Com a adoção do CLP, as fiações dos painéis de relés tornaram-se bem mais simples. A fiação relacionada à interface com o usuário permaneceu a mesma, ou seja, as conexões de botoeiras, lâmpadas de sinalização e chaves *thumbweel* ao CLP continuaram existindo. Essa fiação foi eliminada com a utilização de IHMs e houve aumento nos dados de entrada exibidos ao usuário. Tudo isso pôde ser feito a um custo muito baixo, bastando fazer a programação de novas telas. No tempo das botoeiras, inserir novos dados significava a compra de mais botoeiras ou lâmpadas de sinalização e mais módulos de entrada e saída do CLP. Com isso, os sistemas se tornaram muito mais flexíveis e amigáveis, permitindo melhor interação com o usuário.

Capítulo 2

Tipos de automação industrial

Diversos são os meios de controle de máquinas, processos e plantas industriais. O objetivo deste capítulo é comentar alguns desses meios, destacando características básicas, seus componentes e para qual tipo de automação eles são mais indicados.

A avaliação para novos projetos deve levar em conta a eficiência necessária ao processo, o ambiente em que será realizado, bem como a relação entre custo e benefício que proporcionará à unidade produtiva. Com esses pontos resolvidos, é iniciada a apresentação dos tópicos. Levando em conta que os leitores já possuem requisitos mínimos em comandos elétricos, não vamos nos aprofundar nesse conteúdo.

2.1 Comandos pneumáticos

Outra maneira de automatizar máquinas e dispositivos é com a utilização da pneumática. Esse tipo de automação tem maior foco em aplicações de movimentação, seleção e transporte de produtos. O ar possui características positivas, como compressibilidade e baixo custo, além de não gerar faíscas, podendo ser usado em grande escala. Um sistema pneumático é formado basicamente pelos blocos: gerador, qualidade e distribuição, manobra e atuadores.

O **bloco gerador** é composto por um ou vários compressores que armazenam o ar atmosférico em reservatórios, nos quais a pressão interna é superior à pressão atmosférica do local. O ar comprimido é convertido em energia cinética quando transferido aos atuadores pneumáticos na ponta dos dispositivos. O bloco gerador pode ter a função de filtragem de partículas e desumidificação, ou seja, ele retira toda a água possível do ar que foi comprimido. A figura 2.1 mostra o esquema de funcionamento de um sistema gerador.

O **bloco de qualidade e distribuição** é um conjunto de filtros secundários que retiram impurezas e umidade do ar distribuído. Existem ainda um regulador de pressão, que mantém a pressão constante na linha de distribuição, e um dispositivo de lubrificação, quando necessário, que vaporiza óleo e o mistura no ar que será distribuído, garantindo a lubrificação de todos os elementos do sistema. Além desses componentes, há também dutos que levam o ar comprimido até o local onde será utilizado. Exemplos desses elementos podem ser verificados na figura 2.2.

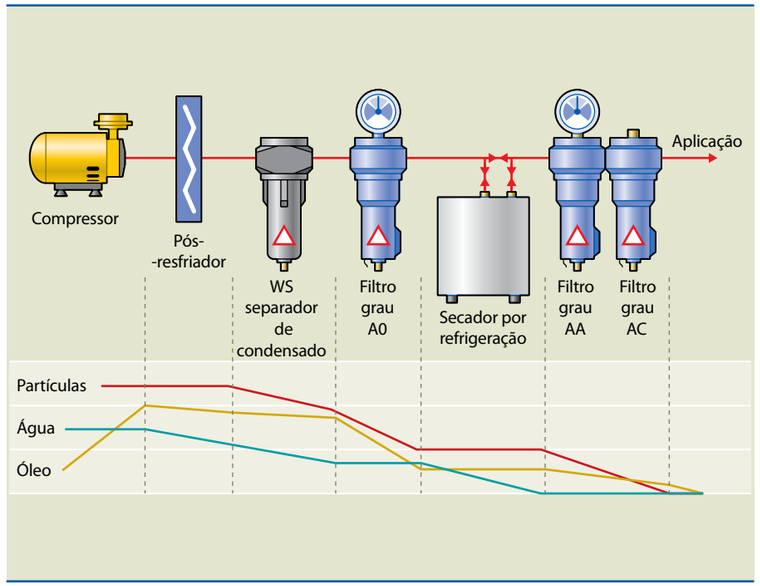


Figura 2.1
Sistema gerador de ar comprimido.

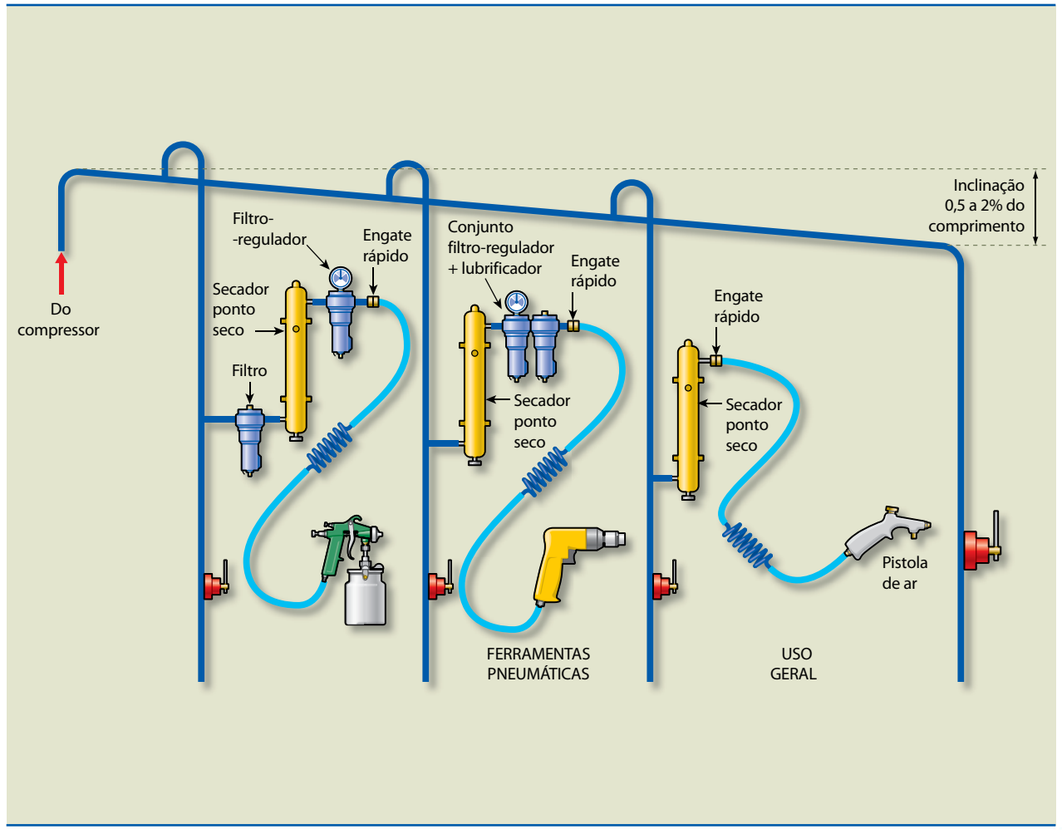


Figura 2.2
Sistema de qualidade e distribuição de ar.

