
Exemplo de automação de um processo rudimentar



mentar a quantidade de gás (Q_g) na medida exata para manter constante a temperatura T_r . Pode-se concluir que o gerenciador do processo através de sua visão (sensor óptico) está constantemente recebendo informação do termômetro T (sensor de temperatura) para comparação. A essa forma de aquisição de dados dá-se o nome de realimentação ou *feedback*.

Num processo de automação mais evoluído, o homem é substituído por uma máquina (computador) dotada de inteligência artificial (*software*) que além de adquirir os dados *on-line* de temperatura T e quantidade de gás Q_g , envia sinais digitais, que, por sua vez, são convertidos em sinais analógicos para um servomecanismo operar as válvulas reguladoras de forma a manter a temperatura no valor instruído.

A automação tem invadido os ambientes industriais, tornando-se cada vez mais complexa, à medida que procura substituir o homem em todas as tarefas que era de seu domínio na produção, principalmente tarefas repetitivas, lógicas e sistemáticas.

É previsto para o ano de 2006 um investimento de R\$ 2,4 bilhões em sistemas de automação industrial no Brasil.

Para facilitar o entendimento, o assunto foi dividido em três partes. Na primeira, se estudará a automação em subestações industriais. Em seguida, serão estudados os procedimentos da automação dos processos industriais. E, finalmente, serão discutidos os procedimentos utilizados num sistema de gerenciamento de energia.

No entanto, na concepção de um projeto integrado de automação industrial, os três módulos anteriormente mencionados são parte integrante de um único projeto que pode envolver as áreas administrativas, financeiras e de recursos humanos, ao qual pode ser atribuído a denominação de Sistema Corporativo ou de Sistema de Gestão.

Antes de iniciar o estudo dos processos básicos de automação será fornecida uma série de informações preliminares a fim de facilitar a compreensão do leitor.

14.2 DEFINIÇÕES

Ao longo do texto serão usadas algumas palavras, termos ou siglas em português ou inglês que são comuns na linguagem de informática, notadamente na leitura de textos dedicados à automação.

a) Memória RAM (*Random Access Memory*)

São memórias que armazenam os dados variáveis e temporários, tais como correntes, tensão, alarmes etc., que podem ser eliminados quando da perda da fonte de tensão auxiliar, sem que isto venha a comprometer o desempenho da máquina.

b) Memória ROM (*Read Only Memory*)

São memórias cujo processador só consegue ler seus dados quando introduzidos pelo próprio fabricante do *chip*.

c) Memória PROM

É uma memória ROM programável eletricamente.

d) Memória EPROM

É uma memória ROM que pode ser programável eletricamente diversas vezes, e o seu conteúdo pode ser apagado usando raios ultravioletas, porém os dados permanecem gravados quando há perda da fonte auxiliar de alimentação.

e) Entrada e saída serial

São pontos de entrada e saída através dos quais os dados do sistema, tanto escritos como em forma de comando, podem ser recebidos ou transmitidos para uso ou leitura remotos. São conhecidas as entradas e saídas seriais RS232, RS422 e RS485.

f) Isolamento galvânico

É o isolamento entre o circuito elétrico, em geral a alimentação de energia do equipamento, e o circuito eletrônico, geralmente a saída do mesmo, agregado a uma proteção contra interferências e transientes da rede.

g) Conversão analógica/digital

É o processo de conversão em que, após o condicionamento do sinal, este deve ser tratado eletronicamente para ser convertido da forma analógica para a forma digital.

h) Condicionamento de sinal

Consiste na interface entre o processo elétrico e o ambiente eletrônico em ambientes galvanicamente isolados, sendo que os sinais devem ser reduzidos a valores compatíveis com os circuitos eletrônicos, na faixa de $\pm 5\text{ V}$ a $\pm 15\text{ V}$.

i) Multiplexador

É um componente que possui vários canais de entrada de sinais e conecta ordenadamente cada um desses canais a um conversor analógico/digital.

j) Conversor analógico/digital

É um componente que processa a conversão de uma grandeza analógica em uma seqüência numérica e é conectado diretamente a um microprocessador.

k) Protocolo TPC/IP (*Transmission Protocol Control/Internet Protocol*)

Significa um protocolo de comunicação de dados. Não é um *software*. O *software* de comunicação é que implementa o protocolo, como, por exemplo, o TCP/IP.

l) LAN (*Local Area Network*)

É uma rede de comunicação de dados em tempo real, obedecendo um padrão internacional (IEEE 802-3 ou ISO/IEC 8802-3), dotada de uma velocidade de transmissão elevada e constituída de um meio físico de transmissão através de cabos coaxiais, par telefônico, fibra óptica etc., e com as seguintes características:

- velocidade de transmissão: valor desejado;
- modelo de transmissão: *bit* serial;
- meio de transporte: padrão Ethernet;
- protocolo de transporte TPC/IP.

m) Interface-Homem-Máquina (IHM)

É o enlace entre o usuário e os programas de supervisão e controle que compõem o sistema de automação. O IHM é caracterizado pelos monitores de vídeo, painéis numéricos, teclados, impressoras e todo periférico que permita uma interação entre o operador e o sistema.

n) SCADA (*Supervisory, Control and Data Aquisition*)

É um *software* para tratamento de dados em tempo real.

o) *Bit (Binary Digit)*

É a menor unidade na notação numérica binária que pode ter o valor de 0 ou 1.

p) *Byte*

É o grupo de *bits* ou dígitos binários (geralmente oito) que o computador opera como uma unidade simples.

q) *Gateway*

É um dispositivo de tradução de protocolo em *hardware* ou *software* que permite que os usuários que trabalham em uma rede possam acessar outra rede.

14.3 UNIDADE DE AQUISIÇÃO DE DADOS (UAD)

São equipamentos e dispositivos que interligados ao processo recebem informações do mesmo e as enviam para um sistema de supervisão e controle hierarquicamente superior, onde são tratadas, disponibilizadas através de monitores, papel etc., e, dependendo da *decisão* da unidade de supervisão e controle, uma mensagem retornará à Unidade de Aquisição de Dados que desenvolverá uma ou mais ações sobre o processo.

As Unidades de Aquisição de Dados compreendem dois diferentes módulos numa estrutura de automação, ou seja:

- Unidades de Aquisição de Dados e Controle (UADCs);
- Unidades Dedicadas (UDs).

As primeiras são constituídas pelos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e pelas Unidades Terminais Remotas (UTRs).

Já as Unidades Dedicadas são constituídas pelos relés digitais, unidades de intertravamento, unidades de oscilografia etc.

As UADCs exercem as funções de adquirir dados e comandar a manobra de máquinas e equipamentos, usando para isso os seguintes meios:

- Entrada de dados analógicos

São variáveis presentes no processo e caracterizadas por tensão, corrente, frequência, vazão, pressão etc.

- Saída de dados analógicos

São variáveis fornecidas aos componentes do sistema para ajuste de sua lógica, tais como sinais para medidores de energia, controladores de velocidade etc.

- Entrada de dados digitais

São informações adquiridas junto aos equipamentos sobre o seu estado operacional, aberto ou fechado, tais como disjuntores, chaves seccionadoras etc.

- Saída de dados digitais

São ocorrências desejadas de mudança de estado de equipamentos, aberto ou fechado, de forma que se possa atuar à distância sobre os mesmos.

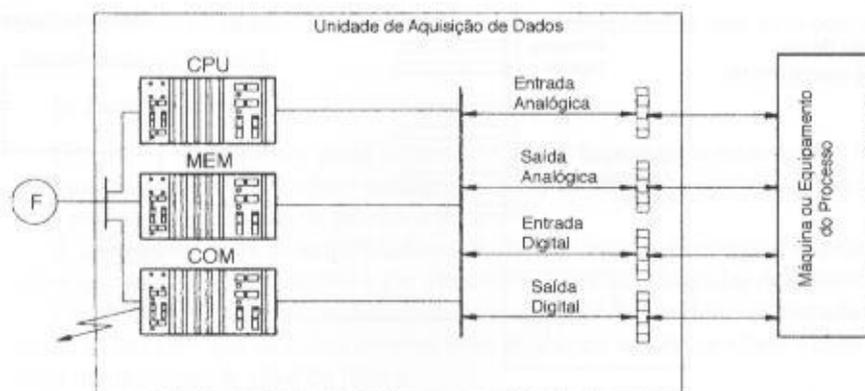
14.3.1 Unidades de Aquisição de Dados e Controle

De forma geral, as Unidades de Aquisição de Dados e Controle na sua concepção mais completa são compostas por um conjunto de cartões eletrônicos, cada um deles acompanhado de funções específicas, além de outras unidades de lógica e memorização que podem ser visualizadas pelo diagrama de bloco da Figura 14.2, sendo que:

a) Fonte (F)

A alimentação externa de uma Unidade de Aquisição de Dados e Controle pode ser feita através de uma fonte de corrente alternada de 110/220 V ou uma fonte de corrente contínua de 12, 48, 110 ou 220 V, correspondendo a uma alimentação interna de ± 5 a ± 15 V.

FIGURA 14.2
Diagrama de bloco de uma
Unidade de Aquisição de Dados
e Controle



b) Unidade Central de Processamento (CPU)

Compreende o microprocessador que trabalha os dados adquiridos e, através de programas dedicados, define a lógica do processo.

c) Memória (MEM)

É a unidade de armazenamento das informações e dos programas.

d) Comunicação (COM)

É a unidade responsável pela transmissão e recepção de informações junto ao sistema hierarquicamente superior, podendo esta comunicação ser feita através de cabos convencionais, fibra óptica, rádio etc.

e) Entrada analógica

É a unidade que recebe a informação do processo em forma de corrente contínua de valor padronizado na faixa de 4 a 20 mA, ou na forma de tensão contínua de 1 a 10 V, em decorrência de uma conversão interna realizada por um conversor digital/analógico.

Como a base do sistema de automação é digital, faz-se necessário converter internamente toda informação analógica para sinais digitais, o que é feito através de um conversor analógico/digital.

f) Saída analógica

Sempre que esta unidade é ativada por estímulo da CPU, aparecerá nos seus terminais uma corrente contínua na faixa de 4 a 20 mA ou uma tensão contínua de 1 a 10 V, cujo sinal digital foi convertido através de um conversor digital/analógico.

g) Entrada digital

Essa unidade é ativada por um estímulo externo, por exemplo, o contato auxiliar do disjuntor, que possibilita a ligação de uma fonte de tensão interna ou externa à UADC, cujo valor da grandeza elétrica dessa fonte é comparada com dois valores de referência pelo circuito eletrônico da unidade de entrada digital, correspondendo à posição de contato aberto ou fechado que será interpretada como 0 ou 1.

A Figura 14.3 ilustra o reconhecimento pela unidade de entrada digital de um sinal de estado gerado por um equipamento.

h) Saída digital

Essa unidade é ativada por um estímulo interno da CPU que resultará uma corrente nos terminais de saída da unidade de saída digital, os quais são conectados normalmente a um relé auxiliar do equipamento que executará a manobra devida.

A Figura 14.4 ilustra a geração de um sinal digital e sua forma de atuação.

14.3.1.1 Controladores lógicos programáveis (CLPs)

São dispositivos que permitem o comando de máquinas e equipamentos de maneira simples e flexível, de forma a possibilitar alterações rápidas no modo de operá-los, por meio da aplicação de programas dedicados armazenados em memória EPROM.

FIGURA 14.3

Ilustração da geração de um sinal digital pelo equipamento de campo

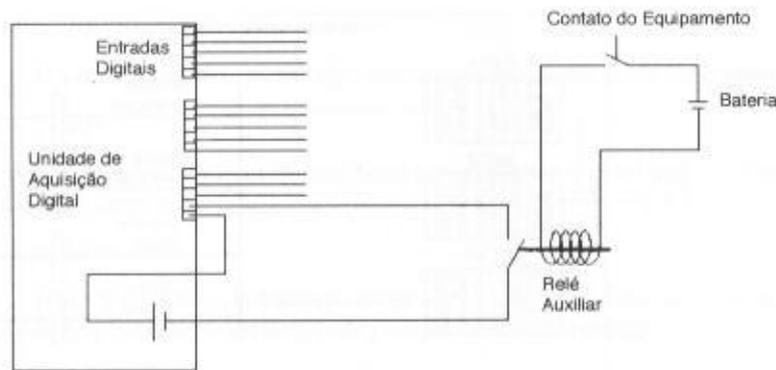
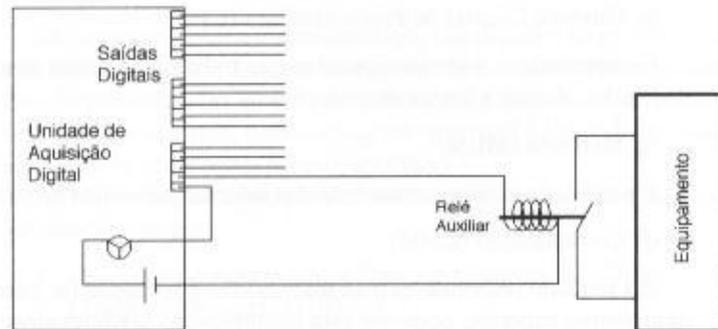
**FIGURA 14.4**

Ilustração da geração de um sinal digital pela UADC



Os CLPs podem substituir com grandes vantagens os tradicionais comandos de máquinas e equipamentos, tais como botoeiras, chaves comutadoras, contadores e relés.

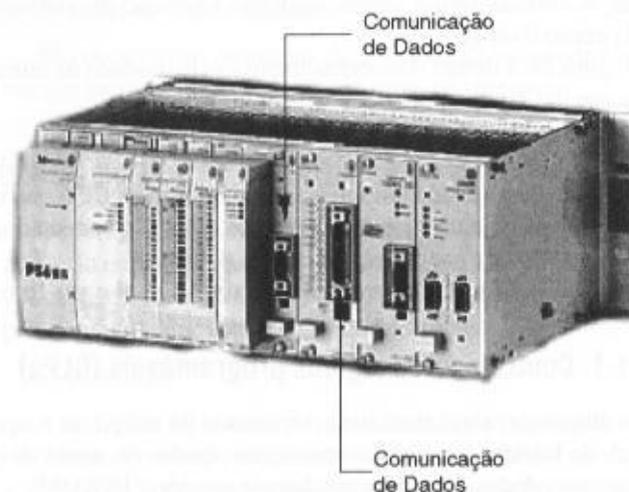
Existem no mercado uma grande diversidade de CLPs destinados a diferentes níveis de automação, em conformidade com a complexidade de cada aplicação. A Figura 14.5, como ilustração, mostra o frontal de um CLP.

Os CLPs são constituídos por um gabinete contendo um determinado número de cartões, cada um deles desempenhando funções específicas, ou seja:

a) Fontes de alimentação

Os CLPs podem ser alimentados em 110/220 V em corrente alternada ou em 24 V em corrente contínua, dependendo da seleção feita pelo cliente.

Somente a unidade básica necessita alimentação. Todas as expansões são supridas pela unidade básica. Nos bornes de conexão com a rede externa existe um fusível de característica rápida com corrente nominal entre 1,25 e 2 A, dependendo do tipo de CLP. Em geral, os CLPs de 110/220 V são alimentados por um circuito monofásico a três condutores: fase, neutro e condutor de

**FIGURA 14.5**

Frontal de um CLP

proteção associado à proteção do terra do sinal eletrônico, sendo que essa conexão é feita internamente ao equipamento.

b) Entradas e saídas

Os cartões de entrada e saída constituem a interface entre o processador lógico e os equipamentos periféricos, sendo que o cartão do circuito de entrada prepara os sinais das fontes externas e os envia para a unidade de processamento.

A saída é composta de amplificadores de chaveamento para controle dos equipamentos periféricos que podem ser constituídos por contatores, bobinas, lâmpadas de sinalização etc.

Cada tipo de CLP tem uma determinada quantidade de terminais de entrada e saída, dependendo da capacidade que se deseja em função da aplicação, sendo associado a cada terminal um LED, para monitoração do sinal de lógica.

Todos os sinais de saída destinados à comutação de cargas indutivas dispõem de um dispositivo contra surtos de tensão, podendo ser varistor, diodo etc., protegidos por fusíveis de corrente nominal apropriada.

Em geral, os módulos de entrada e saída dispõem de cartões de expansão apropriados.

A cada terminal de entrada e saída está associado um endereço utilizado na programação.

c) Temporizadores e contadores

São cartões contendo circuitos elétricos dedicados cujos ajustes são efetuados por *hardware*. O número de temporizadores e contadores varia em função da capacidade do cartão.

