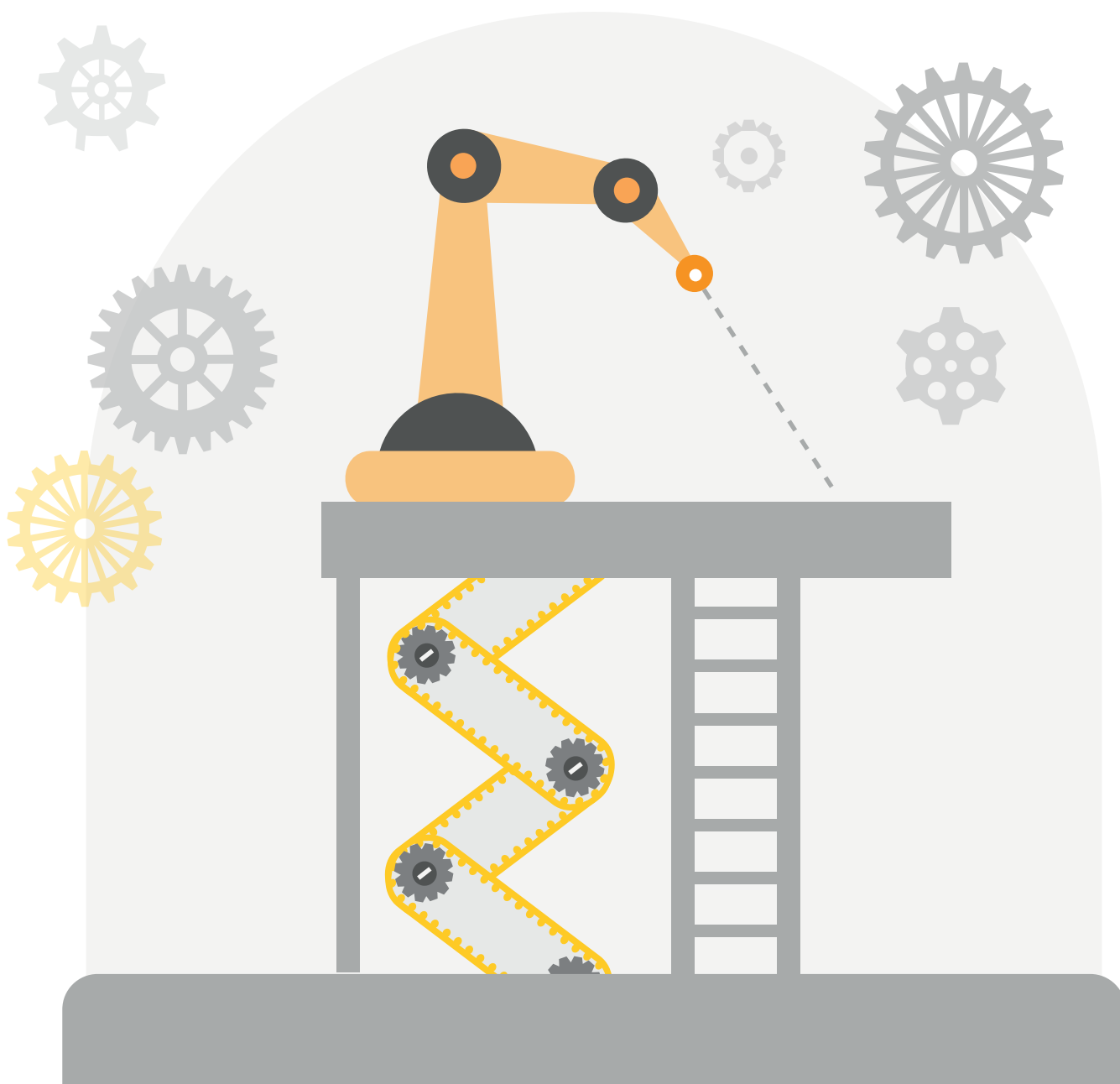


Utilização de sensores em automação industrial



CONTEÚDO

Introdução	<u>03</u>
Características dos sensores	<u>05</u>
Sensores mecânicos	<u>07</u>
Sensores indutivos	<u>08</u>
Sensores capacitivos	<u>12</u>
Sensores fotoelétricos	<u>14</u>
Sensores fibra óptica	<u>19</u>
Sensores analógicos de temperatura	<u>21</u>
RTD	<u>22</u>
Termopares	<u>23</u>
Termístores	<u>27</u>
Junção PN	<u>28</u>
Instalação de sensores	<u>29</u>
Sensores 3 fios	<u>30</u>
Sensores a 4 fios	<u>31</u>
Sensores com saída Relé	<u>32</u>
Ligação série paralelo de sensores	<u>32</u>
Transmissão e condicionamento de sinal	<u>33</u>
Bibliografia	<u>34</u>

INTRODUÇÃO

O ser humano é provavelmente o melhor exemplo comparativo de como funciona um sistema de instrumentação.

