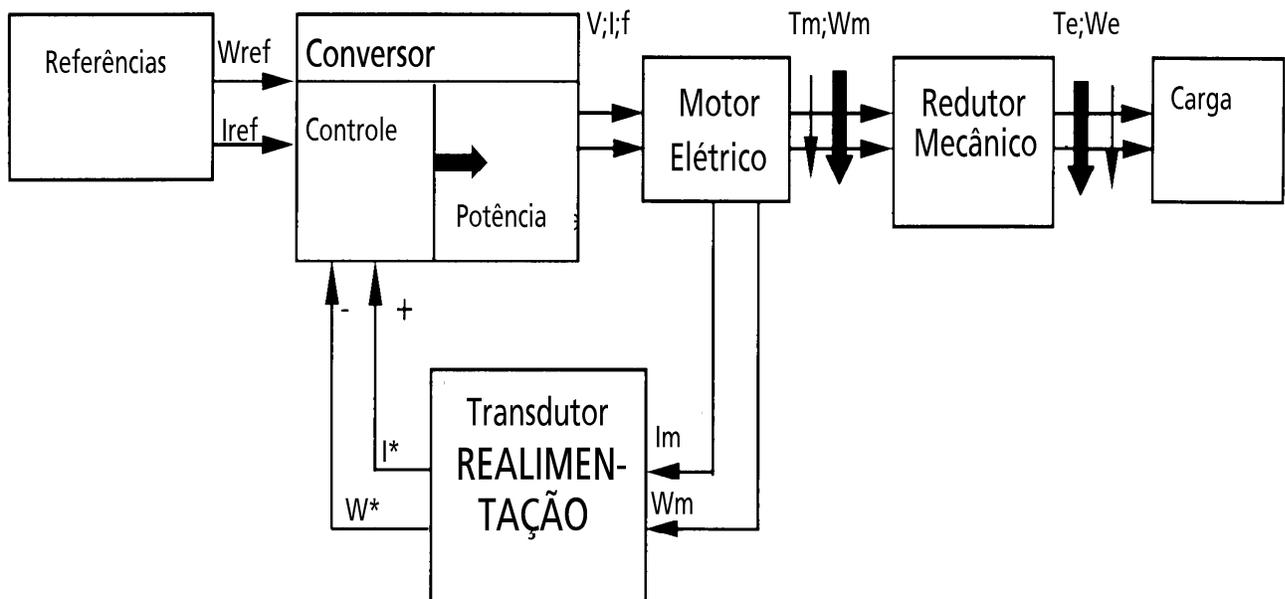
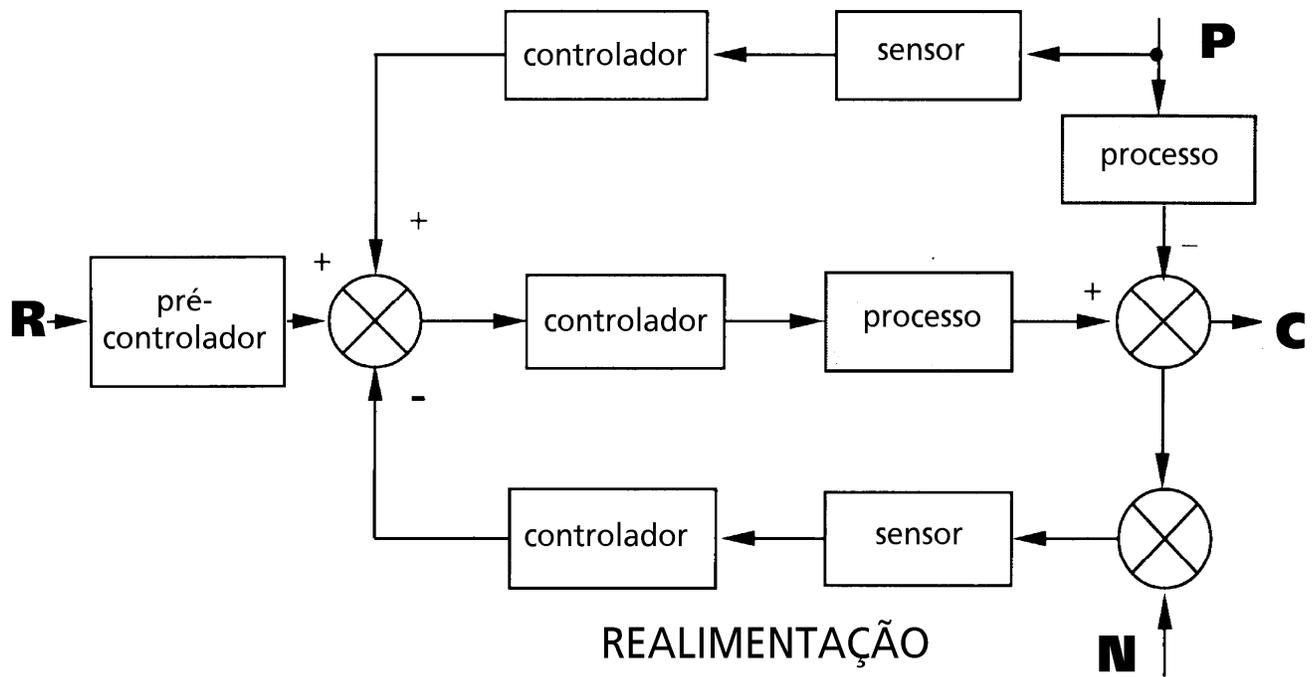


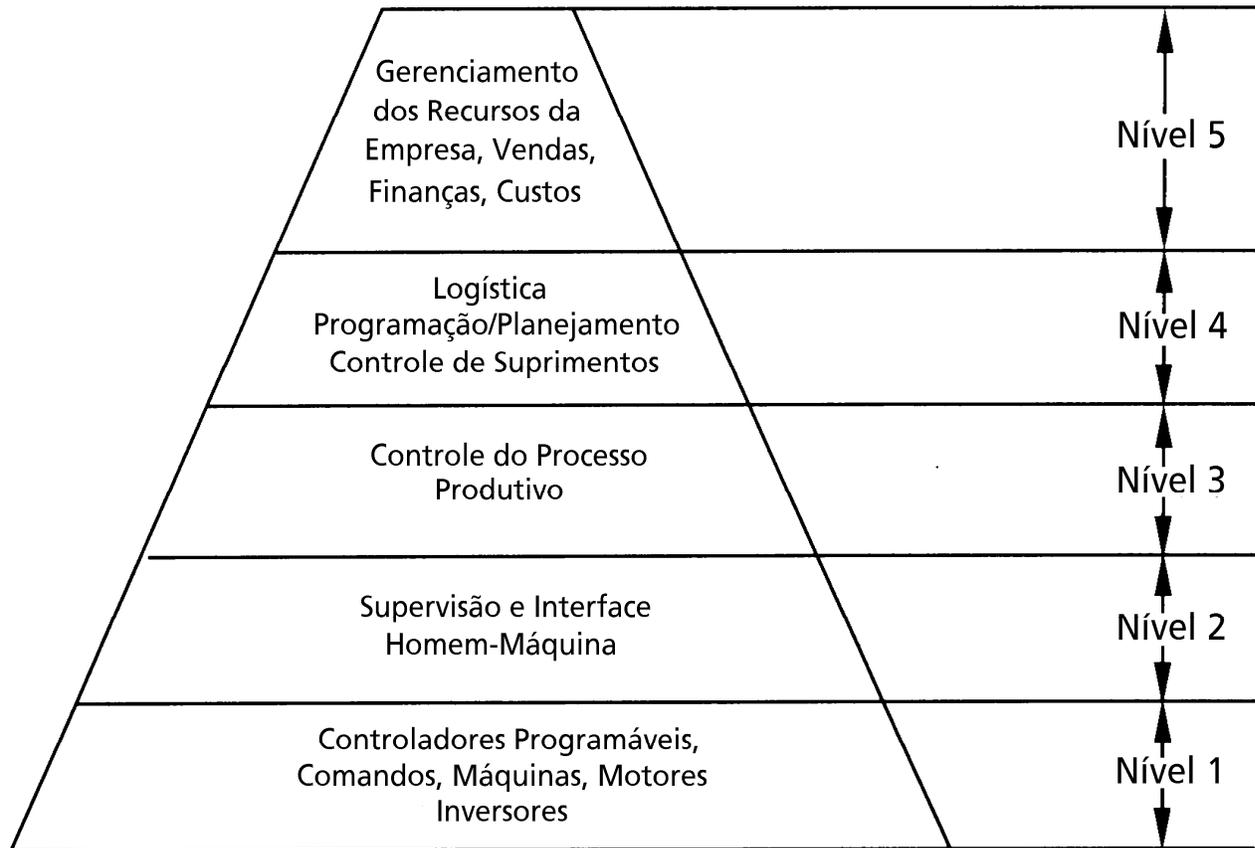
Automação Elétrica de Processos Industriais

Parte I

Diagrama Esquemático de um sistema de controle contendo um conversor estático



Pirâmide da Automação



Nível 1: nível das máquinas, dispositivos e componentes. Onde atua o controlador programável.

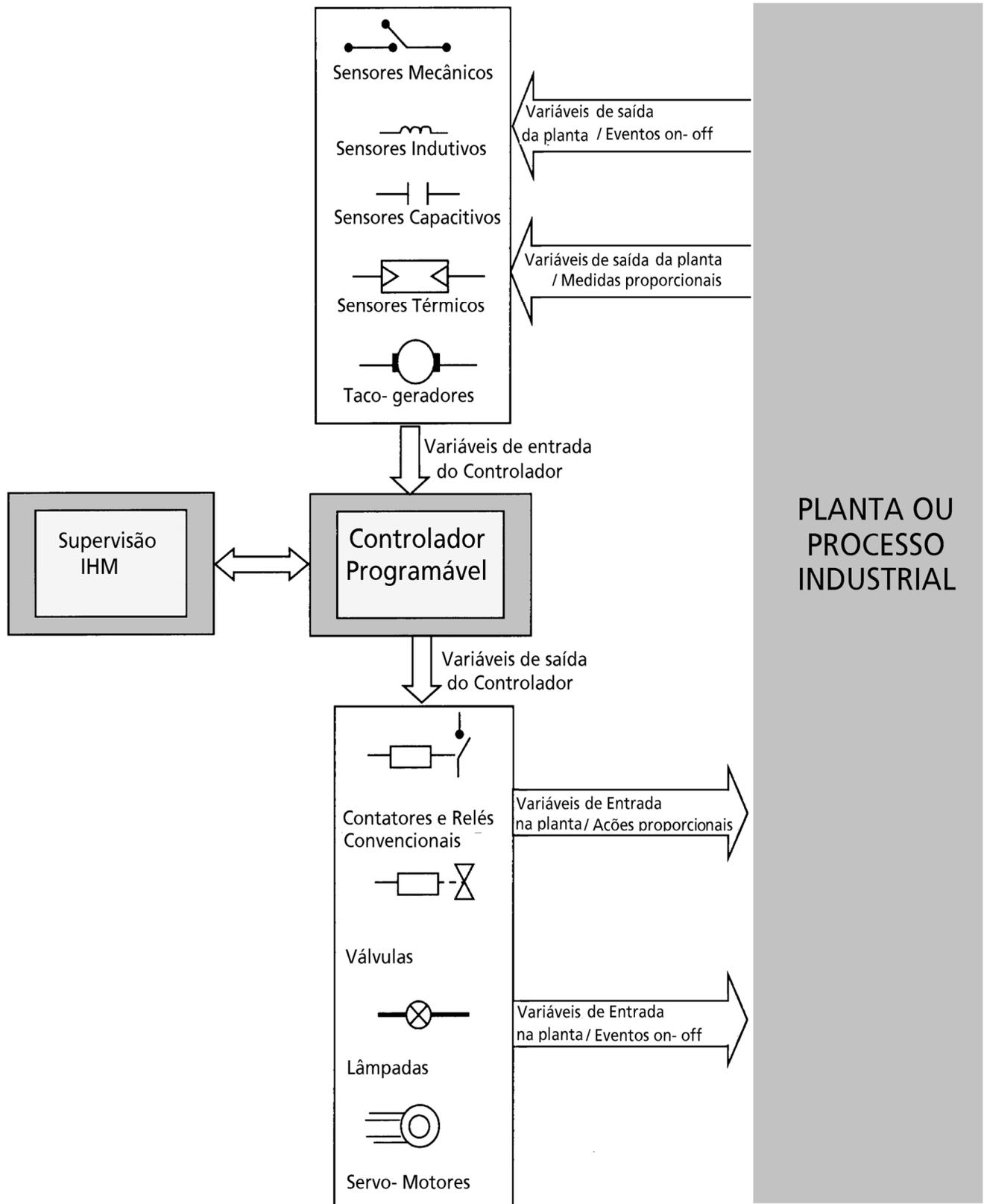
Nível 2: possui algum tipo de supervisão associada ao processo. Possui concentradores de informações sobre o Nível 1 e as Interfaces Homem-Máquina (IHM).

Nível 3: controle do processo produtivo da planta; constituído por bancos de dados, MRP, etc.

Nível 4: programação e planejamento da produção realizando o controle e a logística dos suprimentos.

Nível 5: administração dos recursos da empresas. Possui softwares para gestão de vendas e gestão financeira, é feita a decisão e o gerenciamento de todo o sistema, SAP, etc.

Configuração CLP - Planta

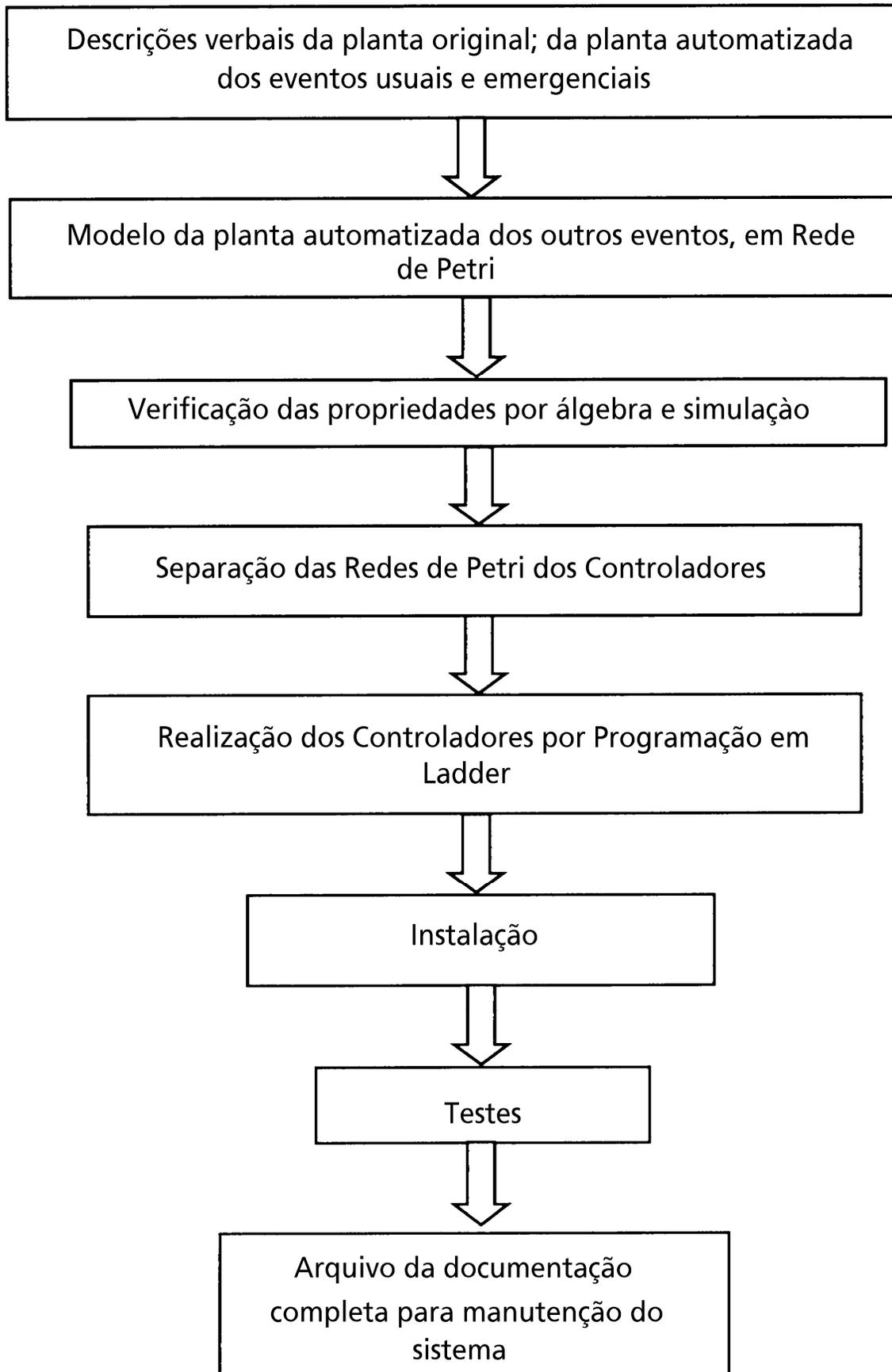


Configuração CLP - Planta

Razões para a utilização da Automação Industrial:

- 1. Repetibilidade e maior qualidade na produção;**
- 2. Realização de tarefas impossíveis ou agressivas ao homem;**
- 3. Rapidez de resposta ao atendimento da produção;**
- 4. Redução dos custos de produção;**
- 5. Restabelecimento mais rápido do sistema produtivo;**
- 6. Redução da área de fabricação;**
- 7. Possibilidade de introdução de sistema produtivos interligados.**

Etapas da Automação

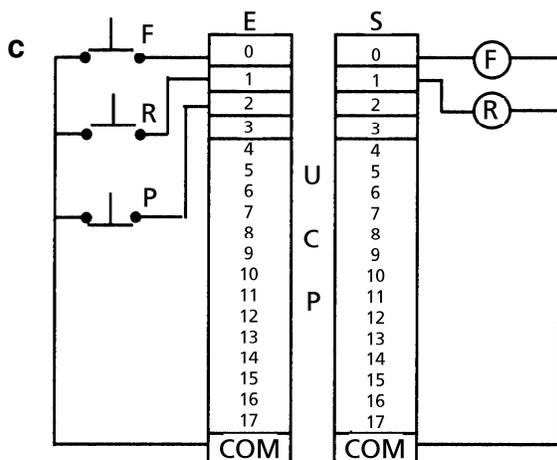
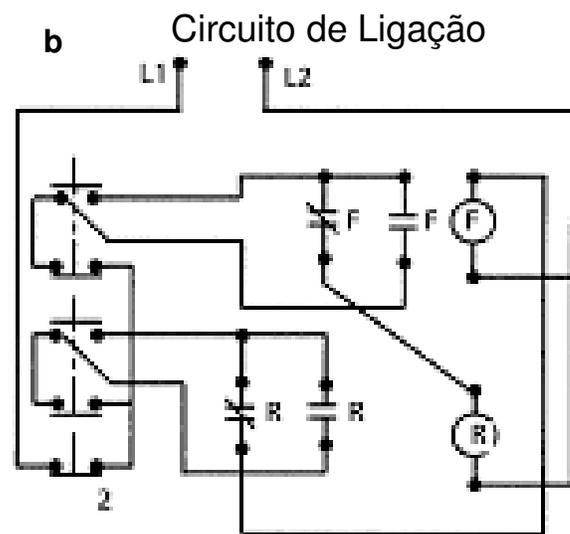
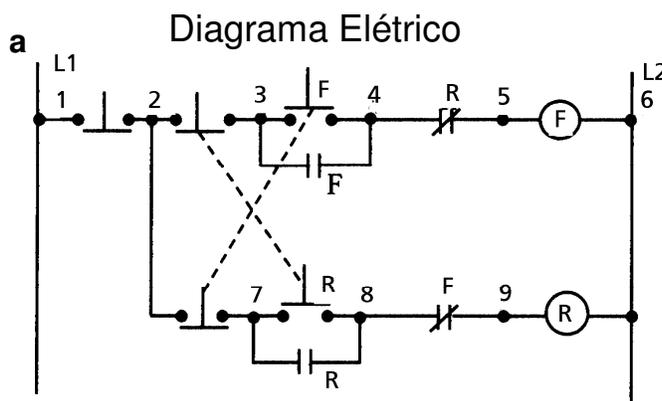


Controladores Programáveis

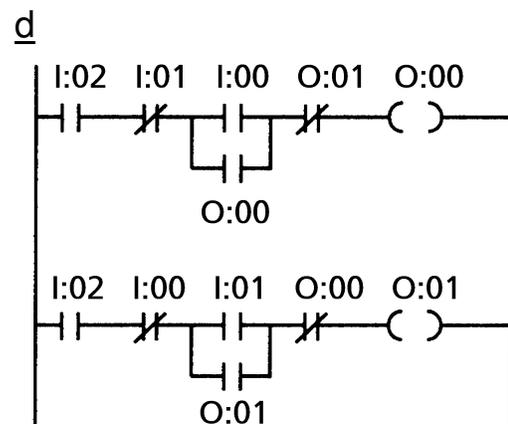
Características Gerais

- Linguagem de programação de alto nível.
- Simplificação nos quadros e painéis elétricos. Toda a fiação do comando fica resumida a um conjunto de entradas e saídas, alteração mais rápida e barata.

Configurações Física e com CLP



Esquema de ligações com CLP



Exemplo programa em Ladder



EPUSP

Características Gerais

- Confiabilidade operacional!
- Funções avançadas
- Comunicação em rede

pouca alteração
da fiação elétrica
> possibilidade de
erro minimizada.

grande variedade de
tarefas de controle

Arquitetura

Através de interfaces
de operação, permitem
coleta de dados.

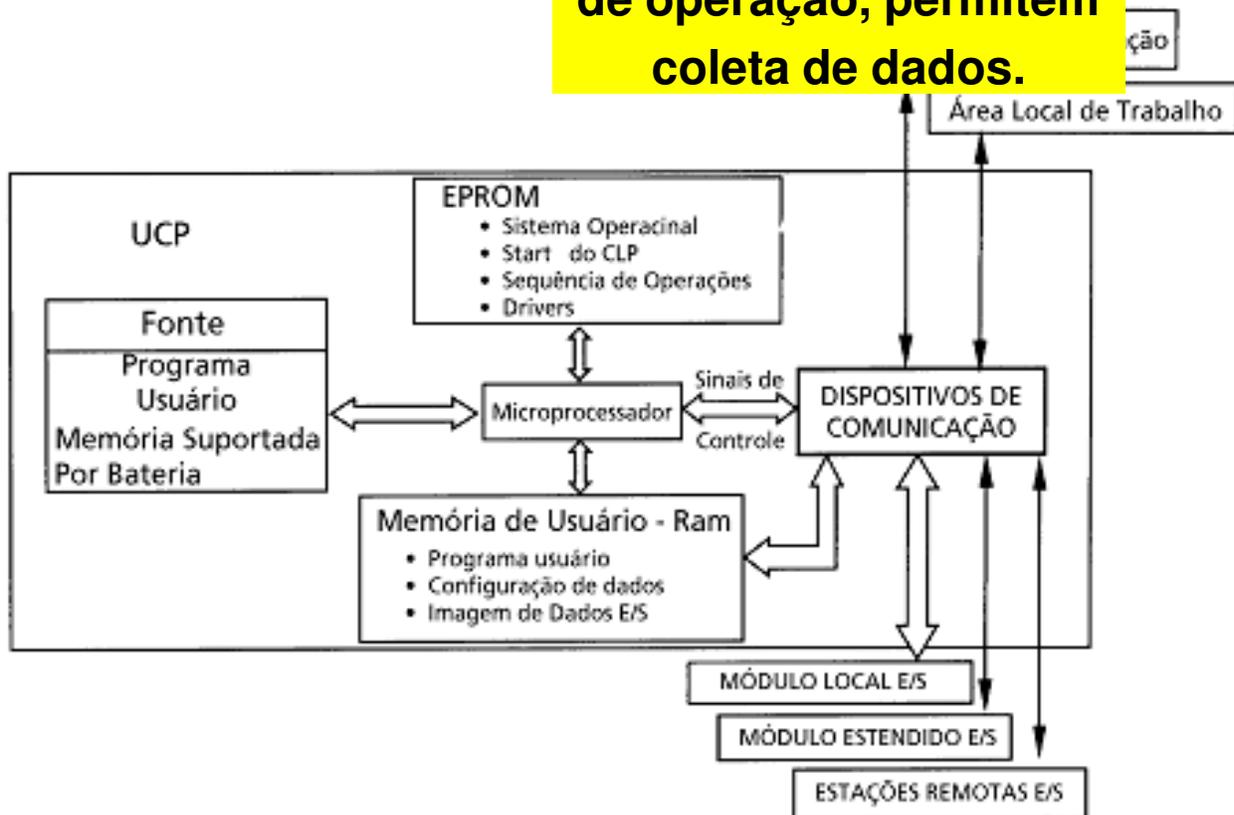
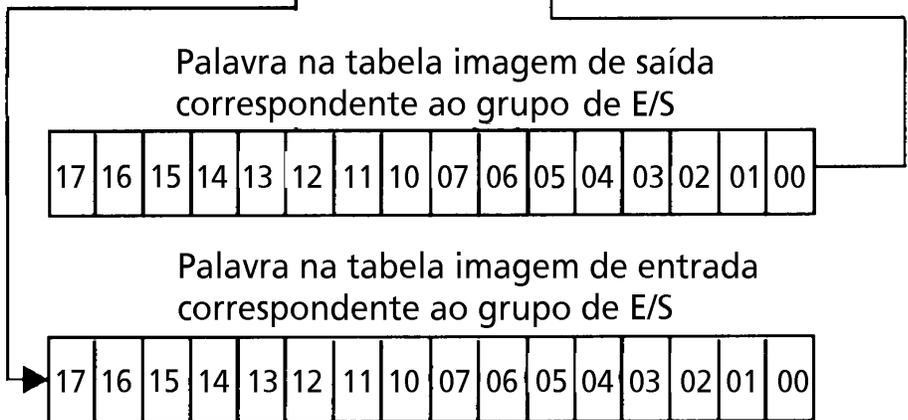
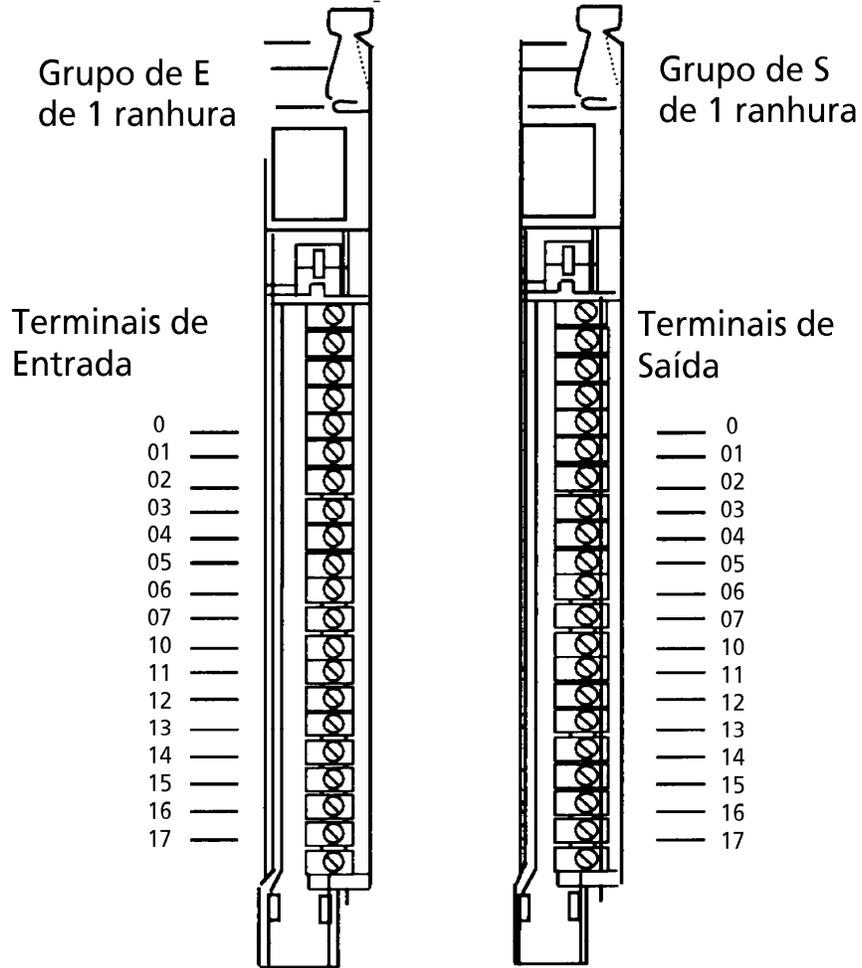