Os temporizadores podem ser ajustados desde 10 ms até 1.020 s, sendo os ajustes efetuados através de chaves binárias ou potenciômetros externos. Um programa dedicado gerencia a capacidade do tempo.

A seleção do temporizador é feita através de códigos com base na codificação dos terminais anteriormente mencionados.

A sincronização do tempo, em geral, é realizada com o GPS on-line.

Os contadores permitem a contagem de eventos entre 0 e 999 e o ajuste é feito através de três chaves cada uma delas com indicadores numéricos de 0 a 9.

d) Memórias

Os CLPs são dotados de cartões de memórias utilizados pelos processadores lógicos para processar os sinais e pelo sistema operacional e também utilizados para armazenamento dos programas dedicados. Essas memórias podem ser do tipo EPROM ou RAM protegidas contra ausência de tensão por meios de baterias específicas com longa vida útil. Em geral, as memórias podem ser assim classificadas:

- Memória de trabalho

É destinada ao armazenamento do programa aplicativo do processador lógico e, em geral, é do tipo RAM, com capacidade e velocidade dependentes do CLP desejado.

- Memória de programa

É destinada ao armazenamento dos programas em linguagem lógica (LPW-L) e, em geral, é do tipo EPROM, com capacidade e velocidade dependentes do CLP desejado.

A memória de programa é composta por um cartão de circuito impresso provido de conector específico. Para efetuar sua gravação é utilizado um gravador de EPROM.

No apagamento da memória EPROM, deve-se usar lâmpadas ultravioleta de comprimento de onda de 254 μm a uma distância inferior a 25 mm do cartão de memória. O tempo de exposição ao feixe de luz ultravioleta é de 40 minutos para uma intensidade de 12.000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ até 120 minutos para uma intensidade de 4.000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

As memórias EPROM suportam atualmente um número muito grande de apagamentos, além do qual não são mais ativadas.

- Memória de sinal

Esta memória é destinada ao sistema operacional e ao armazenamento das informações dos temporizadores e contadores, entradas e saídas e marcadores intermediários. Em geral, é do tipo RAM, sendo protegida contra a ausência de energia por meio de baterias de longa vida útil.

14.3.1.1 Recursos dos CLPs

Os Controladores Lógicos Programáveis podem ser empregados para diferentes tipos de aplicação na indústria. É possível utilizá-los sozinhos ou acoplados a outras unidades. Em projetos que ocupam extensas áreas, como, por exemplo, esteiras rolantes para transporte de minério associado ao processo de descarga do material, torna-se imperativo o uso de vários CLPs operando acoplados para desempenhar sincronizadamente todo o controle do processo. Neste caso, a automação assume uma arquitetura descentralizada, dividindo-se a responsabilidade do processo por várias unidades de CLPs localizadas em diferentes pontos estratégicos da instalação.

A esta capacidade de comunicação entre CLPs dividindo tarefas dá-se o nome de acoplamento.

O processo de acoplamento obedece uma hierarquia gerenciada por um *software* dedicado, atribuindo-se aos CLPs de processo a função de escravo que se acoplam a um CLP de mesma capacidade ou, em geral, de maior capacidade denominado de mestre. Assim, se um CLP de processo necessita comunicar-se com outro CLP de processo, a via de comunicação passa pelo CLP mestre, conforme esquematicamente é mostrado na Figura 14.6.

É possível implementar outras configurações de acoplamento de CLPs dependendo da solução que se deseja para o processo.

Dadas as facilidades obtidas com a função de acoplamento, podem-se utilizar estações remotas, a uma distância de até 1.000 m, sem empregar qualquer tipo de *modem*. Com o uso do *modem*, não há limite de distância. Além disso, o acoplamento permite implementar uma arquitetura de sistema funcional e fisicamente distribuída.

A seguir serão descritas algumas facilidades obtidas com o uso dos CLPs.

a) Microprocessamento

Corresponde à função de que os CLPs são dotados e destinada a realizar operações aritméticas comuns e transmitir e armazenar informações.

Compreende-se por operações aritméticas comuns os processos de soma, subtração, multiplicação, divisão, comparação e totalização.

Já o processo de transmissão e armazenamento de informações torna-se um recurso poderoso na automação de sistemas industriais.

b) Sinalização

A função de sinalização permite o CLP monitorar uma determinada quantidade de eventos, a depender do tipo utilizado.

Através de programas dedicados, a função de sinalização está associada a um anunciador de alarmes com retenção de eventos que permite identificar a origem de uma seqüência de eventos, facilitando as correções necessárias para as ocorrências.

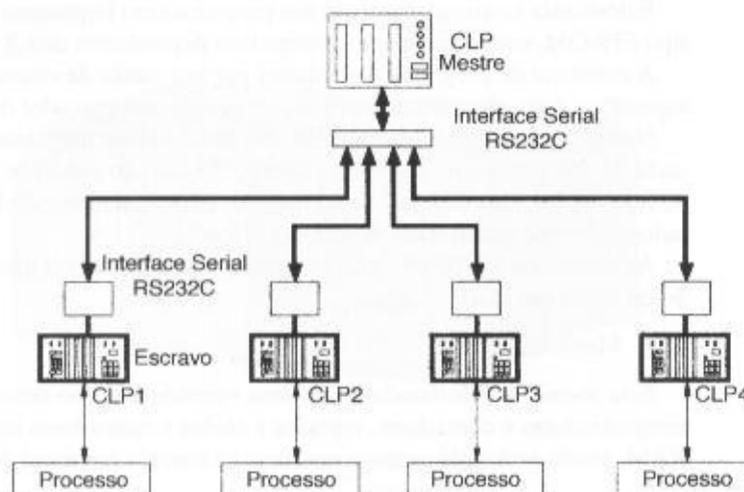


FIGURA 14.6
Configuração de acoplamento de CLPs

c) Controle de malha

Existem dois tipos de controle de malha nos processos de produção:

- Controle de malha aberta

É empregado nos processos de produção nos quais não se faz necessário comparar a variável controlada com um valor de referência pré-ajustado. Como exemplo, deseja-se identificar, num processo de verificação automática de engarrafamento de bebida, a presença de alguma garrafa vazia após o processo de enchimento. A condição assumida é *sim* ou *não*. É uma variável do tipo digital. Neste caso, a verificação da qualidade de enchimento da garrafa, isto é, se ela está 50, 60 ou 100% completa, é feita em outra etapa da linha de produção.

- Controle de malha fechada

É empregado nos processos de produção nos quais a variável de controle é constantemente comparada com um valor de referência pré-ajustado. Neste caso, há uma correspondência biunívoca entre a variável controlada e o sistema de controle. Retornando ao exemplo anterior, pode-se concluir que o processo de verificação da percentagem de enchimento da garrafa caracteriza-se como um processo de controle de malha fechada.

O controle de malha fechada implica a utilização de interfaces de sinais analógicos ou conversores analógicos/digitais e digitais/analógicos.

Para caracterizar melhor esse processo, pode-se dividi-lo em dois tipos básicos:

- Controle de malha fechada em máquinas operatrizes

Certas máquinas operatrizes são dotadas de dispositivos de alta sensibilidade para controle dimensional do produto, fazendo as correções necessárias, de forma a manter dentro de uma faixa de precisão predefinida as dimensões do produto final. Como exemplo pode-se citar o caso de máquinas retificadoras.

- Controle de malha fechada em processo

É de largo uso nos sistemas de automação industrial integrado, em que um certo número de sensores posicionados ao longo do processo realimentam o sistema de controle através de sinais analógicos transformados em variáveis controladas, sendo que esses sinais são permanentemente comparados com um padrão de referência, gerando um sinal de desvio que atua sobre os dispositivos de controle do processo, reconduzindo as variáveis controladas aos valores predefinidos, estabelecendo-se, assim, um controle em malha fechada.

d) Aquisição e processamento dos valores medidos

Em diferentes etapas de um processo de produção, é necessário adquirir valores de temperatura, pressão, vazão, ruído, vibração, umidade, nível, tensão, corrente etc. Através de programas dedicados e utilizando-se interfaces seriais analógicas, podem ser adquiridas todas as grandezas mencionadas após o que são processadas e comparadas com valores de referência, gerando sinais de comando, intertravamento, contagem, temporização, sinalização etc. A aquisição dessas grandezas é feita através de sensores específicos, tais como termômetros, pressostatos etc.

e) Sincronização

Dois ou mais CLPs podem ser conectados através de suas entradas e saídas e sob a gerência de um programa dedicado, sincronizados por *software*.

f) Relatórios

Sempre que há um evento no processo resulta uma mensagem que é armazenada em memória permanente, sendo que cada mensagem tem um número definido de caracteres.

Para se obter as informações desejadas relativas aos eventos pode-se fazer uso de um programa dedicado que emite um relatório das mensagens gravadas. Essas mensagens podem ser transmitidas através de uma interface serial RS232 a um periférico qualquer que pode ser uma impressora, um gravador de CD etc.

14.3.1.1.2 Interface-Homem-Máquina (IHM)

Quando da instalação de Controladores Lógicos Programáveis em processos industriais necessita-se um equipamento que possa interpretar os dados coletados dos diferentes CLPs escravos instalados na linha de produção e fornecer de forma visível e prática as informações das quais os supervisores necessitam, através de um *display* alfanumérico de cristal líquido, e, por outro lado, permitir que o mesmo supervisor possa fornecer aos CLPs as instruções necessárias ao desenvolvimento do processo através de um teclado configurável. Tanto o *display* como o teclado referidos são posicionados na parte frontal do equipamento, conforme mostrado na Figura 14.7.

O IHM é um CLP ao qual foram incorporados as funções características de interfaceamento entre o supervisor e o processo, usando os programas residentes como veículo de interpretação.

O IHM permite que se faça conexão com chaves seccionadoras, disjuntores, botoeiras, painéis mímicos dinâmicos, consoles, impressores, gravadores etc. Para isso, possuem canais de entrada e saída analógicas e digitais e comunicação serial.

O IHM pode ser ligado a um único CLP ou a um conjunto de CLPs operando em rede, bem como pode ser conectado a outro IHM. Neste caso, é dotado de um microprocessador que atua como interface entre o supervisor e os CLPs escravos.

14.3.1.1.3 Programação dos CLPs

Também chamada de linguagem industrial, os CLPs de geração anterior se caracterizavam por serem gerenciados através de uma linguagem de operação cíclica, sem controle de tempo para execução das tarefas. Porém, modernamente foram desenvolvidos programas que contemplam escalonamento de tarefas e tratamento de interrupções, embora os programas mantenham as características de linguagem de diagrama de relés.

Devido às diferenças de tecnologia de fabricantes e as peculiaridades dos processos industriais, a IEC 1131 estabelece como padrão pelo menos cinco linguagens de programação, ou seja:

- Structured Text (ST);
- Ladd Diagram (LD);
- Instruction List (IL);
- Sequential Function Chart (SFC);
- Function Block Diagram (FBD).

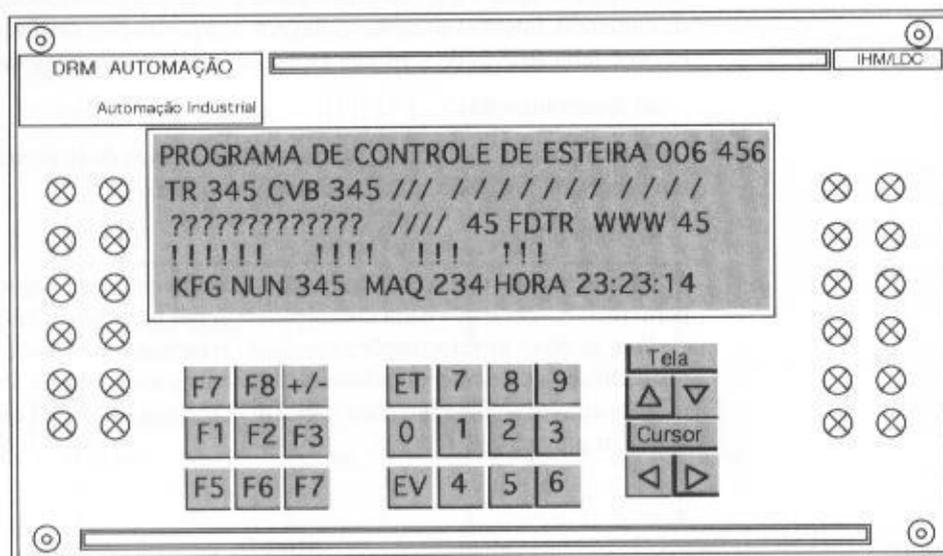


FIGURA 14.7
Frontal de uma IHM

14.3.1.2 Unidades terminais remotas (UTR)

São unidades independentes, com a função de coletar dados e executar comandos dos equipamentos do processo. Os dados coletados podem ser digitais (ligado/desligado, fechado/aberto, pulsos, acumuladores etc.) ou analógicos (medida de tensão, corrente, frequência, ângulo de fase etc.). Os controles emitidos pela UTR poderão ser digitais, através de relés, ou analógicos, na forma de um valor de tensão variável disponível nos terminais da UTR.

As UTRs deverão ter capacidade de executar programas de controle local, independentemente da ativação do Centro de Supervisão e Controle, mas com possibilidade de intervenção do mesmo, bloqueio ou ativação através de modificação de pontos definidos na base de dados da UTR. Esses controles locais devem ser executados de maneira similar aos que ocorrem nos CLPs, com os programas sendo gravados de maneira não-volátil, em memória própria da UTR. Estes programas poderão ser modificados e recarregados na memória da UTR, utilizando-se as ferramentas normais de configuração da mesma. Os programas deverão ser escritos e compilados em microcomputadores pessoais e transferidos através de canal de comunicação sem interrupção das funções de supervisão.

As UTRs devem ser montadas em painéis, em gabinetes metálicos ou em fibra de vidro.

14.3.2 Unidades Dedicadas

São equipamentos que desempenham funções específicas junto ao processo e guardam as mesmas características funcionais da Unidade de Aquisição de Dados e Controle. Essas unidades aquisitam informações via entrada analógica, tais como tensão, corrente, ângulo de fase etc., disponibilizando o resultado do seu processamento numa saída digital conectada a um circuito de comando de um equipamento. São conhecidos como Unidades Dedicadas os seguintes dispositivos:

- a) Relés digitais
 - relés de sobrecorrente;
 - relés diferenciais;
 - relés de distância;
 - relés multifunção etc.

- b) Oscilógrafos

São equipamentos destinados a registrar as anormalidades ocorridas nos sistemas elétricos de força, tais como sobre e subtensão, sobrecorrente, sobre e subfrequência etc.

Esses equipamentos são dotados de unidades digitais e analógicas para aquisição de informações, disponibilizando o resultado do seu processamento em tela de monitor, papel etc.

- c) Unidades de intertravamento

São unidades que contêm uma determinada quantidade de entradas digitais que recebem informações de estado dos equipamentos, aberto ou fechado, e, de acordo com a lógica do processo para a qual foram programadas, disponibilizam o resultado dessa lógica num determinado número de saídas digitais, de tal forma a inibir ou liberar certas funções de comando de um equipamento.

14.4 INTERFACE COM O PROCESSO

Para que as Unidades de Aquisição de Dados (UADs) possam receber as informações do processo e nele atuar é necessário utilizar alguns dispositivos de relativa simplicidade.

14.4.1 Transformadores de Medida

Normalmente as grandezas elétricas envolvidas no processo são a tensão e a corrente, cujos valores, em geral muito elevados, inviabilizam o uso dos equipamentos de tecnologia da informação ligados diretamente à rede elétrica de alta corrente e/ou de alta tensão. Em virtude disso, são usados os transformadores de medida.

a) Transformador de corrente (TC)

Sua descrição e aplicação estão contidas nos Capítulos 9 e 10.

b) Transformadores de potencial (TP)

Da mesma forma que os TCs, os transformadores de potencial foram estudados no Capítulo 9. Aconselhamos o leitor rever esses assuntos.

14.4.2 Transdutores

São equipamentos capazes de converter medidas elétricas em valores proporcionais de tensão e corrente.

Os transdutores exercem um papel imprescindível no campo da medição e controle. São usados em conjunto com instrumentos convencionais de bobina de ferro móvel e registradores, e permitem fornecer dados local ou remotamente.

Os transdutores podem ser dotados de saídas de tensão, corrente e, alternativamente, de saídas seriais. Os transdutores de saída de tensão possibilitam algumas aplicações em que os dispositivos de recepção necessitam uma entrada de tensão real, porém, desvantajosamente, requerem um determinado consumo de corrente, o que pode introduzir alguma imprecisão na medida. Já os transdutores de saída de corrente compensam automaticamente as variações da resistência dos condutores que conduzem o sinal, eliminando basicamente a imprecisão da medida, o que resulta a maior aplicação desses equipamentos. Os transdutores de saída serial podem ser conectados diretamente a um microprocessador que irá trabalhar os dados e fornecê-los da forma desejada.