Perante a aquisição de dados exterior, realiza acções de controlo, ou seja, está continuamente a monitorizar a realidade que o envolve e, em função dela, a tomar decisões que nela se repercutem. O conceito de um sistema de aquisição e controlo, aplicado aos sistemas industriais, mais não é do que a aquisição de dados do mundo físico através de sensores. Para que esta informação, com programação, controle processos ou sistemas através de actuadores.

A primeira geração de instrumentos utilizados em medidas eléctricas foi a dos instrumentos analógicos, onde o operador tinha de efectuar a leitura dos valores, de forma a controlar a máquina ou processo.

O decréscimo dos custos da electrónica digital, nomeadamente dos PLCs, originou o aparecimento de uma segunda geração de instrumentos, designados por instrumentos digitais.

Diz-se que um controlador está em acção directa quando um aumento na variável de processo, em relação ao setpoint, provoca um aumento da saída de controlo.

Diz-se que um controlador está em acção inversa quando um aumento na variável de processo, em relação ao setpoint, provoca uma diminuição da saída de controlo.

Vamos então introduzir dois conceitos importantes:

- **Variável dinâmica** é qualquer parâmetro físico que pode variar, ao longo do tempo, espontaneamente ou por influências externas

Exemplos:

- Temperatura;
- Pressão;
- Caudal;
- Nível;
- Força;
- Luminosidade;
- Humidade;
- Etc.

- **Sistema de Controlo** é um conjunto de dispositivos que mantém uma ou mais grandezas físicas, dentro de condições definidas à sua entrada.

Os dispositivos que o compõem podem ser eléctricos, mecânicos, ópticos e até seres humanos.

Objectivo do controlo de processos:

→ Fazer com que uma variável dinâmica fique fixa sobre ou perto de um valor específico desejado.

Vejamos de seguida um sistema básico de controlo de processos para regular o nível do líquido num tanque.

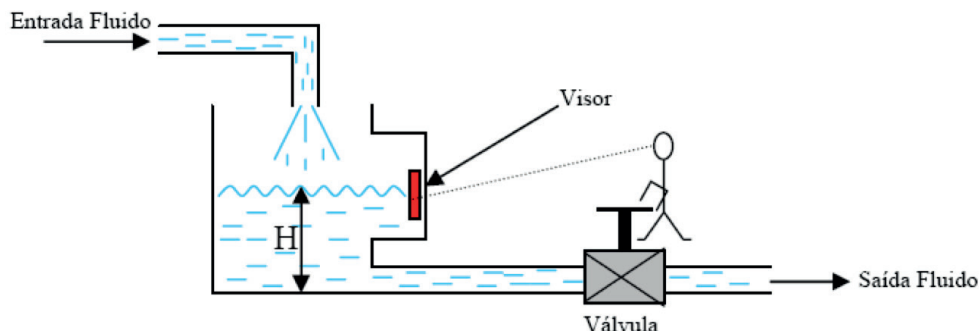


Figura 1: Controlo de um processo para regular o nível do líquido num tanque

Vejamos quais as operações envolvidas no processo da figura anterior:

1. PROCESSO

Os caudais de entrada e de saída do líquido no tanque, o próprio tanque e o líquido constituem um processo a pôr sob controlo, no que diz respeito ao nível do fluido.

2. MEDIDA

Para efectuar o controlo de uma variável dinâmica num processo, temos de ter informação sobre a própria variável. Esta informação é determinada através de uma medida da variável. Em geral uma medida é uma transdução (transdutor) de uma variável num correspondente analógico da variável que pode ser uma pressa pneumática, uma tensão ou uma corrente eléctrica.

Transdutor – é um dispositivo que efectua a medida inicial e a conversão de energia de uma variável dinâmica numa informação analógica eléctrica ou pneumática.

O resultado da medida é uma transformação da variável dinâmica numa informação proporcional numa forma útil para os outros elementos da malha de controlo.