Diagrama de blocos do CLP

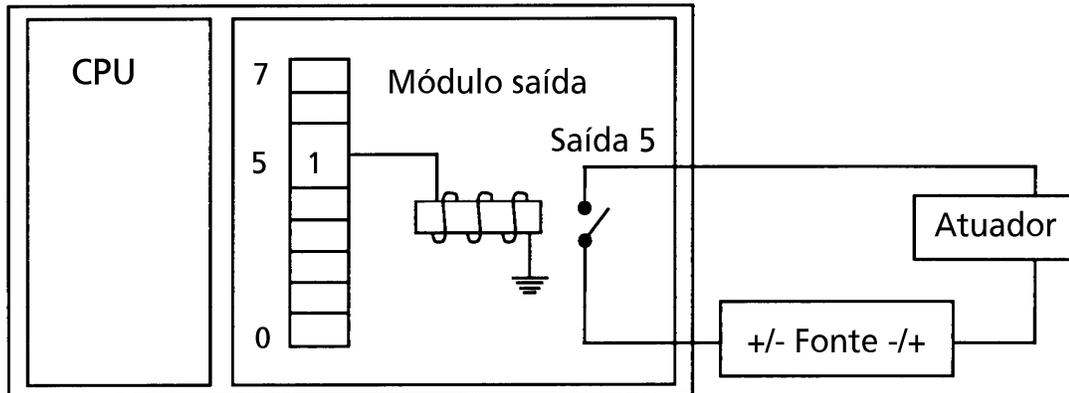
Módulos de Entrada e Saída

Módulo de E/S discretas com 16 pontos de entrada e 16 pontos de saída

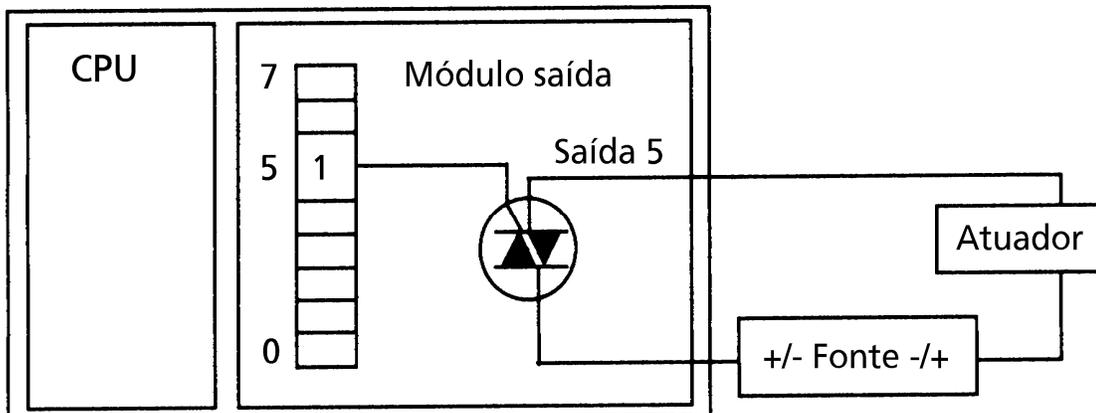


Um módulo de 16 pontos utiliza uma palavra inteira na tabela imagem

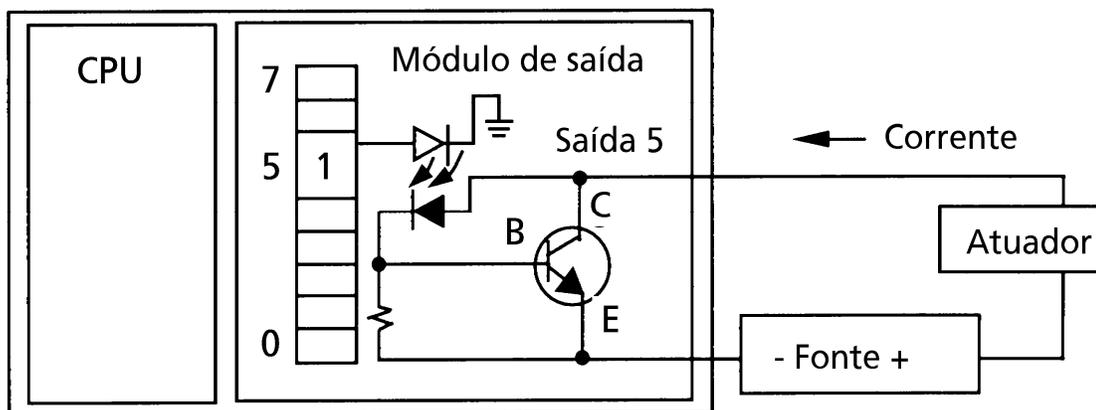
Módulos de Saída



Módulo de saída a relé

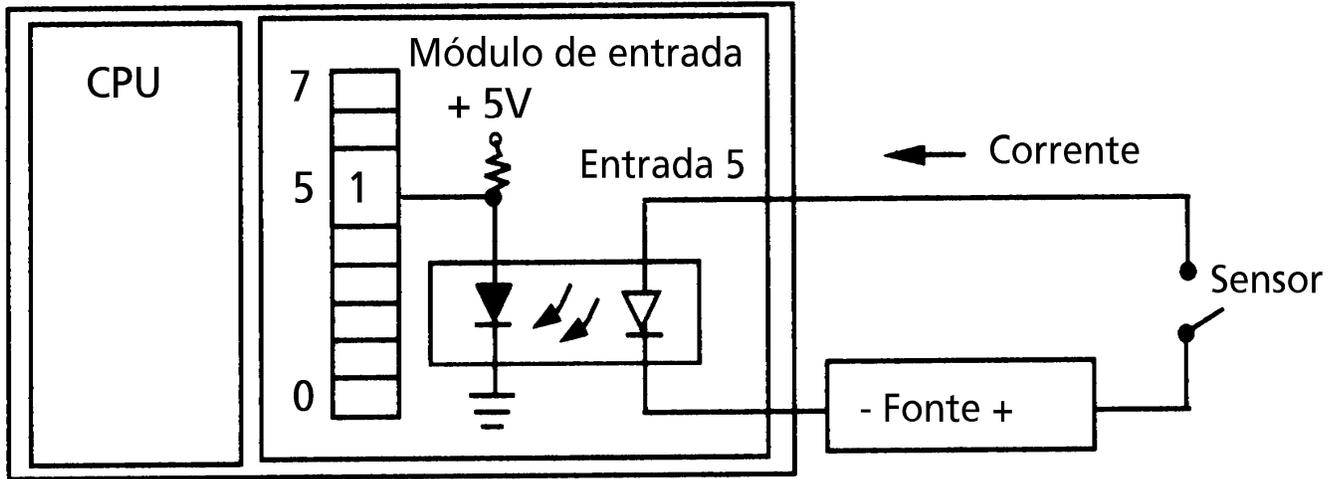


Módulo de saída a triac



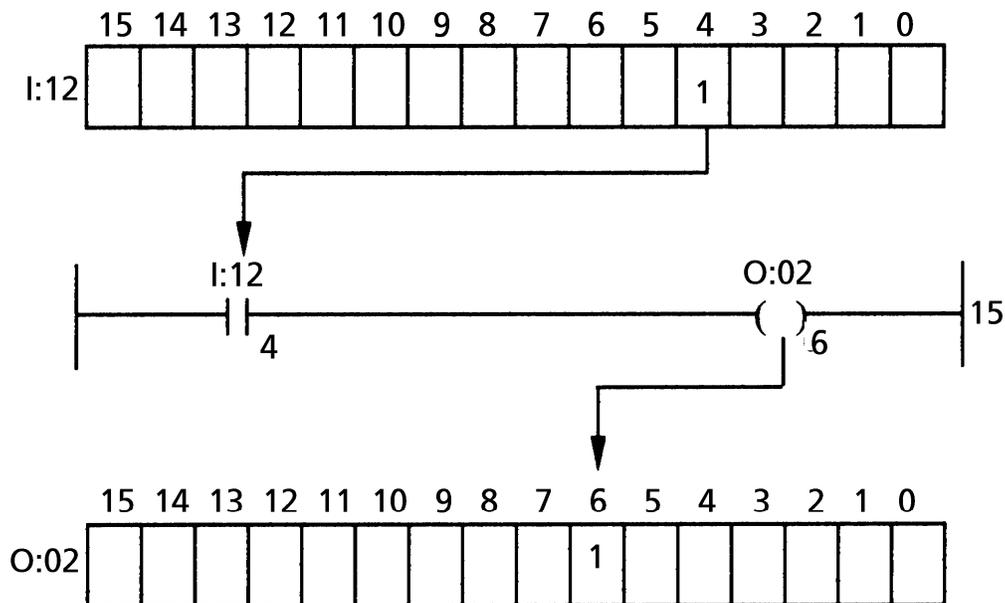
Módulo de saída a transistor

Módulo de Entrada



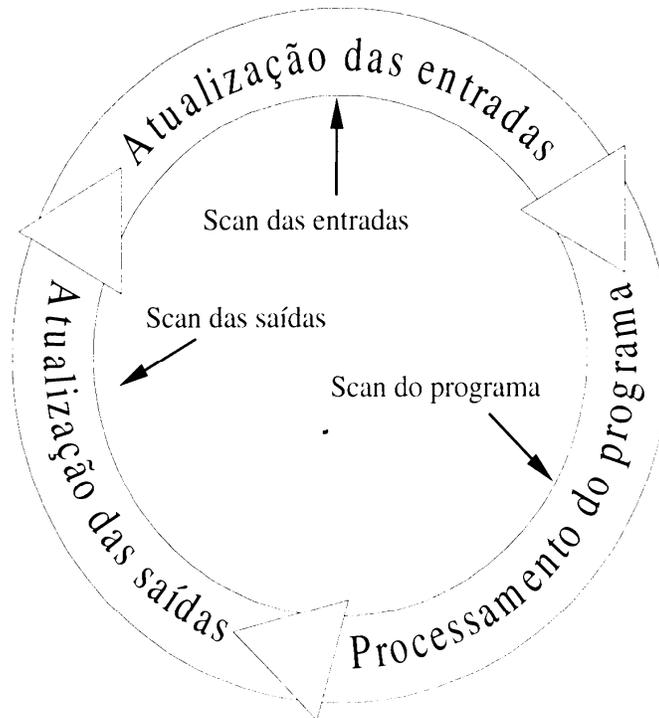
Módulo entrada a optoisolador

Endereçamento



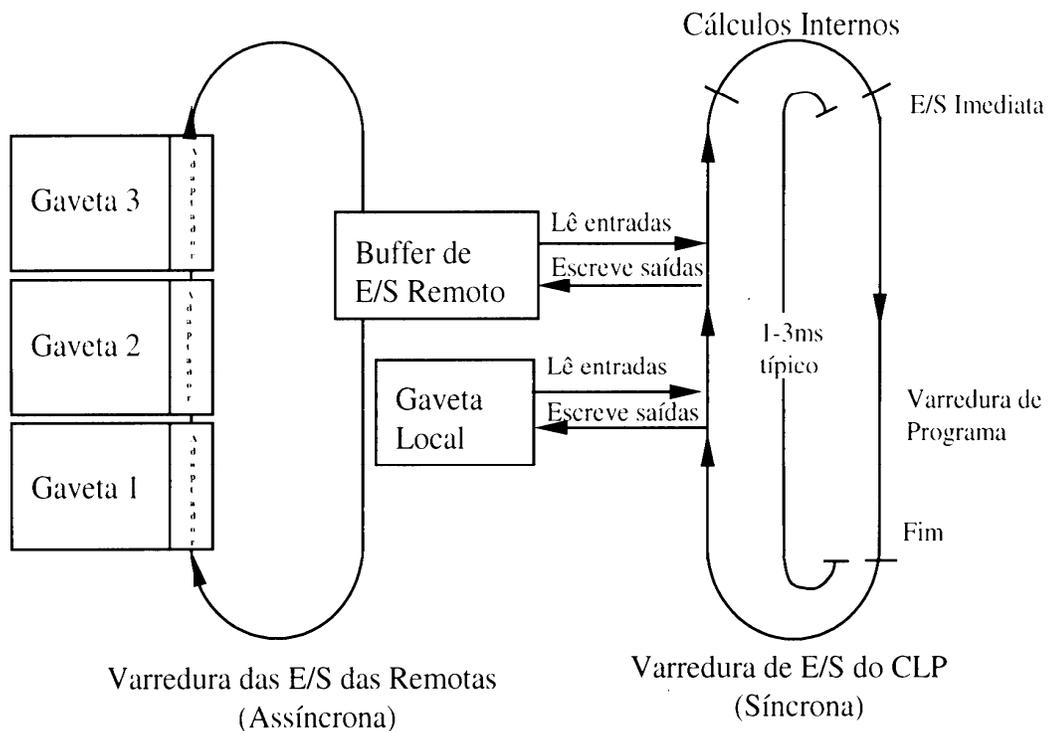
Endereços de entrada e de saída

Ciclo de Execução (Scan)



Ciclo de processamento (Scan)

Terminais remotos de entrada e saída



Varredura das E/S das Remotas (Assíncrona)

Varredura de E/S do CLP (Síncrona)

Transferências de dados de E/S discretas, no ciclo de processamento do CLP com "Estações Remotas"



EPUSP

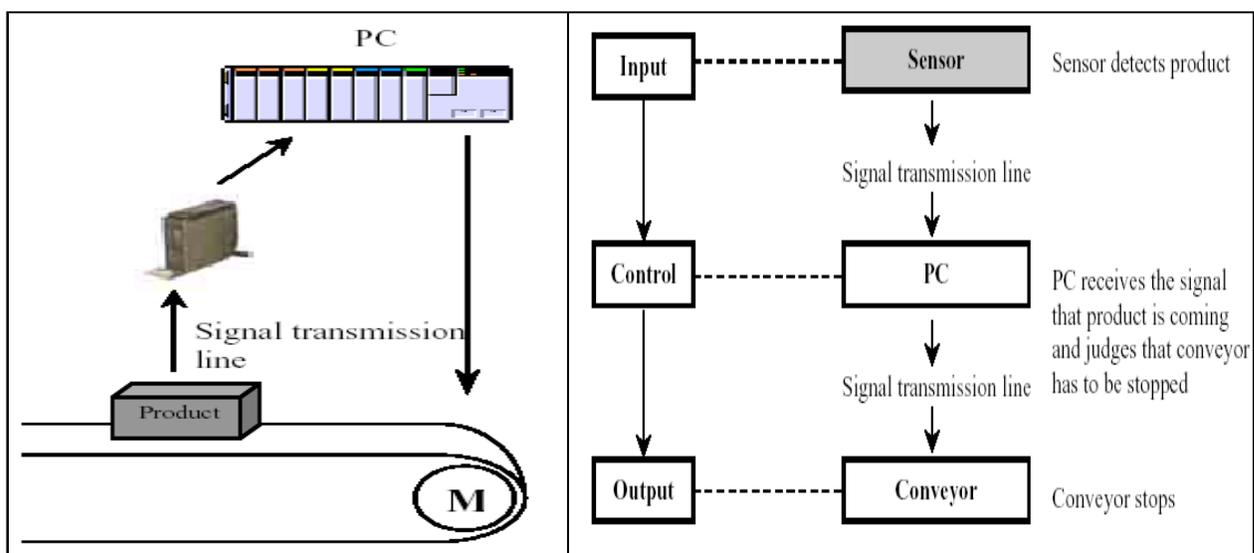
Sensores

Discretos

Introdução

Sensores Discretos como Sensores de Controle

- permitem que um PLC detecte o estado de um processo



Exemplos de fenômenos detectados:

Algum objeto metálico perto? - Proximidade Indutiva

Algum objeto dielétrico por perto? - Proximidade Capacitiva

Algum objeto interrompe um feixe ou reflete luz? - Presença ótica

Algum objeto apalpando uma chave? - Contato Mecânico

Algum objeto de Grandes Proporções – Proximidade Sonar.

Algumas das vantagens, desvantagens dos sensores discretos mais usados

Sensor	Vantagens	Desvantagens
Chaves de Contato	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de corrente • Imunidade à interferência • Baixo Custo • Tecnologia conhecida 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer contato físico com o alvo • Resposta lenta • Contatos apresentam “Bounce” e vida curta • Movimento produz desgaste
Fotoelétricos	<ul style="list-style-type: none"> • Pode ser usado com qualquer material • Vida longa • Faixa grande de medição • Resposta rápida • Pode retirar o ruído ambiente • Permite o uso de fibras óticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Lentes sujeitas à contaminação • Faixa afetada pela cor e refletividade do alvo • Mudança de ponto focal pode modificar o desempenho • Objetos brilhantes podem interferir
Indutivos	<ul style="list-style-type: none"> • Resiste a ambientes severos • Muito previsível • Vida Longa • Fácil Instalação • Não depende da superfície do objeto 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitação de distância • Detecta principalmente materiais metálicos • Sensível a interferências eletromagnéticas

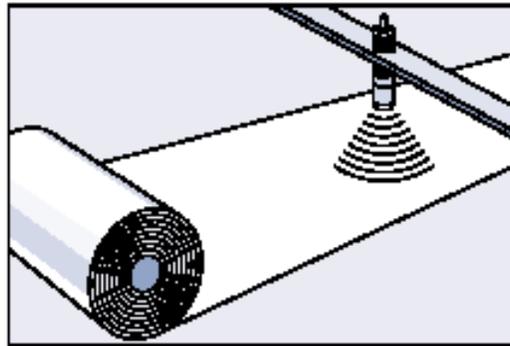
Algumas das vantagens, desvantagens dos sensores discretos mais usados

Sensor	Vantagens	Desvantagens
Capacitivos	<ul style="list-style-type: none"> • Detecção através de algumas embalagens • Pode detectar materiais não metálicos • Vida longa 	<ul style="list-style-type: none"> • Distâncias curtas de detecção • Muito sensível a mudanças ambientais • Não é seletivo em relação ao alvo
Ultra-sônicos	<ul style="list-style-type: none"> • Pode medir distâncias longas • Pode ser usado para detectar muitos materiais • Resposta linear com a distância 	<ul style="list-style-type: none"> • Requerem um alvo com área mínima • Apresentam distâncias mínimas de trabalho • Resolução depende da frequência • Sensível a mudanças do ambiente • Não funciona com materiais de baixa densidade
Hall	<ul style="list-style-type: none"> • Vida Longa • Fácil Instalação • Resposta rápida • Baixo Custo 	<ul style="list-style-type: none"> • Não é seletivo em relação ao alvo • Sensível a interferências eletromagnéticas • O alvo deve ter um ímã fixado

Sensores de Não-Contato

Operam sem contato mecânico ou desgaste.

Um exemplo encontra-se a seguir:



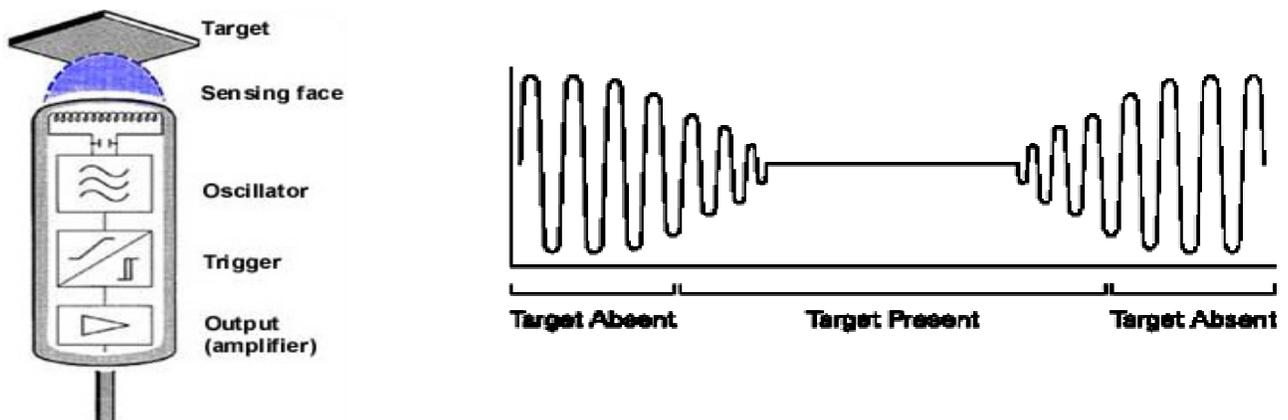
Existem cinco tipos principais de sensores discretos de Não Contato:

- **Sensores Indutivos:** usam um campo eletromagnético para detectar a presença de objetos metálicos;
- **Sensores Capacitivos:** usam um campo eletrostático para detectar a presença de objetos;
- **Sensores Ultra-Sônicos:** usam ondas acústicas para a detecção da presença de objetos;
- **Sensores Hall:** Reagem a mudanças de campo magnético;
- **Sensores Fotoelétricos:** Reagem a mudanças na quantidade de luz recebida.

Sensores de Não-Contato

Sensores Indutivos:

- usam correntes induzidas por campos magnéticos
- utilizam uma bobina (indutância) para gerar um campo magnético de alta frequência.
- detectam vários tipos de metais e podem detectar os objeto a vários centímetros de distância



Este tipo de sensor discreto consiste em quatro elementos:

- Uma bobina;
- Um oscilador;
- Um circuito de disparo;
- Um circuito de saída.

Sensores de Não-Contato

Sensores Capacitivos:

- formado por duas placas paralelas separadas por um material dielétrico, sendo que sua capacitância está dada por:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot A}{\delta}$$

com: C = capacitância (F),

ε = permissividade do dielétrico (F/m),

δ = separação entre as placas (m),

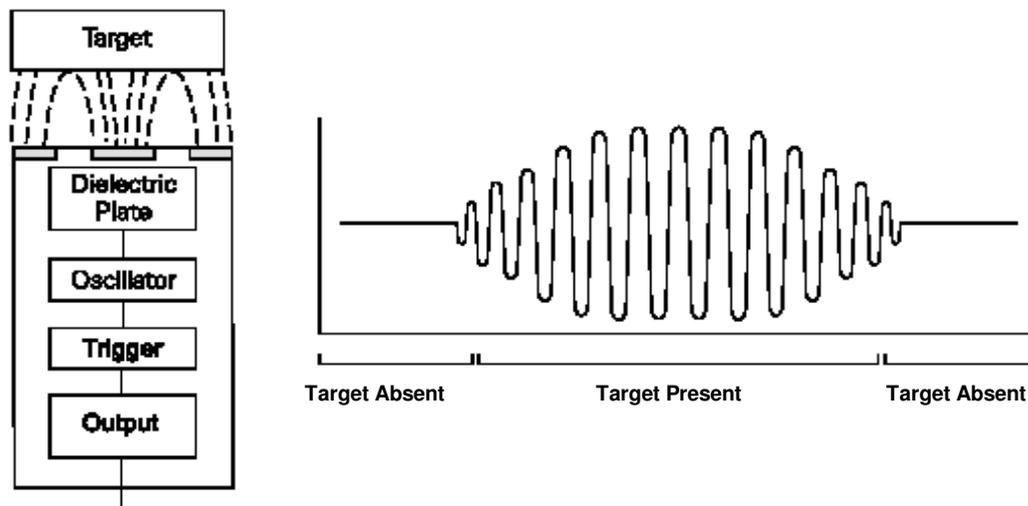
A = área comum entre as duas placas (m²)

- Similares aos sensores indutivos, porém o sensor capacitivo produz um campo eletrostático em lugar de um campo eletromagnético;
- Podem detectar objetos metálicos e não metálicos como papel, vidro, líquidos e tecidos a distâncias de até alguns centímetros.

Sensores de Não-Contato

O sensor discreto capacitivo discreto consiste em quatro elementos a saber:

- Uma placa dielétrica;
- Um oscilador;
- Um circuito de disparo;
- Um circuito de saída.

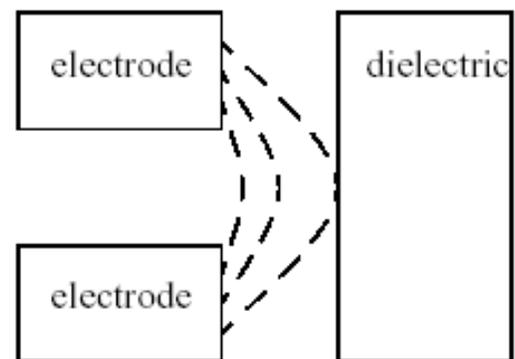
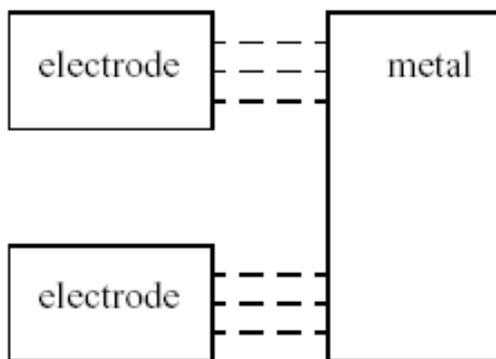


- A superfície sensível do dispositivo é constituída por dois eletrodos de metal concêntricos do capacitor em aberto.
- Quando um objeto perto da sua superfície sensível atinge o campo eletrostático dos eletrodos, modifica a capacitância do circuito oscilador, obtendo-se uma oscilação.



Sensores de Não-Contato

- O circuito de disparo do sensor verifica a amplitude da oscilação e quando está chega num nível pré-determinado o estado lógico da saída muda.
- Funcionam bem com materiais isolantes (como plásticos) com altos coeficientes dielétricos, aumentando assim a capacitância
- Também podem ser usados como alvos metais já que devido à condutividade destes o sensor parece que tem eletrodos maiores, aumentando a capacitância como mostrado na figura abaixo.



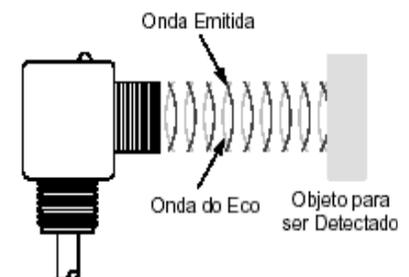
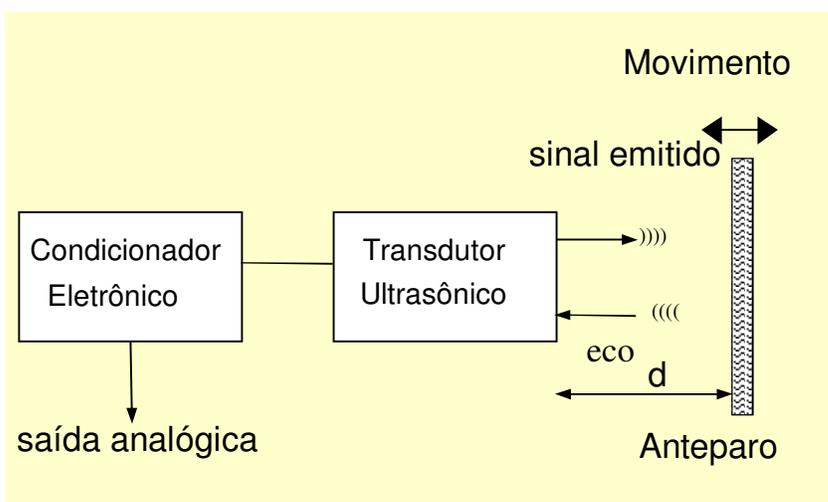
Sensores de Não-Contato

Sensores Ultra-Sônicos:

- Utiliza um circuito eletrônico que fornece um trem de pulsos para excitar um transdutor , que gera uma frente de onda de pressão acústica que se propaga no ar até atingir o alvo ou objeto.
- Parte da energia acústica desta frente de onda retorna para o transdutor em forma de um eco após um certo intervalo de tempo.
- Medindo-se este intervalo de tempo e conhecendo a velocidade do som no ar pode-se calcular a distância entre o transdutor e o anteparo, segundo a seguinte equação:

$$d = \frac{C_0 \cdot \tau}{2}$$

Com C_0 = velocidade do som no ar (m/s);
 $\tau = (t_{r1} - t_{r2})$, t_{r1} : início da transmissão (s);
 t_{r2} : recepção do eco (s).



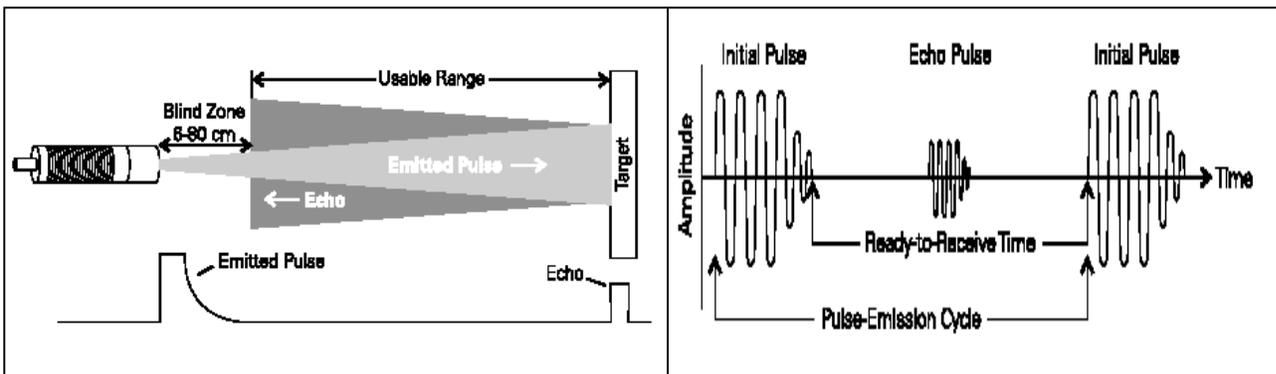


EPUSP

Sensores de Não-Contato

Abaixo encontra-se a aplicação deste método para medição de proximidade, onde pode-se observar o trem de pulsos usado para a detecção ultra-sônica.

O sensor emite pulsos de ultra-som numa frequência acima de 18 KHz, retornando um eco cujo tempo de trânsito é proporcional à distância do objeto ao sensor.



Tipos básicos de sensores ultra-sônicos:

-Eletrostáticos – Utiliza-se de efeitos capacitivos para a geração do ultra-som. Fundos de escala maiores, maior banda passante, porém são muito sensíveis a parâmetros ambientais, como umidade.

-Piezoelétricos – Baseado no deslocamento de carga devido a tensões mecânicas aplicadas a cristais ou cerâmicas. São bastante resistentes e baratos.