Os transdutores fornecem um sinal analógico em corrente contínua proporcional à função de entrada que está sendo medida. Devem ser instalados próximo ao instrumento cuja grandeza elétrica se quer medir. Depois da conversão dessa grandeza elétrica o sinal é enviado através de condutores de cobre apropriados a um ponto remoto para fins de medição e/ou de processamento. A Figura 14.8 (a) e (b) mostra, respectivamente, um transdutor e sua inserção num diagrama de aplicação.

A aplicação de um transdutor deve considerar a resistência dos condutores que podem ser cabos usados em telefonia convencional e a do equipamento receptor. O total das resistências deve estar compatível com o valor da resistência do transdutor.

Os transdutores com saída serial permitem que todos os dados aqisitados em sistemas monofásicos e trifásicos sejam enviados simultaneamente. São inteiramente programáveis para uso com TCs de qualquer relação, podendo alternativamente serem usados em TPs.

A saída serial de dados, usando um protocolo adequado, dependendo do fabricante, faz desses equipamentos uma escolha ideal para aplicação em sistemas de automação de subestação e gerenciamento de energia com o tratamento de dados aqisitados feito pelo sistema SCADA, sendo que um único fio de par trançado permite comunicação com vários receptores a longas distâncias, aproximadamente a 1.000 m, sem nenhuma amplificação intermediária. O uso de amplificadores amplia a capacidade de utilização dos transdutores, conforme esquematicamente se mostra na Figura 14.9. Os transdutores podem ser ligados tanto a Controladores Lógicos Programáveis (PLCs) como a computadores pessoais (PCs). Os transdutores com saída serial podem ser programados remotamente por um PC.

Os transdutores podem medir, converter e enviar sinais aos seus respectivos receptores correspondentes às seguintes medidas elétricas.

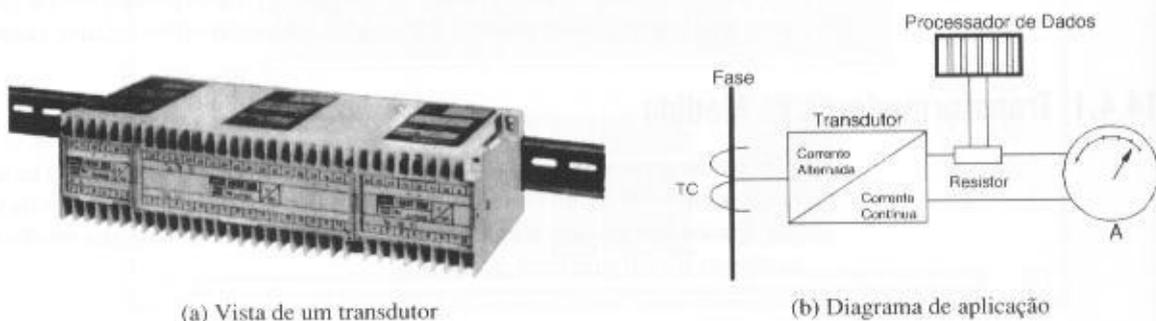
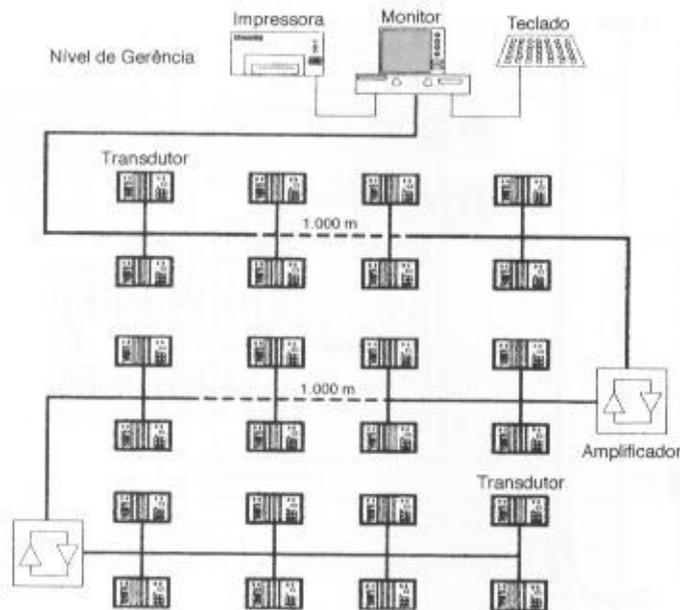


FIGURA 14.8
Transdutor

(a) Vista de um transdutor

(b) Diagrama de aplicação

FIGURA 14.9
Ligação de transdutores de saídas seriais a longas distâncias



- tensão, em valor eficaz;
- corrente, em valor eficaz;
- potência ativa;
- potência reativa;
- potência aparente;
- potência ativa média;
- potência média aparente;
- consumo de energia ativa;
- consumo de energia reativa;
- temperatura;
- rotação;
- resistência elétrica.

Os dados básicos dos transdutores com saídas serial e analógica são fornecidos a seguir:

a) Transdutores com saída serial

- entrada de tensão: máximo de 500 V/20-800 Hz;
- entrada de corrente: máximo de 5 A/20-800 Hz;
- saída: serial (RS485);
- alimentação: 110/240 V;
- consumo \approx 3 VA.

b) Transdutores com saída analógica

- entrada de tensão: máximo de 500 V/20-800 Hz;
- entrada de corrente: máximo de 5 A/20-800 Hz;
- saída: 4-20 mA (isolada galvanicamente);
- alimentação: 110/240 V;
- consumo \approx 3 VA.

Normalmente os fabricantes disponibilizam aos seus clientes programas capacitados a dialogar com um determinado número de transdutores ligados em rede com protocolo de comunicação serial. Esses programas, em geral, operam em ambiente Windows. São dotados de várias funções que facilitam a operacionalidade do sistema, ou seja:

a) Funções de configuração

Permite configurar uma programação remotamente a partir de um PC para um determinado número de transdutores ligados em rede. Pode ser executada nesta configuração a relação de TPs e TCs, fixação de endereços, tempo de integração etc. Através de funções avançadas é possível configurar alarmes, relés de saídas, contadores de energia para diferentes tarifas etc.

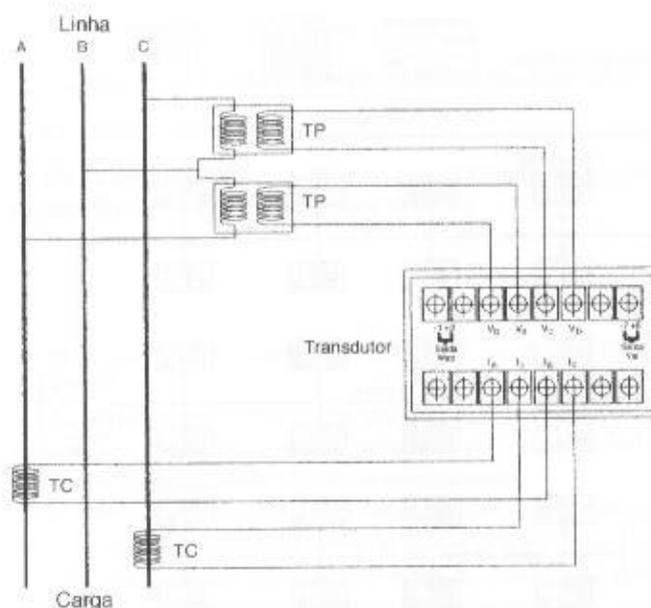


FIGURA 14.10
Forma de ligação de um transdutor de potências ativa e reativa

b) Transferência de medição

Permite que se transfira para a tela do PC as medições disponíveis em cada um dos transdutores ligados em rede. Essas medições podem constar de valores de corrente, tensão, energia, demanda máxima (quando o transdutor portar memória RAM), fator de potência etc.

Como os transdutores trabalham normalmente em ambientes magnéticos e eletricamente hostis são dotados de uma proteção contra essas interferências.

Os transdutores podem ser ligados ao sistema elétrico de várias formas a depender de sua tensão (contínua ou alternada) e de sua função de medição (medição de tensão, corrente, frequência etc.). A Figura 14.10 ilustra a forma de conexão de um transdutor de potência ativa ou reativa a dois elementos — três fios.

14.4.3 Sensores e Controladores

Sensores são dispositivos destinados à detecção de grandezas, tais como presença, temperatura, velocidade, pressão etc. Um outro dispositivo, denominado controlador, ao qual o sensor está conectado, sentindo a presença da grandeza detectada, faz atuar um terceiro dispositivo, denominado atuador, que pode ser um seccionador, um alarme sonoro ou visual, ou qualquer outro dispositivo do sistema.

Esta descrição é típica de controles automáticos convencionais. No entanto, dentro de um projeto de automação, usando técnicas digitais, o sensor, ao detectar a grandeza, sensibiliza o controlador que através de um contato seco, que corresponde a um sinal digital, disponibiliza na rede de comunicação essa informação que é utilizada para os mais diversos fins.

Como o sensor utiliza de técnicas eletrônicas, não dispõe de contatos mecânicos sujeitos a desgaste contínuo e vida útil reduzida. Opera silenciosamente sem choques ou vibração, sendo insensível a oscilações violentas.

Existe uma grande variedade de sensores no mercado de automação industrial. Serão descritos, para efeito de compreensão do processo de automação industrial, aqueles mais comumente utilizados.

14.4.3.1 Sensor de nível

É constituído por um dispositivo imerso em líquido cujos eletrodos conduzem uma pequena corrente elétrica, conforme mostrado na Figura 14.11. Quando o líquido deixa de fazer contato com o eletrodo do par sensor interrompe-se a corrente elétrica fazendo operar um solenóide sobre os contatos secos de uma chave de comando.

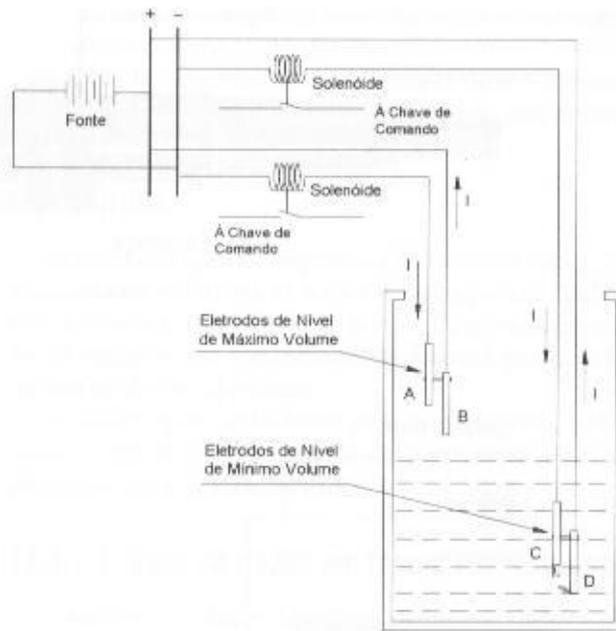


FIGURA 14.11
Sensor de nível

14.4.3.2 Sensor de presença

Também conhecido como sensores de proximidade, estão disponíveis no mercado em três versões, ou seja:

a) Indutivos

Possuem alta frequência de chaveamento e detectam todos os metais, sem contato.

O sensor indutivo possui um oscilador que opera em conjunto com uma bobina localizada na sua extremidade frontal, criando um campo magnético de elevada frequência, cujas linhas de campo se projetam para fora, nas proximidades do dispositivo. Quando um material condutor (metal) se aproxima da extremidade frontal do sensor, é enlaçado pelas linhas de campo, provocando uma dispersão magnética que retira energia do circuito oscilante (L-C), reduzindo a amplitude de oscilação, o que é percebido pelo circuito eletrônico, gerando um impulso elétrico de comando. Quando o material condutor afasta-se da extremidade frontal do sensor, ficam restabelecidas as condições de funcionamento desse dispositivo.

Há dois tipos de sensor de presença indutivo: corrente contínua e corrente alternada. A Figura 14.12 (a) mostra um sensor de presença do tipo indutivo.

b) Capacitivos

Operam sem contato e detectam materiais não-metálicos.

c) Magnéticos

Permitem a detecção de materiais a maior distância.

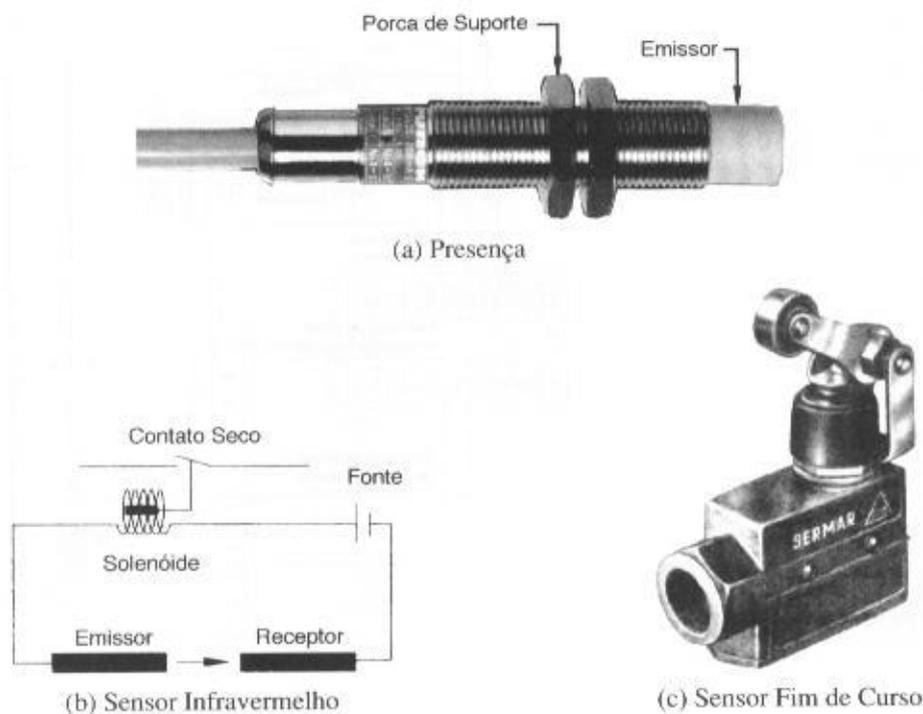
14.4.3.3 Sensor óptico

É um dispositivo que opera com feixe de luz infravermelho, sendo constituído por um emissor e um receptor. Quando se interrompe o feixe de luz, é ativado um solenóide que atua sobre um contato seco, conforme pode ser mostrado na Figura 14.12 (b). Há duas versões: relé ligado na focalização e relé desligado na focalização.

14.4.3.4 Sensor de fim de curso

É formado por um dispositivo de contatos secos acionados por um solenóide quando uma parte qualquer do processo atinge o fim de uma trajetória definida. O fechamento ou abertura do contato gera um sinal digital. A Figura 14.12 (c) mostra um sensor de fim de curso.

FIGURA 14.12
Tipos de sensor



O sensor de fim de curso pode ser substituído por um sensor óptico.

14.5 PROGRAMAS E PROTOCOLOS

O mercado nacional dispõe de muitas alternativas de sistemas de Interface-Homem-Máquina destinados à automação de subestações de potência. Dependendo do porte da subestação e das facilidades que se deseja implantar, podem-se adquirir programas de diferentes potencialidades e preços.

Mas antes da escolha de um sistema completo, ou pacote, devem-se analisar duas características típicas de sistemas.

a) Sistemas proprietários

É um conjunto de programas desenhados e desenvolvidos por um determinado provedor, normalmente um fornecedor de *hardware*, que tem a propriedade e os direitos de comercializar, implantar e alterar. Em geral, o provedor fornece a solução completa, isto é, *hardware* e *software*.

- Vantagens
 - compatibilidade entre *software* e *hardware*;
 - um único responsável pela solução;
 - redução do tempo de implantação do projeto.
- Desvantagens
 - dificuldade de se implementar alterações junto ao provedor da solução;
 - dificuldades de agregar novas facilidades utilizando um outro provedor;
 - dificuldade de o provedor abrir o sistema para o cliente;
 - contrato de manutenção cativo com o provedor da solução.

b) Sistemas abertos

São sistemas comerciais desenhados e desenvolvidos por empresas da área de informática os quais são negociados com o cliente, independentemente da origem do *hardware*.