O **bloco de manobra** é constituído de válvulas essenciais ao controle da manobra que se pretende executar com os atuadores pneumáticos. Alguns modelos de válvulas e respectivas funcionalidades serão apresentados na próxima seção. A figura 2.3 mostra um exemplo.

ANTHONY SMITH/SHUTTERSTOCK

Figura 2.3
Válvula de controle de vazão.

O **bloco dos atuadores** é composto, em geral, por atuadores pneumáticos que possuem um eixo que se movimenta linearmente de modo bidirecional, ou seja, avançam e recuam de acordo com a entrada e saída do ar. A figura 2.4 apresenta alguns modelos de atuadores pneumáticos.

JOSE GIL/SHUTTERSTOCK

ANTHONY SMITH/SHUTTERSTOCK

Figura 2.4
Atuadores pneumáticos.

Para compreender melhor a automação pneumática, é necessário conhecer seus componentes. A seguir, são apresentados modelos genéricos que podem ser compatibilizados com os mais diversos tipos de válvulas e atuadores comercialmente encontrados, além de outros componentes menos complexos.

2.1.1 Válvulas de controle direcional

No momento em que o sistema exige, as válvulas de controle direcional distribuem o ar aos dispositivos atuadores. Elas permitem ou não a passagem de ar em um único sentido, abrindo ou fechando dutos internos que a compõem. São utilizadas normalmente no avanço ou no recuo dos atuadores.

As válvulas pneumáticas são classificadas conforme o número de vias que possuem, as posições em que podem ser atuadas e a forma de seu acionamento. O dispositivo de acionamento de uma válvula pneumática também é comumente chamado de piloto.

Para a diagramação de circuitos pneumáticos, as válvulas são representadas de modo a simular seu funcionamento interno. São sempre simbolizadas por um retângulo, dividido em quadrados, que indicam o número de posições da válvula, correspondendo ao número de movimentações que essa válvula executa por meio de acionamentos externos. A figura 2.5 exemplifica os retângulos e números de posições de válvulas.

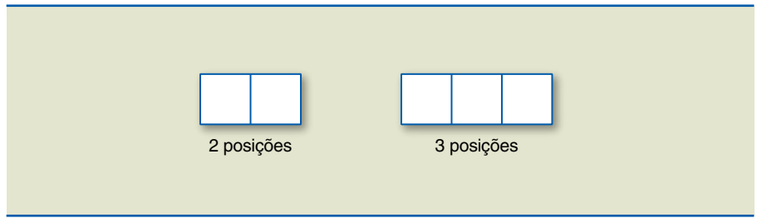


Figura 2.5
Representação de posições de válvulas.

O controle de fluxo do ar feito pelas válvulas é possível graças à disposição mecânica interna de seus cilindros em relação às vias de acesso a esse atuador. As vias de uma válvula são os acessos pelos quais o sistema de distribuição de ar comprimido chega aos atuadores. A representação das vias é feita com números em volta do diagrama esquemático da válvula.

No interior de cada quadrado desenhado no retângulo que simboliza uma válvula, podem existir setas (figura 2.6), representando a livre passagem de ar entre duas vias, e bloqueios (T), representando a interrupção da passagem de ar de uma das vias. Esses quadrados recebem os sinais da linha de distribuição do ar (linhas que interligam válvulas e acionadores do diagrama esquemático).

O quadrado interligado no diagrama de distribuição indica a situação de funcionamento da válvula no estado normal. O quadrado ao lado que não possui as linhas de distribuição de ar ligadas a ele representa a situação em que as vias estarão intercomunicadas a partir do acionamento do piloto. Na figura 2.6, o estado normal de funcionamento da válvula garante que a via 4 está ligada à via 3 e que a via 1 está ligada à via 2. Quando o piloto da esquerda é acionado, a via 1 passa a ter comunicação direta com a via 4, e a via 3, comunicação direta com a via 2. Essa situação permanece enquanto o piloto estiver pressionado. Ao ser liberado, a mola à direita garante o retorno automático à posição original da válvula.

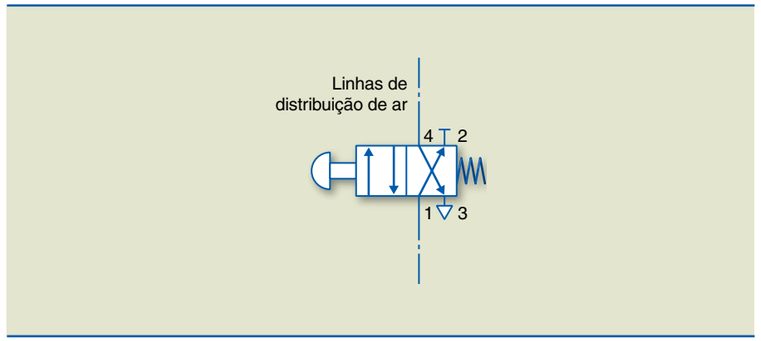


Figura 2.6
Esquema de funcionamento de uma válvula.

O acionamento do piloto dessas válvulas nada mais é que a movimentação de seus cilindros internos. Essa movimentação pode ser executada por ação muscular (provocada pelo homem), por ação mecânica (provocada por um dispositivo mecânico ou outro atuador pneumático) ou por ação eletromecânica (por meio de solenoides que movimentam um núcleo magnético e provocam o deslocamento). A figura 2.7 mostra a simbologia utilizada para cada modelo de piloto usado em pneumática.