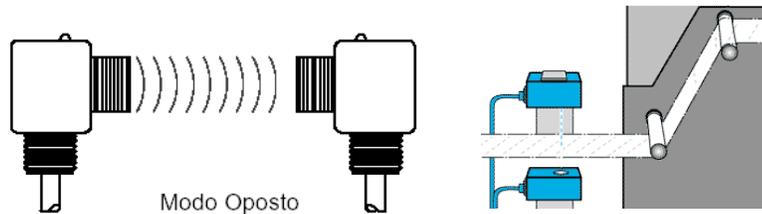
EPUSP

Sensores de Não-Contato

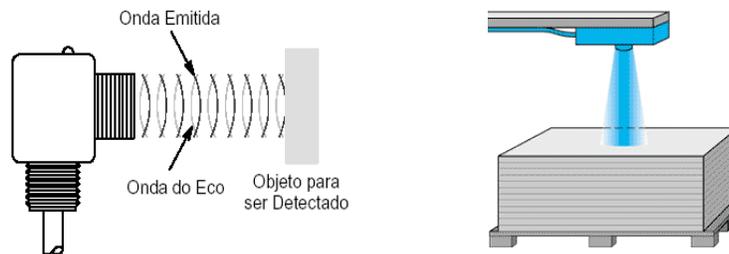
Modos de operação

Há dois modos básicos de operação:

- modo por oposição ou feixe transmitido



- modo difuso ou por reflexão (eco e reverberação).



Características

- Faixa de Detecção

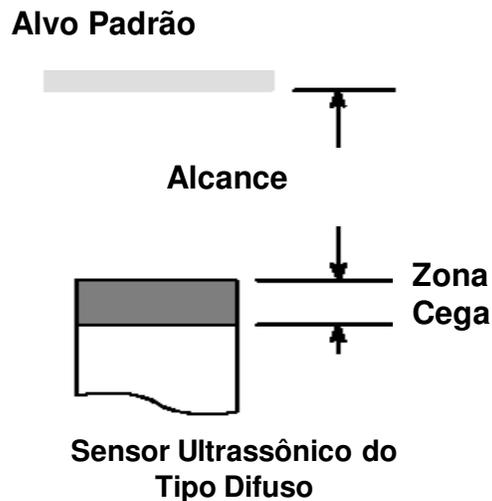
Alcance dentro do qual o sensor ultra-sônico detectará o alvo sob flutuações de temperatura e tensão.

Sensores de Não-Contato

Zona Cega

Os sensores ultra-sônicos possuem uma zona cega localizada na face de detecção. O tamanho da zona cega depende da frequência do transdutor.

Os objetos localizados dentro de um ponto cego podem não ser confiavelmente detectados



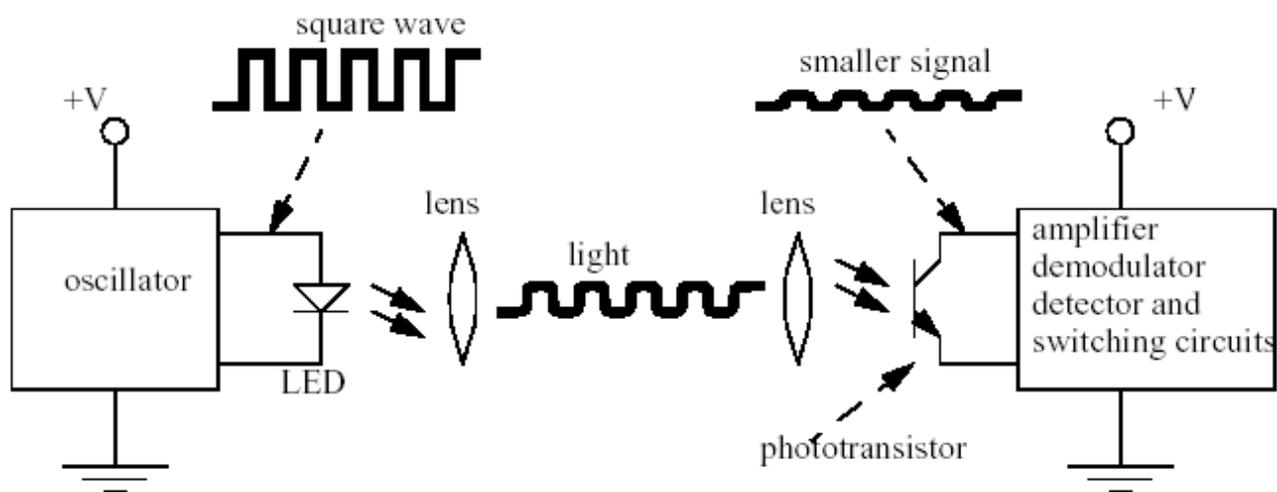
Sensores de Não-Contato

Sensores óticos

Os sensores óticos requerem basicamente uma fonte luminosa ou Emissor e um Detector.

Os emissores produzem feixes de luz no espectro visível ou invisível usando LED's ou diodos LASER.

O emissor e detector são posicionados de forma que o objeto a ser detectado bloqueia ou reflete o feixe luminoso quando presente na região de interesse. Um sensor ótico típico é apresentado na figura abaixo.



Sensores de Não-Contato

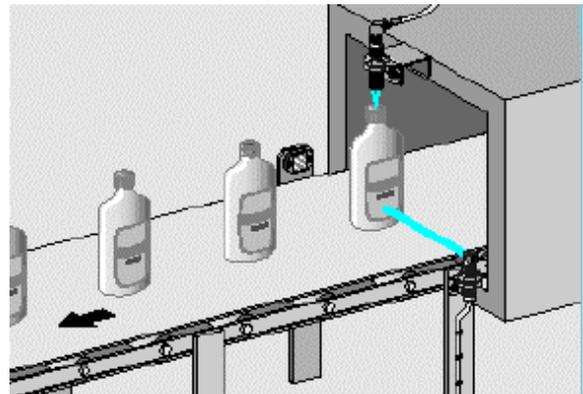
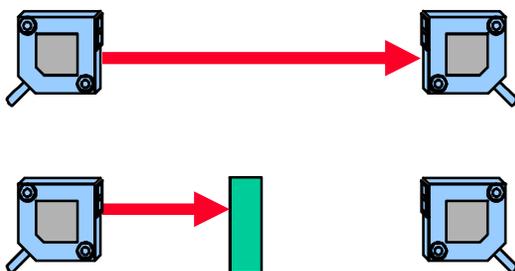
Modos de operação:

- Modo de barreira de luz direta

Emissor é posicionado junto com o detector para ficarem alinhados.

Quando o feixe de luz é interrompido por um objeto o estado lógico do sensor muda.

Sendo dois corpos separados, aumentam os problemas de manutenção e alinhamento deve ser realizado periodicamente.



O objeto interrompe
o raio de luz

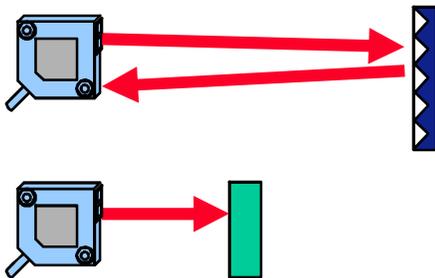
Sensores de Não-Contato

Modos de operação:

- Modo de reflexão total

Uma solução para o problema do modo anterior é alojar o emissor e detector num corpo só, portanto sendo necessário agora uma reflexão total da luz incidente num refletor, como mostrado na figura abaixo

A luz é refletida por
um espelho
especial



O feixe de luz é interrompido
por um objeto



Quando um objeto interrompe o feixe luminoso estabelecido entre o emissor e detector, não existirá reflexão total e o sensor muda para seu estado ativo.

Às vezes os objetos podem refletir muito bem a luz emitida gerando um feixe que o detector pode reconhecer como válido.

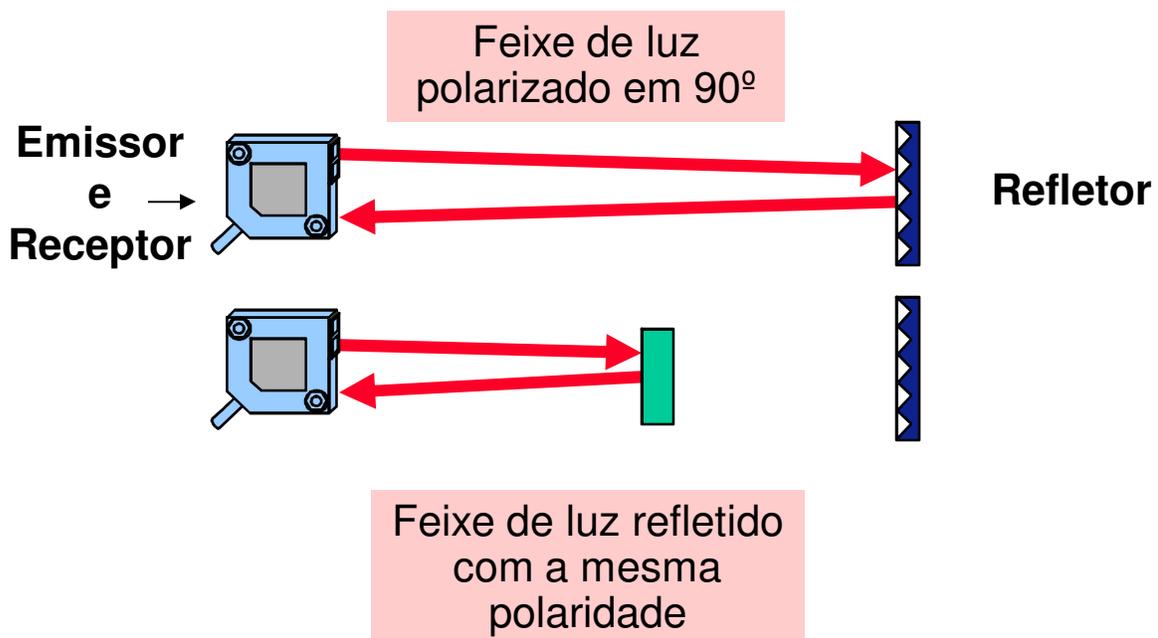
Sensores de Não-Contato

- **Modos de operação:**

- **Modo de reflexão com luz polarizada**

Para solucionar o problema antes apontando utiliza-se luz polarizada.

O refletor utilizado neste esquema muda a polaridade da luz incidente em 90 graus.



Sensores de Não-Contato

- **Modos de operação:**

- **Modo de luz difusa**

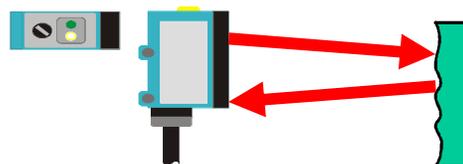
Não utilizam refletores, porém utiliza um feixe de luz focado numa certa extensão, sendo necessário ajustar a sensibilidade do dispositivo para definir a distância.

A reflexão no objeto é difusa, reduzindo a quantidade de luz que retorna, exigindo a utilização de lentes no receptor.

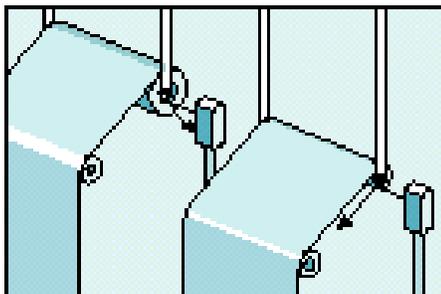
Apesar de ser de fácil utilização este sistema requer condições controladas e objetos com muitas cores podem gerar problemas



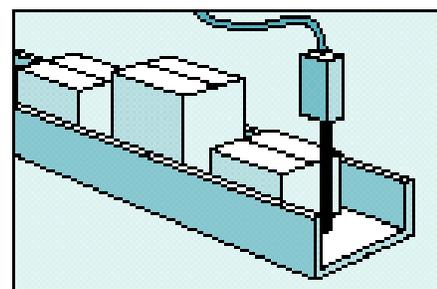
Luz infravermelha



A luz é refletida diretamente pelo objeto



Energético



Supressão de Fundo



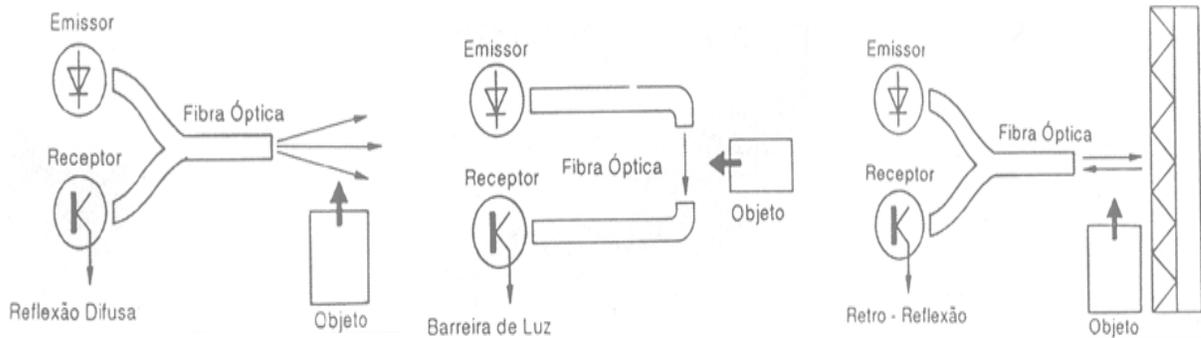
EPUSP

Sensores de Não-Contato

- **Modos de operação:**

- **Cabos de Fibra Óptica**

Fazer a transmissão do sinal luminoso do sensor ao local onde se deseja a detecção do objeto.



Sensores de Não-Contato

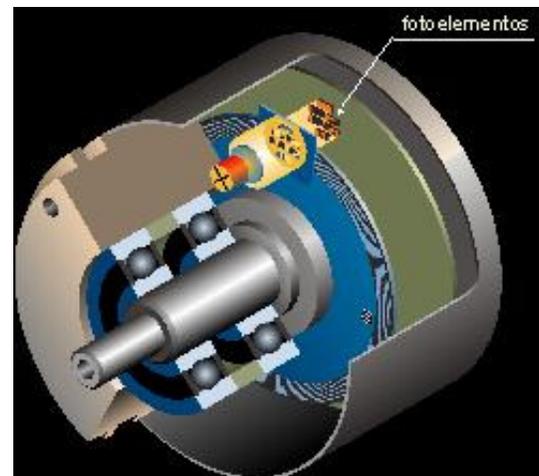
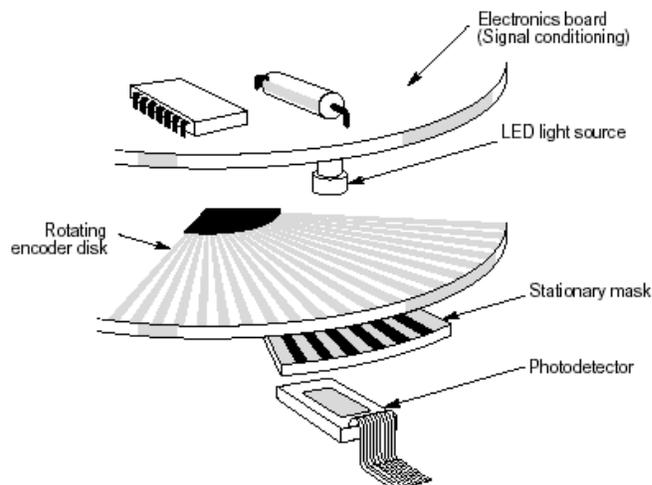
Codificador ou “Encoders”

Um método direto para medição da posição ou deslocamento angular em eixos é a utilização de codificadores digitais angulares.

Os codificadores digitais são de dois tipos:

- Incrementais: requerem um sistema de contagem para adicionar incrementos gerados por um disco girante.
- Absolutos: Fornecem uma saída digital para qualquer posição angular do eixo, existem diversas formas de realizar estes dispositivos usando técnicas de "Slip Ring" (anel com contatos deslizantes), magnéticas e ópticas.

Exemplo de Encoder Incremental:



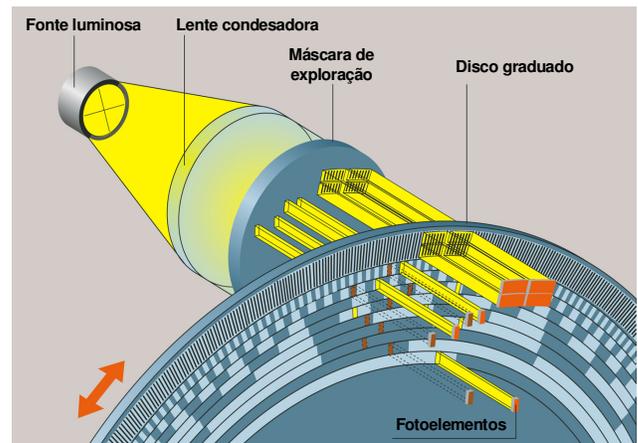
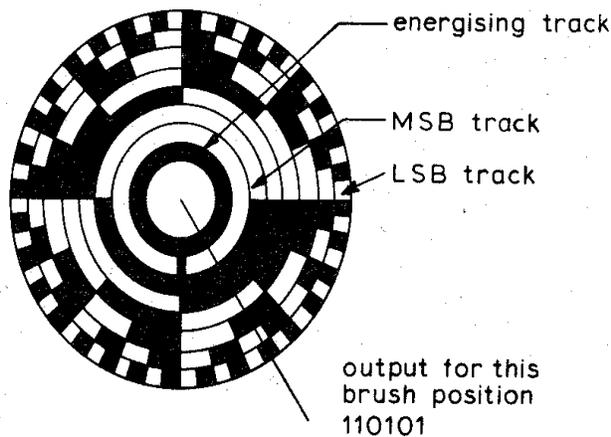


EPUSP

Sensores de Não-Contato

Exemplo de Encoder Incremental:

Na figura abaixo apresenta-se um encoder absoluto, seu disco com uma codificação binária e um sistema de extração da informação óptico, usando uma fonte de iluminação (lâmpada, LED, Emissor UV ou IV) e um sistema de dispositivos foto-sensíveis (foto-células, fotodiodos, detectores de UV ou IV) com uma fenda ou máscara para definir a região ativa.



Um dos códigos binários mais utilizados é o chamado código de GRAY:

Decimal	Binário	GRAY
0	0	0
1	1	1
2	10	11
3	11	10
4	100	110
5	101	111
6	110	101
7	111	100

Sensores de Contato

Um contato mecânico e uma força resultante, entre o sensor e objeto são necessários para efetuar a detecção.

Chaves de Contato

Dispositivo eletromecânico que consiste em um atuador mecanicamente ligado a um conjunto de contatos.

Quando um objeto entra em contato físico com o atuador o dispositivo opera os contatos para abrir ou fechar uma conexão elétrica.

As Chaves de contato apresentam diversas configurações, podendo-se agrupar assim:

- Chaves de contato elétrico Normalmente abertos ou normalmente fechados;
- Contatos após contato podem ser momentâneos ou permanentes;
- Dois ou quatro pares de contatos elétricos;
- Atuação por pressão;
- Abertura e fechamento lento de contatos.

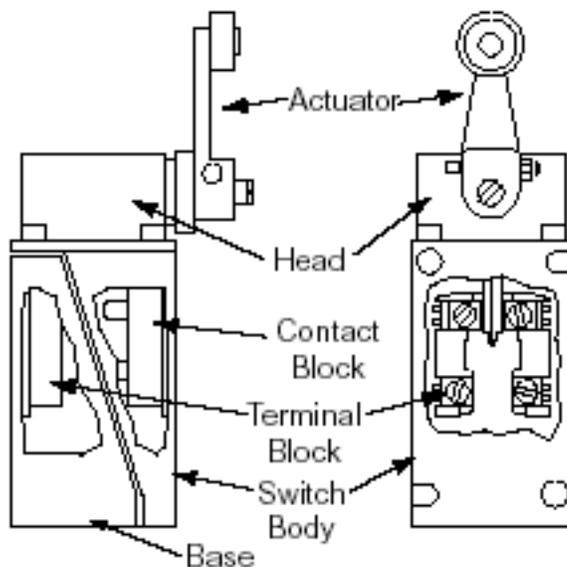


EPUSP

Sensores de Contato

Os componentes básicos das chaves de contato são:

- **Atuador:** O atuador é a porção da chave que entra em contato com o objeto a ser sensoriado;
- **Cabeça:** Esta parte aloja o mecanismo que transforma o movimento do atuador no movimento do contato; Quando o atuador é movimentado, o mecanismo opera os contatos da chave;
- **Bloco de contato:** Esta parte aloja os elementos de contato elétrico da chave, tipicamente contém dois ou quatro pares de contatos.
- **Bloco de Terminais:** O bloco de terminais contém a parte mecânica da ligação elétrica (parafusos). Efetua-se aqui a conexão física (cabo) entre a chave e o circuito de controle;
- **Corpo da Chave:** Aloja o bloco de contato e bloco de terminais da chave;
- **Base:** A base aloja o bloco de terminais nas chaves de tipo “Plug-in”.





EPUSP

Interconexão de Sensores Discretos

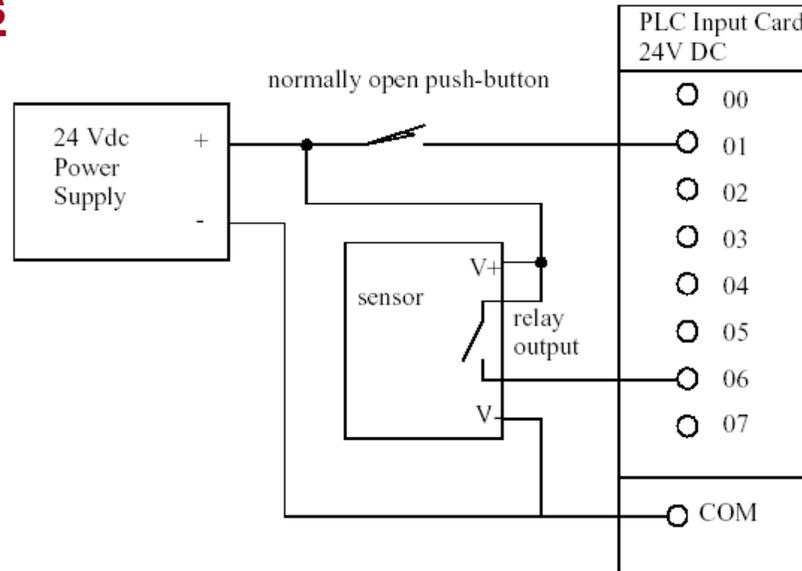
As saídas típicas dos sensores discretos (e entradas do CLP) são apresentadas na lista a seguir:

- “Sinking”/”Sourcing” - com chaves normamente ligadas ou desligadas.
- Chaves Simples- Controlando tensões “On” ou “OFF”.
- Relés de estado sólido - podem chavear saídas AC.
- Saídas TTL (Transistor Transistor Logic) - Usam 0V e 5V para indicar os níveis lógicos.



EPUSP

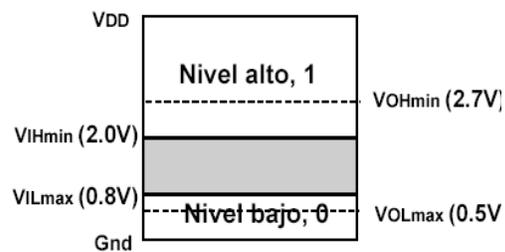
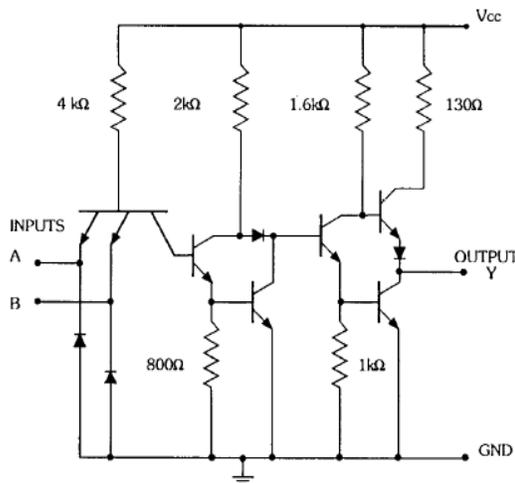
Chaves



Transistor-Transistor Logic (TTL)

A lógica TTL está baseada em dois níveis de tensão 0V para “Falso” e 5V para “Verdadeiro”.

As tensões na realidade variam em torno desses valores e ainda podem ser detectadas corretamente.





EPUSP

Sensores Discretos “Sinking/Sourcing”

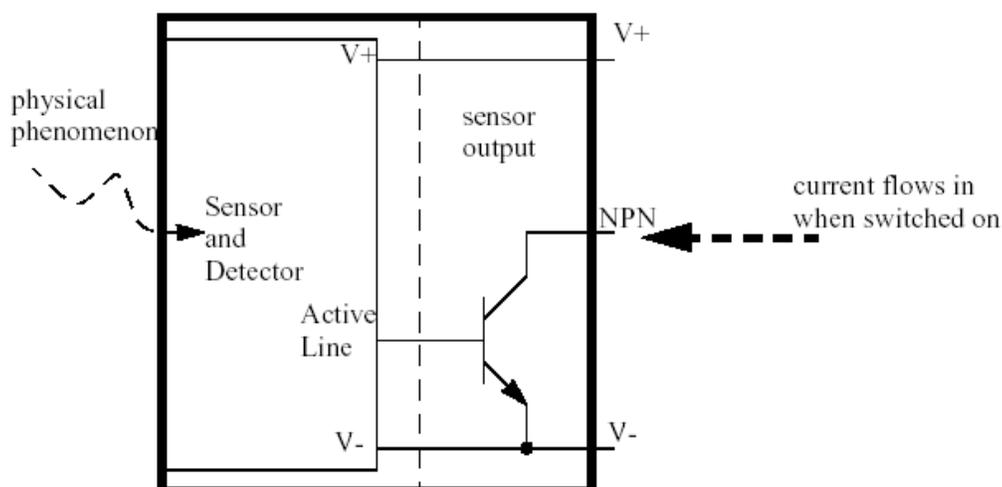
“Sinking”: permitem a passagem de corrente para dentro do sensor na direção do comum ou terra.

“Sourcing”: permitem a passagem de corrente para fora do sensor a partir da fonte positiva.

Nos dois casos o objetivo é fluxo de corrente, não tensão. O que diminui o ruído elétrico.

Os transistores PNP atuam como saídas do tipo “Sourcing” e os transistores NPN atuam como saídas do tipo “Sinking”.

“Sinking”: Tensão da linha ativa superior a 1V \Rightarrow NPN ativado \Rightarrow passagem da corrente para o interior do sensor em direção ao comum ou terra (V-) do circuito

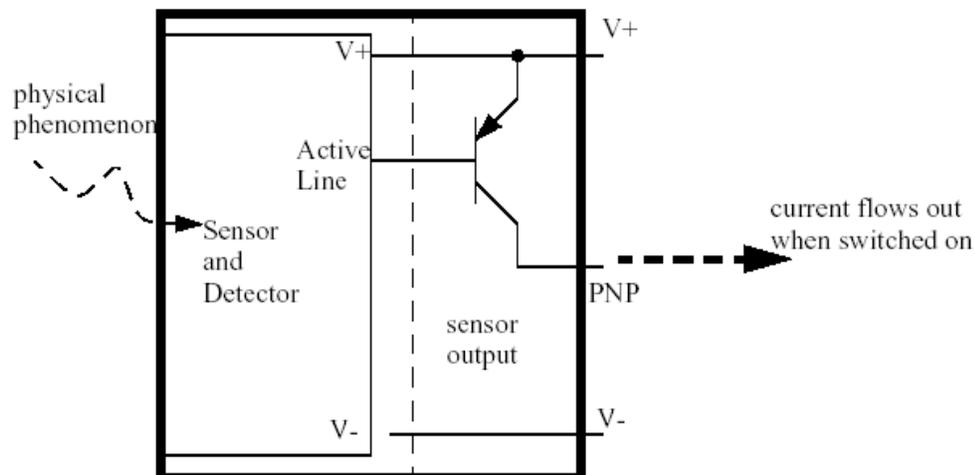


Sensores Discretos “Sinking/Sourcing”

“Sourcing”:

Sensor inativo \Rightarrow linha ativa fica na tensão V_+ \Rightarrow transistor cortado, não permitindo a passagem de corrente para o circuito exterior.

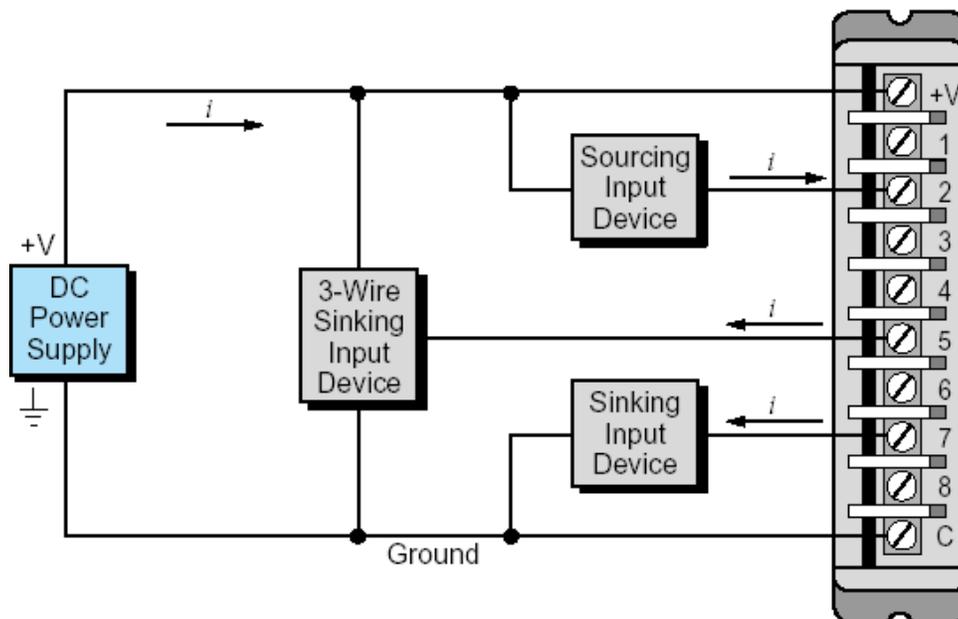
Sensor ativado \Rightarrow linha ativa cai pra um valor baixo de tensão \Rightarrow chaveando o transistor e permitindo a passagem de corrente pra fora do sensor



Sensores Discretos “Sinking/Sourcing”

Existem duas maneiras de conectar sensores discretos ao CLP

- 1) usar sensores PNP e cartões padrões de tensão.
- 2) obter cartões específicos para sensores PNP ou NPN



Parâmetros para Especificação Técnica para os Sensores

Características Estáticas dos sensores

Sensibilidade

A razão entre a mudança y na saída, causada por uma mudança x na entrada:

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Ganho

O ganho de um sistema ou instrumento define-se como a saída dividida pela entrada

$$G = \frac{\text{Saída}}{\text{Entrada}}$$

Fundo de Escala

Faixa de valores de entrada e saída onde o sistema de medida será utilizado.