3. AVALIAÇÃO

Consiste na comparação da medida da variável controlada com o ponto de ajustamento (setpoint) e na determinação da acção necessária para trazer a variável controlada ao valor do ponto de ajustamento. Esta avaliação aparece com o nome de controlador (ex: processamento electrónico).

4. ELEMENTO DE CONTROLO

Elemento final da malha de um controlo de processos é o dispositivo que exerce uma influência directa no processo, isto é, que faz as alterações necessárias na variável dinâmica para trazer ao ponto de ajustamento. (ex: é a válvula que ajusta o caudal de saída do tanque).

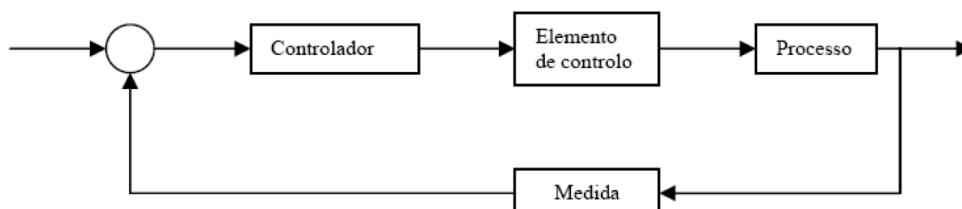


Figura 2 - Diagrama blocos de um controlo de processos

Existem quatro blocos fundamentais em que se pode dividir, do ponto de vista funcional, um instrumento de medida:

- Sensor;
- Transmissão;
- Condicionador de sinal;
- Supervisão.

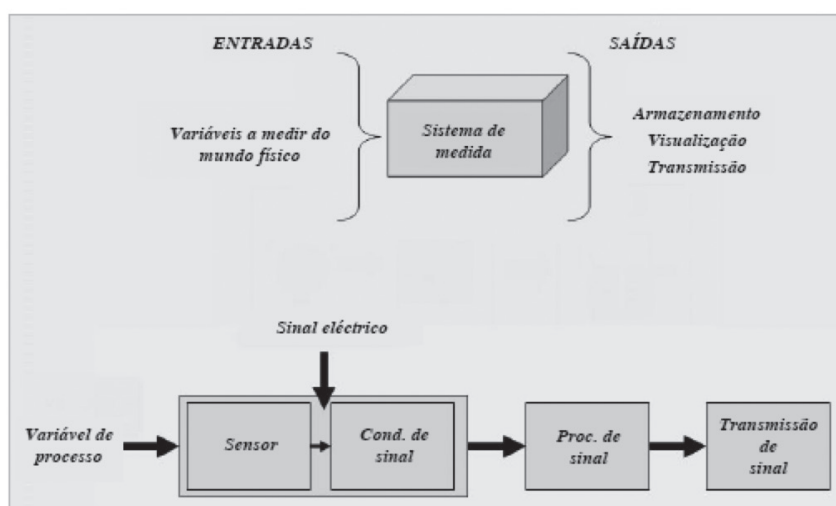


Figura 3 - Diagrama blocos de um instrumento de medida

CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES

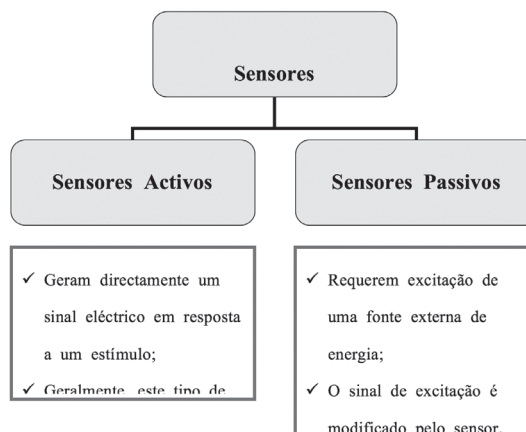
O sensor é um dispositivo que transforma a informação da grandeza física a medir num sinal eléctrico que lhe é proporcional e que se encontra adaptado às características dos módulos de entrada do PLC.

A grande maioria dos sensores são do tipo eléctrico, sendo o sinal, à sua saída uma tensão ou corrente eléctrica proporcional à grandeza física que se pretende medir

Os sensores devem, ao monitoriza-las, interferir o mínimo possível com as variáveis de processo.

Os sensores devem proceder à conversão da informação de uma natureza para outra de forma, mais fiel, repetitiva e monótona possível.