- Vantagens
 - possibilidade de adaptação do *software* a qualquer solução de *hardware*;
 - possibilidade do conhecimento do *software* por parte da equipe técnica do cliente;
 - vantagens de preço de aquisição pela competitividade;

- facilidades de agregar novas facilidades com outros provedores.
- Desvantagens
- possibilidade de incompatibilidade entre o *software* e parte do *hardware*;
- responsabilidade de implementação do projeto distribuído entre diferentes provedores.

14.5.1 Estrutura de Base de Dados

Existem três tipos de arquitetura de banco de dados. Na arquitetura mais simples, os dados são armazenados em forma de *lista*. Os dados podem também ser armazenados obedecendo uma ordem *hierárquica*, em forma de árvore. Finalmente, nos bancos de dados de melhor performance as informações são armazenadas de forma a guardarem uma relação entre si. São os chamados bancos de dados *relacionais*.

As informações aquisitadas do sistema elétrico, bem como aquelas fornecidas via teclado ou arquivo, devem ser estruturadas adequadamente para serem acessadas pelos programas. Há três diferentes tipos de base de dados.

14.5.1.1 Base de dados em tempo real (*on-line*)

Constituem os dados dinâmicos da base de dados aquisitadas do sistema elétrico formada pelos dados de natureza analógica e digital.

A base de dados em tempo real deve ter prioridade de acesso e estar residente na memória principal, devendo-se minimizar o acesso a disco.

14.5.1.2 Base de dados de cadastro (*off-line*)

Constituem os dados definidos pelo usuário, tais como diagramas, limites de variáveis etc.

A base de dados de cadastro pode residir em disco rígido e ter tempo de acesso superior ao tempo de acesso definido para a base de dados em tempo real.

14.5.1.3 Base de dados históricos

Todos os dados do sistema elétrico podem ser armazenados em Arquivos Históricos, que constituem um arquivo em disco que contém dados armazenados ao longo de um intervalo de tempo selecionado. Todo dado digital deve ser armazenado a cada variação de estado do mesmo e todo dado de medida analógica deve ser armazenado seguindo uma periodicidade ajustável.

Os Arquivos Históricos devem ser armazenados de maneira circular numa base horária, diária, semanal, mensal e anual. O tamanho médio em *bytes* dos registros de dados e a periodicidade média do armazenamento dos registros têm influência direta na dimensão do Arquivo Histórico.

4.5.2 Características Básicas de Interface-Homem-Máquina

Quanto mais amigável é o relacionamento entre os usuários e o sistema maior é o seu valor agregado. Podem-se citar algumas características fundamentais do sistema:

- facilidade de acesso a uma seqüência de informações em múltiplas telas;
- intercambialidade de telas;
- uso de ferramentas de toque para ativar as funções do sistema;
- facilidade de identificação dos objetos de tela.

4.5.3 Sistema Operacional

É o *software* sob o qual devem operar todos os aplicativos do sistema.

Deve ter características de plataforma multitarefa a tempo real, entendendo-se por multitarefa a propriedade de que o sistema é dotado para executar diferentes tarefas simultaneamente. Po-

dem-se citar como exemplo a capacidade de o sistema gerar alarmes, interpretar os comandos do operador numa determinada situação operativa, visualizar dados aquisitados *on-line* juntos ao diagrama unifilar e outras tarefas similares, todas realizadas simultaneamente. A característica de tempo real refere-se à capacidade de receber do sistema elétrico um certo número de informações como tensão, corrente, disparo do disjuntor etc., e tratar essas informações e respondê-las em tempo extremamente curto, em frações de milissegundos.

Como ilustração podem ser mencionados os sistemas operacionais WINDOWS e LINUX para sistemas de automação mais complexos, normalmente instalados nas estações de trabalho (*workstations*) de alto desempenho.

14.5.4 Sistema de Gerência de Bancos de Dados

Os sistemas elétricos geram grandes massas de dados que devem ser arquivadas para fins de estudos de operação e manutenção, além de subsidiar o Sistema Corporativo da indústria, caso haja, tais como módulo financeiro, administrativo etc. Em função disso, são utilizados gerenciadores de bancos de dados com capacidade adequada aos requisitos do projeto.

14.5.4.1 Gerência de banco de dados em tempo real

Os dados digitais são aquisitados do sistema elétrico na sua forma digital, como ocorre com o estado operacional do equipamento, e na forma analógica, tais como os valores obtidos de corrente, tensão, frequência etc.

O provedor do sistema de automação é o responsável pelo desenvolvimento do *software* de acesso ao banco de dados e por sua disponibilização ao uso de qualquer aplicativo.

14.5.4.2 Gerência de banco de dados de cadastro

O banco de dados de cadastro deve ser gerenciado por um programa comercial de base de dados relacional, de largo uso em sistemas de automação. São conhecidos os gerenciadores ORACLE e ACCESS.

14.5.4.3 Gerência do banco de dados históricos

É usado o mesmo gerenciador do banco de dados de cadastro.

14.5.5 Software SCADA

É o programa responsável pela aquisição de dados analógicos e digitais do sistema elétrico em tempo real, acumulando as seguintes e principais funções:

- processador de totalizadores (medição de energia);
- processador de dados calculados;
- processador de seqüência de eventos;
- processador de medidas analógicas;
- processador de estados digitais;
- processador de controle supervisão (comando).

14.5.6 Software de Comunicação

O serviço provido pela rede local (LAN) baseado no padrão Ethernet, por exemplo, é definido pelo protocolo, sendo comumente utilizado o protocolo TPC/IP (*Transmission Protocol Control Internet Protocol*).

Cabe salientar que o TPC/IP é um protocolo de comunicação e não um *software*. O *software* de comunicação é que implementa o protocolo TPC/IP. Além disso, o *software* de comunicação da rede local deve estar integrado ao sistema operacional.

14.6 AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE POTÊNCIA

Como já foi explicado no Capítulo 10, no jargão dos profissionais de automação existe uma diferença clássica entre automatizar e digitalizar uma subestação de potência. Dessa forma, automatizar uma subestação significa dotá-la de recursos de inteligência artificial utilizando os relés estáticos (relés burros) ou digitais. Digitalizar uma subestação significa aplicar o mesmo princípio, porém utilizando relés digitais gerenciados por um sistema que permite desenvolver simples atividades de comando, proteção e medição, até atividades mais complexas, tais como a recomposição operacional de uma subestação, após um evento de falta de tensão de alimentação. No primeiro caso, os resultados obtidos são limitados. No segundo caso, podem-se obter facilidades operacionais extraordinárias. Porém, neste capítulo não está sendo considerada esta diferença e se empregará o termo automação para ambas situações.

É bom lembrar que a entrada da microinformática na operação e comando das subestações não agregou novas funções, apenas substituiu as tarefas, muitas vezes monótonas, dos operadores. No entanto, a automação das subestações modificou as práticas operacionais, e isto fez a diferença.

Normalmente as subestações automatizadas não requerem operadores presentes à sala de operação. Apenas empregam operadores mais qualificados gerenciando-as remotamente.

A Figura 14.13 mostra a topologia geral de um sistema de automação simplificado. Cada um dos PCs indicados na figura desempenha uma função. O PC do ponto (A) é responsável pela interface entre os equipamentos de aquisição de dados com os PCs no nível hierárquico imediatamente superior, além de tratar adequadamente dos protocolos de comunicação. O PC do ponto (B) é responsável pelo arquivamento da massa de informações geradas, ou simplesmente Arquivo Histórico, e das variáveis do sistema. Finalmente, o PC do ponto (C) serve de Interface-Homem-Máquina entre o operador e o sistema de automação.

Atualmente existem vários sistemas para controle e automação local e remota de subestações, sendo conhecidos os sistemas SINAUT LSA (sistemas centralizados e distribuídos) e SICAM SAS, ambos da Siemens.

14.6.1 Funções de um Sistema de Automação

As principais funções de um sistema de automação de subestação são:

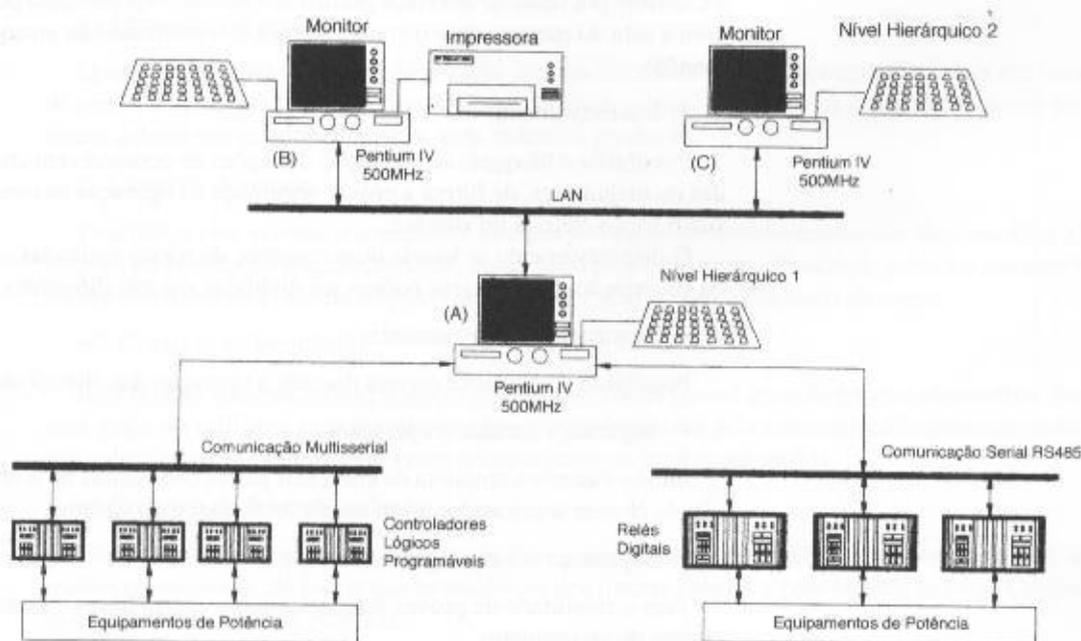


FIGURA 14.13
Exemplo de topologia de uma subestação automatizada

a) Monitoração

Possibilita que o operador do sistema tenha uma representação gráfica na tela do monitor de todos os esquemáticos da instalação, notadamente o diagrama unifilar mímico, indicando os valores de tensão, corrente, potência ativa, reativa e aparente correspondentes a cada circuito. As telas devem ser organizadas de acordo com o nível de informação desejado pelo cliente, devendo disponibilizá-las na forma mais geral e, sucessivamente, detalhando-as até serem reveladas na sua forma mais analítica.

b) Proteção

Os relés utilizados podem ser do tipo analógico ou digital. A monitoração com relés analógicos é feita somente através de contatos auxiliares nas posições aberta ou fechada. Já os relés digitais adicionam um maior número de recursos, tais como transferência de informações de estado ou de valores de corrente, tensão e potência para um Centro de Supervisão e Controle (CSC), via sistema de comunicação de dados.

Os relés de proteção digitais, cuja comunicação é feita através de interface serial, são conectados por meio de cabos de cobre concêntricos, ou cabos de fibra óptica, permitindo que seus parâmetros sejam ajustados para obter registros durante os distúrbios, além de leituras de valores de medição.

Se houver recursos no sistema de automação, é possível o ajuste remoto dos parâmetros do relé digital decorrentes de manobras ou de mudança na configuração da subestação.

Os relés eletromecânicos ou estáticos necessitam ser ligados a dispositivos auxiliares, chamados de transdutores (veja Seção 14.4.2), que transformam toda e qualquer informação analógica em sinal digital.

c) Alarme

A função alarme possibilita ao operador tomar conhecimento de quaisquer disfunções do sistema elétrico, tais como alterações intempestivas da configuração na rede elétrica, transgressão dos limites de operação dos equipamentos ou qualquer irregularidade funcional. Deve existir uma lista de alarmes e eventos com a indicação precisa do nível de urgência para tomada de providências. Essa indicação deve ser representada por diferentes cores. Os alarmes, em geral, são gerados em três diferentes níveis:

- no pátio da subestação, incluindo o cubículo dos disjuntores e o Quadro Geral de Força na Casa de Comando;
- nas unidades digitais do sistema de automação auto-supervisionadas;
- no processador do sistema, se algum valor limite for ultrapassado.

Os equipamentos tanto podem ser manobrados localmente ou através do Centro de Supervisão e Controle por meio de interface gráfica no console, representado pelo diagrama unifilar, atuando com a seta do mouse sobre o símbolo gráfico correspondente ao equipamento que se desejar comandar.

d) Intertravamento

Possibilita o bloqueio ou liberação das ações de comando em chaves seccionadoras motorizadas ou disjuntores, de forma a prover segurança na operação desses equipamentos, em função de sua posição elétrica no sistema.

O intertravamento se baseia num conjunto de regras aplicadas com base no diagrama unifilar da subestação. Essas regras podem ser divididas em três diferentes classes:

- Seqüência de chaveamento

Possibilita a seqüência correta durante a operação das chaves seccionadoras e disjuntores.

- Segurança durante a operação

Inibe e cancela a tentativa de energizar partes condutoras do sistema à terra e também a operação de chaves seccionadoras em condição de carga do sistema.

- Segurança em condição de serviço

Tem a finalidade de prover intertravamento entre chaves seccionadoras e disjuntores com as chaves de aterramento.

O intertravamento pode ser realizado através de um processador dedicado que é supervisionado continuamente por meio de um programa específico denominado *wath-dog*.

e) Religamento

Esta função faz registrar ordenadamente a atuação dos relés de proteção, abertura e fechamento de chaves seccionadoras motorizadas e disjuntores, além de outras indicações de estado dos equipamentos envolvidos no evento, de forma que se possa conhecer a seqüência correta desses eventos.

f) Armazenamento de informações históricas

As medições de tensão, corrente, freqüência etc. e as indicações de estado dos equipamentos no estágio pré-operacional são armazenadas em meio magnético apropriado para permitir uma análise pós-operacional.

g) Gráficos de tendência

É a função que permite ao operador observar a evolução de certos valores, tais como corrente, tensão e potência num determinado período de tempo.

h) Osciloperturbografia

É a função que permite a aquisição de dados elétricos durante um evento perturbador que normalmente resulta em sobretensões, sobrecorrentes, sub e sobrefreqüência, possibilitando a sua representação gráfica na forma de onda, a fim de identificar e diagnosticar o evento de modo a implementar ações corretivas, tais como a alteração de ajuste dos relés e esquema de coordenação.

i) Desligamento seletivo de carga

Nas instalações industriais facilmente são identificadas as cargas prioritárias e não-prioritárias. As cargas prioritárias são definidas como aquelas essenciais à produção e/ou segurança das pessoas ou do patrimônio e que devem permanecer em operação após um evento que ocasione uma redução de oferta de energia à instalação. A partir dessa informação as cargas serão desligadas na ordem de prioridade, de forma a se manter o sistema operativo nos limites de sua capacidade reduzida.

j) Controle de demanda máxima

A fim de evitar que se pague pela ultrapassagem da demanda contratada na hora de ponta esta função seleciona as cargas prioritárias desligando-as sucessivamente, de forma a manter a demanda, naquele intervalo, no limite inferior dos valores contratados.

k) Despacho de geração

Quando a indústria é dotada de geração própria alternativa para suprimento da carga em hora de ponta, o operador dispõe da função despacho para acionar o gerador ou geradores a fim de eliminar a demanda de ultrapassagem, sem reduzir a produção.

l) Controle de tensão

Esta função faz acionar o comutador de tapes sob carga do transformador nos dois sentidos. O sistema de ventilação forçada, também controlado pela função de sobrecarga, pode ser acionado, compatibilizando a potência disponível do transformador com a demanda da carga.

m) Controle de freqüência

Esta função somente tem aplicação quando a indústria possui geração própria alternativa. Porém, pode ser utilizada para monitorar a freqüência fornecida pela concessionária podendo ordenar o desligamento da carga se forem ultrapassados os limites admitidos.

n) Controle do fator de potência

Consiste em comandar o banco de capacitores, adequadamente dividido em blocos de potência reativa controláveis, de forma que se mantenha nos limites previstos pela legislação (veja Capítulo 4) o valor do fator de potência.

o) Reaceleração dos motores

Quando o sistema elétrico é acometido de um processo de subtensão, os motores são desconectados da rede através dos seus respectivos sistemas de comando. Com o retorno da tensão à sua condição de serviço, o Sistema de Supervisão de Controle (SSC) inicia o processo de religamento dos motores, de forma a não permitir a reaceleração de um número de motores que provoque uma queda de tensão superior a um valor predefinido. O SSC é informado do limite de cada Centro de Controle de Motores (CCM) com referência à quantidade de potência aparente que pode ser drenada sem afetar o nível tolerável de tensão. Também o SSC tem informações do tipo de acionamento de cada unidade motriz relevante e o ajuste da tensão de partida, como, por exemplo, o tape ajustado da chave compensadora ou a tensão de pedestal das chaves de partida estáticas, além do número de partidas horárias tolerável para cada motor e o tempo máximo de partida.

p) Medição

Nas subestações digitalizadas, as medições são registradas nas unidades de medida dos alimentadores e transmitidas ao Centro de Supervisão e Controle, obedecendo a seguinte classificação:

- as medições destinadas à apresentação no console são requisitadas somente quando a tela apropriada é chamada pelo operador;
- as medições predefinidas para armazenamento na memória do sistema são requisitadas ciclicamente, de acordo com os requisitos estabelecidos;
- as medições supervisionadas para comparação com limites impostos são transmitidas ao Centro de Supervisão e Controle somente se tais limites forem transgredidos.

q) Supervisão

Todas as posições de chaves e disjuntores são representadas por duas diferentes indicações binárias: *ligada* e *desligada*. Se não há eventos a considerar, caracteriza-se uma situação normal e as duas indicações estão em oposição entre si. Se ambas as indicações se estabelecem na posição *ligada*, o sistema de automação emite um alarme, enquanto que se as duas indicações se firmam na posição *desligada* caracteriza-se o estado de operação, gerando, dessa forma, a ação da função de supervisão do tempo de operação, cuja duração depende do tipo de elemento que está sendo operado. O sistema de automação faz gerar um alarme se, decorrido o tempo de operação, a chave ou o disjuntor não alcançarem o estado de operação normal.

r) Comando

A fim de possibilitar a flexibilidade de comando da subestação no caso de uma falha parcial ou geral do sistema de automação, permite-se que o comando de chaves ou disjuntores seja operado no *local* e em ponto *remoto*, o que é possível pelo acionamento de uma chave localizada estrategicamente no gabinete do disjuntor. Como regra a seguir, antes de um comando ser executado o sistema verifica se um outro comando está sendo executado e se a função de intertravamento permite a sua execução, além da verificação da posição de bloqueio da chave ou disjuntor a serem operados.