Faixa de operação de entrada de x_{\min} até x_{\max}
 $\Rightarrow \text{F.E.} = x_{\min} - x_{\max}$

Faixa de operação de saída de y_{\min} até y_{\max}
 $\Rightarrow \text{F.S.} = y_{\min} - y_{\max}$

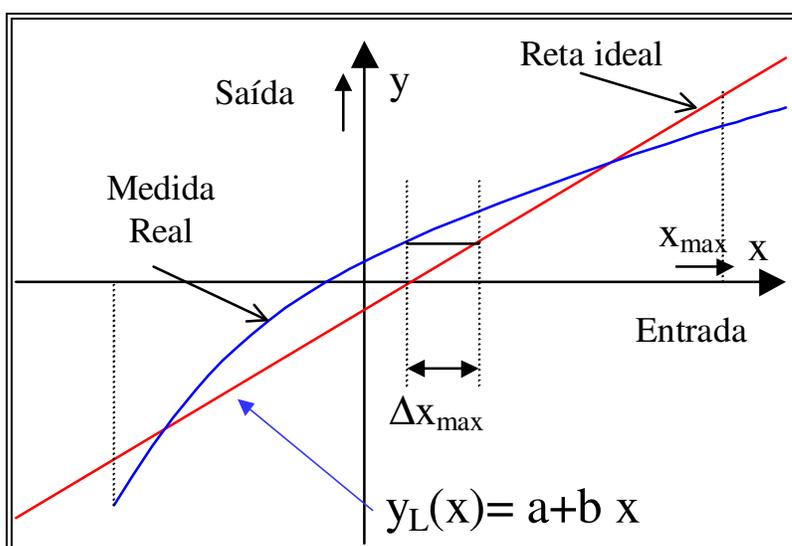
Resolução

Menor incremento de entrada o qual gera uma saída perceptível e repetitiva, quantificando-se como porcentagem do fundo de escala.

$$\% \text{ resolução} = \left[\frac{\text{valor_mínimo_de_entrada}}{(\text{F.S.})} \right] \cdot 100$$

Linearidade

Indica a máxima aproximação da relação entrada/saída, com uma determinada linha reta. Geralmente quantifica-se a não linearidade expressando-se como porcentagem do fundo de escala.



$$\% \text{NL} = \left(\frac{\Delta x_{\max}}{\text{F.S.}} \right) \cdot 100$$



EPUSP

Exatidão

Qualidade da medição que assegura que a medida coincida com o valor real da grandeza considerada. O valor representativo deste parâmetro é o valor médio.

$$\% \text{Exatidão} = \left(1 - \left[\frac{\text{Erro_Absoluto}}{\text{Valor_real}} \right] \right) \cdot 100$$

Precisão

Qualidade da medição que representa a dispersão dos vários resultados, correspondentes a repetições de medições *quase iguais*, em torno do valor central.

Relação entre precisão e exatidão:



Good accuracy
Good precision



Poor accuracy
Good precision



Poor accuracy
Poor precision

Offset

Define-se como o desvio de zero do sinal de saída quando a entrada é zero

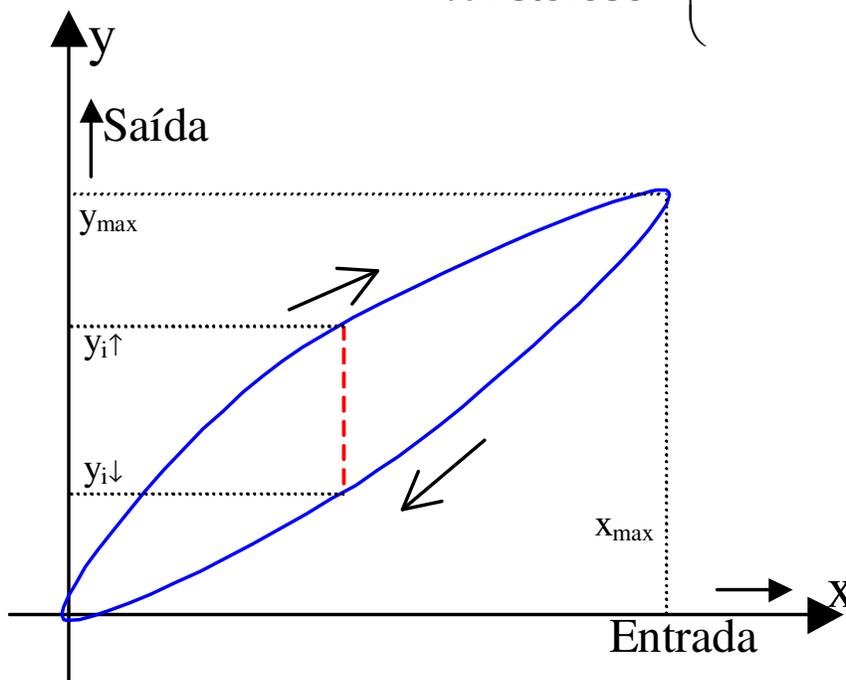
Drift ou deriva do zero

Descreve a mudança da leitura em zero do instrumento com o tempo

Histerese

Valor de entrada é atingido a primeira vez quando os valores de entrada estão aumentando, e a segunda vez quando estão diminuindo, a diferença das saídas é chamada de histerese.

$$\% \text{histerese} = \left(\frac{\text{Valor_Pico_de } (y_{i\uparrow} - y_{i\downarrow})}{\text{F.S.}} \right) \cdot 100$$

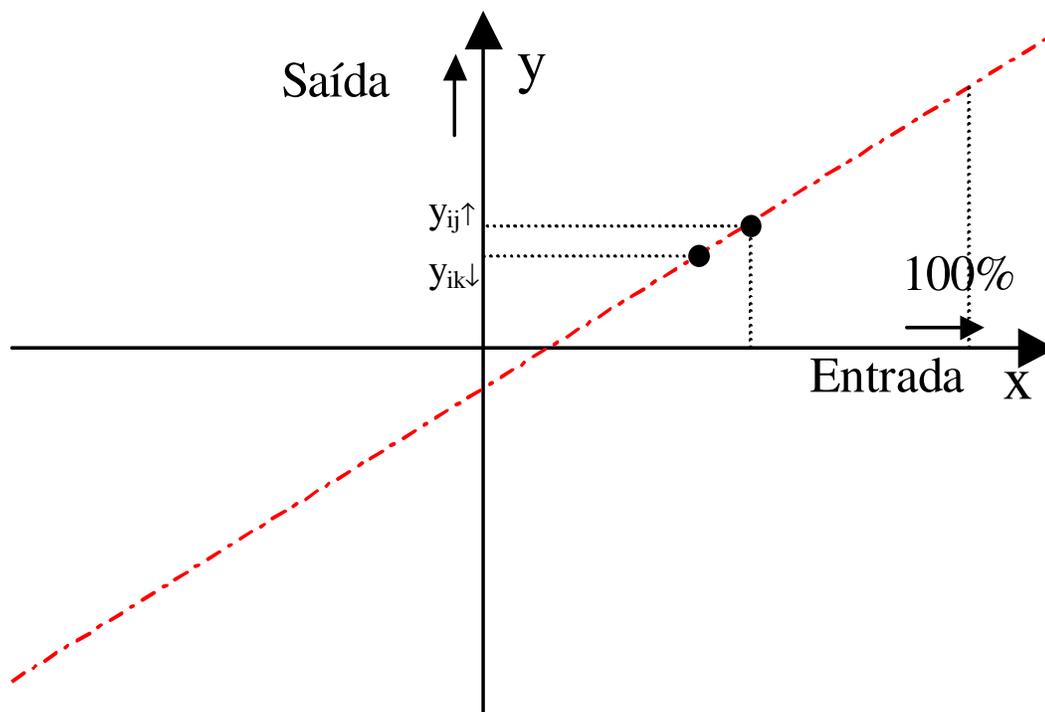


Repetibilidade

Capacidade do instrumento de reproduzir as mesmas saídas, quando as mesmas entradas são aplicadas, na mesma seqüência e nas mesmas condições ambientais.

Este valor é expresso como sendo o valor pico da diferença entre saídas, em referência ao fundo de escala e em porcentagem:

$$\% \text{ repetitividade} = \left(\frac{\text{Valor_Pico_de } (y_{ij\uparrow} - y_{ik\downarrow})}{\text{F.S.}} \right) \cdot 100$$





EPUSP

Reprodutibilidade

Aproximação entre os resultados das medições de uma mesma grandeza quando as medições individuais são efetuadas fazendo variar condições tais como:

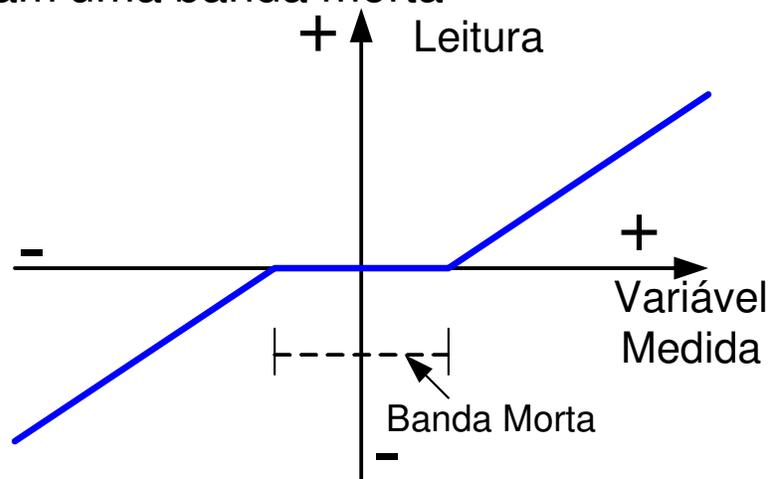
- Método de Medida
- Observador
- Instrumento de medida
- Local
- Condições de utilização
- Tempo

Reprodutibilidade é diferente que Repetitividade.

Banda Morta

Define-se como a faixa de valores de entrada para os quais não existe variação na saída

Todos os dispositivos que possuem histerese apresentam uma banda morta





EPUSP

Banda de erro estática

Para estimar o erro total produzido por todos os efeitos que causam desvios em um instrumento. Ex.: histerese (e_n), não linearidade (e_L), Repetitividade (e_R) e variações com outros parâmetros, utiliza-se a seguinte expressão:

Define-se assim a banda de erro estática, onde os valores admissíveis de erro estão dentro de uma faixa limitada por duas retas paralelas, onde os valores mais prováveis são indicados por uma reta mediana a esta faixa.

$$e_e = \left[e_L^2 + e_n^2 + e_R^2 + e_S^2 \right]^{1/2}$$

Características Específicas dos Sensores Discretos e Precauções Durante Instalação, Montagem e Proteção do Meio Ambiente

Sensores Indutivos

•Instalação elétrica

Tempo de operação

Ao ligar a fonte de energia ao sensor, este estará em condições de operar após um certo tempo, usualmente 100 ms, chamado de tempo de reset de potência.

Desligamento elétrico

Um sensor de proximidade indutivo poderá gerar um sinal quando é desligado, deve-se desligar a carga primeiro antes de desligar os sensores.

Transformadores da alimentação

Quando usados transformadores, para alimentação dos sensores deve-se verificar que estes são isolados, não devem ser usados auto-transformadores.



EPUSP

Sensores Indutivos

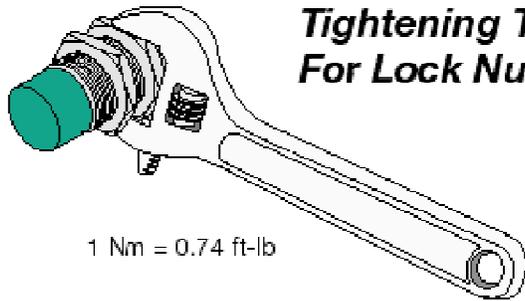
- Cabos dos sensores

Linhas de alta tensão

Se existem linhas de alta tensão, perto do local por onde está o cabo do sensor de proximidade, coloque o através de um duto metálico para evitar interferências.

Montagem mecânica

Evitar apertar a porca do sensor com forças excessivas veja na figura abaixo. Uma arruela deve ser sempre usada junto à porca, verifique os valores admissíveis nos documentos dos dispositivos.



*Tightening Torque
For Lock Nuts*

1 Nm = 0.74 ft-lb

Sensor Diameter	Stainless Steel	Nickel-Plated Brass	Crastin
5mm	3.0Nm	—	—
8mm	10.0Nm	3.0Nm	—
10mm	10.0Nm	7.0Nm	—
12mm	15.0Nm	10.0Nm	0.75Nm
18mm	30.0Nm	20.0Nm	1.5Nm
30mm	60.0Nm	40.0Nm	3.0Nm

Excessive torque could damage the sensor.



EPUSP

Sensores Indutivos

Rockwell
Automation

- **Faixa de trabalho e distâncias operacionais**

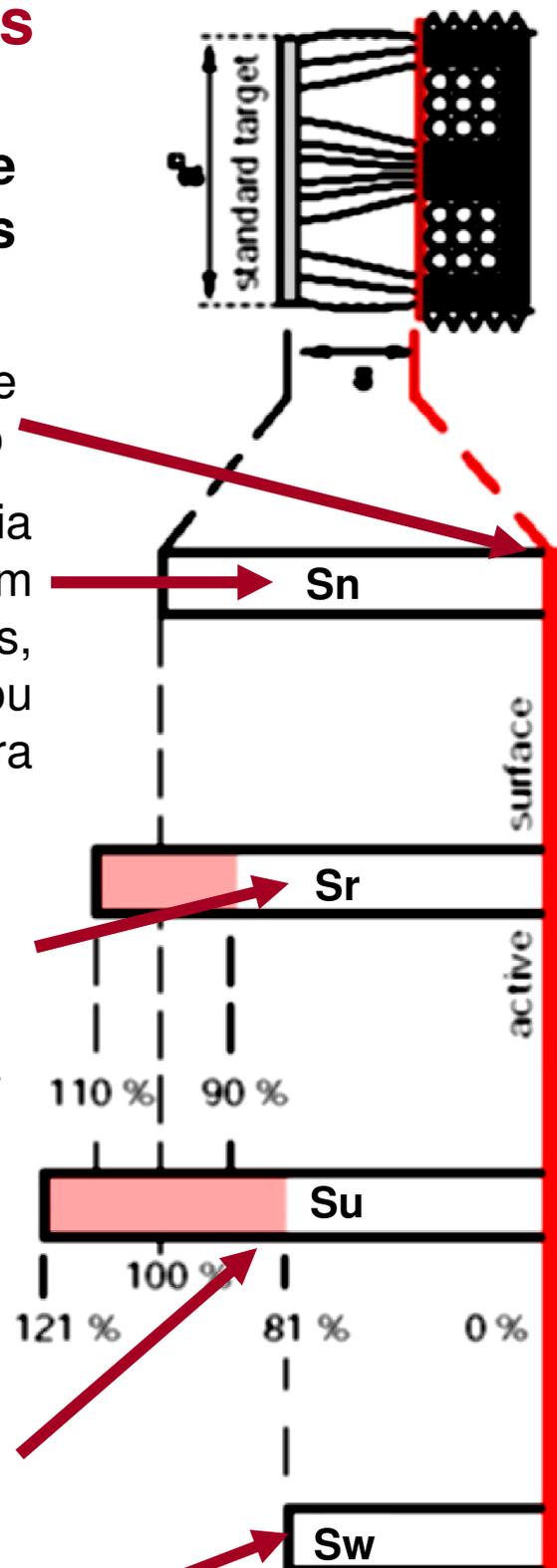
Face Sensora: superfície onde emerge o campo eletromagnético

Distância Sensora (S_n): distância sensora teórica que não leva em conta as condições operacionais, tolerâncias de produção ou variações devidas a temperatura ou tensão de alimentação.

Distância Sensora Nominal (S_r): valor em que os sensores de proximidade são especificados. É a distância nominal obtida com alvo padrão a tensão nominal e temperatura de 20 °C.

Distância sensora Efetiva (S_u): distância sensora obtida com o alvo padrão na faixa de variação da tensão de alimentação e temperatura.

Distância Sensora Operacional (S_w): distância em que seguramente pode-se operar, considerando-se todas as variações de industrialização, temperatura e tensão de alimentação.





EPUSP

Sensores Indutivos

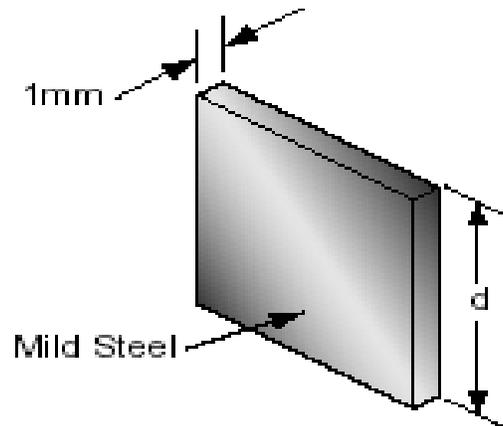
• Considerações sobre o alvo

Alvo padrão: especificados para cada família de sensores capacitivos.

O alvo padrão usualmente se configura como:

-uma peça quadrada de metal de aproximadamente 1mm de espessura

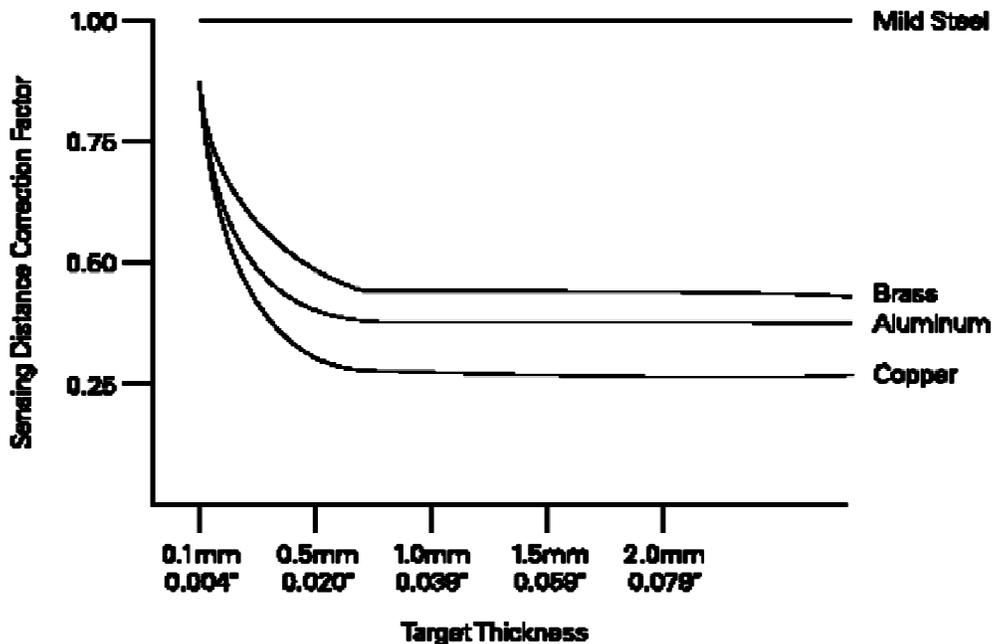
-dimensões laterais iguais ao diâmetro da face ativa ou três vezes a distância sensora, o que for maior



$d = \text{diameter of sensor or } 3 \times \text{sensing distance whichever is greater.}$

Espessura do alvo

A distância sensora é constante para o alvo padrão, porém para outros metais não ferrosos a distância sensora diminui quando a espessura do alvo aumenta (“Efeito Skin”). Desta forma deve-se aplicar um fator de correção.





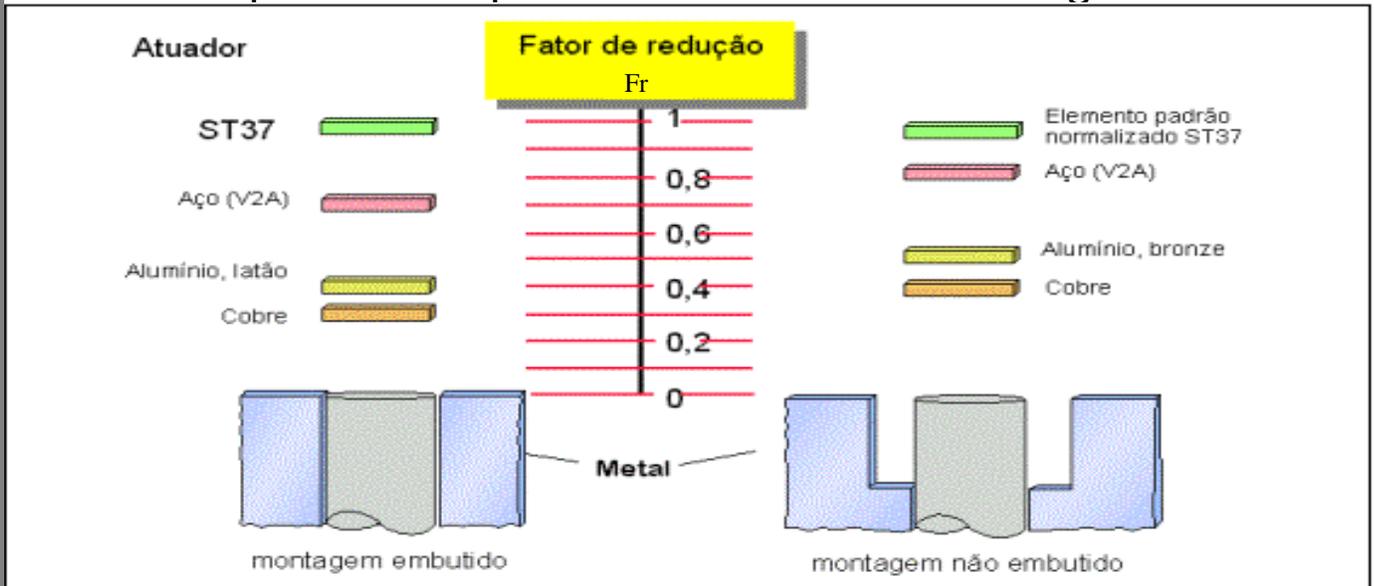
EPUSP

Sensores Indutivos

• Considerações sobre o alvo

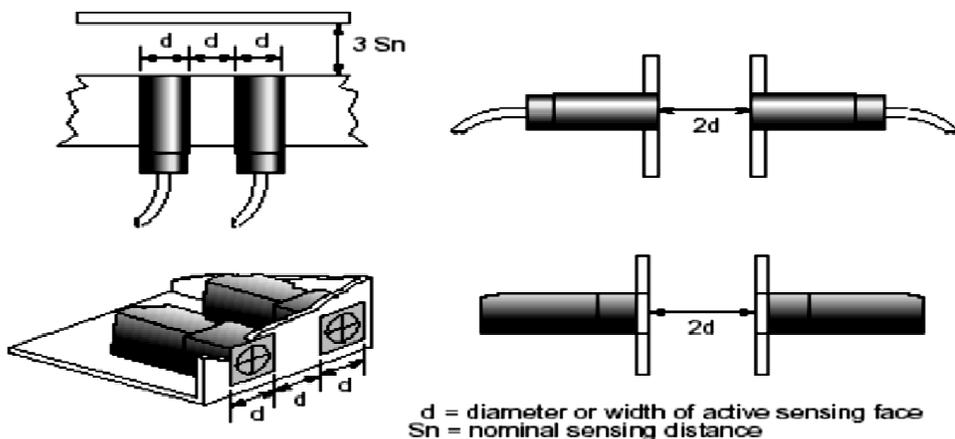
Influência do Atuador: Fator de Redução (Fr):

A distância sensora operacional varia ainda com o tipo de metal, ou seja, é especificada para ferro ou aço e necessita ser multiplicada por um fator de redução, os valores típicos são apresentados na tabela a seguir.



Interferência entre sensores

Quando um sensor é montado num painel metálico, um ao lado do outro ou face a face, deve-se garantir distâncias mínimas para evitar interferências de funcionamento destes.





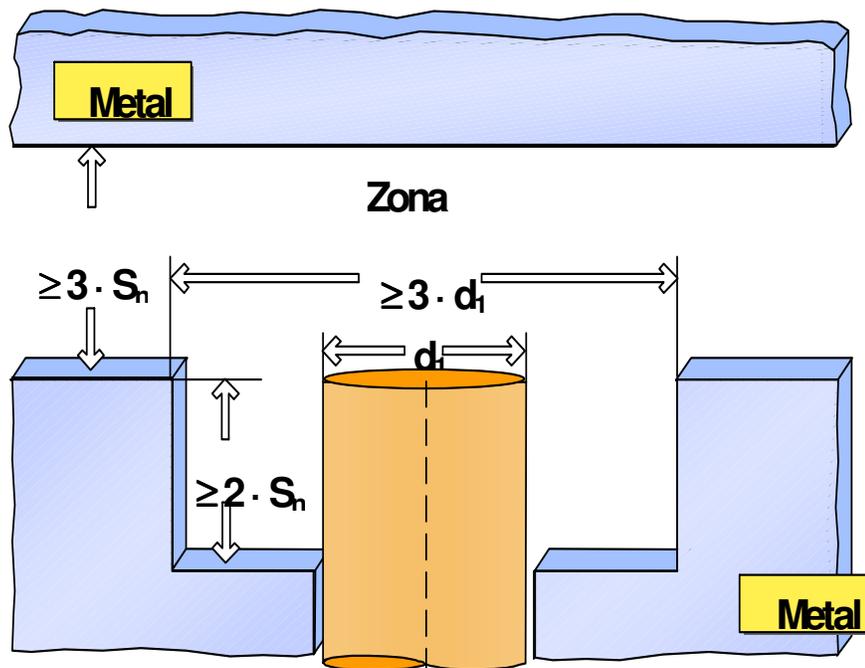
EPUSP

Sensores Indutivos

• Considerações sobre o alvo

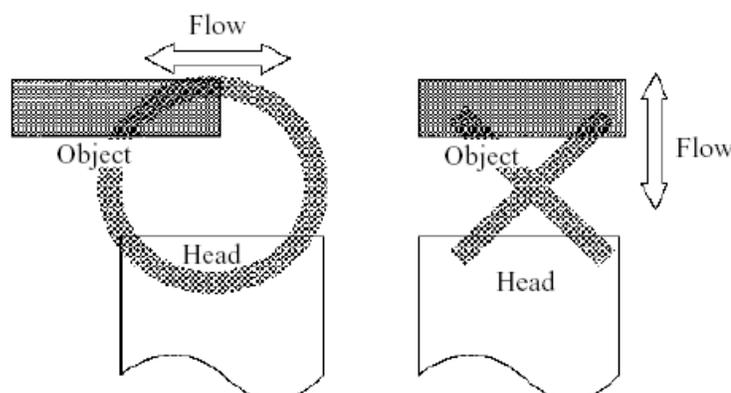
Zonas livres na montagem em metal

No caso de sensores montados em estruturas metálicas deve-se observar para montagem as distâncias mostradas na figura abaixo



• Instalação segura

Um objeto é detectável independente de estar posicionado vertical ou horizontalmente em relação à cabeça de detecção, porém se recomenda que o objeto se movimente horizontalmente em relação à cabeça de detecção.



Sensores Capacitivos

- **Sensores faceados**

Modelos cilíndricos (invólucro metálico) ou retangulares (invólucro plástico).