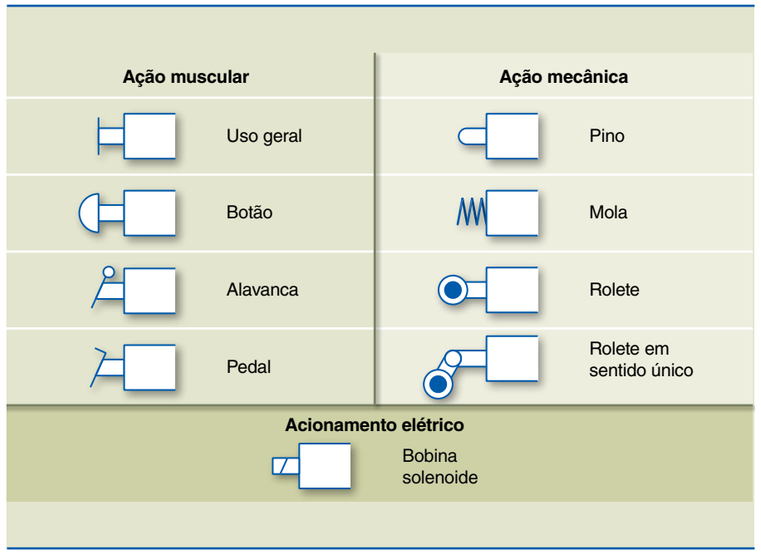


Figura 2.7
Tipos de acionamento de válvulas pneumáticas.

Vamos analisar três modelos de válvulas comuns encontrados na automação industrial: duas vias e duas posições; três vias e duas posições; cinco vias e duas posições.

Na válvula de duas vias e duas posições (figura 2.8), o ar que entra pela via 1 é interrompido pela posição 1 do cilindro da válvula, porém, tem possibilidade de escoamento pela via 2, uma vez que o piloto esteja acionado para movimentar o cilindro da válvula para a posição 2.

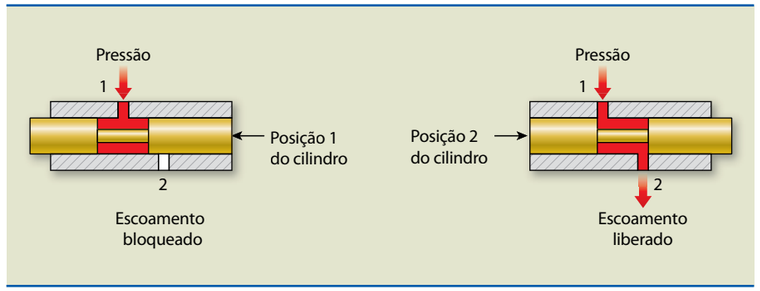


Figura 2.8
Esquema de funcionamento de uma válvula de duas vias e duas posições.

A figura 2.9 exemplifica o diagrama de uma válvula de duas vias e duas posições com simples solenoide e retorno por mola.

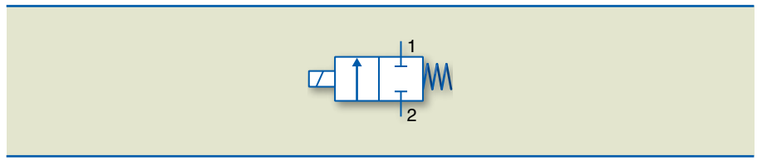


Figura 2.9
Válvula de duas vias e duas posições com retorno por mola.

Na posição de descanso (posição A da figura 2.10), a válvula de três vias e duas posições permite que o ar tenha livre passagem entre as vias 2 e 3 da válvula, mantendo a via 1 bloqueada. Quando seu piloto é acionado (posição B da figura 2.10), deslocando o cilindro interno à direita, a válvula passa a permitir a passagem de ar da via 1 para a via 2, o que interrompe o fluxo de ar através da via 3. Em tais condições, a válvula permanece nessa posição até que deixe de ser atuada, voltando à posição A. A figura 2.10 exemplifica o esquema de funcionamento dessa válvula, e a figura 2.11, a simbologia de uma válvula de três vias e duas posições com piloto acionado por solenoide e retorno por mola.

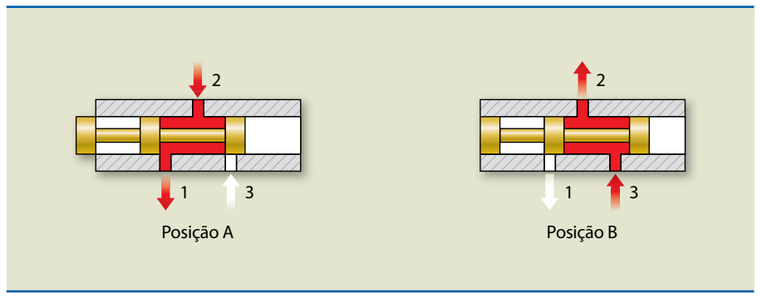


Figura 2.10
Esquema de funcionamento da válvula de três vias e duas posições.

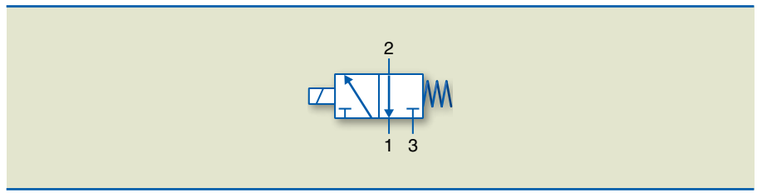


Figura 2.11
Válvula de três vias e duas posições com piloto acionado por solenoide e retorno por mola.

Na posição de descanso (cilindro à direita), a válvula de cinco vias e duas posições permite a passagem de ar entre as vias 1 e 2 e também, de maneira independente, entre as vias 4 e 5, mantendo a via 3 com fluxo de ar interrompido. Quando seu piloto é acionado (cilindro à esquerda), passa a permitir a passagem de ar da via 2 para a via 3 e da via 1 para a via 4, mantendo o fluxo de ar interrompido através da via 5. A figura 2.12 exemplifica o esquema de funcionamento dessa válvula, e a figura 2.13, a representação de uma válvula de cinco vias e duas posições com duplo acionamento por solenoide.