Existem os seguintes tipos de sensores:



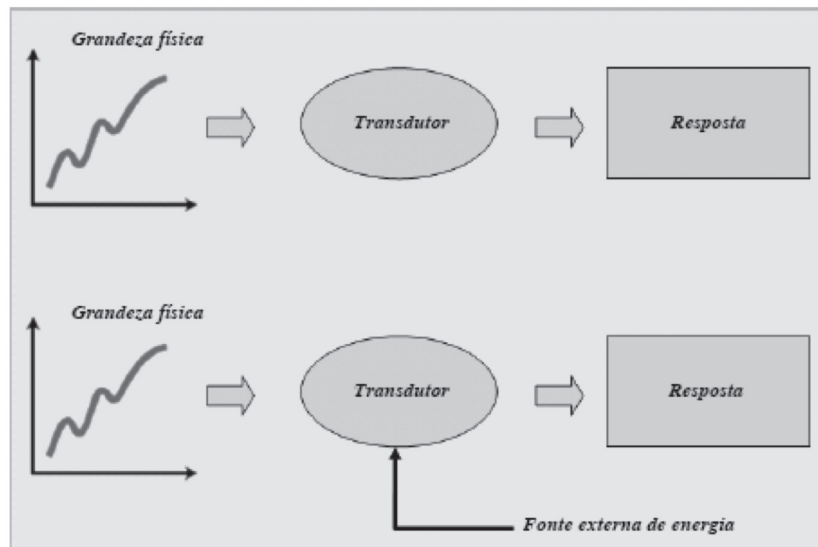


Figura 4 - Diagrama blocos de um funcionamento de um sensor na generalidade

Vejamos então quais as características dos sensores:

- **Repetitividade:** Quantidade de medições feitas pelo mesmo sensor nas mesmas condições de funcionamento.
- **Função Resposta:** Variação na saída em função da quantidade medida.
- **Desvio:** Variação na saída do sensor sem que exista qualquer variação na sua entrada.
- **Sensibilidade:** Alteração na saída por unidade de variação da entrada.
- **Erro:** Diferença entre a quantidade medida e o valor “real/verdadeiro”.
- **Incerteza:** Parte da expressão do resultado da medida que estabelece o intervalo de valores dentro do qual se encontra o valor real.
- **Precisão:** Termo qualitativo utilizado para relacionar a saída do instrumento com o valor real medido.
- **Resolução:** Menor incremento da variável física que pode ser detectado pelo sensor.
- **Linearidade:** Quando a sensibilidade se mantém constante para todos os valores da variável física, o sensor é dito linear.
- **Zona morta:** A mais larga variação da variável a ser lida à qual o sensor não responde.
- **Estabilidade:** Repetição dos resultados.
- **Estabilidade no zero:** Medida da capacidade do instrumento para regressar à indicação de saída nula para entrada nula.
- **Tempo de resposta:** Rapidez com que a saída responde a uma variação do sinal da entrada.
- **Coeficiente de Temperatura:** Alteração na resposta do sensor, por unidade de temperatura. Esta característica aplica-se a todos os sensores.

SENSORES MECÂNICOS

- O fim de curso mecânico é um sensor digital.
- São normalmente utilizados como sensores de proximidade.
- Existem numa grande variedade de formas para uma diversidade de aplicações.
- Os sensores digitais são indicados para operações do tipo “liga/desliga”.

As principais características dos sensores mecânicos são:

- Fáceis de integrar em máquinas de qualquer tipo;
- Requerem contacto;
- Robustos.

De seguida são apresentadas duas figuras com exemplos de sensores mecânicos:

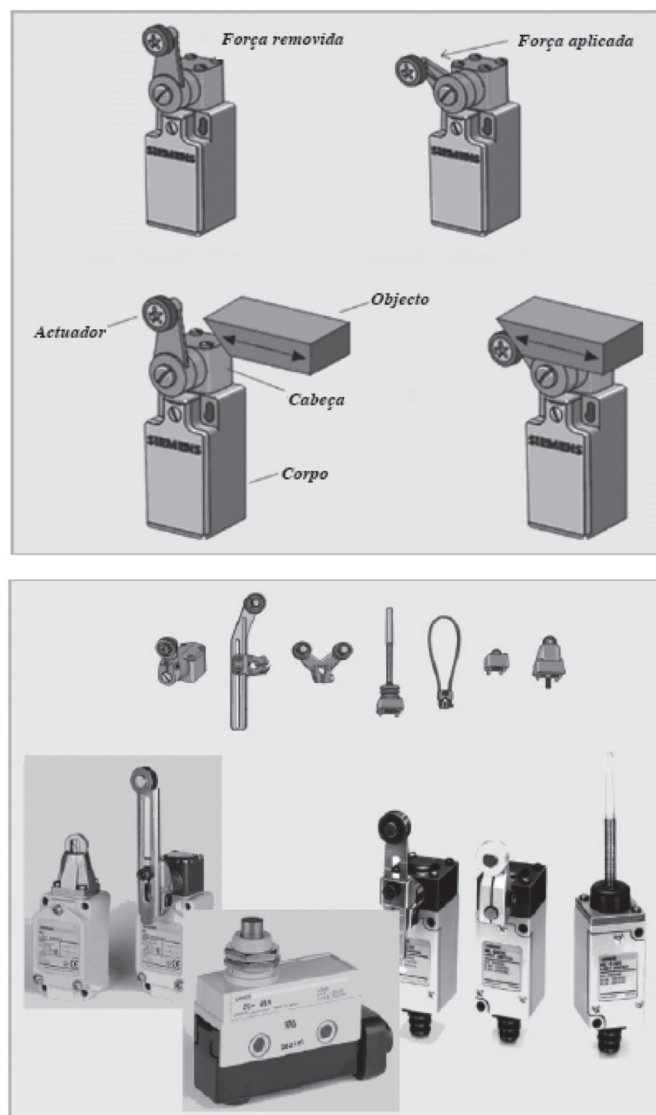


Figura 5 - Exemplos no mercado de sensores mecânicos

SENSORES INDUTIVOS

O sensor de proximidade indutivo tem internamente uma bobina que produz um campo electromagnético, que é utilizado para detectar a presença de um objecto metálico.

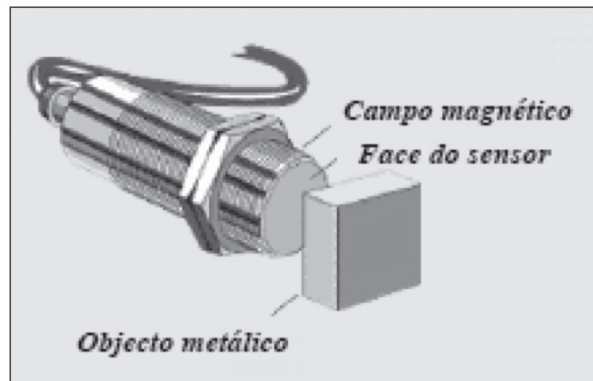


Figura 6 - Sensor indutivo

Este tipo de sensor é composto por quatro elementos:

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

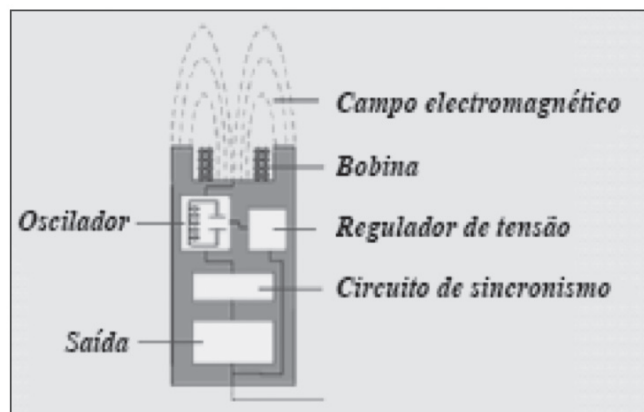


Figura 7 - Constituição de um Sensor indutivo

Vejamos o funcionamento de cada um dos componentes que constitui o sensor indutivo.

- O oscilador produz uma tensão alternada que, quando é aplicada à bobina, faz com que esta produza um campo magnético. Quando um objecto metálico perturba esse campo magnético, este decresce de amplitude.
- O circuito de sincronização que está encarregue de monitorar a amplitude do campo magnético, ao perceber a perturbação do campo, faz actuar a saída.
- Retirando o objecto metálico do campo de actuação do sensor, a saída deste retorna ao seu estado normal.