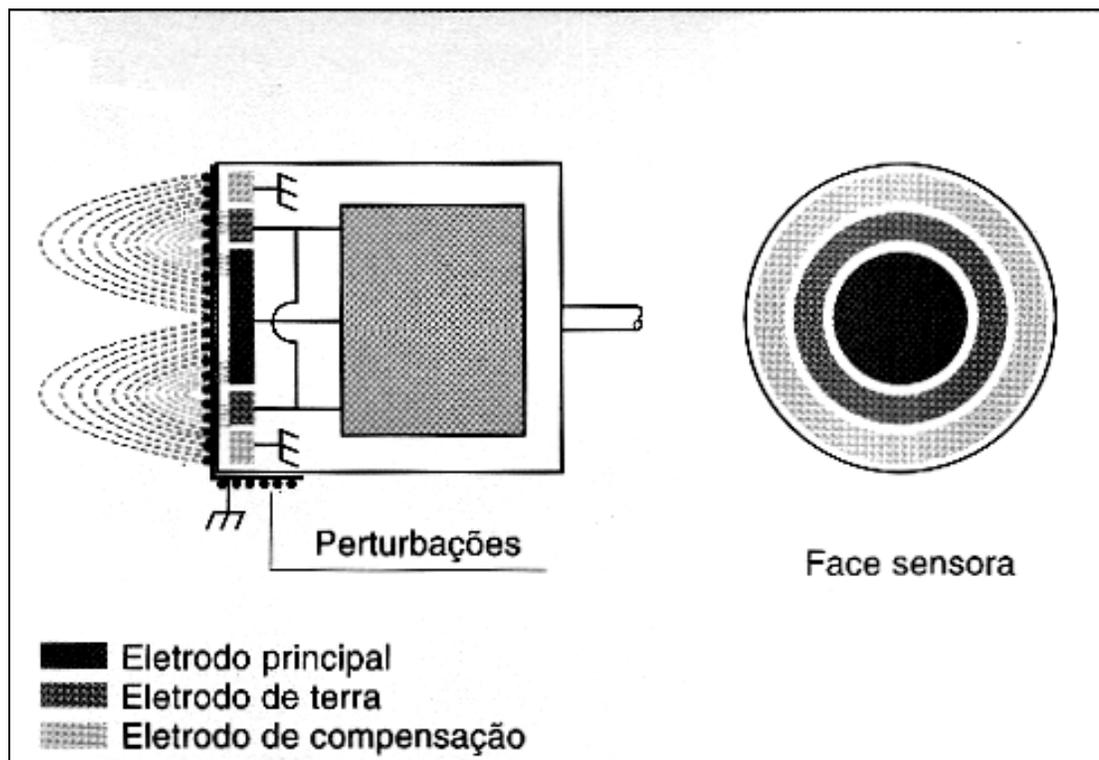
Utilizados para a detecção de materiais isolantes (madeira, plástico, papelão, vidro, etc).

Este tipo é recomendado quando:

Distâncias de detecção são relativamente pequenas;

Condições de montagem necessitam que o sensor seja embutido;

Deve-se efetuar a detecção de um material não condutor através de uma parede que não seja condutora (exemplo: detecção de vidro através de uma embalagem de papelão).

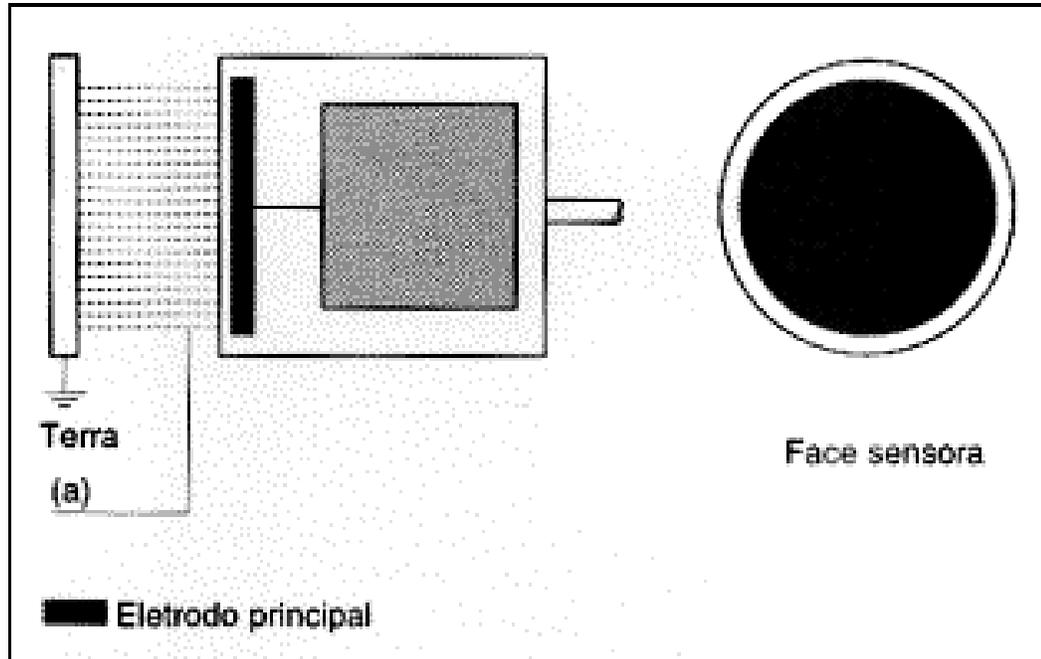


Sensores Capacitivos

- **Sensores não-faceados**

Modelos cilíndricos (invólucro plástico), utilizados para a detecção de materiais condutores (metal, água, líquidos, etc). Este tipo é recomendado para:

- detecção de um material condutor a grandes distâncias;
- detecção de um material condutor através de uma parede isolante;
- detecção de um material não condutor colocado sobre ou diante de uma peça metálica aterrada.



Sensores Capacitivos

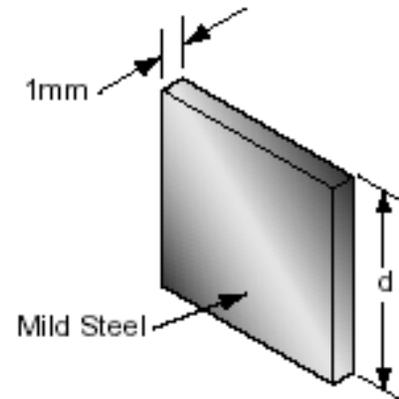
• Considerações sobre o alvo

Alvo padrão: especificados para cada família de sensores capacitivos.

O alvo padrão usualmente se configura como:

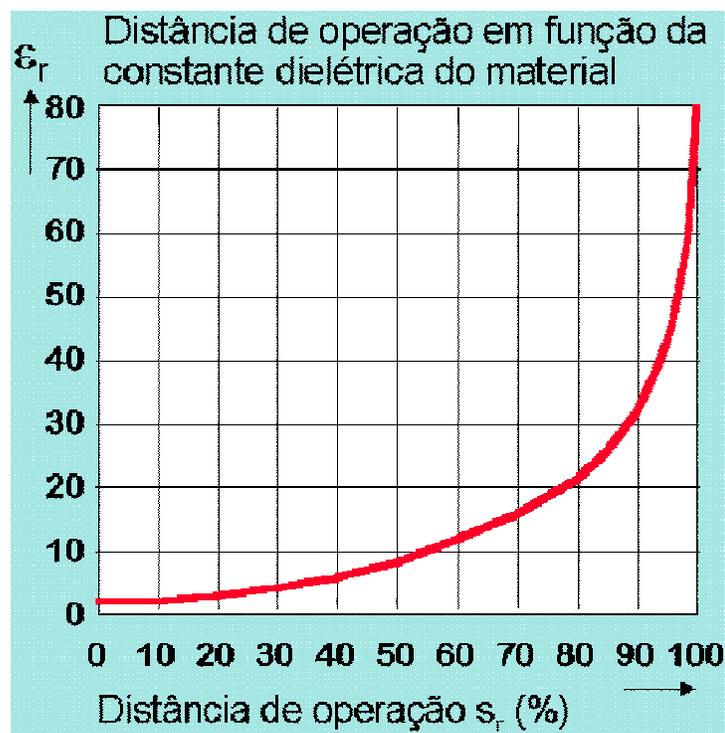
- uma peça quadrada de metal de aproximadamente 1mm de espessura

- dimensões laterais iguais ao diâmetro da face ativa ou três vezes a distância sensora, o que for maior



d = diameter of sensor or
3x sensing distance
whichever is greater.

O gráfico a seguir mostra a relação entre a constante dielétrica do alvo e a distância de operação nominal (S_r).





Sensores Capacitivos

• Constante Dielétrica

Os sensores capacitivos dependem da constante dielétrica do alvo.

Se a constante apresenta um valor elevado a detecção será realizada mais facilmente.

A tabela abaixo mostra as constantes dielétricas de alguns materiais.

Se por exemplo o sensor capacitivo apresenta uma distância sensora de 10 mm e o alvo é álcool, a distância sensora nominal (S_r) será de 85% a distância sensora, ou seja 8.5 mm.

Constantes dielétricas típicas

Material	ϵ_r	Material	ϵ_r
Álcool	25,8	Polipropileno	2,3
Ar	1	Polistírol	3
Araldite	3,6	PVC	2,9
Baquelite	3,6	Porcelana	4,4
Cabos isolante	2,5	Cartão prensado	4
Celulóide	3	Cristal quartzo	3,7
Vidro	5	Areia de silício	4,5
Mica	6	Polietileno	2,3
Mármore	8	Teflon	2
Papel parafinado	4	Aguarrás	2,2
Papel	2,3	Óleo de Trafo	2,2
Petróleo	2,2	Vácuo, ar	1
Plexiglás	3,2	Água	80
Poliamida	5	Madeira	2

Sensores Capacitivos

- **Instalação Elétrica**

Tempo de operação

Ao ligar a fonte de energia ao sensor, este estará em condições de operar após um certo tempo, usualmente 100 ms, chamado de tempo de reset de potência.

Transformadores da alimentação

Quando usados transformadores, para alimentação dos sensores deve-se verificar que estes são isolados, não devem ser usados auto-transformadores

- **Cabos dos sensores**

Linhas de alta tensão

Se existem linhas de alta tensão, perto do local por onde está o cabo do sensor de proximidade, coloque o através de um duto metálico para evitar interferências

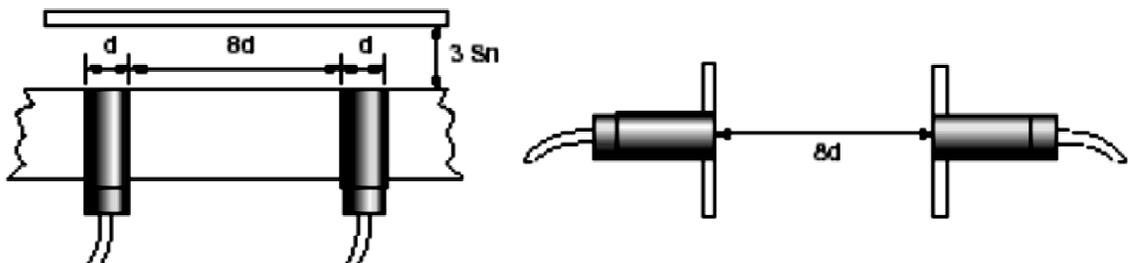


EPUSP

Sensores Capacitivos

- **Interferência entre Sensores**

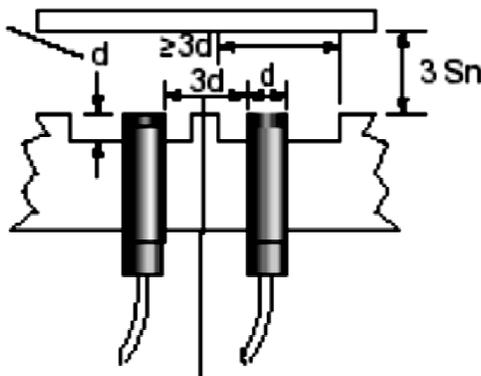
Quando um sensor é montado num painel metálico, um ao lado do outro ou face a face, deve-se garantir distâncias mínimas para evitar interferências de funcionamento destes.



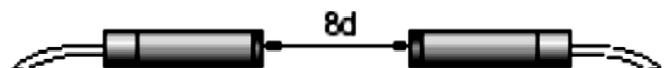
- **Zonas livres na montagem em metal**

No caso de sensores montados em estruturas metálicas deve-se observar para montagem as distâncias mostradas na figura abaixo.

d for capacitive sensors if mounted in plastic. 3d (12, 18mm models) or 1.5d (30, 34mm models) if mounted in metal.



For capacitive sensors, 3d at medium sensitivity to 8d for maximum sensitivity.

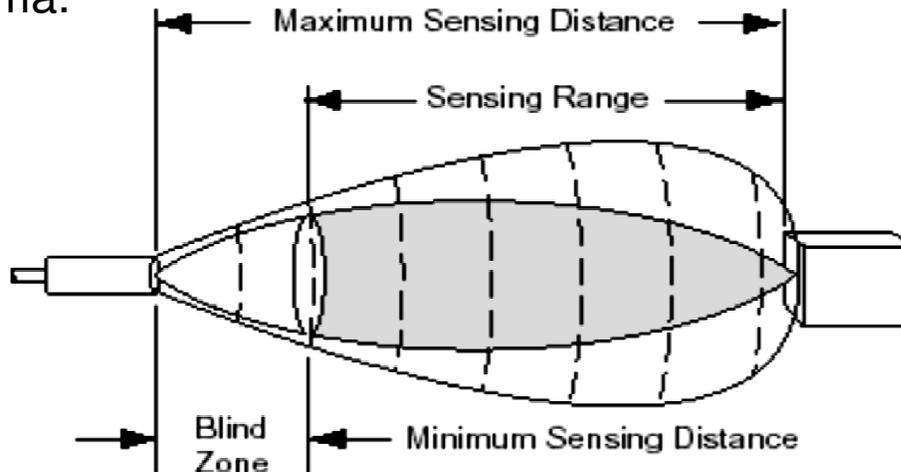


d = diameter or width of active sensing face
Sn = nominal sensing distance

Sensores Ultrassônicos

- **Faixa de detecção**

Área entre a distância limite de detecção máxima e mínima.



- **Distância mínima de detecção**

Os sensores de proximidade ultra-sônicos apresentam uma zona não utilizável perto da face do sensor, chamada zona cega.

Se o feixe, de ultra-som, após ter saído do sensor, bate no alvo e retorna antes do sensor ter completado a transmissão, este é incapaz de receber o eco de forma precisa.

Distância máxima de detecção

O tamanho do alvo e seu material determinam a distância máxima que o sensor é apto para realizar a detecção de um objeto.

Materiais que absorvem pressão sonora são mais difíceis de detectar que materiais acusticamente reflexivos.

Sensores Ultrassônicos

- **Considerações em relação aos alvos**

Alvo

Materiais sólidos, fluidos, grãos e poeirentos podem ser detectados pelos sensores ultra-sônicos. Têxteis, espumas, lã, etc, reduzem as faixas de trabalho.

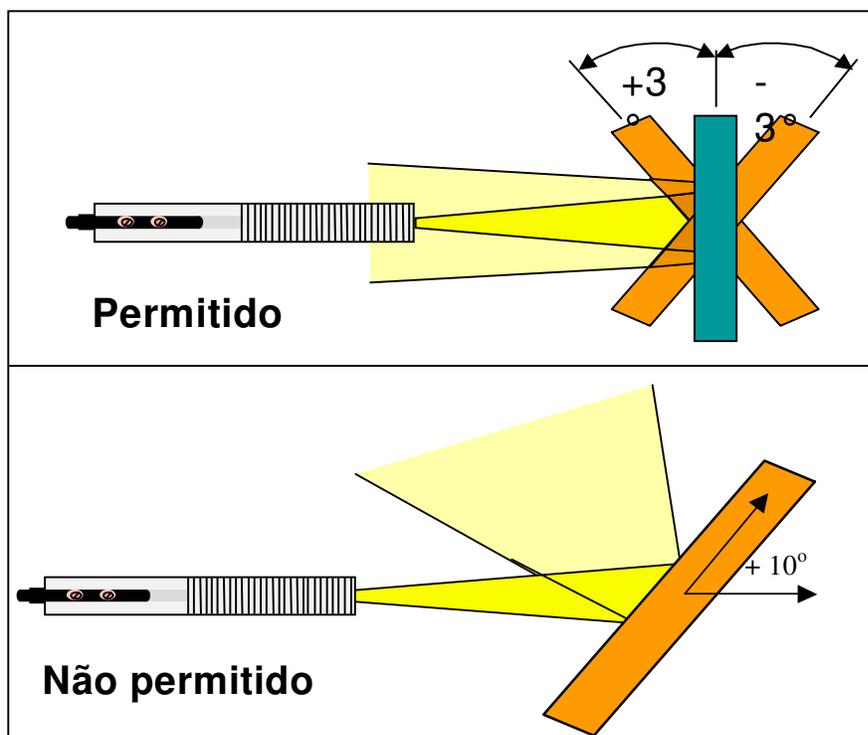
A temperatura do alvo afeta a faixa de detecção, porque superfícies quentes refletem menos que superfícies frias.

A refletividade sonora de superfícies líquidas e a mesma que a de um objeto sólido plano.

Alinhamento correto deve ser uma norma, quando se usam sensores ultra-sônicos.

Sensores Ultrassônicos

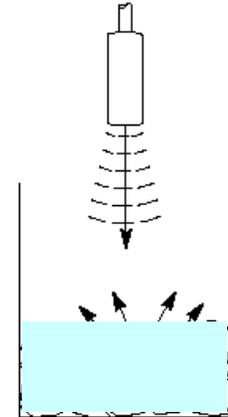
São menos afetados pela superfície dos alvos que os sensores fotoelétricos de luz difusa, porém eles requerem que a face do transdutor esteja perpendicular ao alvo, com um ângulo de incidência, dentro de ± 3 graus, quando o alvo é plano e liso. Se este ângulo atinge mais de 10 graus a detecção não será possível.



Sensores Ultrassônicos

Alvos irregulares requerem menos precisão

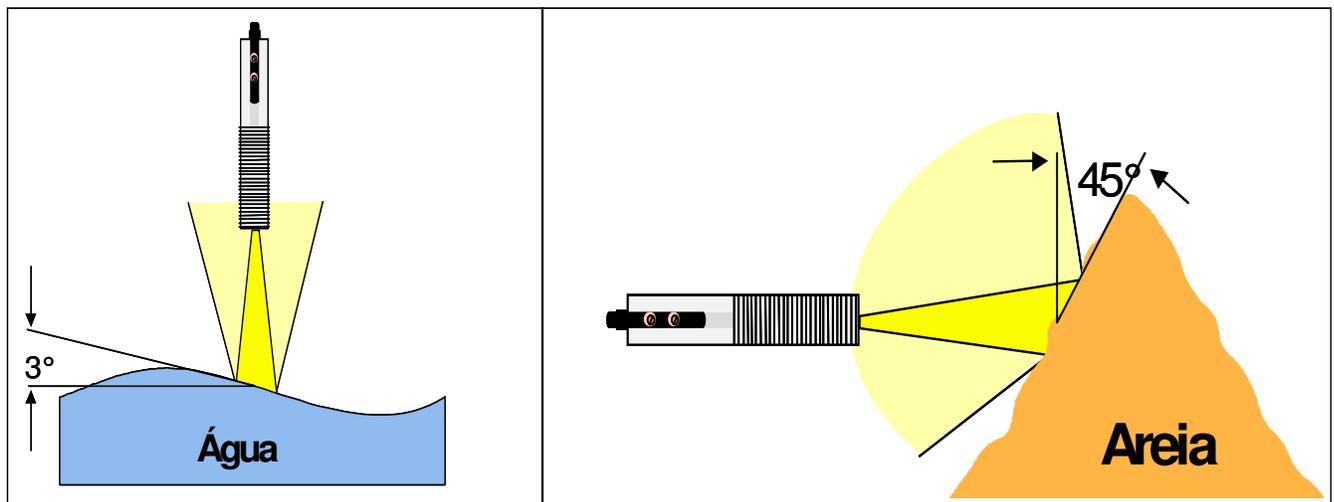
Quando se medem superfícies de forma irregular que espalham o som, o ângulo de incidência do sensor em relação à superfície é menos crítico.



Líquidos e materiais de grão grosso

Líquidos, como a água, estão limitados também a um alinhamento angular de ± 3 graus.

Materiais de grão grosso, como a areia comum, podem apresentar um desvio angular de até 45 graus sem problemas, isto porque o som é refletido num ângulo maior nestes materiais.

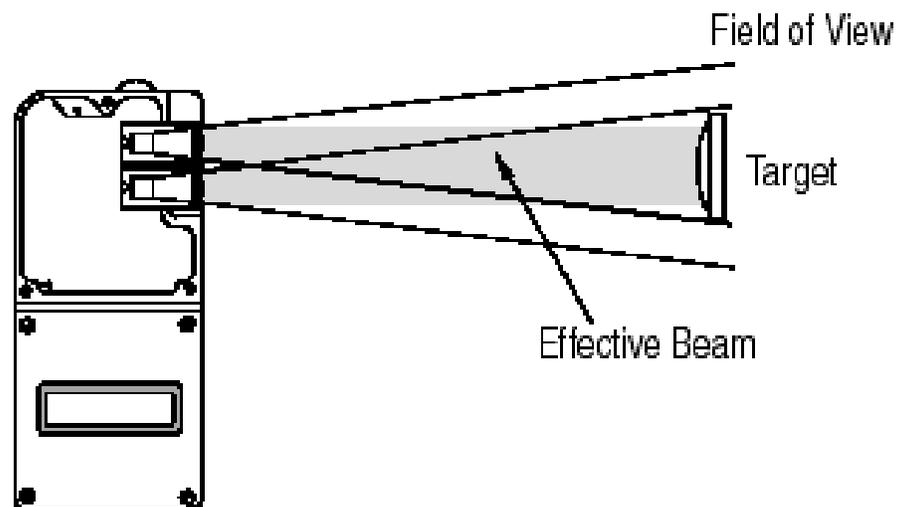


Sensores Fotoelétricos

- **Campo de Visão**

O feixe de luz proveniente da fonte e a área de detecção em frente do receptor, apresentam uma forma cônica, o campo de visão é a medida em graus desta área cônica.

O campo de visão é uma medida útil para determinar a área sensora disponível a uma distância fixa do sensor fotoelétrico.

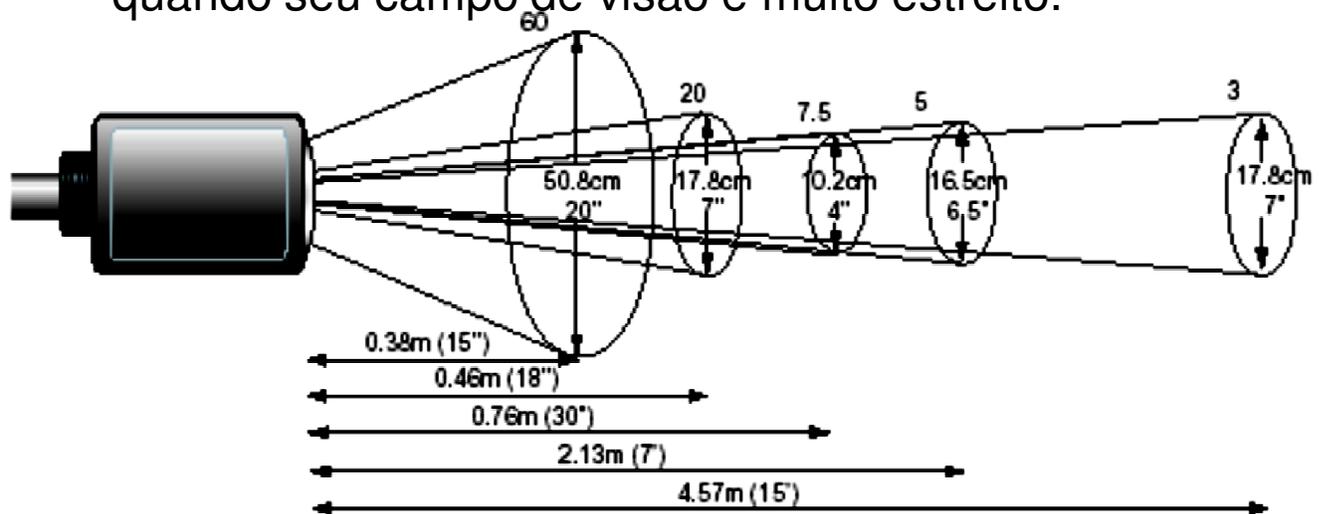


Sensores Fotoelétricos

- Campo de visão Vs. distância operacional**

Alguns sensores fotoelétricos podem ser otimizados para distâncias operacionais longas.

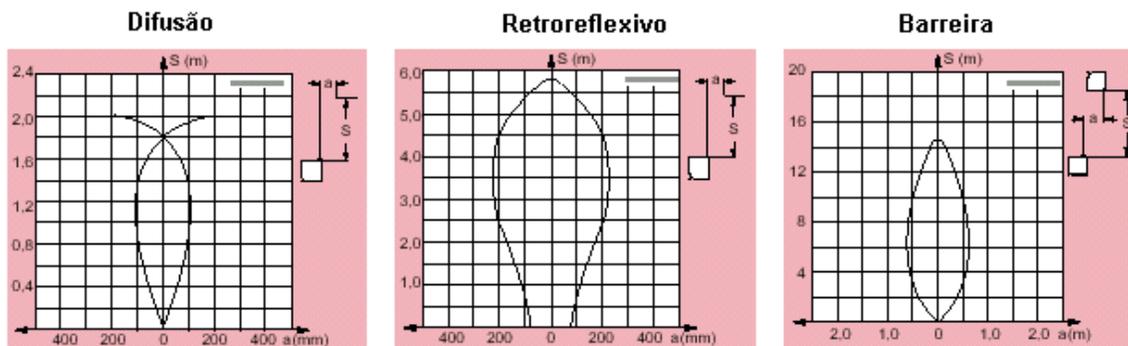
O campo de visão destes sensores é bastante estreito, porem seu alinhamento pode ser dificultado quando seu campo de visão é muito estreito.



- Zonas de Atuação**

Os sensores fotoelétricos apresentam uma zona de atuação.

Esta zona depende do padrão do feixe ótico, da forma de medição e do diâmetro da luz a partir do receptor do emissor.



Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Indutivos**

Vantagens

1. Não são afetados pela umidade
2. Não são afetados pela poeira ou ambientes sujos
3. Não possuem partes móveis e não sofrem desgaste
4. Não dependem da cor do objeto
5. Não são magnéticos, ou seja, não necessitam que a peça a ser detectada possua um ímã.
6. São menos dependentes das superfícies que outras tecnologias
7. Substituí com vantagens as chaves fim-de-curso e micro-chaves, possuem modelos especiais com detecção radial e de sentidos de movimento;
8. Não apresentam zona cega
9. Possuem configuração especial do tipo NAMUR (N), que são destinados a aplicações em áreas classificadas (ambientes explosivos), pois comutam baixa potência, impossibilitando a ocorrência de faiscamento por eventuais falhas no sistema.

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Indutivos**

Desvantagens

1. Somente podem ser usados para alvos metálicos
2. A faixa de operação ou fundo de escala da medida é pequena (alguns mm) quando comparada com outras tecnologias
3. Pode ser muito afetado por campos eletromagnéticos.