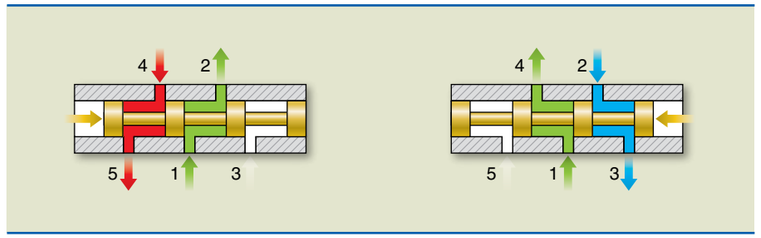


Figura 2.12
Funcionamento de uma válvula de cinco vias e duas posições.

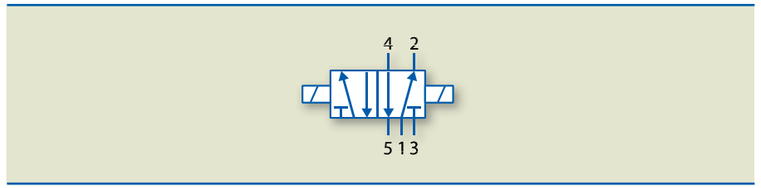


Figura 2.13
Simbologia de uma válvula de cinco vias e duas posições com duplo acionamento por solenoide.

2.1.2 Atuadores

Os atuadores pneumáticos são os dispositivos que realizam o trabalho quando recebem a energia do ar comprimido por meio das válvulas de distribuição e controle. Em sua grande maioria, são cilindros ou atuadores pneumáticos que propiciam o deslocamento de um eixo de acordo com suas características de construção interna. São basicamente classificados como atuadores de simples ação e atuadores de dupla ação.

A figura 2.14 ilustra o atuador de simples ação. Apesar de ser compressível, quando o ar comprimido enche uma das câmaras do cilindro, passa a exercer força na parede do êmbolo que isola uma câmara da outra. Dessa maneira, a força contrária que a mola exerce é vencida e ocorre o deslocamento axial de acordo com o modelo do cilindro. Esse avanço é representado pelas situações A e B da figura 2.14.

Ao ser acionado, o eixo permanecerá avançado enquanto a pressão interna da câmara for superior à pressão atmosférica, mais a força que a mola exerce no sentido contrário. Assim, uma vez interrompido o fluxo de ar, a pressão em ambos os lados passa a ser a mesma. A mola devidamente instalada faz sua função, ou seja, garantir que o eixo do cilindro recue, até que seja novamente requisitado seu avanço com uma nova "injeção" de ar comprimido. Esse recuo é representado pelas situações C e D da figura 2.14.

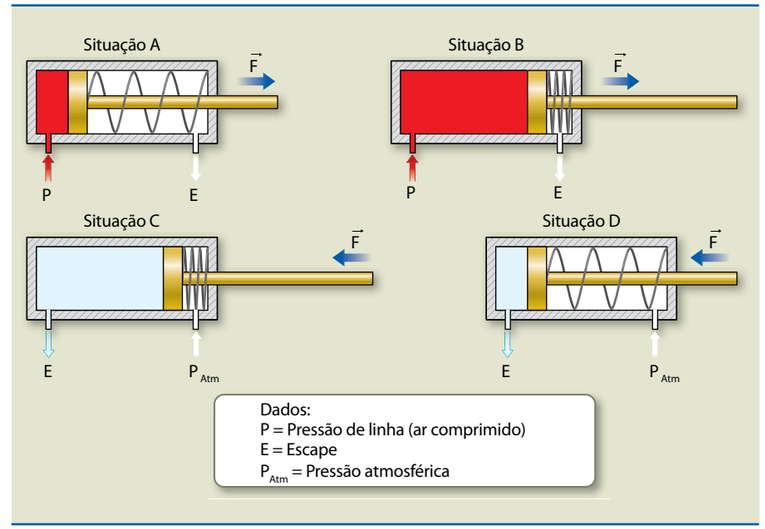


Figura 2.14
Atuadores de simples ação.

O atuador de dupla ação possui avanço igual ao atuador de simples ação, porém, não utiliza mola interna. Depois de se movimentar, o eixo desse atuador permanecerá na mesma posição e imóvel, até que receba uma força mecânica externa ou que a câmara oposta receba ar comprimido. O esquema de funcionamento é apresentado na figura 2.15.

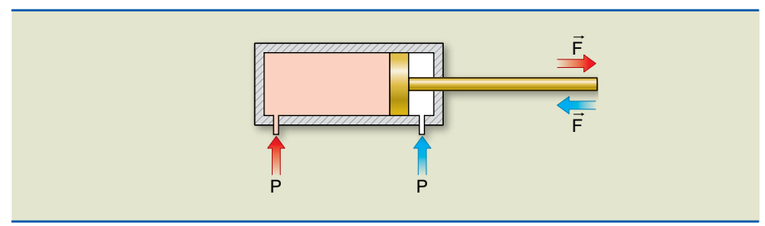


Figura 2.15
Atuador de dupla ação.

2.1.3 Outros dispositivos

A **válvula reguladora de fluxo bidirecional** (figura 2.16) possibilita a redução da área de seção em determinado ponto da passagem do ar entre as vias da válvula. Esse recurso possibilita que o volume de ar que passa instantaneamente por ela seja reduzido e, por consequência, controla a velocidade de avanço ou recuo do eixo do atuador. Essa válvula é comumente utilizada em processos mais delicados ou que exigem cuidados especiais com os produtos ou objetos que serão manipulados.

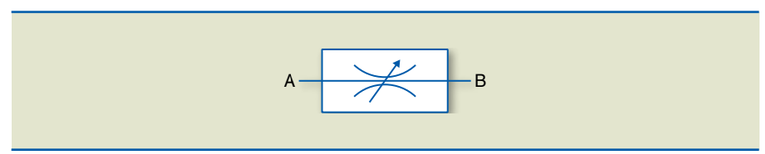


Figura 2.16
Válvula reguladora de fluxo bidirecional.

A **válvula de retenção** (figura 2.17) garante que o ar das vias que a compõem siga somente em um sentido, ou seja, permite a passagem de ar de A para B, mas não de B para A. É muito usada em construções de lógicas específicas de acionamentos e processos controlados somente por ar comprimido.

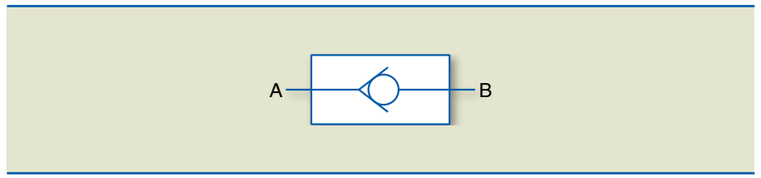


Figura 2.17
Válvula de retenção.