14.6.2 Arquiteturas dos Sistemas de Automação

Antes de se tomar uma decisão de automatizar uma determinada subestação existente deve-se analisar detalhadamente os seus recursos operacionais, dispositivos de proteção e alarmes utilizados, histórico de falhas, confiabilidade e *layout* da instalação. Como resultado dessa análise, cabe selecionar a arquitetura adequada para aquela subestação em particular.

Se está-se diante de um novo projeto de subestação, a seleção da arquitetura do sistema fica facilitada devido à inexistência das restrições que caracterizam uma subestação em operação.

De qualquer forma, há várias soluções a considerar, destacando-se, no entanto, dois tipos de arquiteturas clássicas, sendo que a cada uma delas podem-se agregar soluções derivadas. Esses tipos de arquitetura de sistemas de automação podem ser assim caracterizados:

a) Sistema de supervisão e controle centralizado

- uso de relés convencionais (subestações existentes);
- uso de relés digitais.

- b) Sistema de supervisão e controle distribuído
- uso de relés convencionais (subestação existente);
 - uso de relés digitais.

14.6.2.1 Sistema de supervisão e controle (SSC) centralizado

Também conhecido como sistema de processamento centralizado, consiste em concentrar física e funcionalmente todo Sistema de Supervisão e Controle (SSC) num determinado local onde fica instalado todo o *hardware* com os respectivos programas de supervisão e controle. O local escolhido é, de preferência, a Casa de Comando da subestação, ou alternativamente uma construção agregada.

Esse sistema pode ser desenvolvido com duas diferentes arquiteturas: *hardware* centralizado e processamento centralizado ou *hardware* distribuído e processamento centralizado.

14.6.2.1.1 Uso de relés convencionais

A escolha desse tipo de arquitetura de sistema de automação é apropriado para subestações existentes nas quais foi instalado um Quadro Geral de Força (QGF), e no qual estão concentrados todos os relés de proteção convencionais (relés de indução ou estáticos, medição etc.). Normalmente o QGF é abrigado na Casa de Comando da subestação, juntamente com a unidade de retificação e banco de baterias instalados em uma construção agregada específica. Dessa forma, no pátio de manobra estão instalados todos os equipamentos de força como disjuntores, religadores, chaves, transformadores etc. Para ilustrar essa concepção de sistema, observar a Figura 14.14 que caracteriza um arquitetura de *hardware* centralizado e processamento centralizado.

Nesta configuração, todos os condutores de proteção, medição e controle são levados até o QGF, junto ao qual deve-se instalar o *hardware*, a correspondente Unidade de Aquisição de Dados e Controle (UADC) e o Sistema de Supervisão e Controle. Neste caso, a Unidade de Aquisição de Dados e Controle (UADC) compreende o Centro de Aquisição de Dados da Proteção e o Centro de Aquisição de Dados Analógicos. Pode-se perceber a grande utilização de condutores interligando os equipamentos localizados no pátio da subestação e o QGF, tornando o sistema extremamente vulnerável e de baixa confiabilidade. Esta solução permite evitar custos com a mudança da configuração do sistema elétrico.

Ao lado do QGF está localizado o Centro de Aquisição de Dados Analógicos, conforme mostrado na Figura 14.14. No seu interior estão instalados os transdutores, responsáveis não só pela aquisição dos dados analógicos que chegam ao QGF, tais como tensão, corrente e freqüência, mas

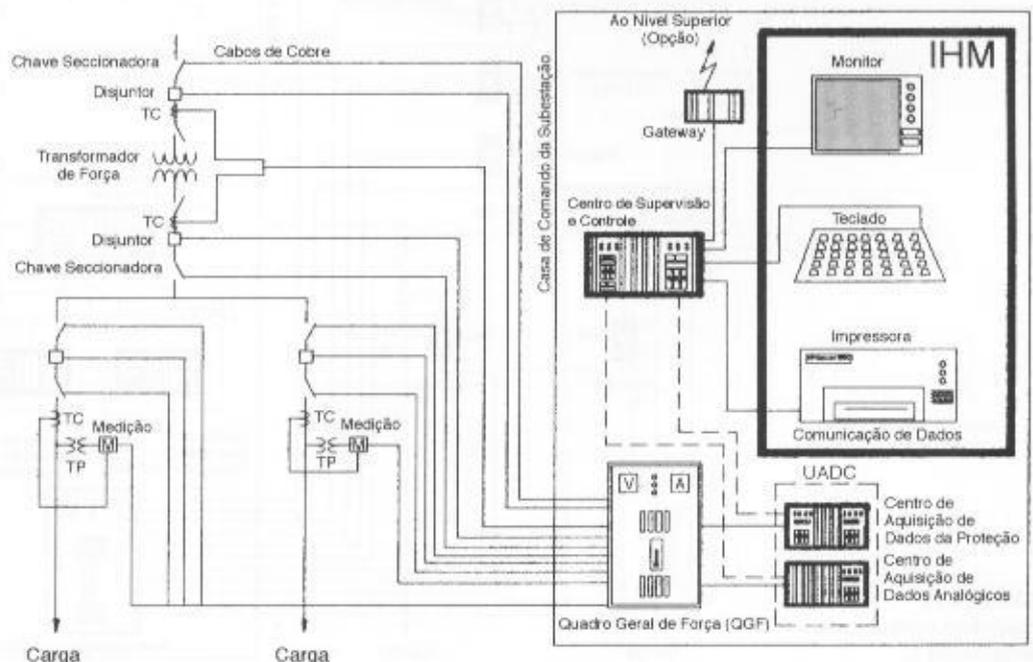


FIGURA 14.14
Arquitetura centralizada –
configuração I

também pela conversão dessas grandezas em sinais digitais que são enviados ao Centro de Supervisão e Controle que abriga o Sistema de Supervisão e Controle e ao qual estão conectados os equipamentos da Interface-Homem-Máquina.

Ao lado do mesmo QGF está localizado ainda o Centro de Aquisição de Dados da Proteção, ou seja, uma unidade que aquisita e concentra as informações relativas à atuação dos relés e atuadores, em geral, e as envia ao mesmo Centro de Supervisão de Controle responsável pelo processamento dessas informações, usando um sistema SCADA, aderente a um sistema especialista no qual está instalado.

Dependendo do nível de recursos do SSC são geradas diversas e complexas funções operacionais. São também geradas telas nos monitores ou painéis mímicos dinâmicos disponibilizando funções de comando ao operador que pode utilizá-las através de um teclado alfanumérico. Se há necessidade de que determinadas informações sejam registradas em papel, o SSC pode gerar relatórios através de uma impressora local. No entanto, se essas ou outras informações necessitam satisfazer às exigências de um nível hierárquico superior, podem ser enviadas através de um *gateway*.

Como se percebe, a Estação Central concentra todos os recursos de *hardware* e de *software*. Apesar da aparente confiabilidade do sistema, em virtude de estar sob condições ambientais controladas, não tem sido uma solução desejada, já que, no presente caso, qualquer falha em quaisquer centros de supervisão ou aquisição de dados imobiliza todo o sistema de automação.

Esta mesma arquitetura de sistema de automação pode ser aplicada em outra situação de *layout* dos equipamentos elétricos da subestação, conforme pode ser observado através da Figura 14.15, que caracteriza um arquitetura de *hardware* parcialmente distribuída e processamento centralizado. Nesta configuração, os relés convencionais são instalados em cubículos metálicos junto aos equipamentos aos quais dá proteção. Pode-se notar que o nível de confiabilidade do sistema não se alterou, a não ser com a introdução de um sistema dual de supervisão e controle, instalado conforme mostra a Figura 14.15. Todas observações relativas à concepção anterior continuam válidas.

Observar que, apesar de os equipamentos de aquisição de dados (relés, medidores etc.) apresentarem uma formação distribuída, as informações do sistema elétrico continuam concentradas

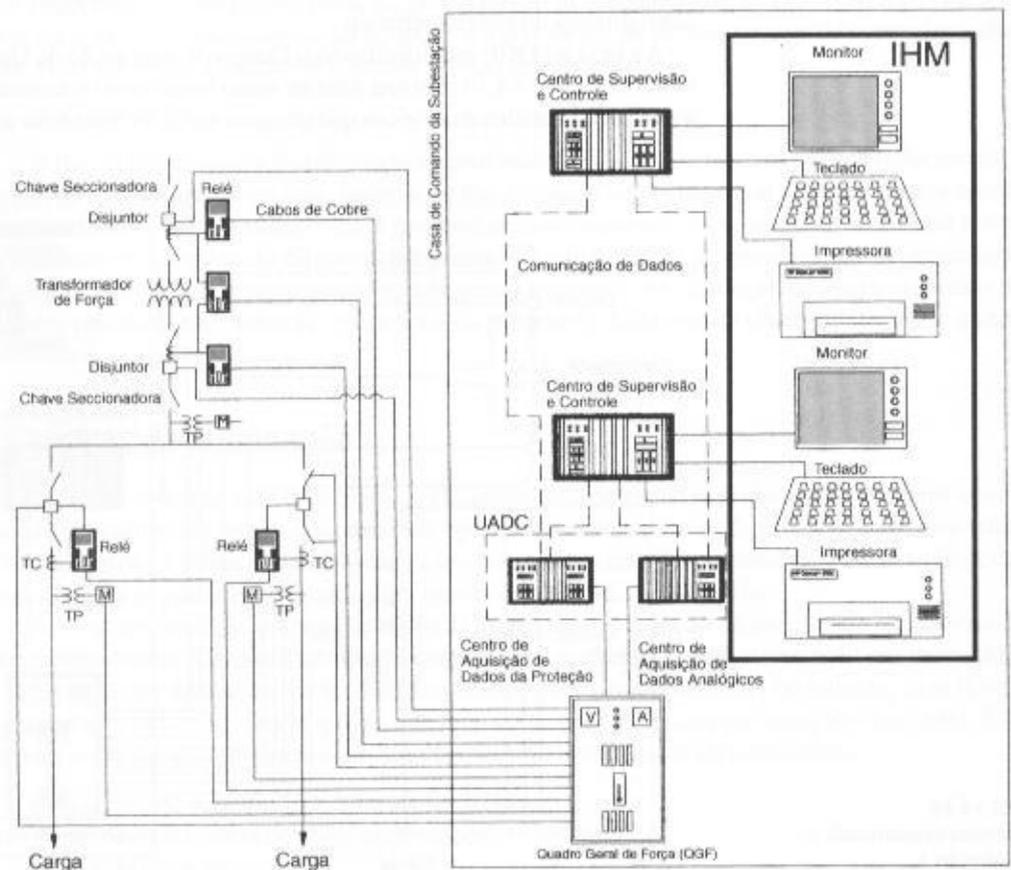


FIGURA 14.15
Arquitetura centralizada –
configuração 2.

no QGF instalado na Casa de Comando, guardando, portanto, as características de sistema centralizado.

Atualmente, esta concepção de sistema de automação está praticamente em desuso, pois o uso de relés convencionais não permite sua manutenção corretiva por falta de oferta de peças de reposição no mercado, já que a fabricação desses relés foi totalmente abolida. Assim, em todos os projetos atuais de automação de subestações existentes são aplicados relés digitais em substituição aos relés de indução ou estáticos nelas instalados.

14.6.2.1.2 Uso de relés digitais

O Sistema de Supervisão de Controle centralizado admite uma outra concepção quando se adota como solução uma alternativa àquela representada na Figura 14.14, e que consiste na substituição dos relés convencionais, instalados no QGF, por relés digitais. Neste caso, a comunicação entre o QGF e o Centro de Supervisão e Controle é direta, sem necessidade do uso do Centro de Aquisição de Dados da Proteção, parte integrante da Unidade de Aquisição de Dados e Controle (UADC). No entanto, a conversão dos dados analógicos continua de responsabilidade do Centro de Aquisição de Dados Analógicos, parte integrante da Unidade de Aquisição de Dados e Controle que exerce a mesma função anterior. A Figura 14.16 mostra este tipo de configuração, que caracteriza um sistema de arquitetura de *hardware* centralizado e processamento centralizado.

Como já foi comentado anteriormente, em praticamente todos os atuais projetos de automação de subestações são utilizados relés digitais substituindo os relés de indução ou estáticos existentes.

14.6.2.2 Sistema de supervisão e controle (SSC) distribuído

Também conhecido como sistema de processamento distribuído, consiste em instalar no pátio de manobra da subestação Unidades Terminais Remotas (UTRs) ou, no sentido mais amplo, as Unidades de Aquisição de Dados e Controle (UADC), que compreendem o Centro de Aquisição de Dados Analógicos e o Centro de Aquisição de Dados da Proteção com capacidade de adquirir dados de cada ponto do sistema, comumente chamado de ilha, exercer funções de comando e enviar informações ao Centro de Supervisão e Controle montado na Casa de Comando da subestação.

14.6.2.2.1 Uso de relés convencionais

A escolha desse tipo de arquitetura de sistema de automação é apropriado para subestações existentes nas quais foram utilizados módulos de proteção, comando e sinalização juntos a cada

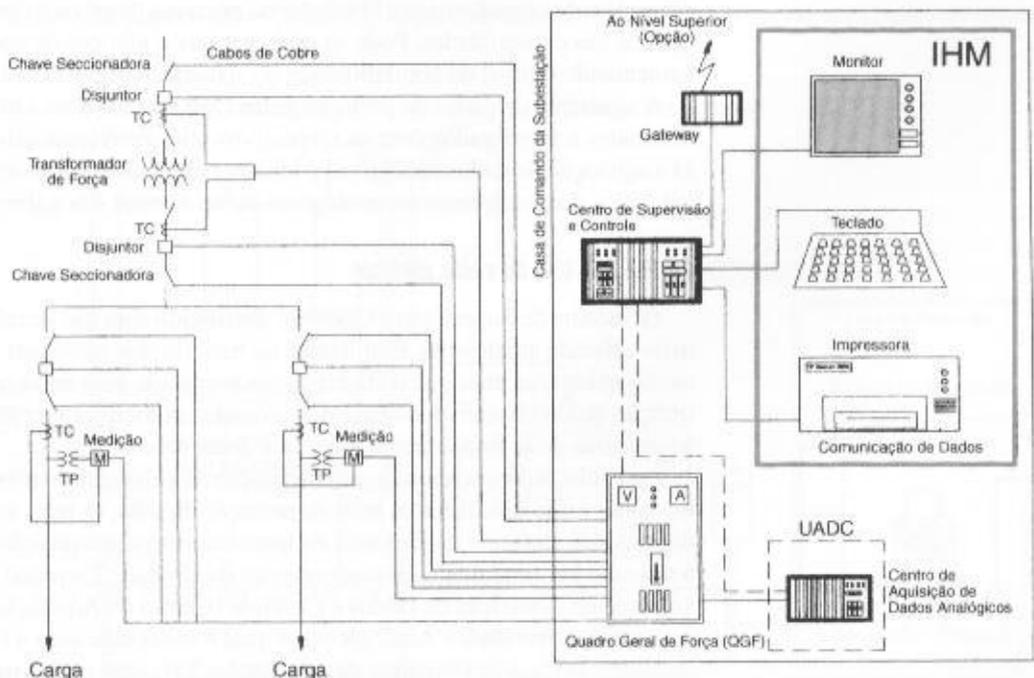


FIGURA 14.16
Arquitetura centralizada –
configuração 3

bay no pátio de manobra da subestação. Neste caso, são utilizadas Unidades de Aquisição de Dados e Controle, ou simplesmente UTRs localizadas nos respectivos bays que aquisitam tanto os dados analógicos como os digitais, processam essas informações, tomam as *decisões* definidas pelo *software* e exercem suas funções localizadas (ilhas) de manobra sobre os equipamentos sob sua supervisão e controle. Neste caso, o Centro de Supervisão e Controle assume o papel de supervisor geral do sistema e de interface com sistemas hierarquicamente superiores. Esse tipo de arquitetura é conhecido como sistema de *hardware* distribuído e processamento distribuído, conforme mostrado na Figura 14.17.