Aplicações

1. Detecção de pequenas distâncias, menos que uma polegada.
2. O circuito é usualmente protegido por um encapsulamento de epoxy bastante resistente.
3. Sensores indutivos de proximidade podem detectar metais.
4. As faixas de detecção para metais condutivos são usualmente menores.
5. Esta tecnologia apresenta repetitividade de até: 0.0001 polegada.
6. A faixa de tensão de alimentação destes dispositivos é bastante ampla , tipicamente de 10 até 30 VDC₆₈

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Indutivos**

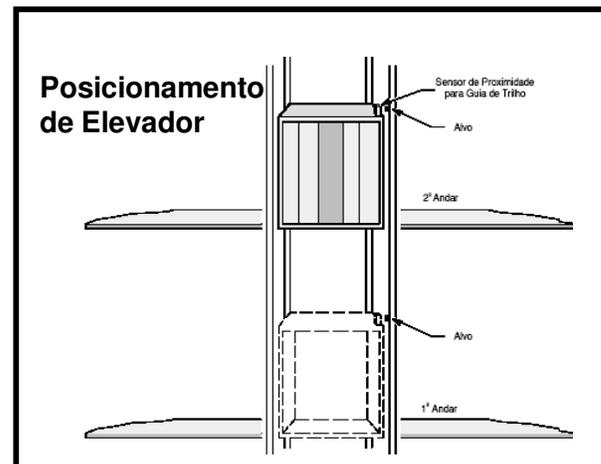
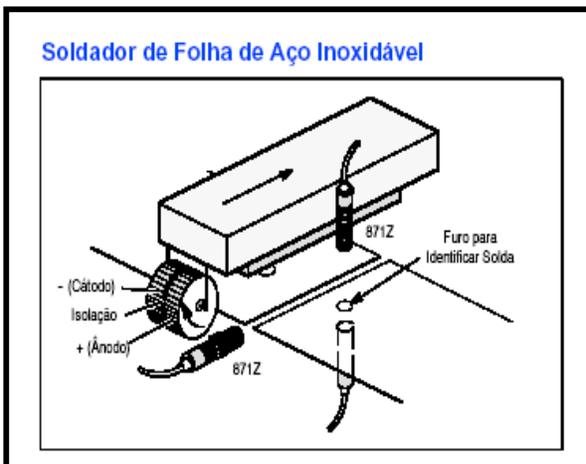
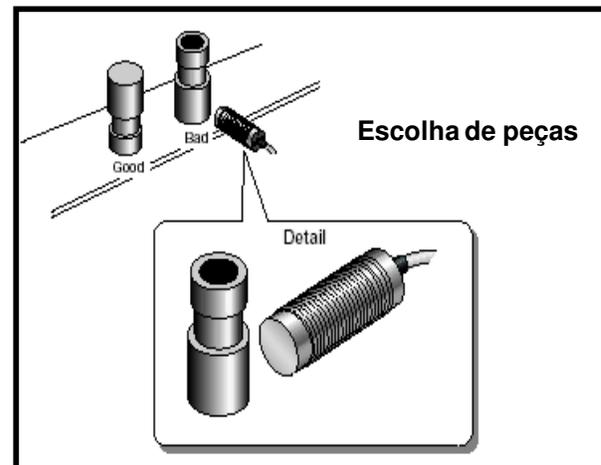
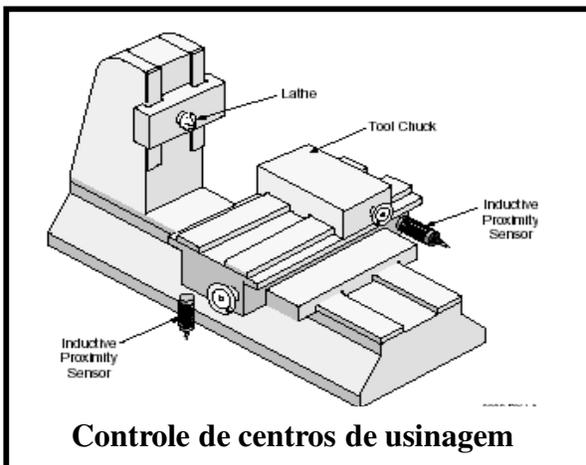
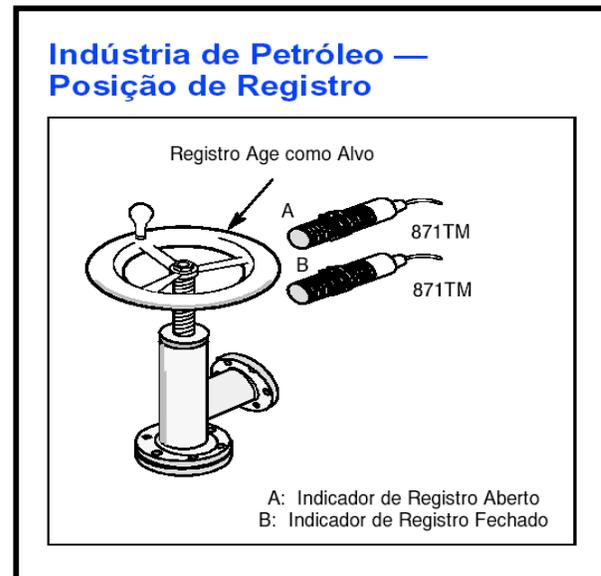
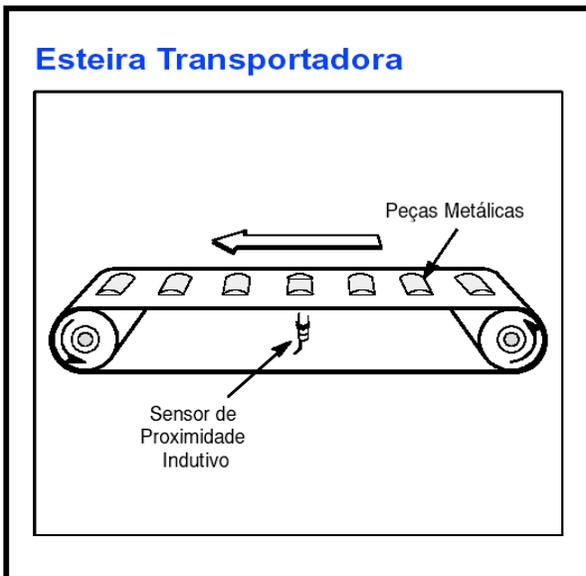
Aplicações

1. A vida elétrica útil destes sensores é longa, a partir de :100,000 horas.
2. Os sensores indutivos com corpo cilíndrico, apresentam grande facilidade para instalação.
3. Estes dispositivos suportam grandes variações e gradientes de temperatura ambiente, tipicamente de :
-40 C até 85 C.
4. Deve-se tomar cuidado com a presença de metais nas cercanias da montagem, para evitar sua influência na medida.
5. Deve-se tomar cuidado com a presença de outros sensores indutivos nas cercanias da montagem, para evitar sua influência na medida e a possibilidade de disparos falsos.

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Indutivos**

Principais tipos de sensores indutivos:



Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Capacitivos**

Vantagens

1. Podem detectar metais e não metais.
2. Podem detectar líquidos e sólidos.
3. Podem realizar o sensoriamento através de certos materiais (como encapsulamentos dos produtos).
4. São dispositivos de estado sólido.
5. Apresentam vida útil longa.
6. Apresentam muitas possibilidades para montagem.

Desvantagens

1. Faixa de trabalho ou fundo de escala, curto1 polegada ou menos.
2. Sua distância de sensoriamento varia de acordo com o material que está sendo monitorado.
3. Muito sensível a fatores ambientais como umidade.
4. Este método não apresenta uma boa seletividade de alvo.

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Capacitivos**

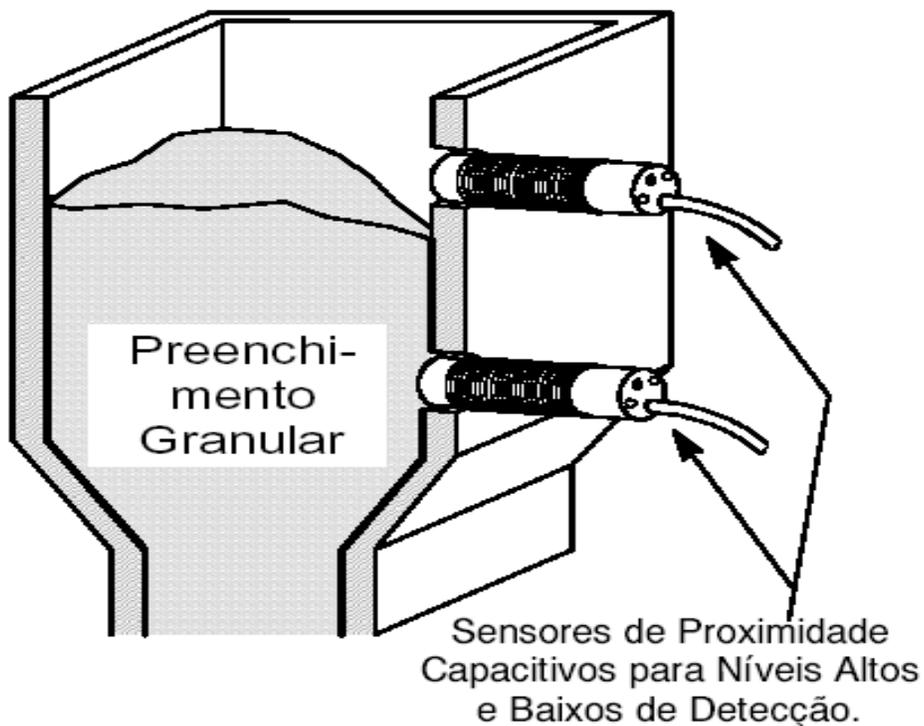
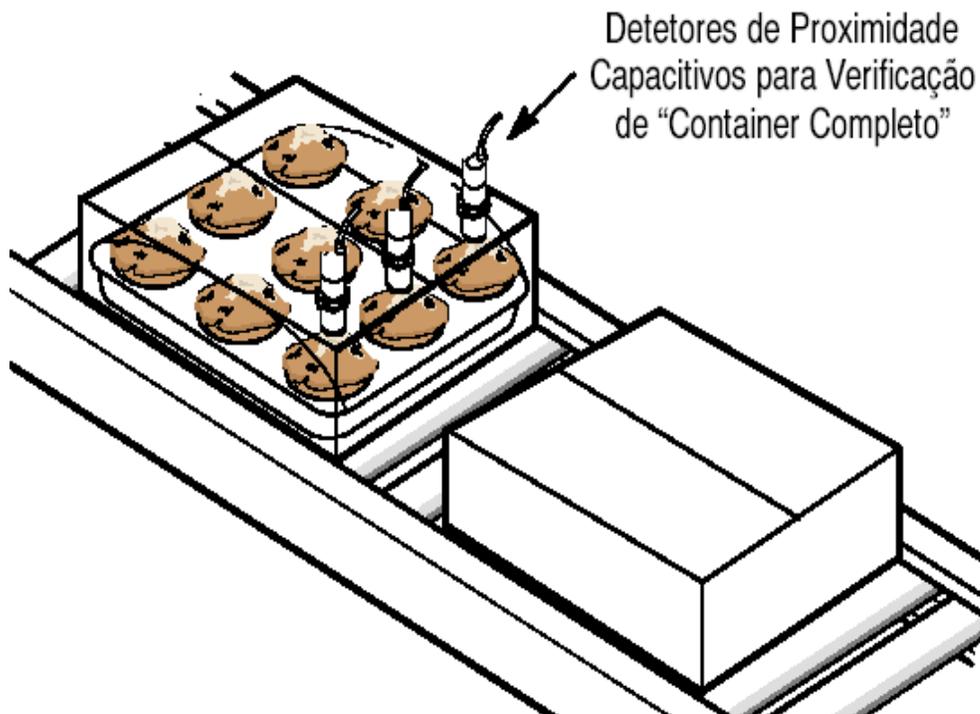
Aplicações

1. Sensoriamento de nível de líquidos
 - Sensoriamento através de visores para monitoração de nível de líquidos.
 - Inserção através de tubos selados em tambores ou tanques para detecção de materiais químicos ou soluções aquosas.
2. Linhas de enchimento de produtos
 - Aplicações de engarrafamento.
 - Verificação de recipientes para garantir que um número determinado de produtos se encontra alojado.
 - Verificação de níveis de materiais, como cereais em caixas de papelão
3. Detecção de objetos plásticos
 - Plásticos em pacotes, como bicos em caixa de suco ou detergente
 - Materiais plásticos dentro de um recipiente
4. Detecção de pallets para manuseio de materiais
5. Detecção de produtos com formas irregulares

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Capacitivos**

Principais tipos de sensores indutivos:



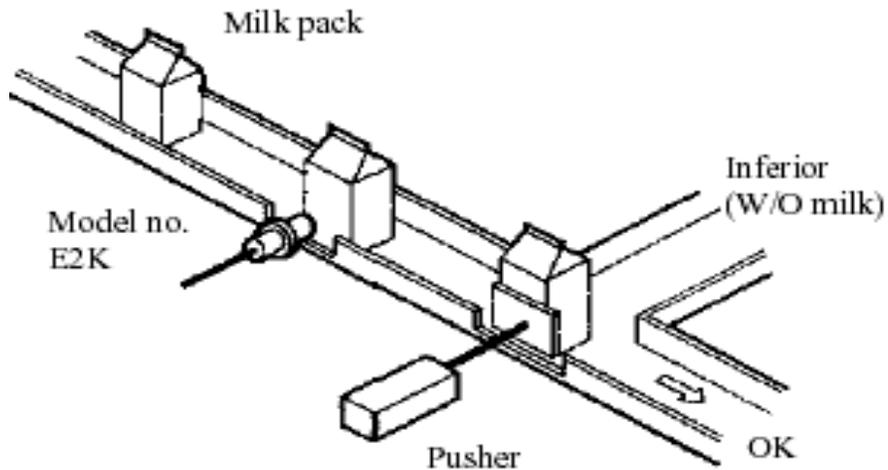
Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Capacitivos**

Principais tipos de sensores indutivos:

Poured milk inside a paper package

Detect existence of milk in an opaque paper package.



**Sensoriamento
através do
encapsulamento**



Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Ultra-sônicos**

Vantagens

1. Para detecção de objetos à distância determinada de até 15 metros.
2. Pode ser usado como sensor de proximidade com supressão de fundo como barreira de reflexão com saída da distância de objeto de forma digital ou analógica
3. Funcionamento constante sem manutenção
4. Não depende da cor da superfície ou da refletividade óptica do objeto, pode monitorar objetos transparentes, plásticos ou metálicos sem ajustes.
5. Os sensores com saídas ON/OFF apresentam uma excelente repetitividade e precisão.
6. A resposta dos sensores de proximidade ultra-sônicos é linear com a distância, isto quer dizer que pode fornecer sinais analógicos também.
7. Devido à sua saída analógica é possível monitorar visualmente a localização do alvo, isto faz desta técnica a mais indicada para monitoração de nível e movimentos lineares.

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Ultra-sônicos**

Desvantagens

1. Devem ser orientados de forma perpendicular ao alvo, especialmente para superfícies planas ou ásperas, para obter energia suficiente de eco.
2. Para medida confiável a superfície do alvo deve apresentar uma área mínima, a qual é especificada para cada sensor.
3. Apesar desta técnica ter uma imunidade muito boa em relação ao ruído de fundo, apresenta uma probabilidade de responder de forma falsa a assobios de equipamentos pneumáticos ou válvulas de segurança.
4. Nos sensores de proximidade, resposta dinâmica destes sensores é relativamente lenta , perto de 0,1s. Em muitos casos esta característica não representa uma desvantagem. Os sensores ultra-sônicos com transmissão de feixe, apresentam uma resposta dinâmica muito mais rápida da ordem de 0.002 ou 0.003 s.
5. Apresentam uma distância mínima de detecção, e, uma zona morta perto da face do sensor.

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Ultra-sônicos**

Desvantagens

1. Mudanças do meio ambiente como de temperatura, umidade, turbulência do ar ou partículas no ar, afetam a resposta destes dispositivos.
2. Alvos de baixa densidade, como espumas na superfície de líquidos e tecidos, tendem a absorver a energia sonora, estes materiais dificultarão a monitoração em fundos de escala grandes. Superfícies lisas refletem a energia sonora de forma mais eficiente que superfícies ásperas, porém, o ângulo de incidência do feixe é mais crítico que a rugosidade da superfície.
3. Dispositivos ultra-sônicos não operam em vácuo ou aplicações de alta pressão

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Ultra-sônicos**

Aplicações

1. Detecção de altura e presença de peças
2. Monitoração de espessura de peças
3. Controle de nível de líquidos ou grãos
4. Detecção de objetos transparentes
5. Sensores de continuidade
6. Controle de Loop
7. Monitoramento de rupturas de cabos e cordas

Comparação entre os métodos ultra-sônico e ótico

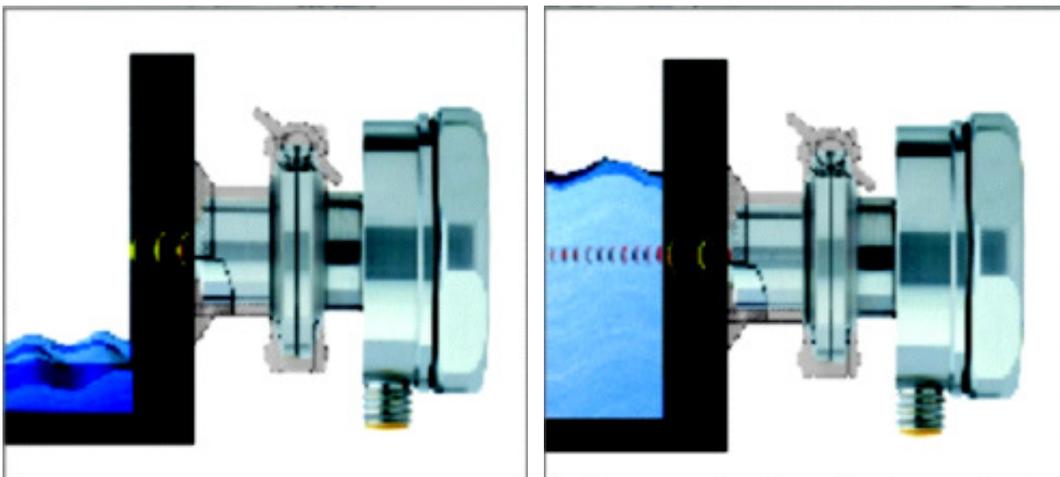
Ultrasônico	Ótico
Ponto de operação independente da superfície de materiais, cor, intensidade de luz e contrastes óticos	Ponto de operação dependente da superfície de materiais, cor, intensidade de luz e contrastes óticos
Insensível a poluição, por isso não necessita manutenção	Sensível a poluição, por isso necessita manutenção
Exatidão > 1 mm	Exatidão > 0,25 mm
Freqüência 8 Hz	Freqüência 1000 Hz
Sensível a turbulências atmosféricas e temperatura	Insensível a turbulências atmosféricas e temperatura

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Ultra-sônicos**

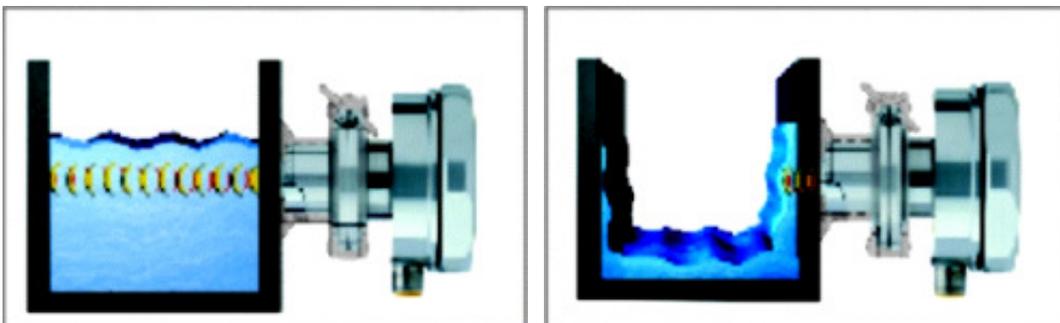
Modo Reverberação

Avalia o pulso quando ele ressoa na parede do container. Caso não exista líquido, o pulso volta quando atinge a parte interna da parede. Se existe líquido, o pulso se enfraquecerá.



Modo Eco

Avalia o pulso ultrassônico quando ele passa através do líquido e ecoa do lado oposto do container.



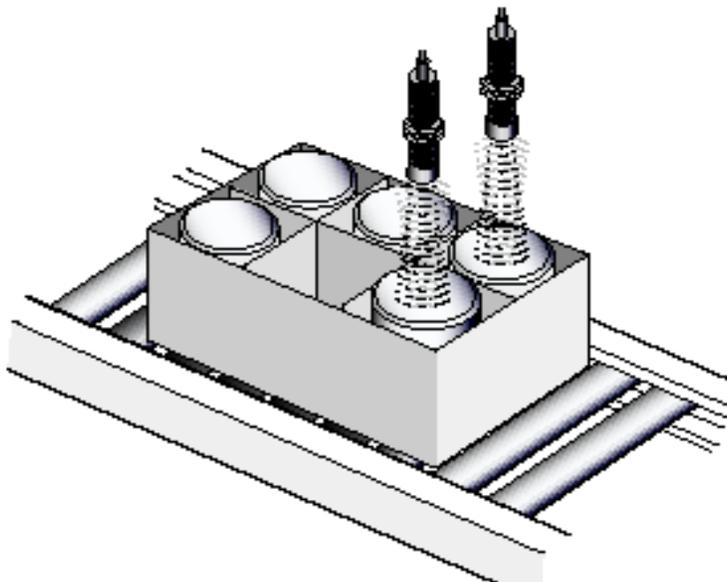
Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Ultra-sônicos**

Modos de Operação Recomendados

Aplicação	Reverberação	Eco
Líquidos contaminados com sólidos	Yes	No
Líquidos que deixam uma película na parede do container	No	Yes
Líquido com dispositivos internos de agitação	Yes	No
Containers com película interna	No	Yes
Containers de grandes dimensões	Yes	No
Líquido aerado	Yes	No

Algumas aplicações de sensores ultra-sônicos

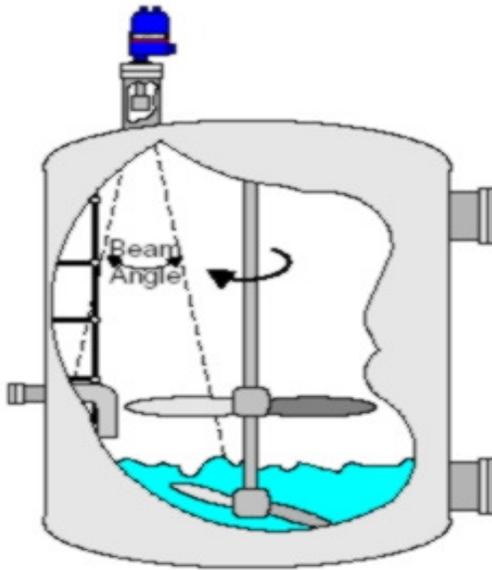


**Deteccão de
presença de
peças**

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

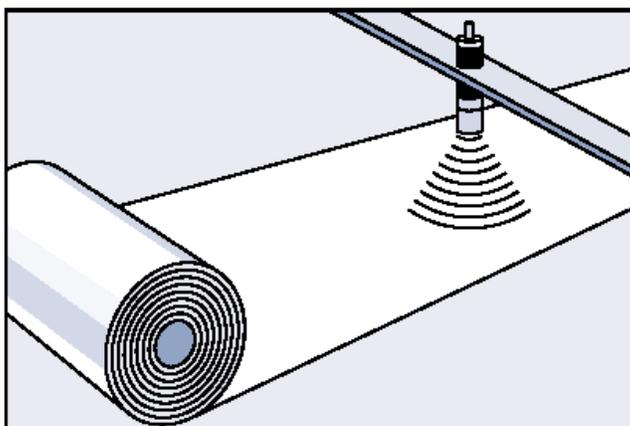
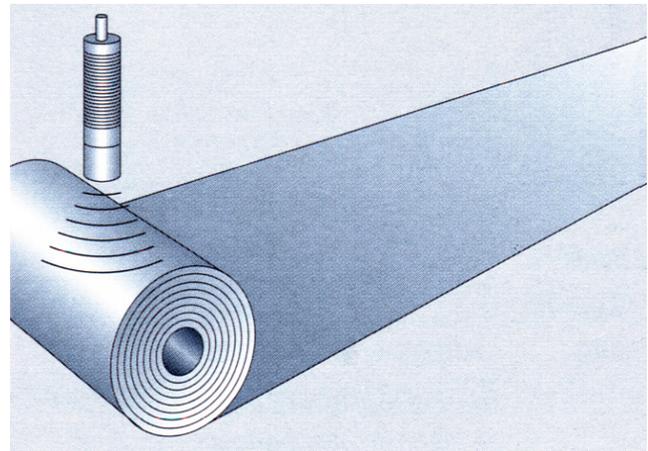
- **Sensores Ultra-sônicos**

Algumas aplicações de sensores ultra-sônicos



**Deteção do nível
de líquidos em
recipientes**

**Medição do
diâmetro do rolo
de papéis, plástico
ou produtos
têxteis**



**Medição de
alturas de tábuas
de madeira, vidro,
plástico, bóias de
metal, etc ...**

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Óticos ou Fotoelétricos**

Vantagens Genéricas

1. Longa distância: a detecção é realizada sem contato, assim o objeto não é afetado pela medida.
2. Sem limitação do objeto a ser detectado: a detecção é realizada pela reflexão da superfície, penetração da luz.
3. Resposta rápida.
4. Resolução elevada: o comportamento da luz é linear e os comprimentos de onda são curtos, de forma que apresentam resolução elevada. São dispositivos adequados para detecção de pequenos objetos com muita precisão.
5. Área de detecção visível: luz pode ser condensada, difundida, refratada, etc fornecendo a possibilidade de dimensionar a área de medição.
6. Fibras óticas: luz pode ser enviada ou recebida através de fibras óticas. Estas podem ser instaladas em lugares onde existe limitação de espaço ou são perigosos.
7. Não apresentam influência magnética.

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Óticos ou Fotoelétricos**

Desvantagens Genéricas

1. São dispositivos vulneráveis a óleo e poeira fixada nas lentes.
2. Podem ser susceptíveis à luz ambiente: feixes fortes ou intensos como réstias de sol, podem causar problemas ou defeitos aos sensores.
3. Ponto de operação dos sensores óticos depende da superfície, cor, intensidade de luz e contrastes óticos dos materiais.

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Óticos ou Fotoelétricos**

Aplicações, vantagens e desvantagens

Feixe transmitido

Aplicação	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • De uso geral • Contagem de objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta margem de operação para ambientes contaminados • Maiores fundos de escala • Não afetado por reflexões secundárias • Mais confiável com objetos com alta refletividade 	<ul style="list-style-type: none"> • Mais caro, devido a que transmissor e receptor estão separados • O alinhamento é fundamental na medida • Evitar objetos transparentes • Manutenção periódica

Reflexão total

Aplicação	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • De uso geral • Fundos de escala restrito 	<ul style="list-style-type: none"> • Mais barato que o modo de feixe transmitido • Fácil alinhamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Distâncias menores que o modo de feixe transmitido • Menor margem de operação que o modo de feixe transmitido • Pode detectar reflexões de objetos brilhantes

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Sensores Óticos ou Fotoelétricos**

Aplicações, vantagens e desvantagens

Reflexão total polarizado

Aplicação	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • De uso geral para detecção de objetos brilhantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Ignora a primeira reflexão da superfície. • Utiliza luz visível (vermelho) para fácil alinhamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Distâncias menores que o modo de reflexão total • Pode ser sensível a reflexões secundárias

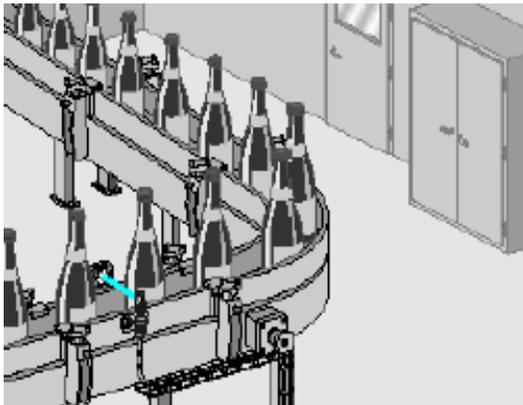
Luz difusa

Aplicação	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicações onde os dois lados do objeto não são acessíveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso aos dois lados do objeto não necessário • Não requer refletor • Fácil de alinhar 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentam dificuldade de aplicação quando o fundo do objeto é refletivo ou está muito perto deste

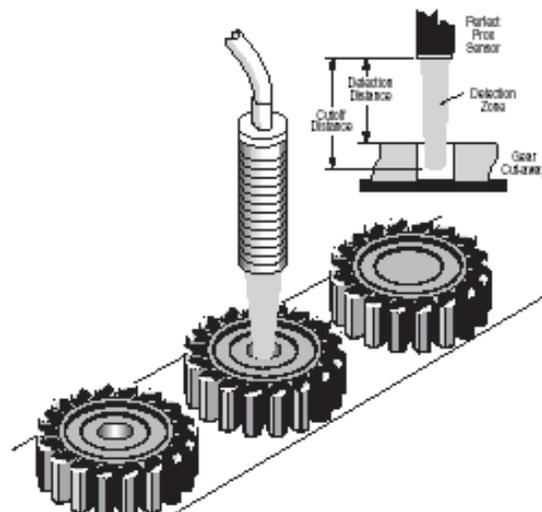
Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- Sensores Óticos ou Fotoelétricos

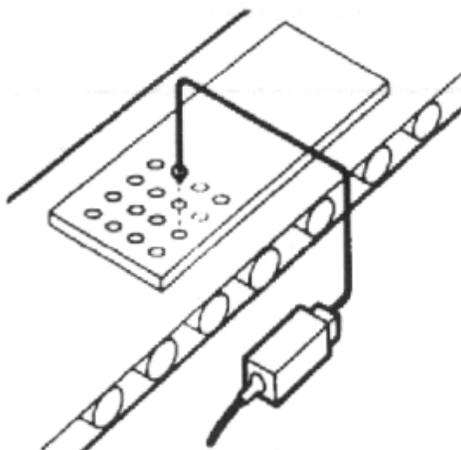
Exemplos de Aplicações



Linhas de montagem



Verificação em lugares de difícil acesso



Monitoração de pequenos orifícios

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Chaves de Contato ou Fim-de-curso**

Vantagens

1. Facilidade de uso
2. Operação simples e visível
3. Encapsulamento robusto e durável
4. Pode ser selado para aumento de confiabilidade e utilização em ambientes classificados
5. Resistência elevada às condições ambientais encontradas na indústria
6. Repetitividade elevada

Vantagens Elétricas

1. Adequados pra chaveamento de cargas de alta potência (5A em 24V DC ou 10A em 120V AC tipicamente)
2. Imunidade a ruído de interferência elétrica
3. Imunidade a ruído de interferência eletromagnético (walkie-talkies)
4. Não apresenta corrente de vazamento
5. Quedas de tensão muito baixas
6. Operação com contatos NA ou NF

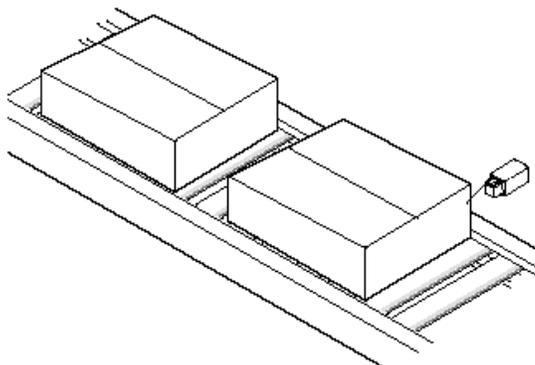
Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Chaves de Contato ou Fim-de-curso**

Desvantagens

1. Vida de contatos curta, quando comparado com chaves de estado sólido
2. As partes mecânicas móveis sofrem desgaste e tem uma vida útil limitada
3. Muitas das aplicações exigem formas de sensoriamento de não contato

Exemplos de Aplicações



**Contagem e
detecção de peças**

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

- **Encoders**

Encoders Incrementais

Vantagens

- Apresentam saída digital
- Podem monitorar posição linear ou angular
- Monitoram o sentido do movimento
- Fornecem pulsos de referência
- Possuem saídas compatíveis com as interfaces de controle