A **válvula reguladora de fluxo unidirecional** (figura 2.18) agrega as funções das válvulas anteriores, ou seja, regula a passagem de ar em um sentido e o deixa passar livremente no outro.

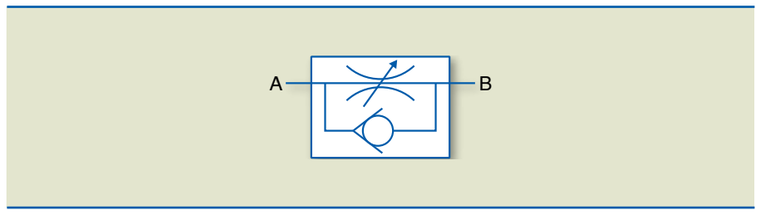


Figura 2.18
Válvula reguladora de fluxo unidirecional.

Os **silenciadores** são terminais utilizados nas ligações pneumáticas de maneira estratégica para reduzir o ruído causado pela liberação do ar comprimido em atuadores que estavam acionados.

A **união em T** é um bifurcador que compartilha o ar entre seus terminais. Não tem por função o controle do fluxo de escoamento entre suas vias, porém, é de grande importância na implementação de projetos de pneumática. A figura 2.19 apresenta um modelo de elemento de união em T usado nesses processos.

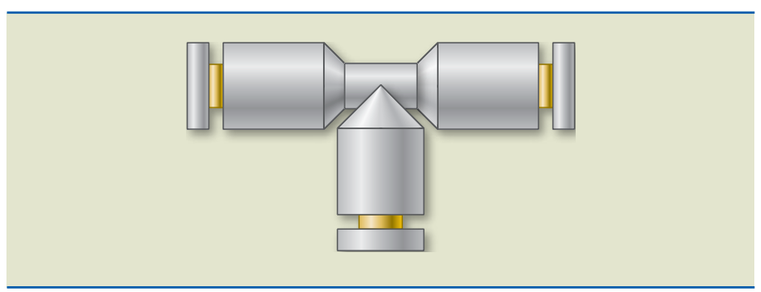


Figura 2.19
Bifurcador T.

Um exemplo básico de esquema de acionamento de um atuador de simples ação é apresentado na figura 2.20. Uma vez acionado o botão, o atuador avança e permanece avançado até que o botão seja solto.

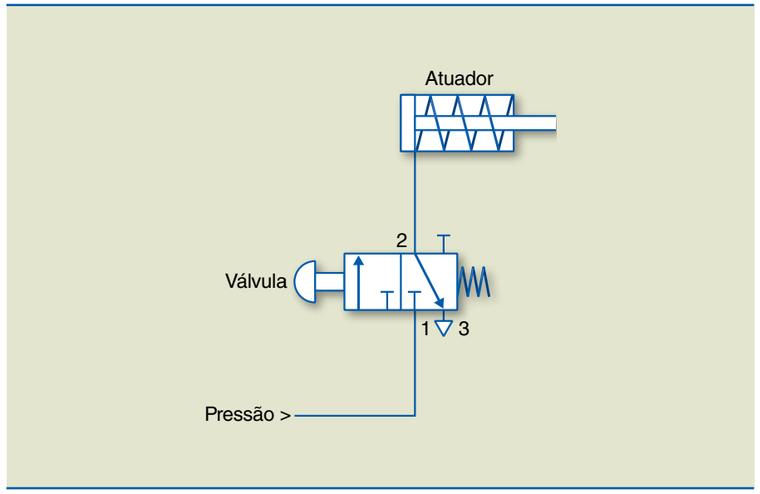


Figura 2.20
Avanço de atuador por ação muscular.

2.2 Comandos elétricos e eletropneumáticos com CLP

A eletropneumática engloba o controle e a detecção dos movimentos realizados por válvulas de comando e atuadores pneumáticos por meio de dispositivos e sensores elétricos. As lógicas de acionamento utilizadas em comandos elétricos também são empregadas para o acionamento de solenoides, que, por sua vez, servem como pilotos em válvulas eletropneumáticas, assim como os sensores de fim de curso detectam o movimento dos atuadores. Entre os dispositivos e sensores elétricos, pode-se destacar o uso de controladores eletrônicos "inteligentes" (CLPs e computadores).

Para que o CLP possa interagir com sistemas de comandos eletropneumáticos, é necessário realizar uma simples adequação das grandezas manipuladas no painel elétrico com os padrões utilizados em suas interfaces. As botoeiras e chaves usadas em painéis de comandos elétricos convencionais continuam servindo a necessidade das entradas digitais do CLP, assim como os contatores continuam servindo como atuadores no acionamento de motores e carga de maior potência, uma vez que o CLP não tem por função o "chaveamento" de cargas de potência diretamente em suas interfaces. Mais detalhes sobre as características técnicas e o funcionamento do CLP serão apresentados no capítulo 3 deste livro.

Já para a substituição da lógica em sistemas pneumáticos, é necessária a adequação dos elementos utilizados nesse sistema. Para o acionamento dos atuadores, o CLP assume o controle das válvulas eletropneumáticas, fazendo com que os solenoides executem o acionamento mecânico dos pilotos dos mais diversos tipos de válvulas, independentemente do número de vias e mecanismos de retorno. Desse modo, a corrente elétrica que o CLP pode chavear é utilizada no acionamento das válvulas eletropneumáticas, que, por sua vez, podem controlar o

avanço e o retorno de atuadores pneumáticos. Já a detecção dos movimentos dos atuadores, se realmente ocorreram ou não, é possibilitada por chaves chamadas sensores de fim de curso. O acionamento das chaves fim de curso é mecânico e possibilita a passagem de corrente elétrica por seus terminais quando o movimento esperado é executado.

Outra forma muito comum de detectar se o acionamento dos atuadores foi executado é por meio de sensores magnéticos instalados em posições estratégicas no corpo do cilindro. O êmbolo do cilindro possui características magnéticas que acionam pequenas microchaves magnéticas instaladas em suas extremidades. Na figura 2.22, podem-se observar detalhes de um atuador pneumático.