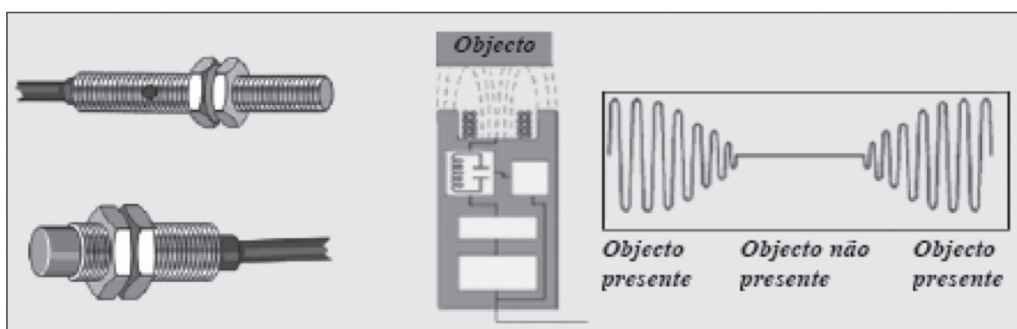


Figura 8 - Princípio de funcionamento de um Sensor indutivo

As bobinas destes sensores encontram-se enroladas a um núcleo de ferrite que podem estar, ou não, envoltas no encapsulamento metálico do sensor.

O encapsulamento metálico é colocado à volta das bobinas para restringir lateralmente o campo magnético.

Estes sensores podem ser colocados em suportes de metal, desde que seja salvaguardado o espaço por cima e à volta da superfície de detecção do sensor.

Quando os sensores indutivos não possuírem encapsulamento metálico à volta das bobinas para restringirem o campo magnético lateral, a sua colocação deverá ser feita tendo em atenção que não poderá haver partes metálicas a perturbar o fluxo magnético.



Figura 9 - Sensores indutivos com e sem encapsulamento metálico

Na colocação de vários sensores indutivos devem ser seguidas as seguintes regras:

- Na colocação adjacente de sensores, com encapsulamento metálico de protecção das bobinas, deverá ser dado um espaço que não pode ser inferior a duas vezes o diâmetro do sensor;
- Na colocação adjacente de sensores, sem encapsulamento metálico de protecção das bobinas, deverá ser dado um espaço que não pode ser inferior a três vezes o diâmetro do sensor;
- Na colocação frontal de sensores, com encapsulamento metálico de protecção das bobinas, deverá ser dado um espaço que não pode ser inferior a quatro vezes a distância máxima de detecção do sensor;
- Na colocação frontal de sensores, sem encapsulamento metálico de protecção das bobinas, deverá ser dado um espaço que não pode ser inferior a seis vezes a distância máxima de detecção do sensor.

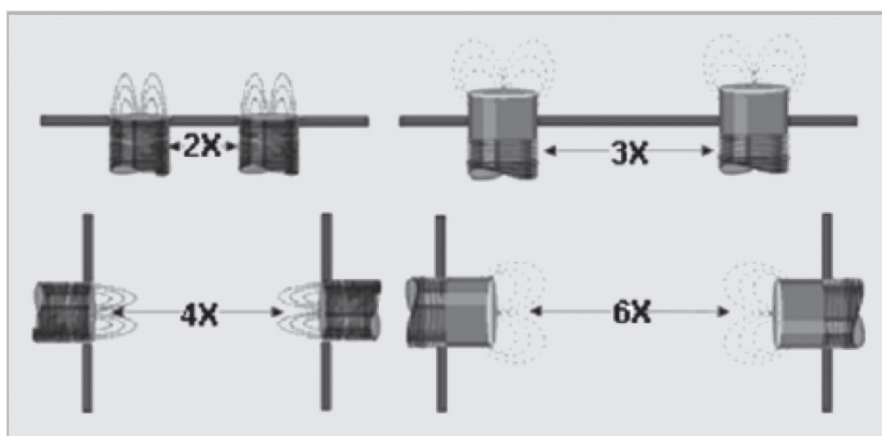


Figura 10 - Colocação de Sensores indutivos

Os sensores de proximidade indutivos respondem à presença de um objecto metálico quando este está na área de actuação do sensor.

O ponto em que o sensor indutivo reconhece o objecto metálico é denominado de ponto de operação e o ponto em que o sensor deixa de reconhecer o objecto é denominado de ponto de desoperação.

A área entre estes dois pontos é designada de zona de histerese.