Aplicações



Controle de motores



Controle de guindastes

Vantagens, Desvantagens e Aplicações Típicas dos Sensores Discretos

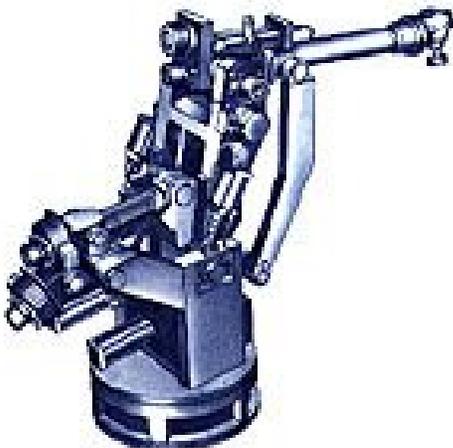
- **Encoders**

Encoders Absolutos

Vantagens

- Apresentam memória não volátil
- Flexibilidade na programação da sua resolução
- Segurança e resposta imediata
- Imunidade a ruído elétrico
- Transmissão da informação a longa distância em forma digital
- Uma ou múltiplas voltas codificadas

Aplicações



**Robótica,
posicionamento de
precisão**



**Controle de válvulas
industriais**

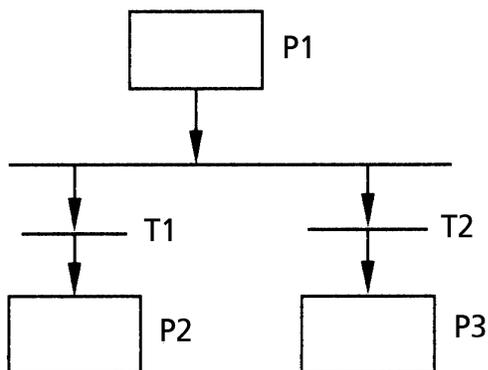
Linguagens de Programação

Linguagem de Programação de CLP's

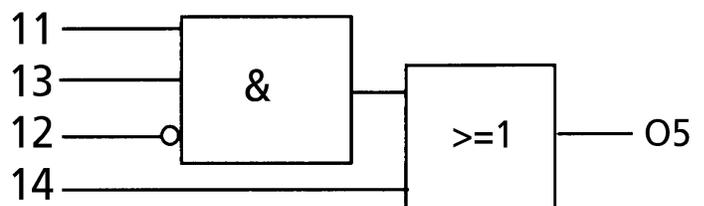
Classes	Linguagens
Tabulares	Tabela de Decisão
Textuais	IL (Instruction List)
	ST (Structured Text)
Gráficas	LD (Ladder Diagram)
	FBD (Function Block Diagram)
	SFC (Sequential Flow Chart)

Classificação das Linguagens de Programação, conforme
IEC-1131-3"1131-1"

Linguagens Gráficas



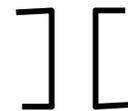
Exemplo de
representação SFC



Exemplo de *Function Block
Diagram*

Instruções para Diagrama Ladder

Contato Normalmente Aberto



Contato Normalmente Fechado



Energiza bobina sem retenção



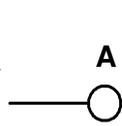
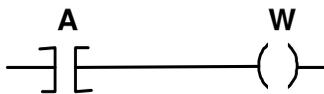
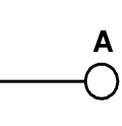
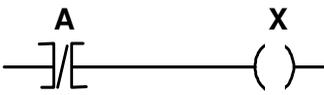
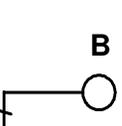
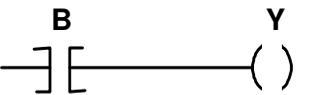
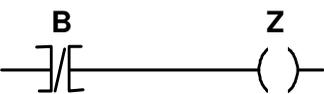
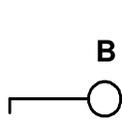
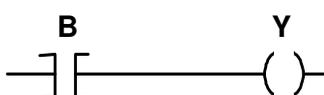
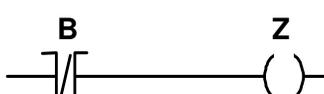
Energiza bobina com retenção (Set)



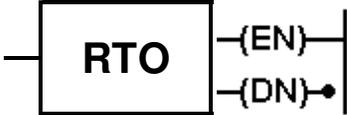
Desenergiza bobina com retenção (Reset)



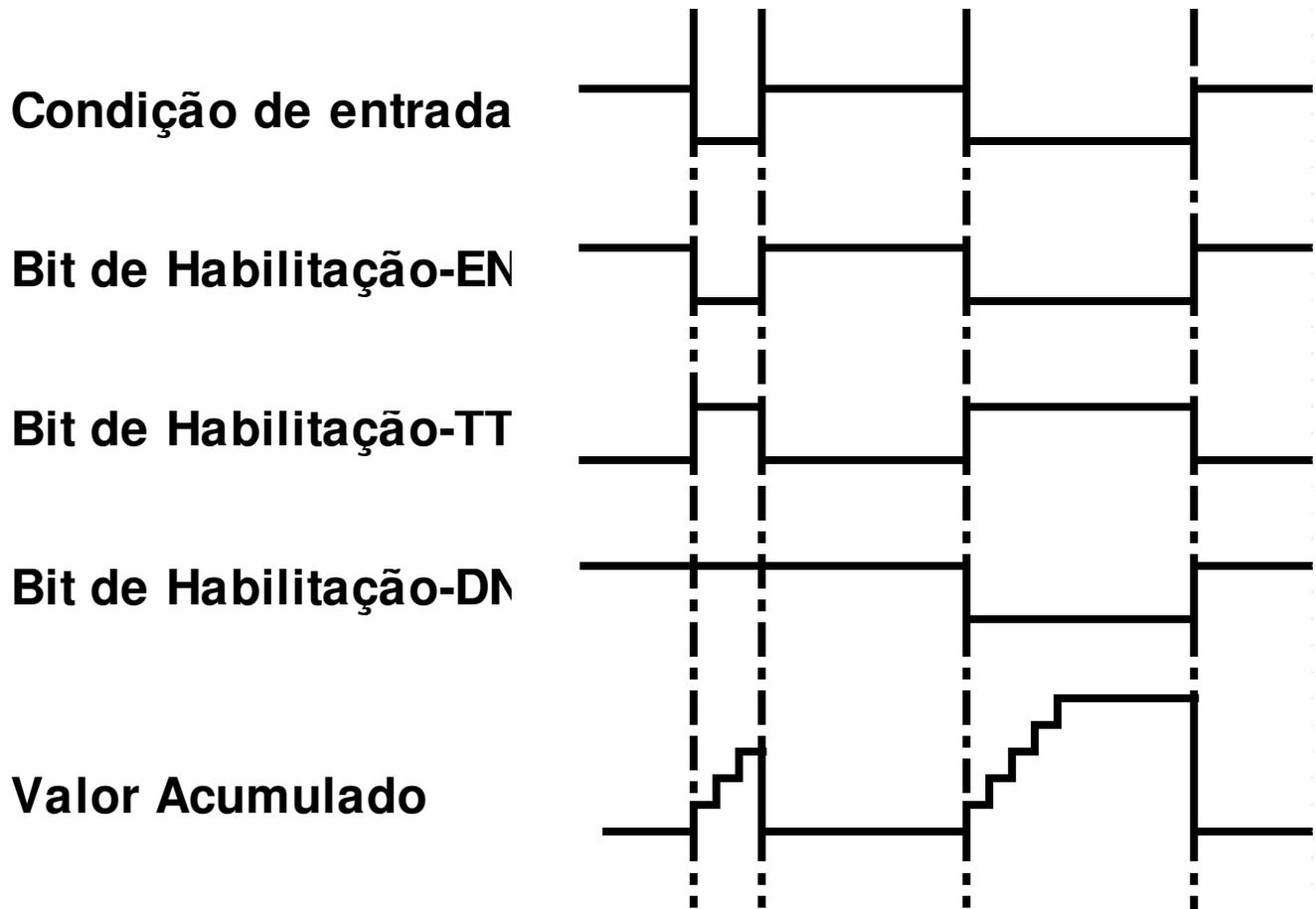
Instruções e representações básicas

Dispositivo de Entrada	Terminal de entrada no CLP	Programa Ladder	Terminal de saída no CLP	Estado de saída
Botão NA Não Ativado			O/5	OFF
			O/5	ON
Botão NA Ativado			O/5	ON
			O/5	OFF
Botão NF Não Ativado			O/5	ON
			O/5	OFF
Botão NF Ativado			O/5	OFF
			O/5	ON

Instruções de Temporizador

Instrução	Representação
<p>Temporizador na Energização Quando a linha é verdadeira, o temporizador começa a incrementar o valor acumulado segundo a base de tempo. Quando a linha é falsa, o temporizador reseta o valor acumulado.</p>	
<p>Temporizador na Desenergização Quando a linha é falsa, o temporizador começa a incrementar o valor acumulado segundo a base de tempo. Quando a linha é verdadeira, o temporizador reseta o valor acumulado.</p>	
<p>Temporizador Retentivo Quando a linha é verdadeira, o temporizador começa a incrementar o valor acumulado segundo a base de tempo. Quando a linha é falsa, o valor acumulado é retido. Ele é resetado pela instrução RTR</p>	
<p>Rearme do Temporizador Retentivo Quando a linha é verdadeira, o valor acumulado é resetado.</p>	

Instruções de Temporizador





EPUSP

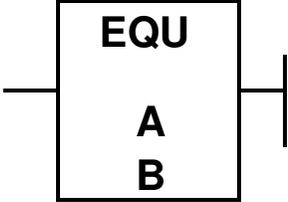
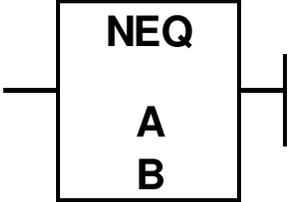
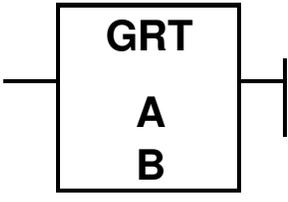
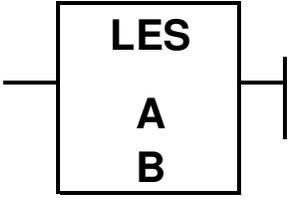
Instruções de Controlador

Instrução	Representação
Contador Crescente Toda vez que a linha passar a verdadeira, o valor acumulado será incrementado de uma unidade. O valor acumulado pode ser resetado pela instrução CTR	
Contador Decrescente Toda vez que a linha passar a verdadeira, o valor acumulado será reduzido de uma unidade.	
Rearme do Contador Quando a linha for verdadeira, o valor acumulado será resetado para zero.	

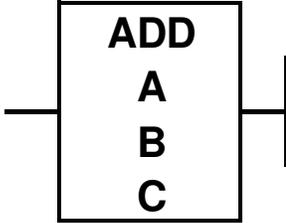
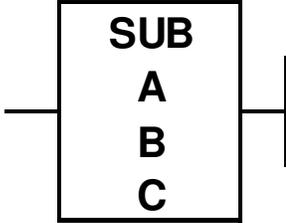
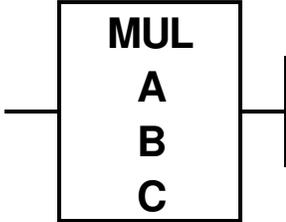
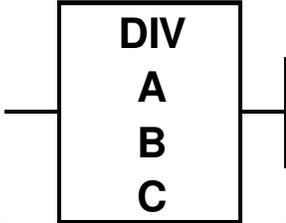
Instruções de Movimentação

Instrução	Representação
Mover Quando a linha for habilitada, será transferido o conteúdo do endereço A para o endereço B	
Apagar Quando a linha for habilitada, serão serados os dados referentes ao endereço A.	

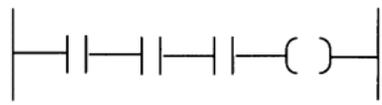
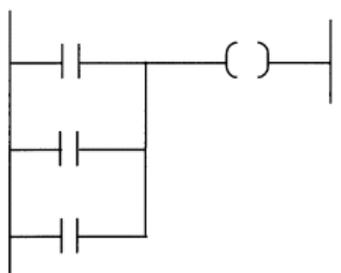
Instruções de Comparação

Instrução	Representação
<p>Igualdade</p> <p>Haverá habilitação da linha se o valor contido em A for igual ao valor contido em B</p>	
<p>Desigualdade</p> <p>Haverá habilitação da linha se o valor contido em A for diferente do valor contido em B</p>	
<p>Maior que</p> <p>Haverá habilitação da linha se o valor contido em A for maior que o valor contido em B</p>	
<p>Menor que</p> <p>Haverá habilitação da linha se o valor contido em A for menor que o valor contido em B</p>	

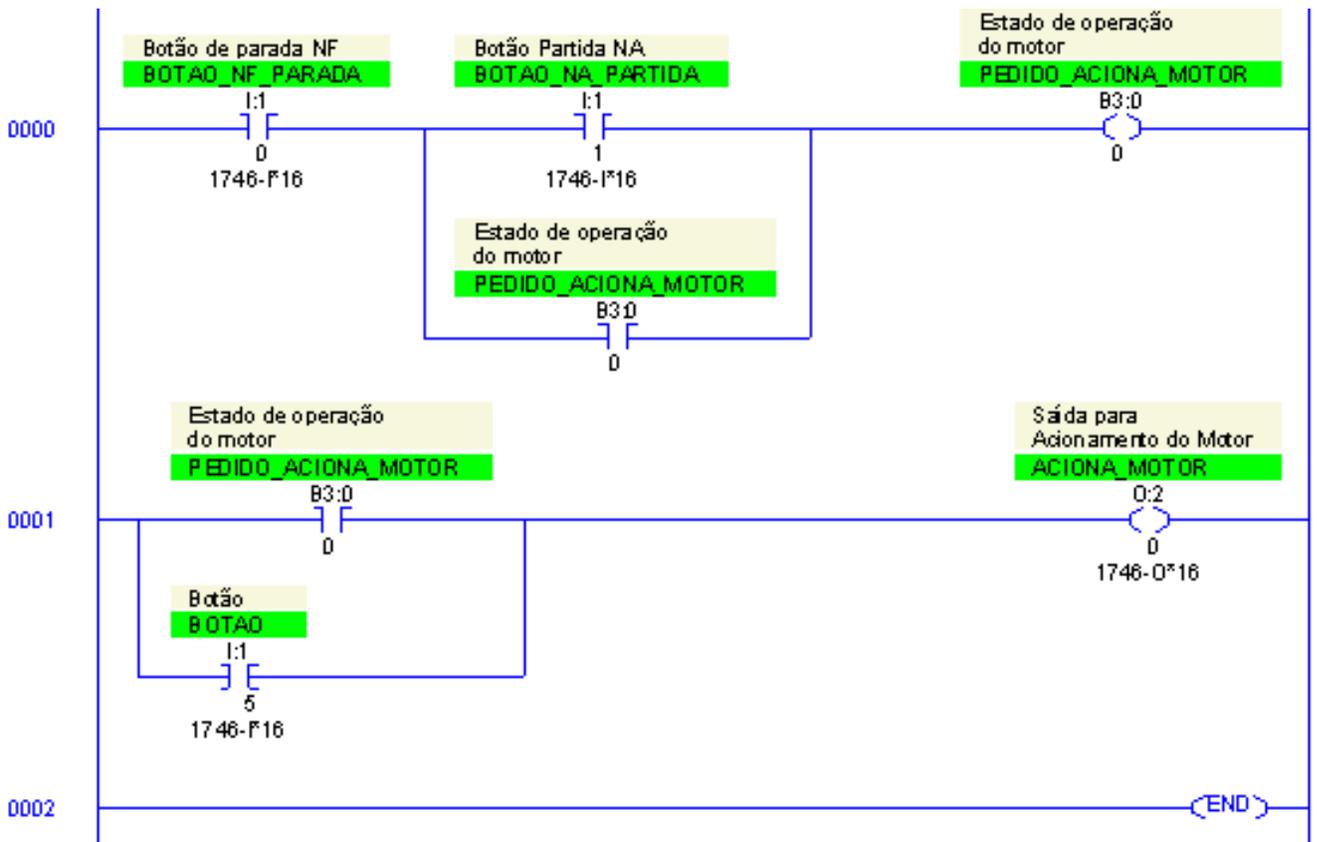
Operações Algébricas

Instrução	Representação
<p>Soma</p> <p>Quando a linha é verdadeira, os dados do endereço A são adicionados aos do endereço B e o resultado colocado em C</p>	
<p>Subtração</p> <p>Quando a linha é verdadeira, os dados do endereço B são subtraídos do endereço A e o resultado colocado em C</p>	
<p>Multiplicação</p> <p>Quando a linha é verdadeira, os dados do endereço A são multiplicados pelos do endereço B e o resultado colocado em C</p>	
<p>Divisão</p> <p>Quando a linha é verdadeira, os dados do endereço A são divididos pelos do endereço B e o resultado colocado em C</p>	

Operações Lógicas

Instrução	Representação
<p>E A linha torna-se verdadeira quando todos contatos estiverem ativados</p>	
<p>OU A linha torna-se verdadeira quando pelo menos um dos contatos ficar ativado</p>	

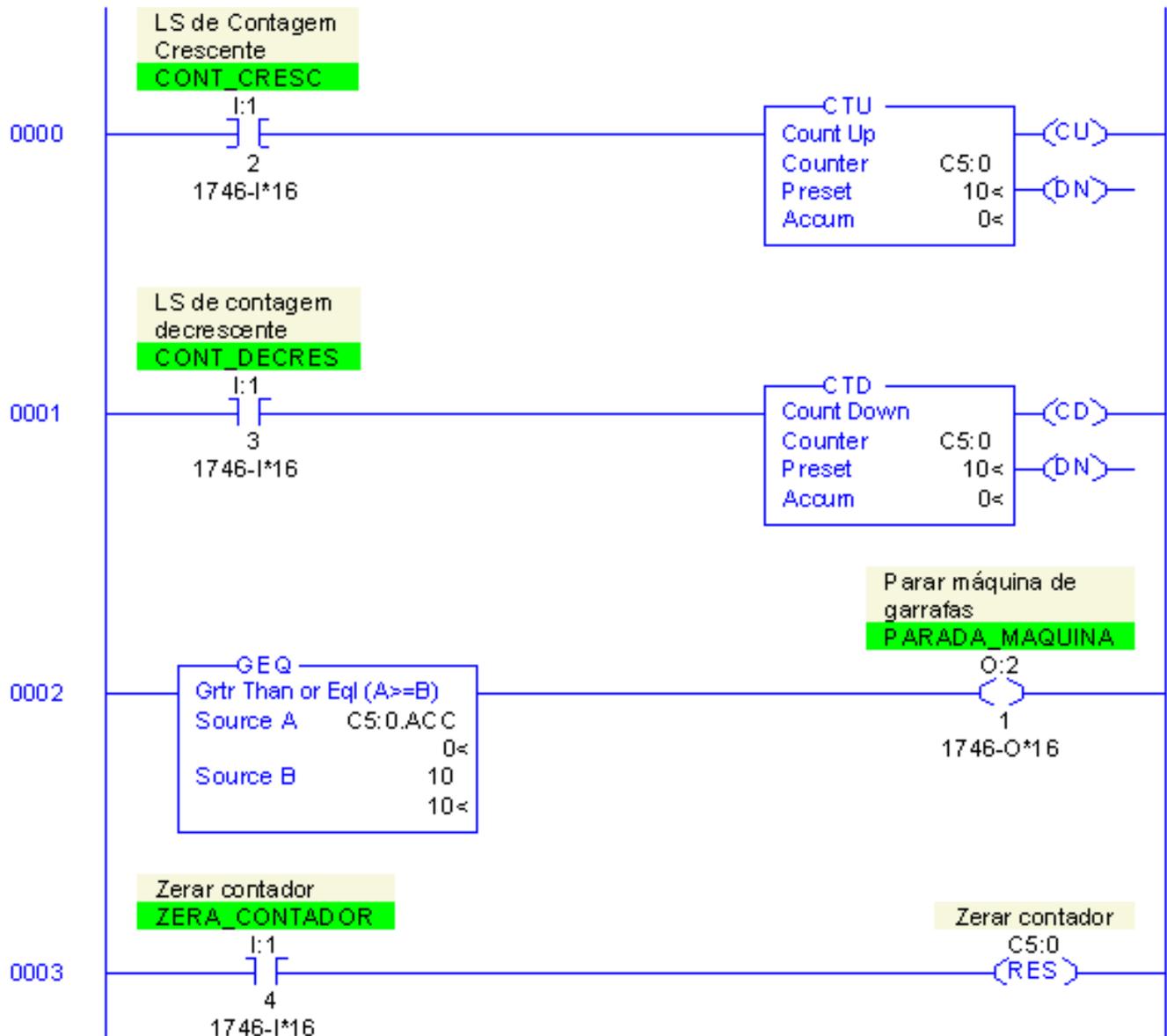
Partida/Parada com Impulso/JOG





EPUSP

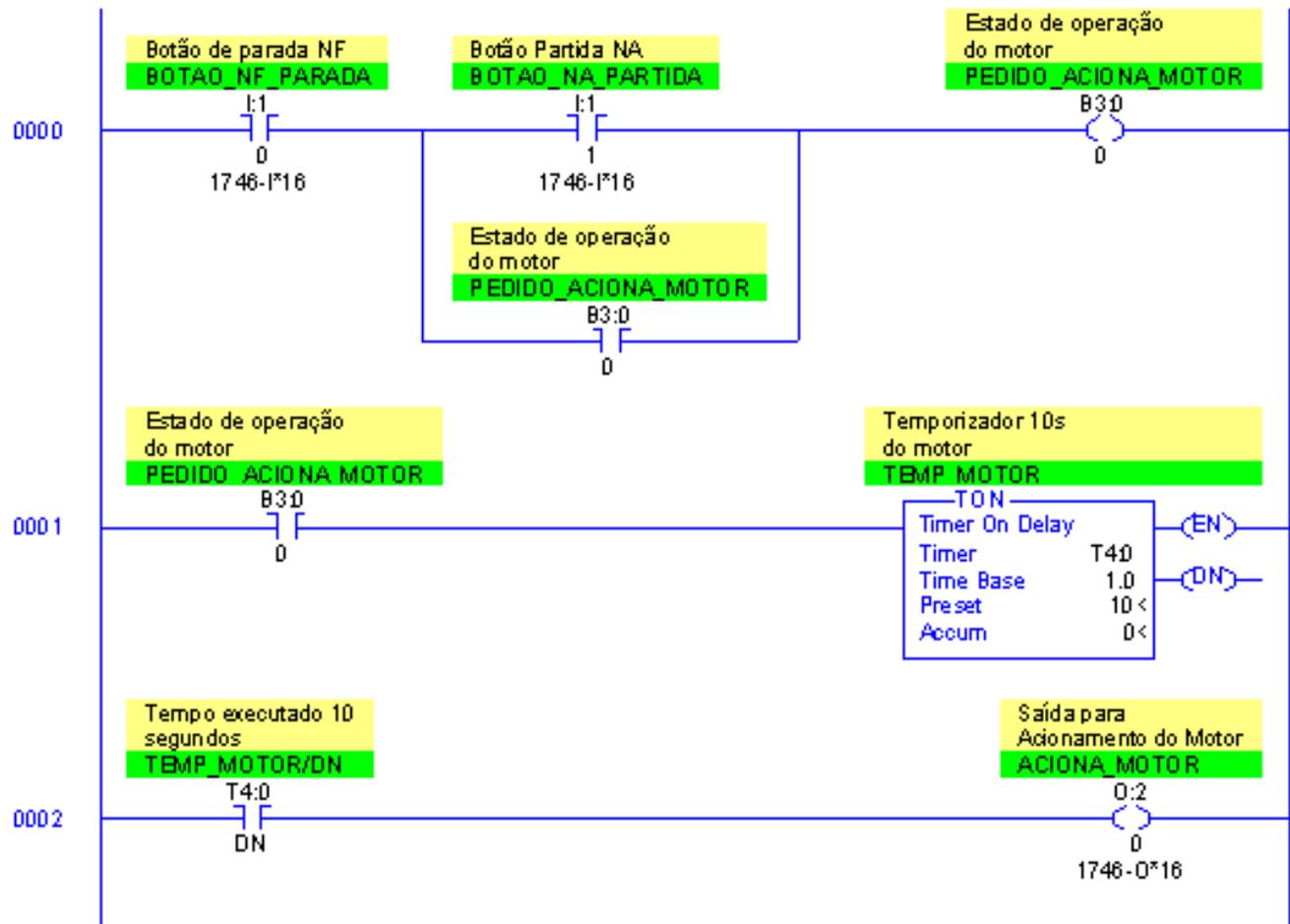
Contagem Crescente/Decrescente



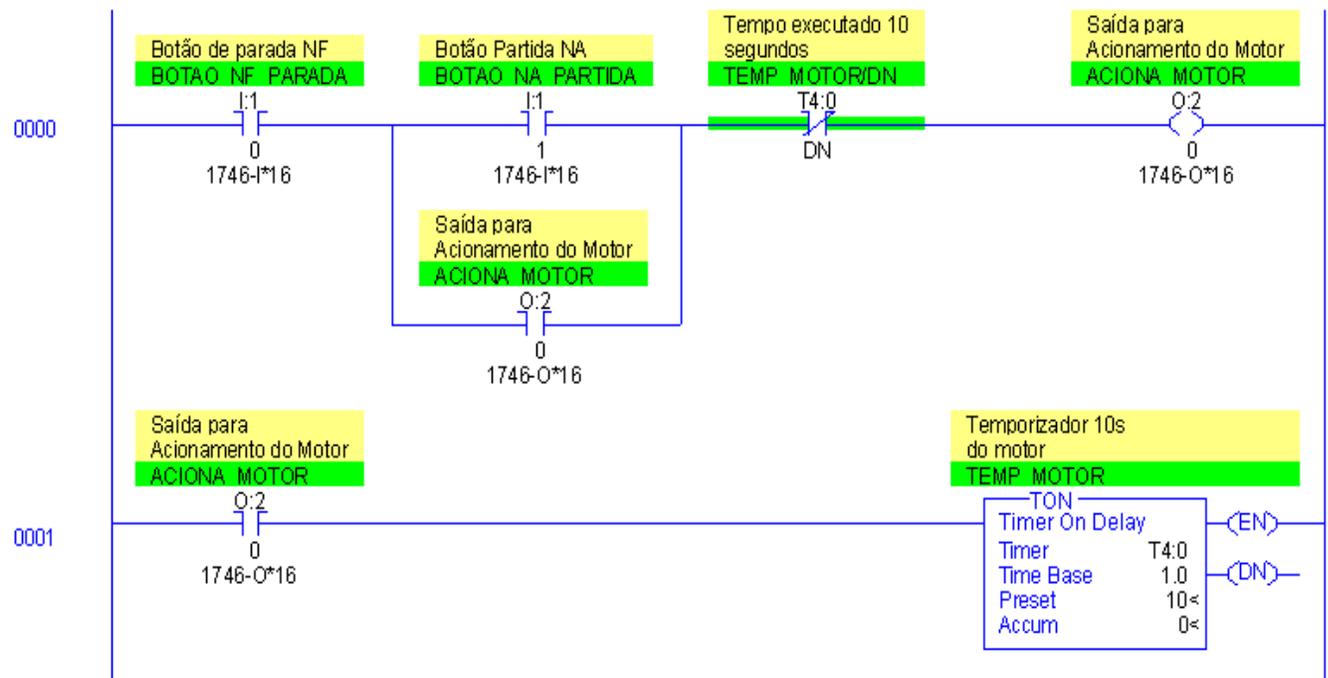


EPUSP

Temporizador na Energização



Temporizador na Desenergização



Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Apresentação do Problema

Descrição do processo de automação a ser implementado

Esclarecimentos e Análise

Lista de E/S
Detalhamento e melhorias do processo

Algoritmo

Descrição passo a passo do processo de automação

Representação Gráfica

Fluxograma analítico de processo

Esquema Funcional

Diagrama de blocos

Circuitos de Comando

Diagrama Ladder /
Esquemático

Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Exemplo 1: Semáforo Duplo

Apresentação do Problema

Fazer o programa em ladder que controle o tráfego de veículos em uma rua.