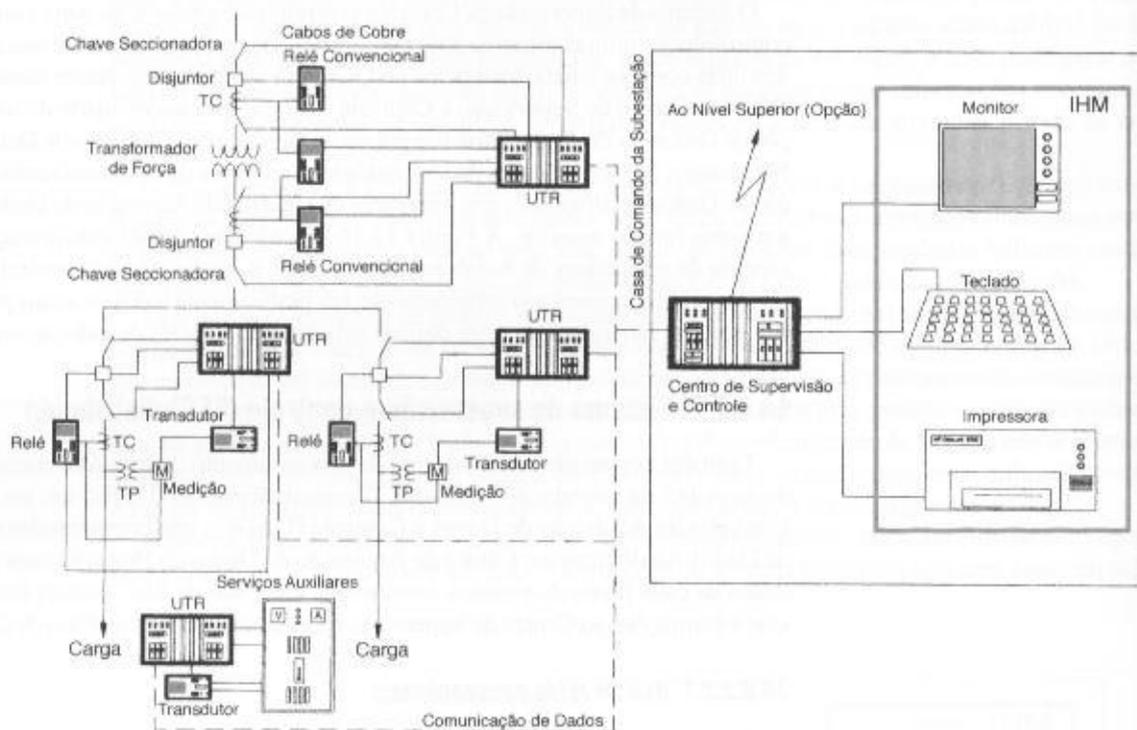


FIGURA 14.17
Arquitetura distribuída –
configuração 1

A comunicação entre as UTRs e o Centro de Supervisão e Controle pode ser feita através de cabos de cobre concêntricos e blindados ou por meio de cabos de fibra óptica, utilizando acopladores ópticos nas extremidades. Pode-se observar que o número de condutores reduz-se drasticamente aumentando o nível de confiabilidade do sistema, particularmente do sistema de comunicação.

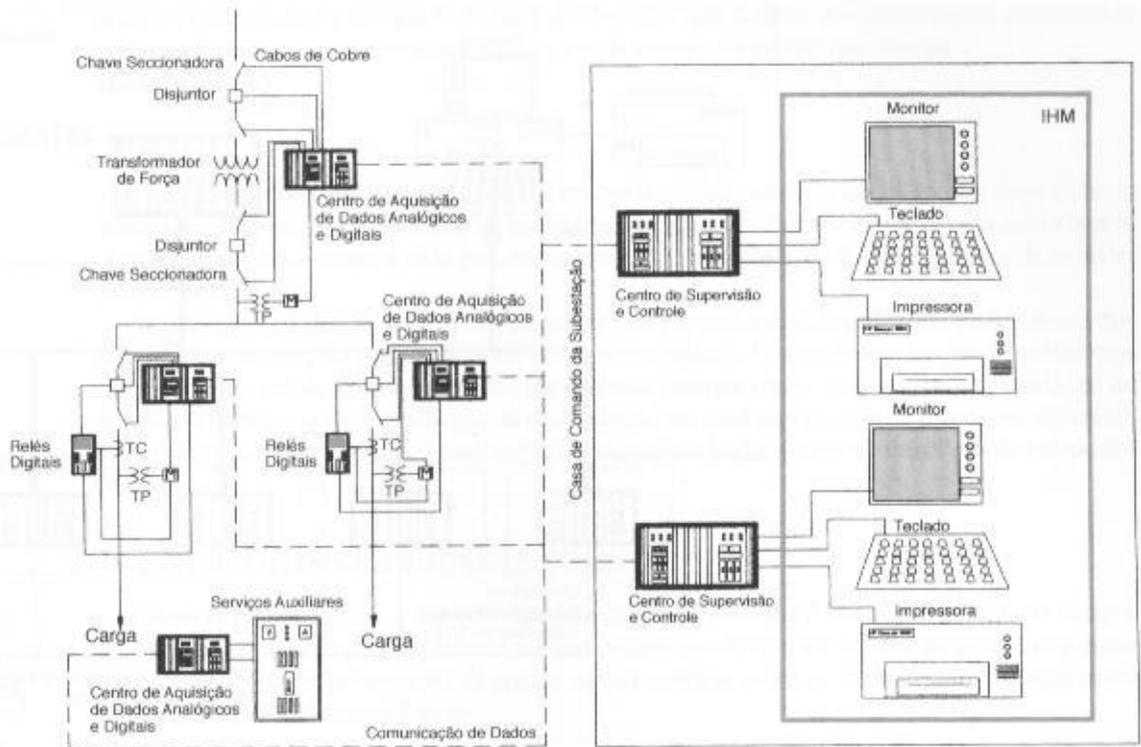
A aquisição de dados de proteção pelas UTRs é feita com a utilização de relés auxiliares nas instalações e interligados com os respectivos relés convencionais (relés de indução ou estáticos). Já a aquisição de dados analógicos é feita por meio de transdutores instalados, de preferência, nos cubículos dos equipamentos analógicos ou no interior dos gabinetes das UTRs.

14.6.2.2.2 Uso de relés digitais

O Sistema de Supervisão e Controle distribuído com uso de relés digitais tem sido a arquitetura mais aplicada atualmente. É utilizada, na maioria dos casos, em subestações novas ou em subestações existentes, mas que o cliente esteja preparado para arcar com os custos adicionais de substituição dos relés convencionais por unidades numéricas e com outras alterações normalmente necessárias de se implementar em casos dessa natureza.

Esta solução se caracteriza pela instalação de gabinetes distribuídos em cada bay da subestação nos quais estão instalados os relés de proteção digitais, os relés auxiliares para aquisição de dados digitais das chaves e disjuntores, os transdutores para aquisição de dados analógicos (corrente, tensão etc.) e, finalmente, os componentes da Unidade Terminal Remota que assume a função da Unidade de Aquisição de Dados e Controle (Centro de Aquisição de Dados da Proteção e Centro de Aquisição de Dados Analógicos), a qual é conectada com o Centro de Supervisão e Controle instalado na Casa de Comando da subestação. Tal como ocorre na configuração anterior, o Centro

FIGURA 14.18
Arquitetura distribuída –
configuração 2



de Supervisão e Controle assume o papel de supervisor geral do sistema e de interface com sistemas hierarquicamente superiores. A Figura 14.18 mostra esse tipo de arquitetura, caracterizada como sistema de *hardware* distribuído e processamento distribuído.

Ainda através da Figura 14.18 percebe-se a simplicidade do sistema de comunicação que resulta uma maior confiabilidade, devido ao pequeno número de condutores utilizados. Enquanto isso, a Figura 14.19 ilustra a posição das Unidades de Aquisição de Dados e Controle (UADC) próxima aos equipamentos de força de uma subestação.

A Figura 14.20 sintetiza, por meio de um diagrama, a interação entre as Unidades de Aquisição de Dados e Controle e o Centro de Supervisão e Controle, destacando-se a facilidade de o operador obter dados do sistema junto aos *bays*, utilizando um PC portátil conectado às UTRs.

A título de ilustração, pode-se observar na Figura 14.21 um exemplo de tela de um monitor do Sistema de Supervisão e Controle, disponibilizando o diagrama unifilar da instalação, de forma

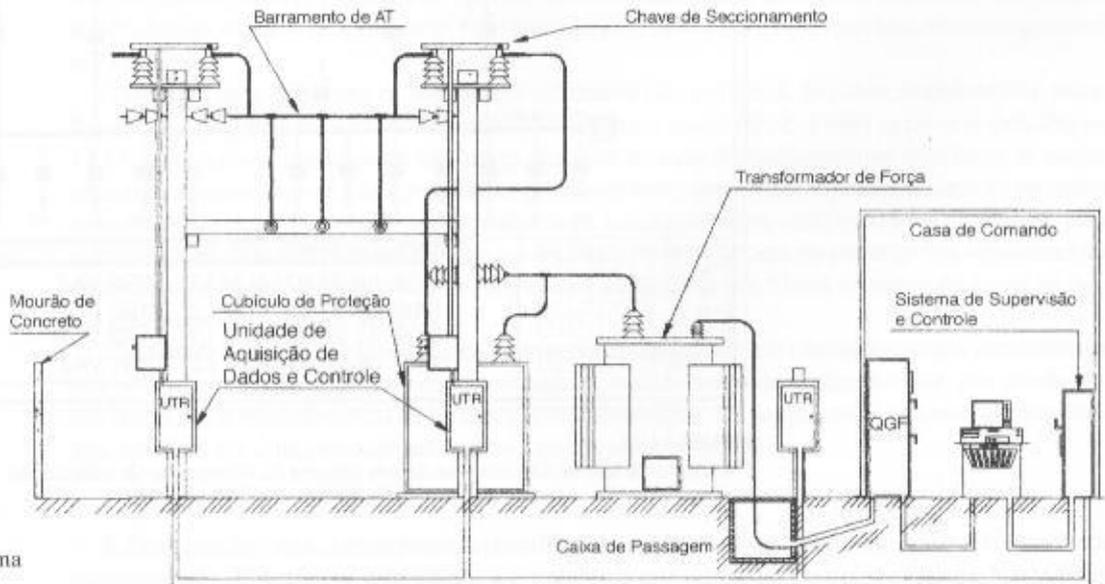


FIGURA 14.19
Localização das UADC em uma
subestação automatizada

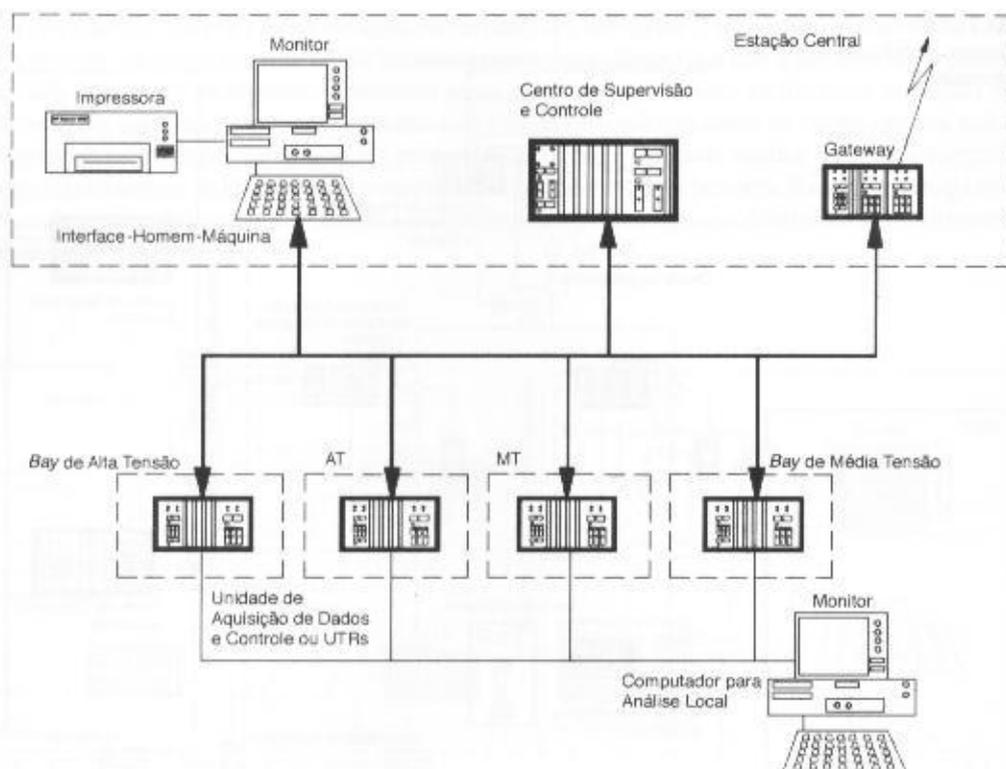


FIGURA 14.20
Ilustração diagramática de uma subestação automatizada

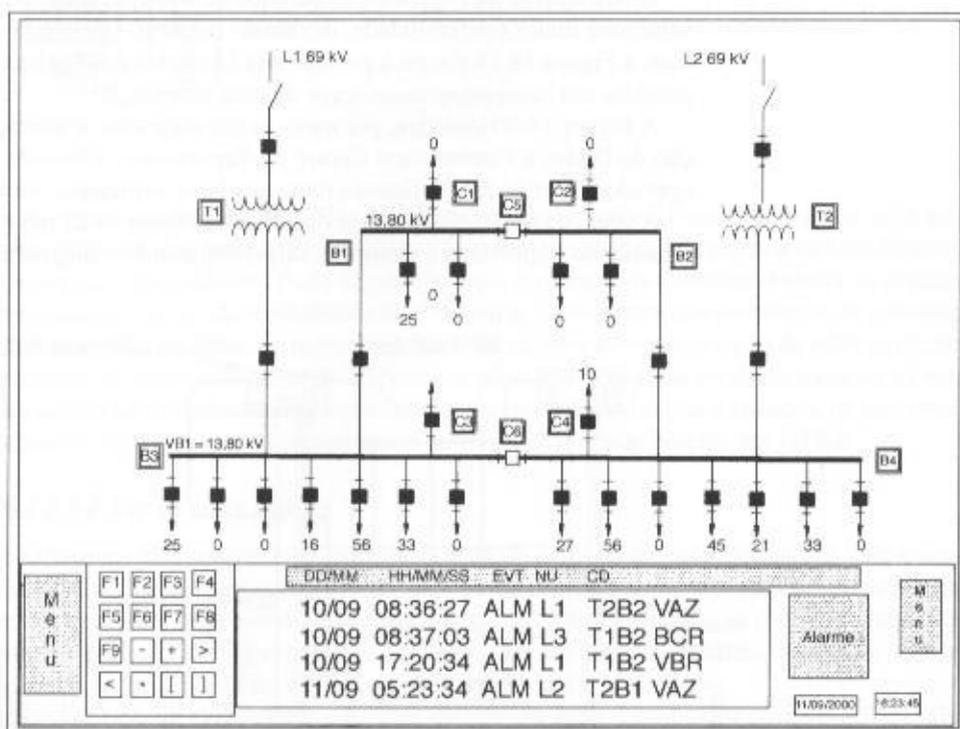


FIGURA 14.21
Ilustração de tela de um monitor de um sistema de automação de subestação

amigável, facilitando a tomada de decisão do operador que também tem como meios auxiliares de informação uma lista de eventos aos quais tem acesso no momento que desejar.