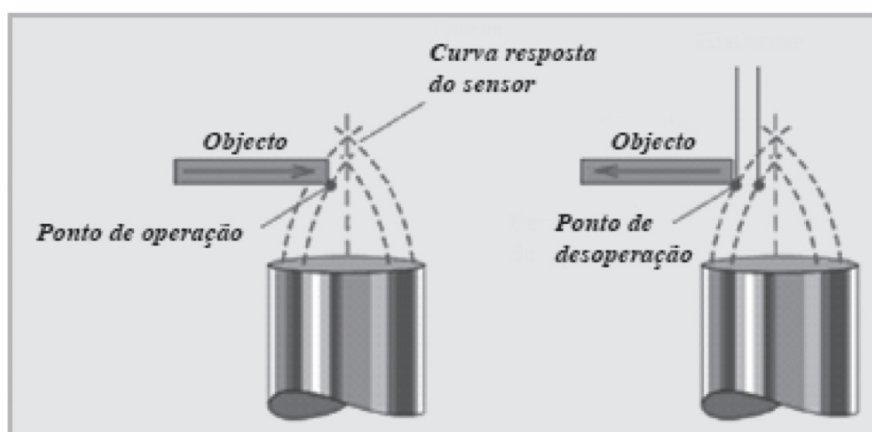


Figura 11 - Pontos de operação e desoperação num Sensor indutivo

Os sensores indutivos estão disponíveis em vários tamanhos e configurações, de acordo com as várias aplicações industriais.



Figura 12 - Exemplos de Sensores indutivos

As aplicações deste tipo de sensores são bastante vastas, exemplificando-se, algumas delas:

- Detecção de brocas partidas;
- Detecção de parafusos para velocidade ou sentido de rotação;
- Detecção de enlatados e tampas metálicas;
- Detecção de válvulas abertas ou fechadas.

De seguida são apresentadas algumas das aplicações dos sensores.

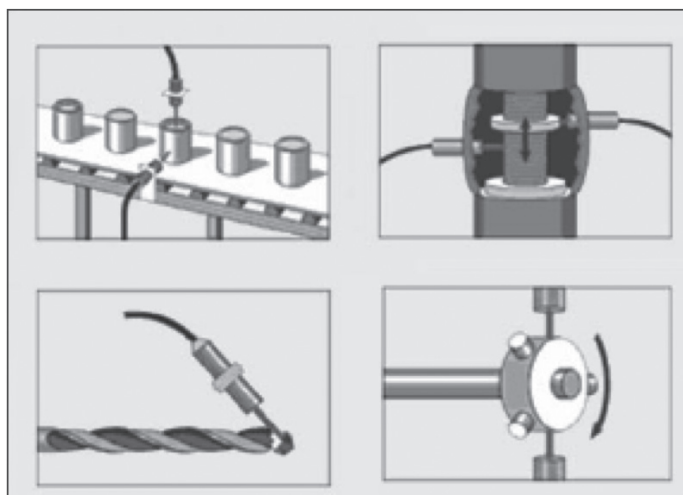


Figura 13 - Exemplos de aplicações de Sensores

SENSORES CAPACITIVOS

Os sensores de proximidade capacitivos são bastante semelhantes aos indutivos.

Distinguem-se no entanto por, os sensores capacitivos, produzirem um campo electrostático, em vez de um campo electromagnético. Além disso, os sensores capacitivos podem detectar objectos metálicos e não metálicos, nomeadamente papel, vidro, plástico, tecido, entre outros.

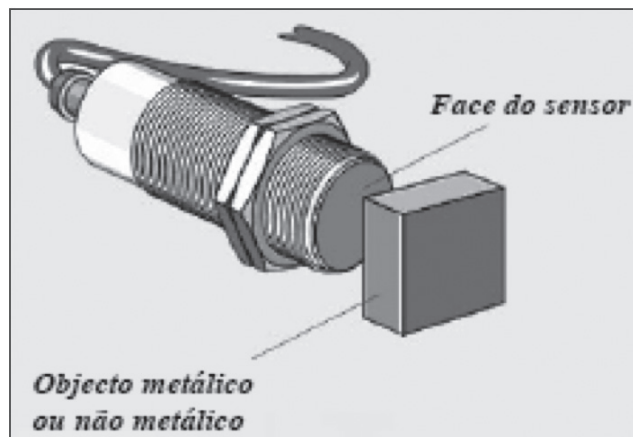


Figura 14 - Sensor capacitivo

Os sensores capacitivos são formados por dois eléctrodos concêntricos de metal, ou seja, um condensador que se encontra ligado a um circuito oscilador.

Quando um objecto entra no campo electrostático, formado pelos eléctrodos, a capacidade é alterada e o oscilador, monitorizado por um circuito de disparo, ao chegar a uma determinada amplitude faz com que a saída mude de estado.

Quando o objecto sai do campo, a amplitude do oscilador decresce, e o sensor comuta para o seu estado Off.