Esclarecimentos e Análise

Verde

Amarelo

Vermelho



Vermelho

Verde

Amarelo



Lista de I/O

Entrada

B3:1/0 L Botão Liga

B3:1/1 L Botão Desliga

Saídas

B3:0/0 VERM_01 Acionamento Lâmpada Vermelha Via 1

B3:0/1 AM_01 Acionamento Lâmpada Amarela Via 1

B3:0/2 VERD_01 Acionamento Lâmpada Verde Via 1

B3:0/3 VERM_02 Acionamento Lâmpada Vermelha Via 2

B3:0/4 AM_02 Acionamento Lâmpada Amarela Via 2

B3:0/5 VERD_012 Acionamento Lâmpada Verde Via 2

Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Algoritmo: Etapas

1) Início:

- Farol 1: Verde
- Farol 2: Vermelho

2) Após X segundos Farol 1 vai para Amarelo

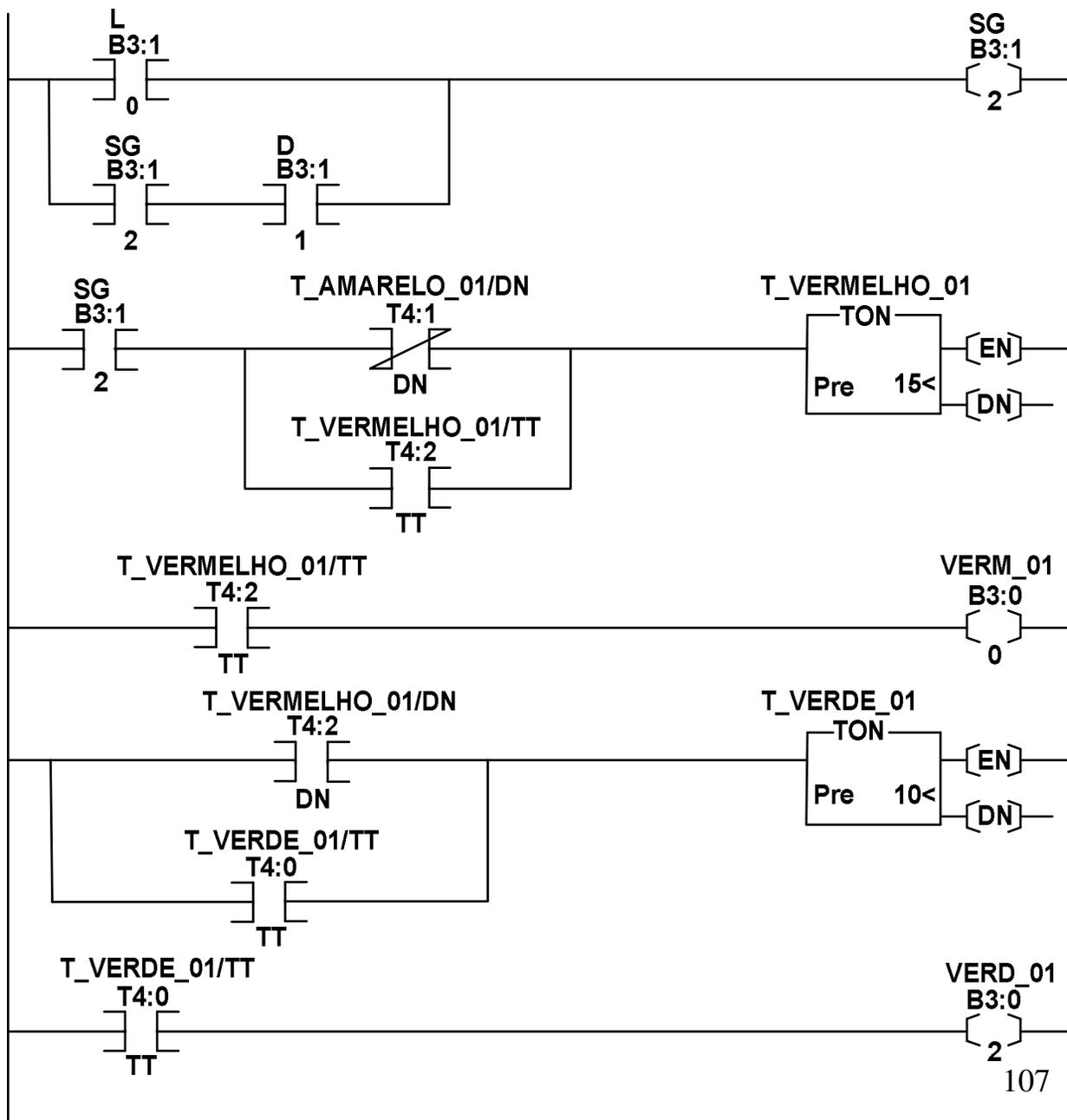
3) Após Y segundos Farol 1 vai para Vermelho
Farol 2 vai para Verde

4) Após X segundos Farol 2 vai para Amarelo

5) Após Y segundos Condição inicial

Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

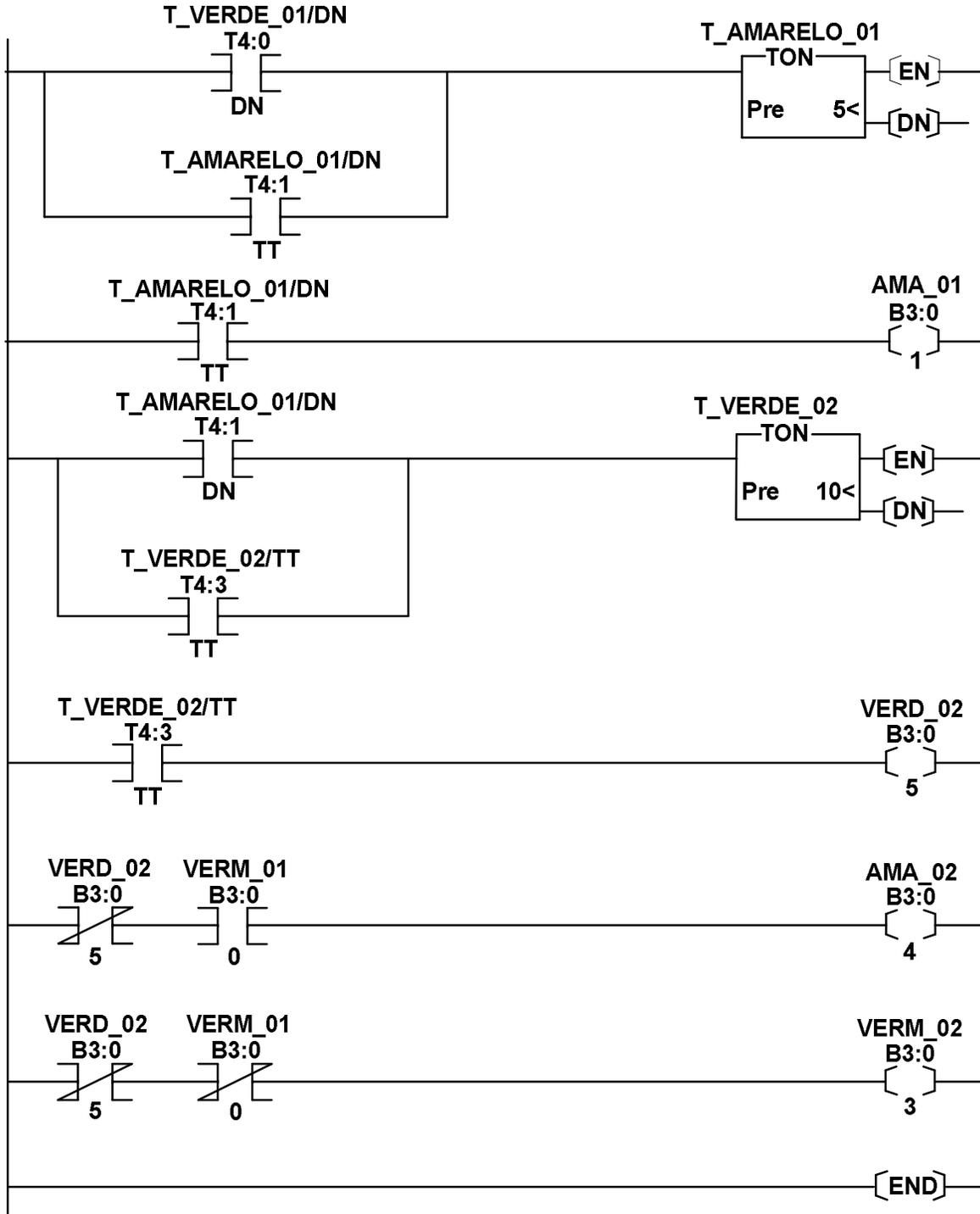
Diagrama Ladder:





EPUSP

Diagrama Ladder:



Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Exemplo 2: Sistema de corte para tubos de ferro

Descrição do problema

V_t – velocidade constante do tubo. Quando o tubo atinge P_r (ponto de referência), o carrinho sai de P_0 e atinge P_1 com velocidade $v_c = v_t$. A morsa prende o tubo e a serra circular executa o corte, em seguida o acionamento é invertido através de frenagem.

O carro atinge uma posição P_2 quando o acionamento é desligado e volta a P_0 pela inércia

Análise

- C1: tubo na posição para partir o carro
- C2: posição inicial do carrinho P_0
- C3: posição P_1 que irá informar o fechamento da morsa
- C4: fim do curso inferior da serra
- C5: fim do curso superior da serra
- C6: fechamento da morsa
- C7: desligamento do acionamento do carro em P_2

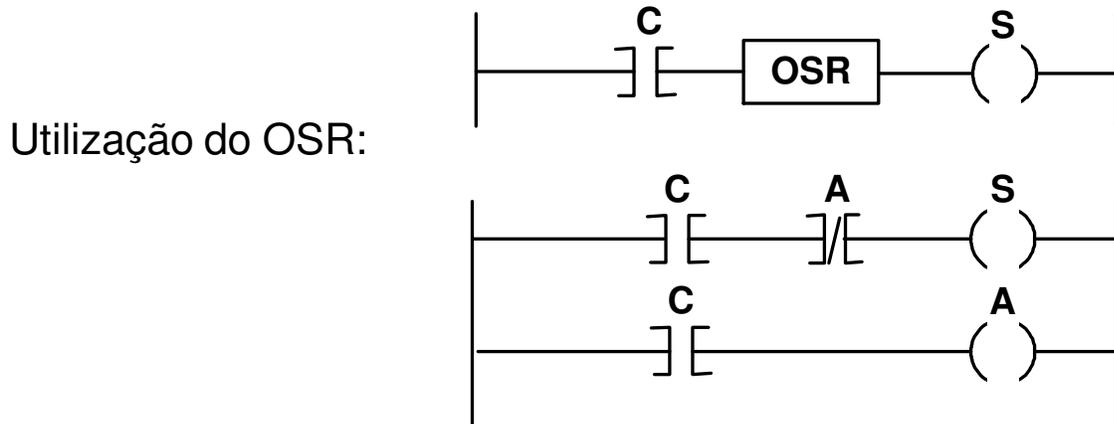
Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Algoritmo: Etapas

- 1) Posição do carro em C2
- 2) Posição do tubo em C1 – Acionar o carro, ligar o acionamento
- 3) Posição do carro em C3 – Acionar a morsa
- 4) Acionar o fechamento da morsa – C6
- 5) Descida da serra até o acionamento da chave C4
- 6) Subida da serra até o acionamento da chave C5
- 7) Frenagem do acionamento e inversão da velocidade
- 8) Desligamento do acionamento em P2 – C7

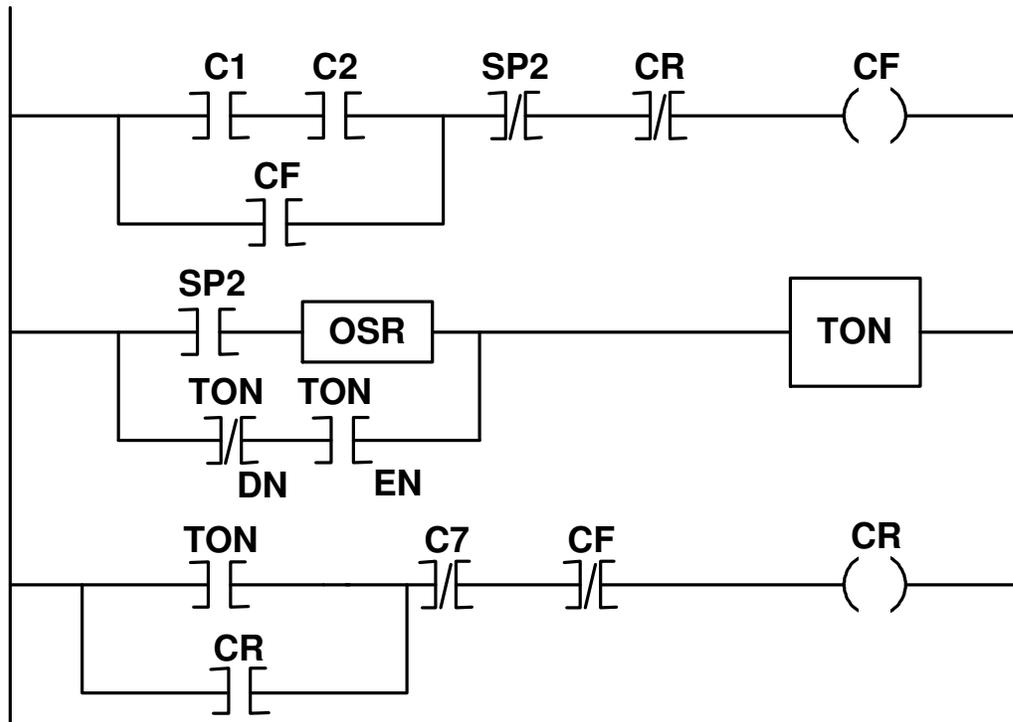
Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Diagrama Ladder:



Automação do carro: VE C1; C2; C7; SP2.

SP2: acionado pela reenergização de C5





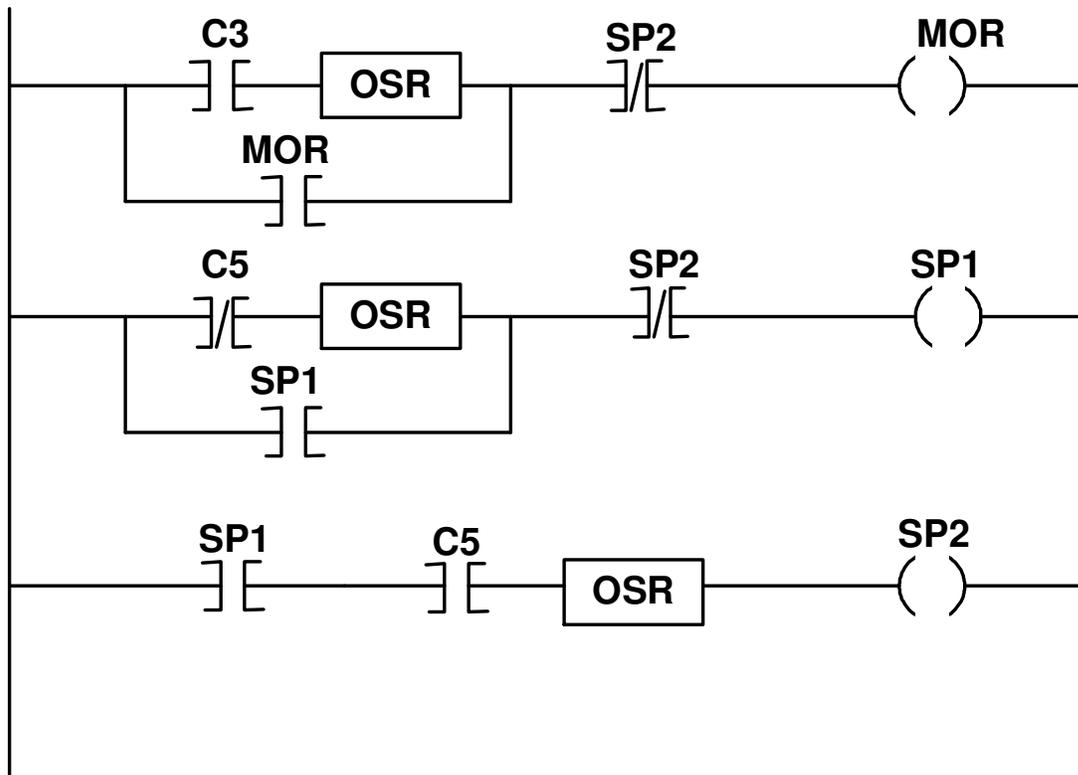
EPUSP

Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Automação da morsa:

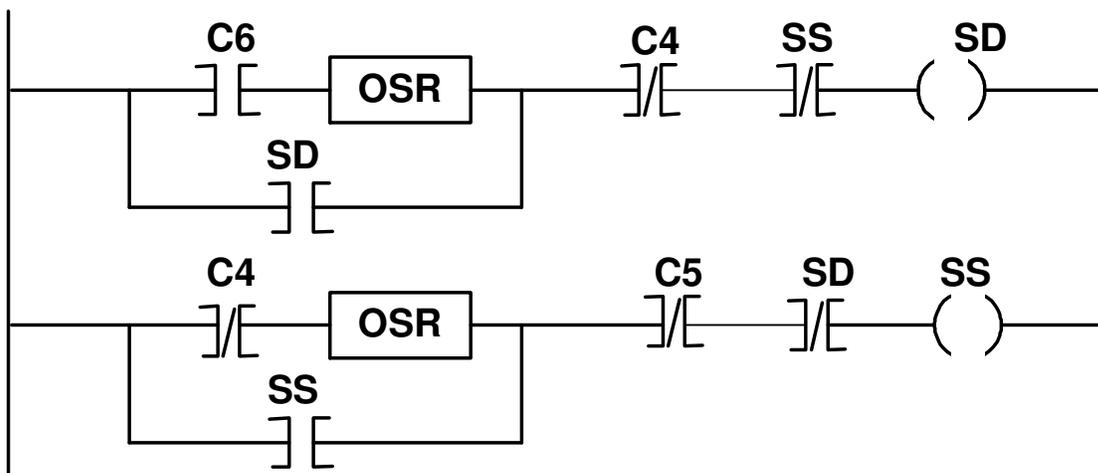
VE:

C3; C5 (refechamento)



Automação da serra:

VE; C6; C4.

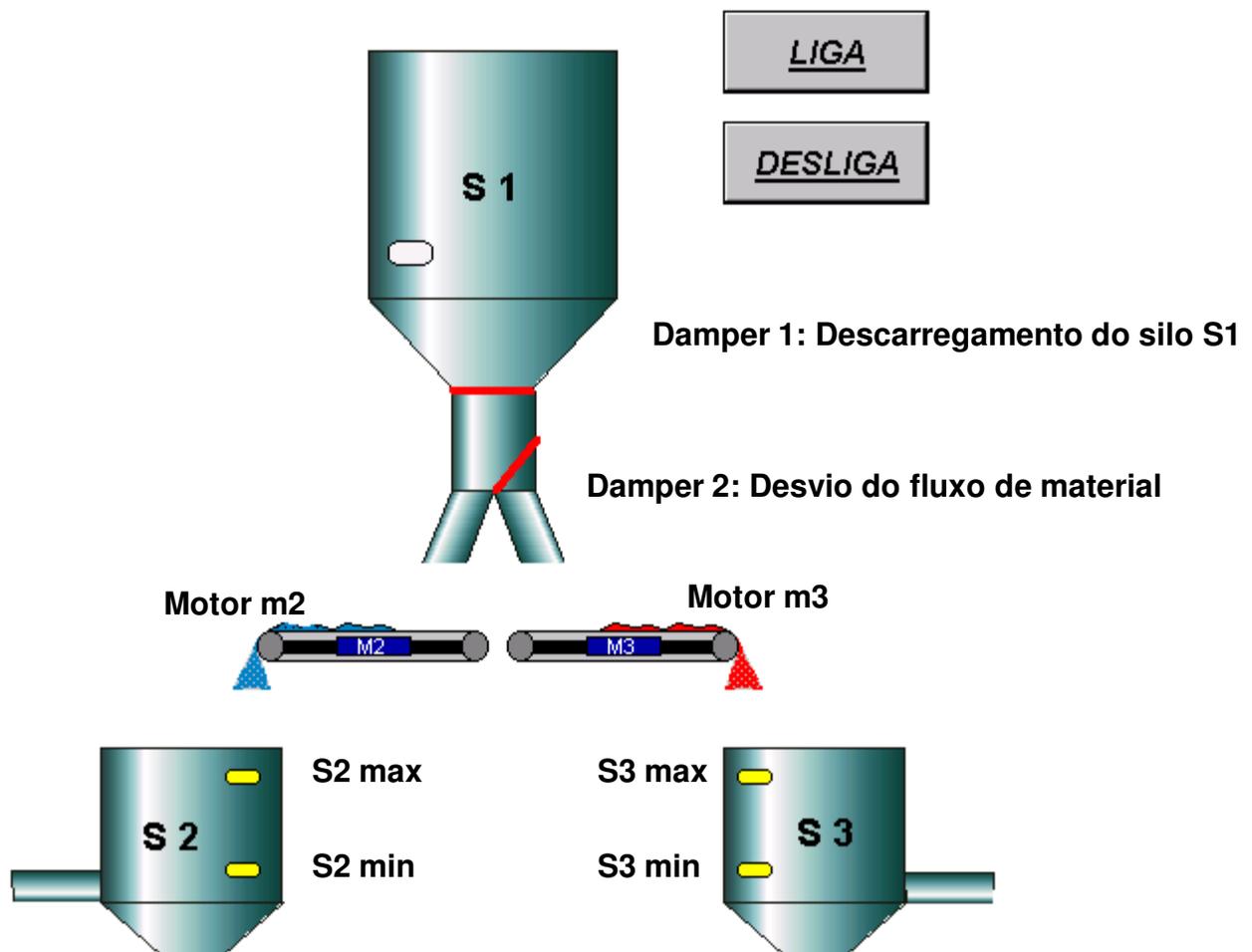


Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Exemplo 3: Carregamento de Silos

Apresentação do problema

Acionamento do Damper 2, motor m2 e motor m3 para enchimento dos silos S2 e S3. Os silos S2 e S3 possuem sensor de nível alto e baixo, enquanto o Silo S1 possui somente sensor de nível baixo.



Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Esclarecimentos e Análise

Variáveis de Entrada

I:1/0	BOTAO_LIG	Botão Liga
I:1/1	BOTAO_DES	Botão Desliga
I:1/2	S1_MIN	Mínimo Silo 1 atingido
I:1/3	S2_MIN	Mínimo Silo 2 atingido
I:1/4	S2_MAX	Máximo Silo 2 atingido
I:1/5	S3_MIN	Mínimo Silo 3 atingido
I:1/6	S3_MAX	Máximo Silo 3 atingido

Variáveis de Saída

O:2/0	MOTOR_2	Aciona motor 2
O:2/1	MOTOR_3	Aciona motor 3
O:2/2	DAMPER_1	Fecha Damper 1
O:2/3	DAMPER_2	Direciona Damper 2 para o Silo 2

Variáveis Auxiliares

B3/1	Sist_funcionando	Bit utilizado para selo
-------------	-------------------------	--------------------------------



EPUSP

Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Algoritmo

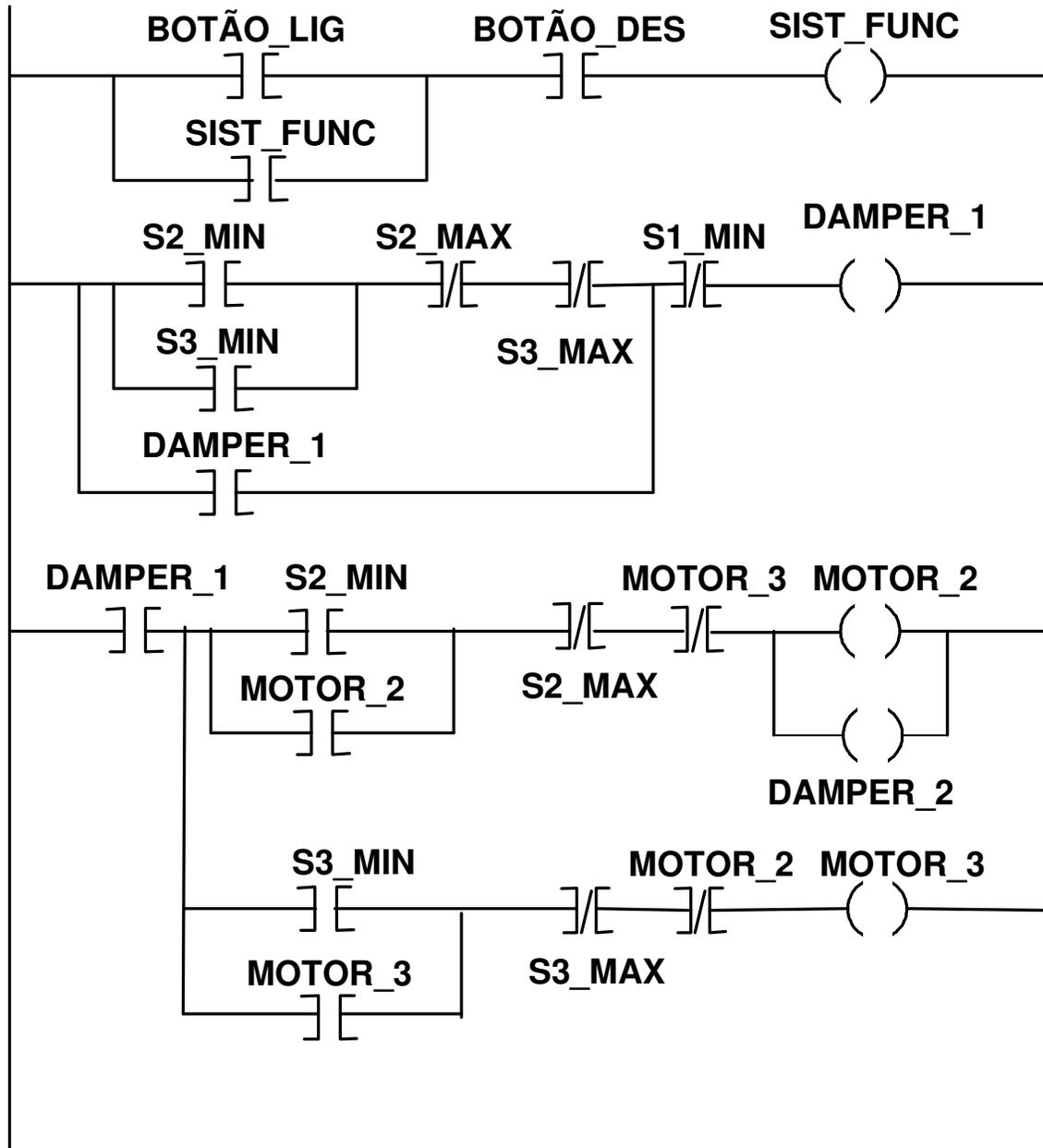
- O Damper D1 do silo 1 despeja o material no desviador até que o detetor de nível máximo do silo que está sendo carregado seja atingido (S2_MAX ou S3_MAX) ou até ser atingido o nível mínimo no Silo 1 (S1_MIN).**

- O Damper 1 é aberto novamente quando o nível mínimo de um dos dois silos (S2_MIN ou S3_MIN) for atingido.**

- O Damper 2 é ativado pelo sensor de mínimo dos silos de carregamento direcionando-o para este silo.**

Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Diagrama Ladder



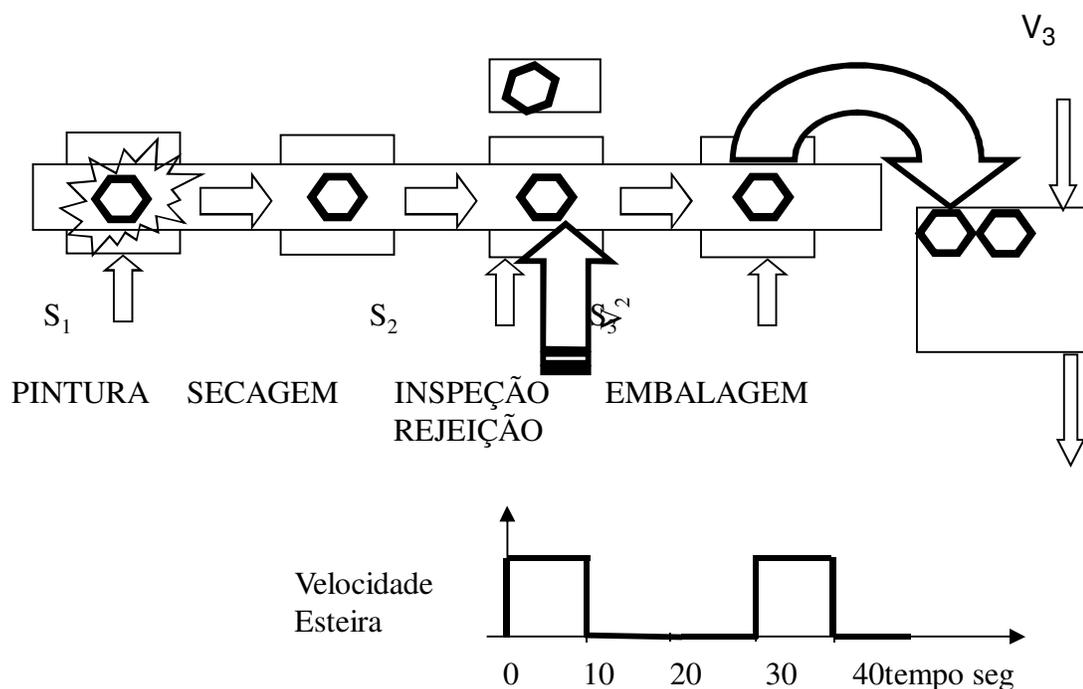
Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Exemplo 4: Controle de Qualidade

Apresentação do problema

-pintura, secagem, controle de qualidade e
embalagem

-Uma correia transportadora avança em velocidade
de acordo com o gráfico abaixo





EPUSP

Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Esclarecimentos e Análise

Variáveis de Entrada

I:1/0	L	Botão Liga
I:1/1	D	Botão Desliga
I:1/2	S1	Sensor de Posição para Pintura
I:1/3	S2	Peça Rejeitada
I:1/4	S3	Sensor de Posição para Ensacamento

Variáveis de Saída

O:2/0	M	Aciona Esteira
O:2/1	SECAGEM	Aciona Secagem
O:2/2	AU1_AU2	Aciona Alarme
O:2/3	V1	Aciona Pintura
O:2/3	V2	Ensacamento



EPUSP

Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Algoritmo

- O jato de tinta deve ser emitido por 3 Seg, iniciando-se logo após a parada da esteira, constatada a presença de peça pelo sensor S_1**
- A secagem se realiza seguramente nos 20 Seg da parada.**
- Sistema de teste: $S_2 = 1$ para peça rejeitada; isto determina o pistão hidráulico V_2 avançar por 2 Seg e excluir a peça da esteira.**
- As peças aprovadas prosseguem na esteira, acionam o sensor S_3 e são colocadas automaticamente em embalagens com capacidade de 12 unidades**
- 12 peças aprovadas: sinal V_3 é emitido, para comandar a substituição da embalagem cheia por uma vazia.**

Metodologia para análise e síntese de complementação do processo de automação

Diagrama Ladder