4.6.3 Meios Ambientes

Tratando-se do uso de equipamentos de microeletrônica sensíveis aos diferentes tipos de meio ambiente, serão analisadas as soluções anteriormente estudadas quanto à interferência causada pelo sistema elétrico que reduz a vida útil, degrada a confiabilidade e, de forma geral, agride os sistemas de automação.

São diversos os meios ambientes agressivos que prejudicam o desempenho do *hardware* dos sistemas de automação. Sugerimos ao leitor rever o Capítulo 1, onde foram descritos os diferentes tipos de meio ambiente reconhecidos por normas internacionais que limitam a instalação do *hardware* quando da implementação de uma solução em qualquer projeto de instalação industrial. No entanto, para os propósitos desta seção serão analisados basicamente dois tipos de meios ambientes.

14.6.3.1 Interferências eletromagnéticas

Como se pode concluir, a área de uma subestação de potência é altamente poluída de campos elétricos e magnéticos de alta intensidade que podem interferir e até mesmo destruir equipamentos de tecnologia da informação. O enlace desses campos sobre os mencionados equipamentos pode ser feito de diferentes formas:

- Radiação
- Condução

Sugerimos ao leitor que recorra a textos técnicos especializados no assunto para melhor entender os riscos e soluções para a convivência entre os elevados campos eletromagnéticos e os equipamentos de tecnologia da informação.

A aquisição do *hardware* deve ser precedida de uma especificação rigorosa quanto à compatibilidade desses equipamentos em ambientes eletromagneticamente hostis. Existem normas que definem os parâmetros aceitos de compatibilidade eletromagnética aos quais os fabricantes deverão se submeter.

Do ponto de vista das quatro soluções anteriormente apresentadas, podemos fazer a seguinte análise:

a) Sistemas fisicamente centralizados

Como todos os equipamentos de tecnologia da informação estão contidos no interior da Casa de Comando, as radiações eletromagnéticas geradas no pátio da subestação por transformadores, abertura de disjuntores e chaves etc. podem ser mais facilmente atenuadas através de um projeto de blindagem da Casa de Comando. Esta solução só é válida para interferências eletromagnéticas por radiação.

Neste tipo de arquitetura, os condutores utilizados são, em geral, de cobre, concêntricos, interligando os equipamentos e os relés de proteção convencionais ao QGF. Como se percebe pela Figura 14.14, os condutores percorrem um longo caminho ao lado de equipamentos emissores de radiações eletromagnéticas de alta intensidade, principalmente quando são operados, além da presença de condutores elétricos do sistema de potência de instalação aérea ou subterrânea. A solução para evitar que um ruído eletromagnético seja conduzido pelos condutores até penetrar nos equipamentos de tecnologia da informação é instalar dispositivos supressores e filtros no ponto de conexão desses condutores no interior do QGF.

Uma outra fonte de interferência eletromagnética de relevância são as descargas atmosféricas que podem induzir tensões elevadas nos condutores do sistema de potência e que, por condução, são levados aos equipamentos de tecnologia da informação. Os supressores, anteriormente referidos, revelam ser uma proteção adequada a esse tipo de distúrbio.

b) Sistemas fisicamente distribuídos

É fácil concluir que, como parte do *hardware* está instalado no pátio da subestação junto aos equipamentos de potência, está sujeita a ser atingida por radiações eletromagnéticas. Neste caso,

os equipamentos de tecnologia da informação devem ser portadores de certificado de compatibilidade eletromagnética para operarem nestas condições.

Para controlar as interferências do tipo conduzida sobre os equipamentos numéricos no interior da subestação, é necessário assim proceder:

- se forem usados cabos concêntricos de cobre, devem-se aplicar dispositivos supressores e filtros;
- se forem usados cabos de fibra óptica, por natureza, estes são imunes a interferências eletromagnéticas.

14.6.3.2 Temperatura ambiente

Os equipamentos de tecnologia da informação são extremamente sensíveis às temperaturas elevadas a que são submetidos. Normalmente são especificados para operarem na faixa de temperatura de -10 a $+70^{\circ}\text{C}$. Fora dessa faixa seus componentes podem ser danificados.

a) Sistemas fisicamente centralizados

Como, neste caso, os equipamentos de microinformática estão instalados no interior da Casa de Comando, deve-se dispor de um sistema de climatização eficiente de forma a manter esse ambiente à temperatura adequada. Esta é uma grande vantagem dos sistemas fisicamente centralizados.

b) Sistema fisicamente distribuídos

Em subestações ao tempo, os equipamentos de tecnologia da informação estão expostos a temperaturas elevadas durante praticamente todo o ano, principalmente nas regiões norte e nordeste do Brasil.

É importante lembrar que a temperatura no interior dos gabinetes que abrigam os relés, UTRs etc. é bem superior às temperaturas externas, notadamente por não haver muitas aberturas de ventilação. Se é especificado um gabinete com baixo grau de proteção, permite-se a penetração de poeira, bastante nociva à integridade dos equipamentos, principalmente quando se trata de subestação em área industrial de elevada poluição atmosférica.

Esta tem sido uma das principais desvantagens deste tipo de solução.

Há outros tipos de influência do meio ambiente nocivos à integridade dos equipamentos de tecnologia da informação, mas que serão apenas citados, ou seja;

- umidade;
- vibração;
- presença de substâncias corrosivas;
- radiações solares;
- presença de corpos sólidos.

Cabe alertar que a malha de terra da subestação pode exercer uma grande influência sobre o desempenho e a integridade dos equipamentos eletrônicos sensíveis. Necessário se faz projetar e executar a malha de terra que atenda simultaneamente às condições exigidas pelo sistema de força e pelo sistema de automação.

14.6.4 Centro de Supervisão e Controle

Há muitas possibilidades de se dimensionar os equipamentos, facilidades e programas para um Centro de Supervisão e Controle. Ademais, com a rápida obsolescência dos equipamentos da tecnologia da informação, cria-se uma dificuldade adicional para o profissional especificar esses equipamentos, de sorte que possam satisfazer às necessidades do processo no maior espaço de tempo possível.

14.6.4.1 Hardware

Como ilustração, será fornecida uma lista de equipamentos e facilidades utilizados nos projetos de automação, sem a preocupação de informar a quantidade apropriada, pois cada solução requer um dimensionamento adequado.

- Unidade de processamento do servidor da base de dados
 - arquitetura: a ser definida (por exemplo, RISC);
 - processador com a capacidade acima de 1 GHz;
 - memória RAM com capacidade acima de 256 bytes;
 - número de *slots* do tipo PCI;
 - memória de massa com capacidade superior 60 Gbytes e interface especificada IDE;
 - interface serial: a ser definida (por exemplo, RS232, RS485);
 - unidade de disco flexível;
 - leitora/gravadora de CD-ROM;
 - interface Ethernet, com interface PCI e capacidade adequada.
- Terminal de vídeo colorido de 17" ou 21"
- Impressoras
- Painel mímico dinâmico

14.6.4.2 Software

- Sistema operacional: (por exemplo, sistema LINUX ou WINDOWS)
- Banco de dados relacional: ACCESS ou SQL
- Protocolo de comunicação de dados: TCP/IP
- Interface-Homem-Máquina: In Touch

4.7 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

A automação industrial vem crescendo aceleradamente na busca de maior produtividade, eficiência e qualidade de produtos manufaturados. O nível de automação de cada unidade industrial é função de uma série de fatores, tais como custo/benefício, adaptabilidade das máquinas que participam do processo etc. Há indústrias em que o nível de automação é significativamente elevado, enquanto em outras a automação fica restrita apenas a alguns setores da linha de produção. Porém, nos projetos industriais novos, a tendência é alcançar um nível de automação cada vez mais elevado.

Há no mercado especializado várias soluções para automação industrial. A cada dia a intercambialidade e interoperabilidade aproximam as diferentes soluções. O que se pretende neste capítulo é conceituar o assunto e os princípios fundamentais que norteiam os projetos de automação adotados basicamente por qualquer solução.

Para facilidade de compreensão, observar a Figura 14.22 que mostra uma esteira transportadora automatizada como parte de um processo mais complexo e muito comum em grande parte das indústrias de manufaturados. Pode-se, neste caso, querer controlar as seguintes grandezas:

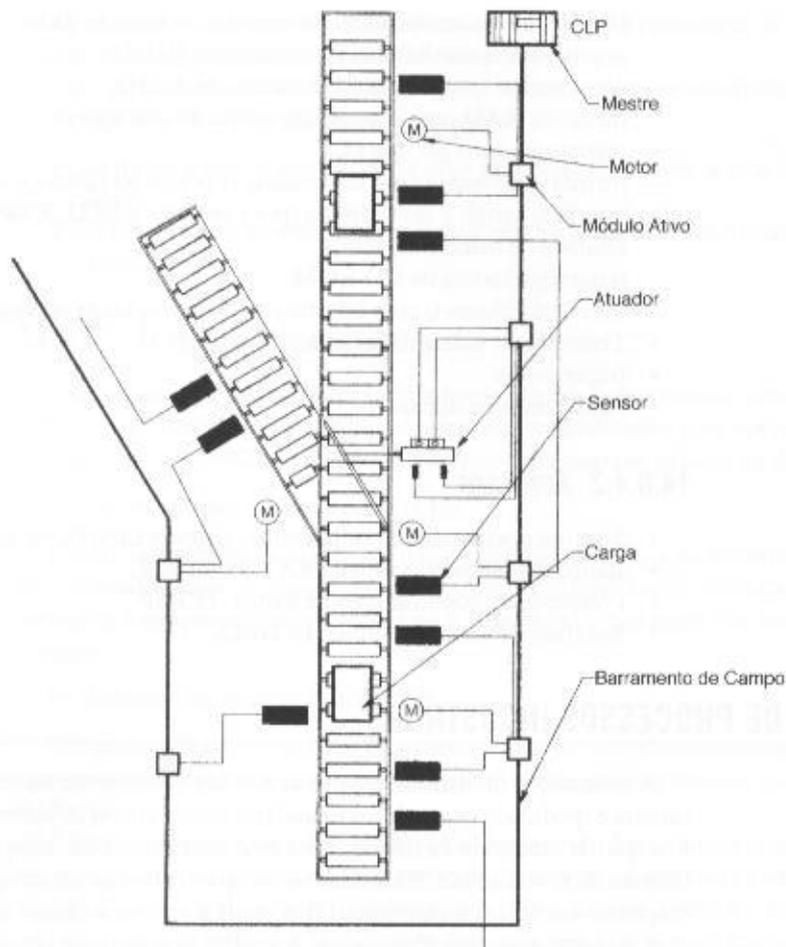
- velocidade da esteira;
- número de peças transportadas/tempo;
- desvio de peças para uma derivativa após alcançar um determinado parâmetro: número de peças, por exemplo;
- dimensões, etc.

Pode-se observar a existência de vários tipos de sensores e atuadores ao longo da esteira transportadora que se comunicam com os dispositivos escravos que, por sua vez, são gerenciados por um dispositivo denominado mestre. Este conceito é básico para compreensão do processo.

Para que se obtenha um nível de automação cada vez mais abrangente dentro de uma instalação, é necessário que a tecnologia alcance o nível mais baixo do chão de fábrica, em que, através de sensores e atuadores, convencionais ou dedicados, instalados junto às máquinas, enviem informações e recebam comandos de níveis hierárquicos superiores, de forma que todo processo seja monitorado e controlado de um centro de comando.

São conhecidas várias tecnologias de redes de campo que se aproximam do nível de chão de fábrica e cada uma delas representa uma solução proprietária de um provedor, sendo as mais conhecidas o Profibus da Siemens, o Bitbus etc. No entanto, tem-se fortalecida uma tendência de padronizar uma solução comprometida por diversos e importantes provedores no campo da automação industrial, despontando o sistema ASI (*Actuator Sensor Interface*) como uma solução com excelentes qualidades técnicas, ou seja:

FIGURA 14.22
Esteira transportadora
automatizada

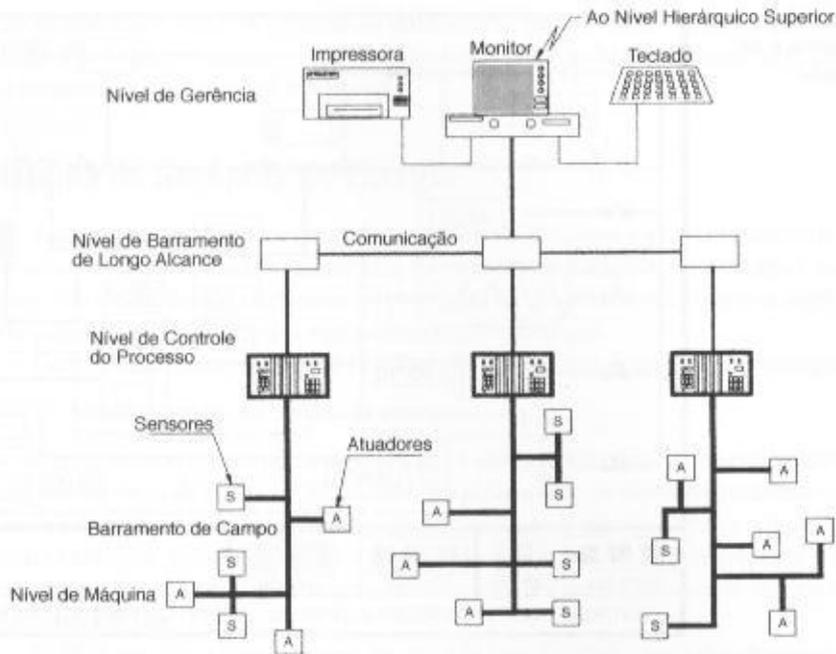


- simplicidade no uso dos cabos do sistema de comunicação;
- baixo custo de conexão;
- elevado nível de imunidade aos campos eletromagnéticos, comumente presentes em instalações industriais;
- possibilidade de conectar sensores e atuadores de diferentes provedores numa rede de comunicação serial;
- sistema aberto, isto é, não proprietário.

Os sistemas de automação industrial a nível de chão de fábrica apresentam uma configuração básica mostrada na Figura 14.23, com as seguintes descrições funcionais:

- o nível hierárquico superior pode ser constituído por um Controlador Lógico Programável (CLP), por uma UTR ou por um microcomputador do tipo PC denominado "mestre" dentro dessa estrutura. O CLP, UTR ou PC podem comunicar-se ainda com um nível hierárquico superior, denominado Centro de Supervisão e Controle;
- o mestre é dotado de um acoplador responsável pela interface entre o CLP, UTR ou PC e a rede de comunicação ou barramento;
- o barramento de campo pode ser constituído por condutores bipolares convencionais, não blindados, ou condutores específicos do padrão adotado, com seção de 1,5 a 2,5 mm², dependendo da carga dos sensores e atuadores;
- o barramento de campo é alimentado em tensão contínua de 24 V, destinado ao consumo dos sensores e atuadores;
- aos barramentos de campo são conectados os módulos de acoplamentos dos sensores e atuadores;
- os sensores recebem informações do processo as quais são transferidas pelo barramento ao CLP, UTR ou PC que, após processadas, podem resultar uma ordem do CLP, UTR ou PC a qualquer atuador ligado ao processo;

FIGURA 14.23
Topologia de um sistema de
automação industrial ao nível de
planta de fábrica



- os módulos de acoplamento, que são providos de inteligência artificial, podem controlar um determinado número de sensores e de atuadores, isto é, um determinado número de entradas e saídas.