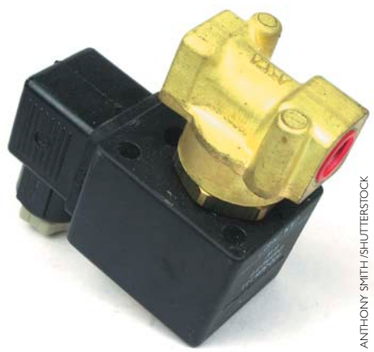


Figura 2.21
Válvula pneumática com acionamento por solenoide.

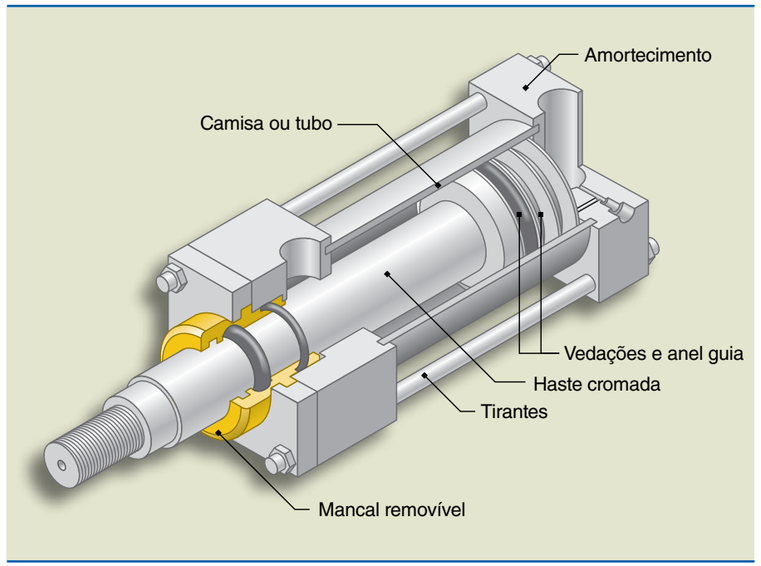


Figura 2.22
Atuador pneumático em detalhes.

Comandos eletropneumáticos são dispositivos que utilizam energia elétrica para acionar dispositivos pneumáticos, assim como para detectar eletricamente o posicionamento de seus elementos controlados. A figura 2.23 exemplifica uma simples automação em comando eletropneumático.

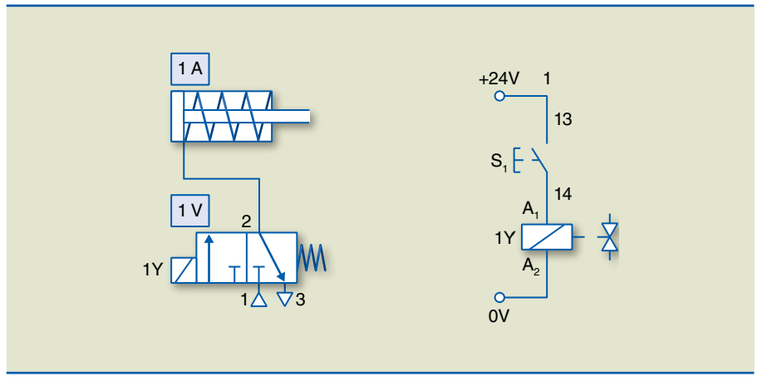


Figura 2.23
Acionamento de um atuador pneumático com comando elétrico.

2.3 CLP *versus* computador

Uma das principais dúvidas no tema automação industrial é se um computador pode ser utilizado para controlar tais tarefas. Nesta seção, são apresentados os prós e os contras da utilização de computadores em aplicações industriais.

Os computadores atuais possuem grande capacidade de processamento e armazenamento de dados e vasta possibilidade de interfaceamento com dispositivos externos. No entanto, existem pontos fracos que devem ser levados em consideração. A princípio, os sistemas operacionais projetados para trabalharem com várias funções, muitas delas não testadas previamente, podem gerar estragos em programas dedicados e específicos, concebidos para controles. Outro problema é o fato de serem plataformas abertas, pois, caso não sejam tomados os devidos cuidados, pode ocorrer invasão de *softwares* mal-intencionados. A instabilidade de alguns sistemas operacionais também pode ser um item decisório à não utilização de computadores coordenando processos de alta segurança.

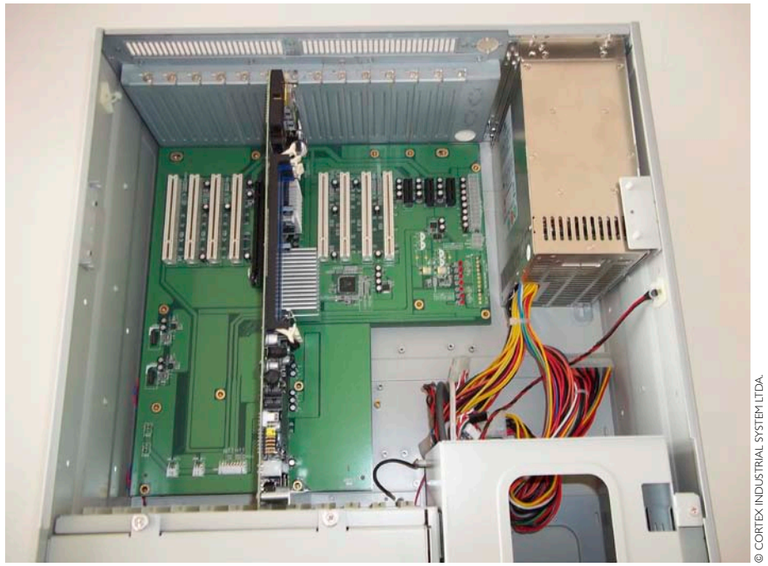
Um fato importante é que alguns fabricantes têm se especializado na produção de computadores para o trabalho na indústria, os chamados computadores industriais. Aos olhos de um operador, por trás do monitor, essas máquinas são similares aos computadores (possuem teclado e mouse), mas tecnicamente existem grandes diferenças construtivas entre ambos.

Para compatibilizar seus computadores aos ambientes industriais, alguns fabricantes utilizam recursos mecânicos, o que torna os equipamentos mais robustos e resistentes a vibrações e choques, evitando que as placas internas saiam dos *slots* em que foram encaixadas, bem como coxins de borracha que absorvem parte dessas interferências mecânicas, protegendo o conjunto disco rígido e unidades de CD e outras mídias.

Além desses cuidados, aplicam o chassi metálico com pintura condutiva e antiestática, que garante níveis de aterramento em todos os pontos do gabinete e forma também uma gaiola de Faraday, proporcionando grande redução de interferências eletromagnéticas nos componentes internos do gabinete. Dessa maneira, completam as características físicas e técnicas desse equipamento os componentes eletrônicos industriais, que toleram altas temperaturas e o posicionamento das placas, que facilita o fluxo de ar filtrado e forçado para dentro do gabinete, criando uma bolsa de ar que impede a entrada de pequenas partículas prejudiciais ao funcionamento do computador. As figuras 2.24 a 2.26 exemplificam alguns dos detalhes comentados.

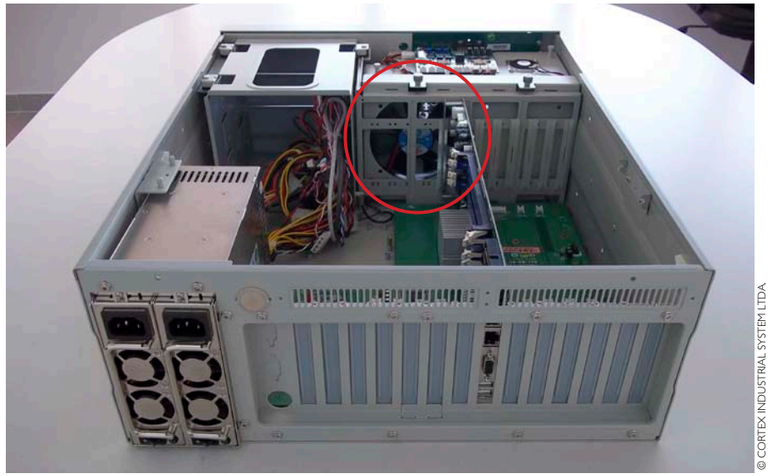
© CORTEX INDUSTRIAL SYSTEM LTDA.

Figura 2.24
Modelo gabinete de micro industrial.



© CORTEX INDUSTRIAL SYSTEM LTDA.

Figura 2.25
Detalhe da placa de interconexão *(Backplane)*.



© CORTEX INDUSTRIAL SYSTEM LTDA.

Figura 2.26
Detalhe da ventilação forçada e fonte redundante.

Os CLPs possuem um sistema operacional dedicado ao gerenciamento do equipamento, prevendo quais os tipos de periféricos que serão utilizados. Esses periféricos, como os cartões de entrada e saída, digitais e analógicos, são fabricados pela mesma empresa que desenvolveu a unidade de processamento e o respectivo sistema operacional. Normalmente, não aceitam cartões de outros fabricantes, reduzindo, assim, a probabilidade de falhas por incompatibilidades de CLPs.

Os computadores possuem barramentos universais que permitem que outros fabricantes de outras marcas compatibilizem seus produtos. Isso requer processos de homologação que nem sempre são rápidos e completos, pois tais homologações são executadas com softwares e versões de sistemas operacionais específicos. Qualquer variação nessa configuração pode exigir nova homologação.

Os computadores possuem capacidade de processamento para equacionamentos matemáticos superiores à boa parte dos CLPs de mercado. Esse detalhe, em alguns processos, é um diferencial importante, como no caso de equipamentos de medição em massa e aferição de produtos acabados. A possibilidade de geração de relatórios locais e a totalização desses resultados já formatados para análises posteriores acabam flexibilizando a solução de automação em células de aferição de produtos.

Já nas aplicações lógicas e sequenciais, o CLP se destaca pela velocidade de resposta, pela facilidade de implementação de projetos e por sua robustez. Mesmo com todas as características apresentadas sobre computadores industriais, ainda assim os CLPs superam os computadores industriais no que se refere à velocidade de programação e à tolerância a ruídos externos nos canais de comunicação e na entrada de dados, além de suas interfaces já estarem dimensionadas para os diversos padrões elétricos industriais utilizados.

O tempo reduzido de manutenção e substituição de interfaces dos CLPs também é um ponto muito forte na utilização dessa tecnologia em processos e controles industriais, o que motiva os projetistas a adotá-los. No entanto, ainda resta um papel muito importante do computador na indústria: o monitoramento do processo. Exercendo a função de interface homem-máquina no monitoramento e interação com os processos industriais, o computador tem ganhado espaço importante nessa aplicação. Dada a relevância desse fato, o tema é apresentado em um capítulo exclusivo.

2.4 Sistema digital de controle distribuído (SDCD)

O sistema digital de controle distribuído (SDCD) não é um único produto, mas um conjunto de dispositivos e elementos interligados em redes de comunicação de alta velocidade e confiabilidade, utilizados em sistemas e plantas industriais mais complexas. Esse conjunto de dispositivos possui certa independência da parte do processo para a qual foi destinado, porém, obedece a uma lógica única em um nível superior hierárquico no controle do sistema. O SDCD é um sistema complexo e redundante, no qual eventuais falhas são corrigidas de maneira automática por outros elementos previamente programados que assumem o controle em caso de falhas.

A programação desse tipo de topologia é avançada, exigindo conhecimento muito claro do processo a ser controlado. A programação de cada elemento do processo deve ser sincronizada com a programação digital do sistema. Sistemas desse porte são utilizados em indústrias petroquímicas e químicas, que exigem grande capacidade de processamento, distribuição da inteligência no processo e velocidade no tratamento das informações. Um esquema de interligação de um SDCD pode ser visualizado na figura 2.27.

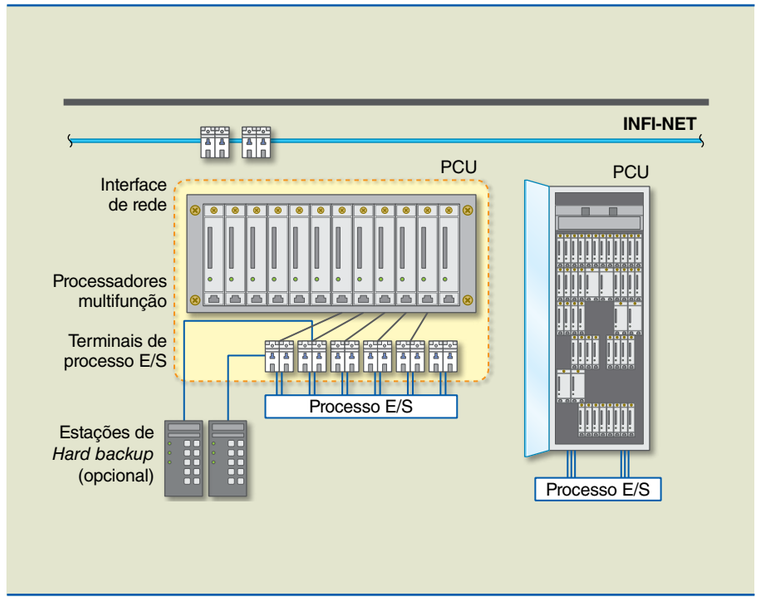


Figura 2.27
Diagrama em blocos de um SDCD.