4.7.1 Controle do Sistema

O controle do sistema pode ser resumido nas seguintes etapas:

a) Inicialização

Nesta etapa, são ajustadas as entradas e saídas de todos os escravos, atribuindo a cada uma delas um código específico.

b) Reconhecimento e ativação

Inicialmente, o mestre varre todos os pontos da rede buscando reconhecer os dispositivos escravos (atuadores e sensores). Ao reconhecer a sua presença no sistema, cada dispositivo escravo será considerado identificado. A partir daí o mestre inicia o processo de ativação de cada escravo identificado.

c) Operação

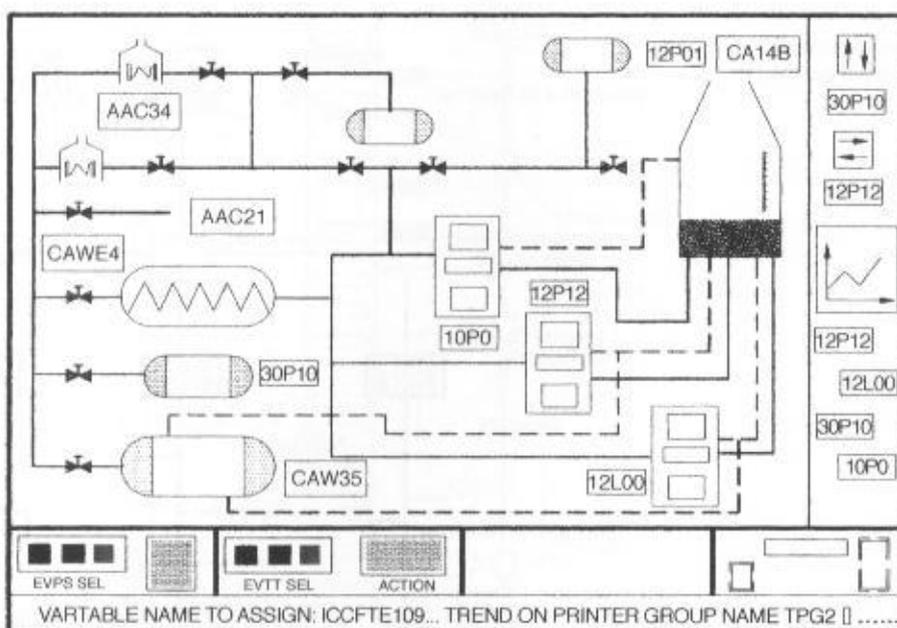
Inicialmente, o mestre envia a cada dispositivo ativado uma mensagem relativa ao processo e busca recolher uma mensagem de retorno. Caso haja falha nessa comunicação, são feitas normalmente novas tentativas, ao fim das quais se um ou mais dispositivos não interagirem com o mestre serão desconectados do sistema e enviada uma mensagem ao operador notificando-o que os dispositivos estão inabilitados.

4.7.2 Interface-Homem-Máquina

São constituídos de monitores, teclados, impressoras e gravadoras. Para sistemas mais sofisticados são utilizados painéis mímicos dinâmicos.

As telas do sistema devem ser desenhadas de forma que o operador identifique facilmente o sistema ou parte dele através de sucessivas ampliações do desenho (*zoom*). Além disso, as mensagens devem ser claras e sucintas. A Figura 14.24 mostra como ilustração uma tela de um sistema de automação industrial, onde estão indicados os equipamentos do processo e suas interligações associadas a códigos de conhecimento do operador.

FIGURA 14.24
Ilustração de tela de monitor de um sistema de automação industrial



14.8 AUTOMAÇÃO DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA

No seu conceito mais geral, a eficiência do uso de energia numa planta industrial requer o uso de ferramentas de supervisão e controle que podem ser otimizadas com o emprego de um sistema informatizado.

A energia consumida numa indústria geralmente provém de fornecimento externo como energia elétrica, gás natural, carvão etc., e de produção interna, como gases de alto forno, ar comprimido etc.

O preço e/ou custo das diferentes formas de energia consumida pela indústria pode variar pela quantidade, pelo período de uso no ano (uso sazonal) e pela hora do dia durante a qual se consome essa energia (ponta e fora de ponta). Mais recentemente o preço de energia vem sendo negociado entre as indústrias e as concessionárias considerando também o fator qualidade, cuja forma e índices adotados fazem parte dos acordos bilaterais. Esta prática ainda é muito tímida no Brasil, mas de uso em alguns países.

O uso racional dessas diferentes formas de energia pode resultar numa redução do custo operacional da indústria, não só pelo valor intrínseco da energia, mas pelo valor agregado. E para se atingir um sistema de supervisão e controle eficiente é necessário substituir os procedimentos manuais pelo uso dos processos automáticos que implicam os seguintes benefícios econômicos:

- a) Redução de mão-de-obra

Em qualquer processo automatizado o número de pessoas envolvidas para o acompanhamento da supervisão e controle de processo fica drasticamente reduzido, necessitando-se, no entanto, de poucas pessoas com boa qualificação técnica.

- b) Aumento da segurança

É comprovado que os sistemas mecanizados produzem resultados mais seguros e confiáveis que os processos manuais. A fadiga, resultante da repetição de uma mesma tarefa, compromete a segurança do processo quando a tarefa depende da atenção e concentração da mente humana.

- c) Redução dos poluentes

Supervisão e controle automáticos produzem melhores resultados no controle da poluição ambiental pelo uso de diferentes técnicas, notadamente aquelas que controlam os resíduos decorrentes da queima de combustível para a produção de energia elétrica.

- d) Aumento da regularidade do processo

É fácil entender que qualquer processo industrial necessita regularidade no fornecimento de energia elétrica, o que pode ser alcançada através de equipamentos específicos, tais como *no-break*

de potência associado à geração de emergência para circuitos preferenciais. Em muitos casos, a indústria é autoprodutora de energia elétrica. Porém, todo esse complexo deve ser supervisionado e controlado por sistemas inteligentes.

8.1 Funções de um Sistema de Gerência de Energia

Existem no mercado algumas dezenas de soluções para o gerenciamento de energia em prédios residenciais, comerciais e industriais. No caso de instalações industriais, a complexidade desses sistemas é função dos requisitos do processo, da quantidade de fontes energéticas consideradas e da natureza tecnológica dos equipamentos de produção.

Genericamente, as principais funções que um sistema de gerência de energia pode oferecer são:

a) Administração das fontes de energia

Considerando que a indústria tenha uma unidade geradora de energia elétrica própria, o Sistema de Gerência de Energia (SGE) deve ser alimentado de todos os parâmetros técnicos, econômicos e financeiros que lhe permitam decidir quais os períodos de tempo durante o dia, mês e ano é mais vantajoso substituir ou não a geração própria pela geração da empresa supridora, já que, atualmente, com a desregulamentação do mercado de energia elétrica os preços tendem a variar significativamente.

O SGE calcula o custo da geração própria em diferentes períodos do ano e decide qual a fonte que produz energia mais econômica e financeiramente satisfatória.

A título de ilustração, são listadas algumas informações necessárias a um Sistema de Gerência de Energia, a partir das quais ele possa tomar *decisão*, ou seja:

- tarifa de demanda e consumo da supridora, na ponta e fora de ponta, na ponta seca e na ponta úmida;
- condições de *take-or-pay* do contrato de energia com a supridora e suas implicações financeiras;
- custo do combustível utilizado na autoprodução de energia elétrica;
- condições de *take-or-pay* do combustível previsto no contrato com a empresa fornecedora e suas implicações financeiras;
- curva de carga esperada da indústria;
- valores dos preços de energia praticados no mercado de curto prazo (mercado *spot*);
- fluxograma do processo para interação com outras formas de energia produzidas secundariamente, tais como vapor, gases de autoforno etc.

A Figura 14.25 ilustra uma planta industrial com autoprodução de energia elétrica. Já a Figura 14.26 mostra o exemplo de tela de monitor de um Sistema de Gerência de Energia.

b) Seleção de cargas elétricas prioritárias

Normalmente, qualquer gerente industrial conhece com detalhes o nível de comprometimento de cada máquina com o processo produtivo, além das cargas cujo desligamento pode provocar acidentes pessoais. Neste caso, é natural que se faça uma seleção de cargas consideradas prioritárias, isto é, aquelas que não podem sofrer interrupção por mais que poucos minutos — por exemplo, extrusoras para produção de materiais plásticos — e de cargas consideradas de alta prioridade em que ocorrendo qualquer flutuação de tensão haja perda do processo — tais como computadores ou máquinas de controle numérico.

O diagrama da Figura 14.25 apresenta uma configuração básica enfocando as chaves de comando e a sua interligação com o SSC, sendo a seguinte a lógica de manobra:

- A unidade de autoprodução operando em paralelo com o sistema da concessionária
 - chaves A, B, C e E na posição ligada;
 - chave D na posição desligada.
- A unidade de autoprodução operando sozinha por falha do sistema da concessionária
 - chaves A, B e D na posição desligada;
 - chaves C e E na posição ligada.
- Rede da concessionária ligada e autoprodução fora de operação
 - chaves C e D na posição desligada;

FIGURA 14.25
Diagrama simplificado de planta industrial e sua geração própria

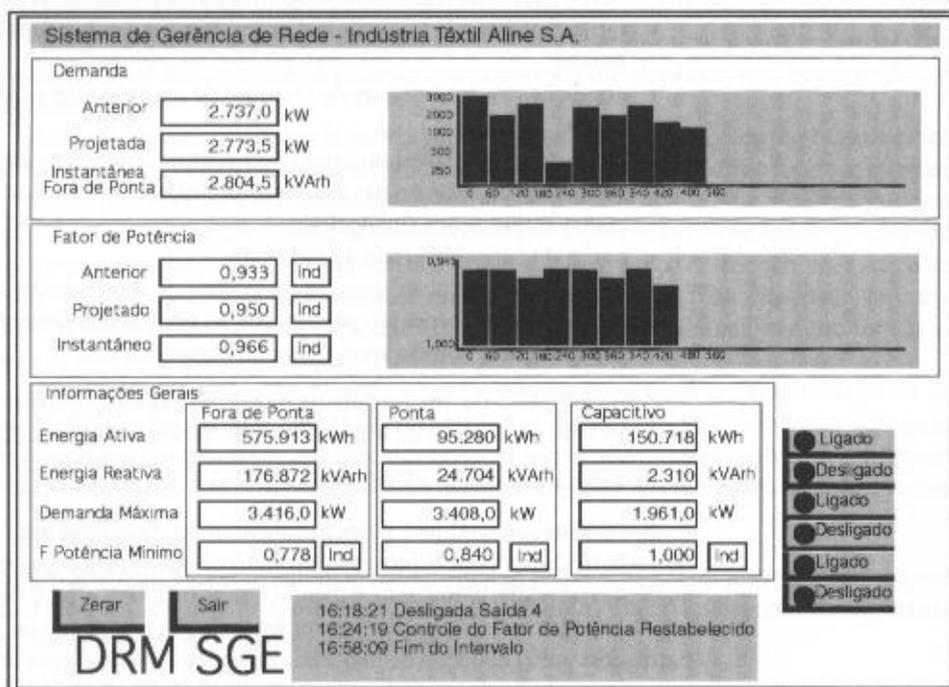
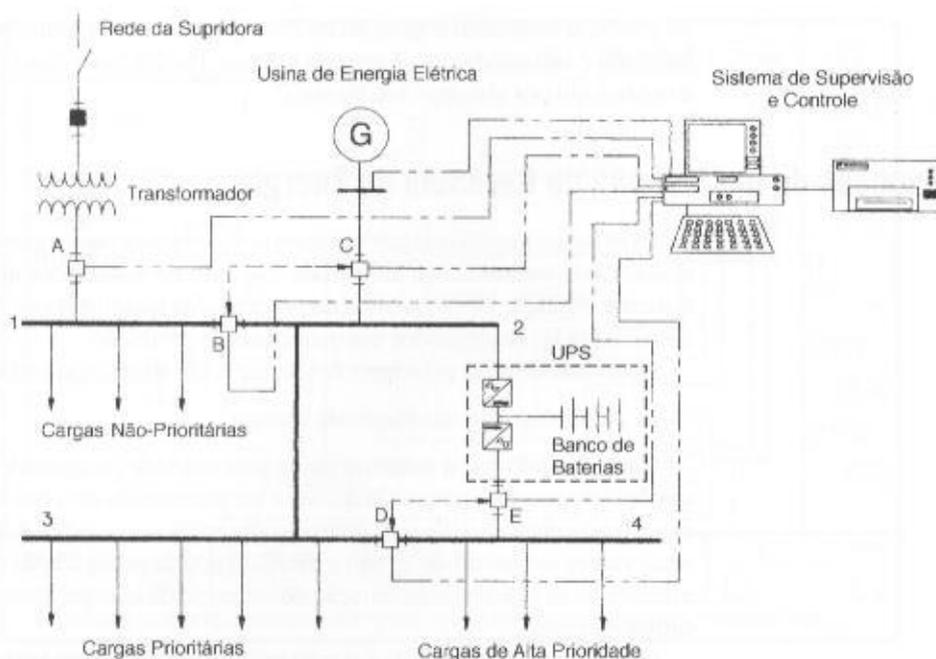


FIGURA 14.26
Ilustração de tela de monitor de SGE

- chaves A, B e E na posição ligada.
- Durante um regime transitório, isto é, flutuações acentuadas de tensão e frequência que provoquem interrupção das duas fontes de geração
- chaves A, B e C são desligadas;
- chaves D e E são ligadas (opção 1);
- chave D desligada e chave E ligada (opção 2).

Após o regime transitório, a lógica de manobra vai depender das situações das fontes de energia.

c) Controle do fator de potência

De acordo com a legislação em vigor, o fator de potência tem uma avaliação horária e o seu valor não deve ser inferior a 0,92 indutivo ou capacitivo, dependendo da hora durante o período de 24 horas. Ainda mais, a avaliação do fator de potência é feita com base na energia e demanda reativas. Se os valores avaliados estiverem fora dos limites supracitados, a indústria será penalizada conforme já foi amplamente explanado no Capítulo 4.

d) Controle de tensão

A tensão pode ser controlada pelo SGE que atua nos tapes dos transformadores de potência, ou, no caso de autoprodução, no controle de campo das unidades de geração.

e) Controle de frequência

O Sistema de Gerência de Energia tem como função monitorar a frequência da rede durante transitórios resultantes de perda de cargas ou fenômenos equivalentes.

f) Reaceleração de motores

Após os transitórios não controlados, muitos motores podem ser desligados por insuficiência de tensão aplicada. Normalizadas as condições operativas, esses motores poderiam ser manobrados simultaneamente, ocasionando uma queda de tensão acentuada e provocando um novo distúrbio na rede, conforme explanado no Capítulo 7. O SGE tem a função de iniciar a aceleração de cada motor, de forma a evitar qualquer queda de tensão prejudicial por partida simultânea de duas ou mais unidades.

g) Osciloperturbografia

Essa função aquisita dados e memoriza seus valores antes, durante e depois de uma perturbação qualquer do sistema, registrando os valores pontuais de tensão, corrente e frequência, de forma a dar subsídios à equipe técnica sobre as possíveis causas da ocorrência, bem como limites atingidos pelas grandezas elétricas envolvidas.

A título de ilustração, a Figura 14.27 mostra uma tela de monitor referente a um Sistema de Gerência de Energia.

As configurações de *hardware* e sistema de comunicação guardam as mesmas características do sistema de automação de subestação.

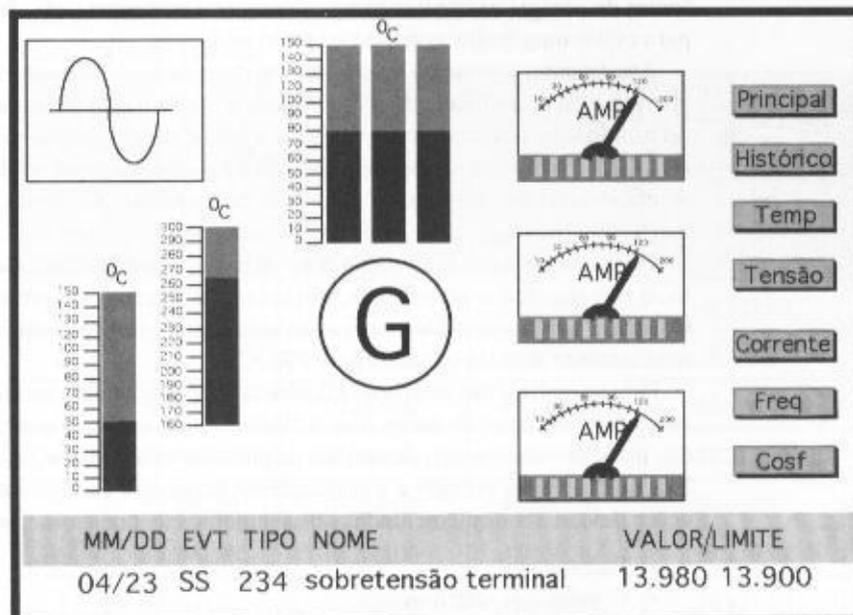


FIGURA 14.27
Ilustração de layout de tela de
SGE