2.5 Ambiente industrial (IP ou NEMA)

Os ambientes industriais são classificados de acordo com determinados parâmetros de agressividade do meio. Esses parâmetros são muito importantes, pois ajudam os fabricantes a testar seus produtos e os projetistas a informar qual a necessidade para cada equipamento em cada ambiente em que será instalado.

Poeira, umidade, gases ácidos, vibração e jatos de líquidos muitas vezes fazem parte do dia a dia de máquinas, equipamentos e plantas industriais. A classificação e índices de agressividade desses fatores são normalizados por duas grandes instituições: National Electrical Manufacturers Association (NEMA) e IP Institute. Os índices apresentados por essas instituições servem de referência para a classificação de produtos fabricados para as indústrias e alguns deles são apresentados nas tabelas 2.1 e 2.2.

Tabela 2.1
Classificação IP

IP – Classificação		
Dígito	**Primeiro dígito característico**	**Segundo dígito característico**
0	Não protegido	Não protegido
1	Protegido contra objetos sólidos maiores que 50 mm	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água
2	Protegido contra objetos sólidos maiores que 12,5 mm	Protegido contra queda de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15°
3	Protegido contra objetos sólidos maiores que 2,5 mm	Protegido contra água aspergida
4	Protegido contra objetos sólidos maiores que 1 mm	Protegido contra projeções d'água
Dígito	**Primeiro dígito característico**	**Segundo dígito característico**
5	Protegido contra poeira	Protegido contra jatos d'água
6	Totalmente protegido contra poeira	Protegido contra ondas do mar
7		Protegido contra imersão
8		Protegido contra submersão

Exemplo: IP65 – Equipamento totalmente protegido contra poeira e protegido contra jatos de água.

Tabela 2.2
Classificação NEMA

NEMA 1 – Uso geral. Para uso interno, onde as circunstâncias raramente são severas.
NEMA 2 – À prova de respingos. Proteção designada a resistir a penetração de umidade e poeira. Particularmente aplicável em ambientes com ar-condicionado, lavanderias etc., onde a condensação é prevalente. Uso em ambientes internos.
NEMA 3 – À prova de tempo. Para uso externo. Designado a suportar as condições de exposição normais aos elementos do tempo. Os controles são montados em sistema de *racks* para fácil acesso. Com proteção contra chuva e vedação à prova d'água.
NEMA 4 – À prova d'água e penetração de poeira. Projetado para uso interno, externo e ao ar livre. Deve ser resistente a condensação externa, queda d'água livre e jato d'água dirigido de uma mangueira com um bocal de 1" com vazão de 245 L/min por um período de 5 minutos a uma distância não inferior a 3,05 m.
NEMA 4 X – Proteção à prova d'água, penetração de poeira e resistência à corrosão. Possui as mesmas especificações de NEMA 4, porém com resistência adicional à corrosão.
NEMA 5 – Proteção a penetração de poeira. Invólucro equipado com vedação à prova de poeiras. Apropriado para indústrias têxteis, moinhos e outras atmosferas de elevado teor de poeiras.
NEMA 6 – Submergível. Para a operação submersa sob pressões e com tempos especificados.
NEMA 7 – Proteção para ambientes internos potencialmente perigosos da divisão I, classe I com atmosfera de gás ou vapor, NEMA código de classe I (circuito que abre quando exposto ao ar).
NEMA 8 – Zonas perigosas. NEMA código de classe I (circuito emergido em óleo, abre quando exposto ao ar).
NEMA 9 – Para zonas potencialmente com atmosferas explosivas da divisão I classe II que contém atmosfera com poeira de combustíveis. NEMA código de classe II.
NEMA 10 – À prova de explosão. Departamento de regulamentação de minas dos Estados Unidos para atmosferas explosivas (unidades são projetadas para conter explosões de gás ou de vapor e impedir a ignição na atmosfera dentro das proteções).
NEMA 11 – Resistente a vapor de ácidos. Equipamento enclausurado fornecido em banho de óleo.
NEMA 12 – Uso industrial. Exclui óleos, poeira e umidade. É produzido para satisfazer as exigências individuais.
NEMA 13 – Protegido contra a penetração de óleo e poeira. Uso interno.

Tais informações e muitas outras sobre a classificação de produtos e normas podem ser observadas em <http://www.nema.org> e <http://www.ip-institute.org.uk/index.html>.

2.6 Relação custo-benefício

Tão importante quanto conhecer as características de cada uma das tecnologias apresentadas é tratar da questão custo-benefício de uma automatização.

O fator custo só perde em importância para o quesito segurança aos operadores e à planta. Nenhuma máquina deve ser construída sem premissas básicas de segurança aos que a utilizarão como ferramenta de trabalho. O custo aliado à eficiência desejada e necessária é o segundo fator mais importante na automação do processo. A simplicidade e a criatividade muitas vezes viabilizam projetos e geram eficiência a uma planta produtiva. Projetos sólidos e bem planejados costumam reduzir possíveis desperdícios. Cabos e elementos de controle adquiridos em excesso podem pesar no custo de um projeto, bem como a compra de, por exemplo, um CLP com 128 entradas e saídas digitais em um projeto que poderia ser atendido com oito entradas e oito saídas.

O bom-senso e o planejamento em projetos são essenciais para uma implementação bem-sucedida. Também é dispensável a utilização de um CLP, mesmo que de pequeno porte, para o simples acionamento de um motor sem necessidade alguma de interligação com outros pontos do processo. Nesse caso, um pequeno painel com duas botoeiras e um contator é suficiente tanto para a segurança do operador como para o funcionamento do motor.

Qualquer informação deve ser pesada nesse tipo de análise, como implementações futuras e complementos de projetos programados a serem realizados. Um gasto maior em um primeiro momento pode significar a redução de custo com o não descarte de equipamentos seminovos na implementação do projeto como um todo.