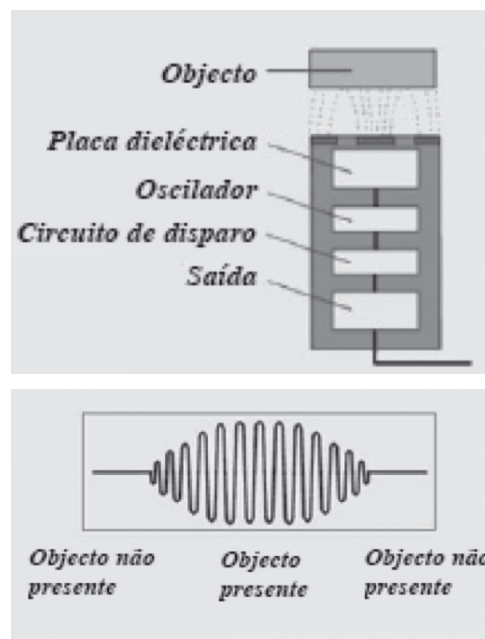


Figura 15 - Princípio de funcionamento de um Sensor Capacitivo

Os sensores capacitivos são especificados em relação ao objecto de detecção, ou seja, quanto maior for a capacidade dielétrica do material a detectar, mais fácil será ao sensor a sua detecção.

Neste tipo de sensores, há que ter o cuidado especial de não os colocar em ambientes húmidos, uma vez que a humidade pode provocar a operação do sensor.

Uma aplicação típica para os sensores capacitivos é a detecção do nível de um líquido através de uma barreira, por exemplo, a água é muito mais dielétrica que o plástico. Este facto, aliado ao de o sensor detectar, com mais facilidade, matérias com uma constante dielétrica superior, faz com que o sensor tenha capacidade de “ver”, através do plástico, o nível da água.

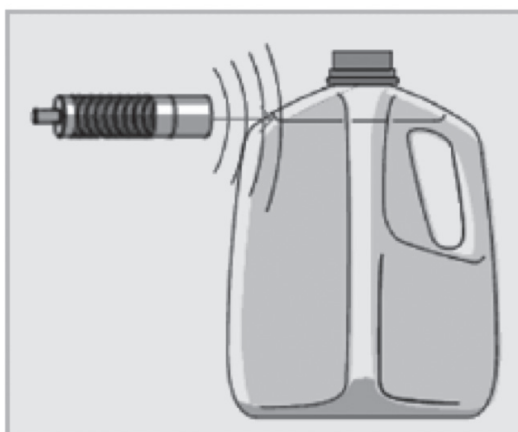


Figura 16 - Exemplo de uma aplicação de um Sensor Capacitivo

Os sensores capacitivos estão disponíveis em vários tamanhos e configurações, de acordo com as várias aplicações em termos industriais.

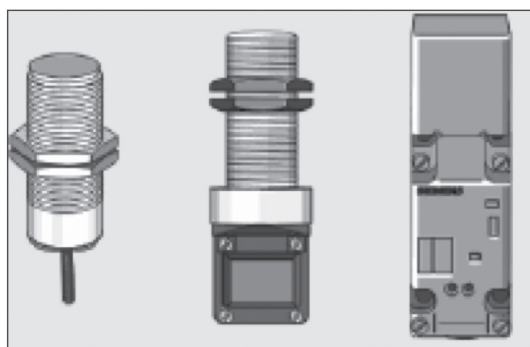


Figura 17 - Exemplos de sensores capacitivos existentes no mercado

As aplicações destes sensores são bastante vastas. A título exemplificativo enumeram-se as seguintes:

- Detecção de embalagens de papel;
- Detecção de líquidos dentro de embalagens de papel;
- Detecção do nível de líquidos em silos;
- Detecção de todos os componentes não metálicos.

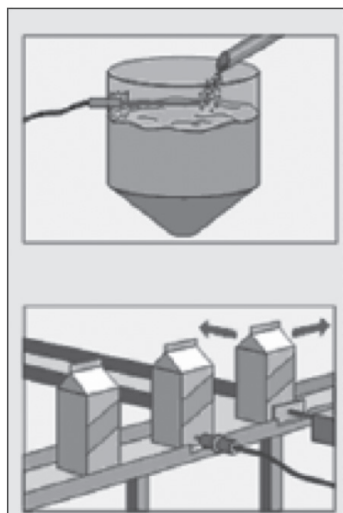


Figura 18 - Exemplos de aplicações de Sensores

SENSORES FOTOELÉCTRICOS

O sensor fotoelétrico é um sensor que utiliza luz modulada, reflectida ou interrompida pelo objecto que se pretende detectar.

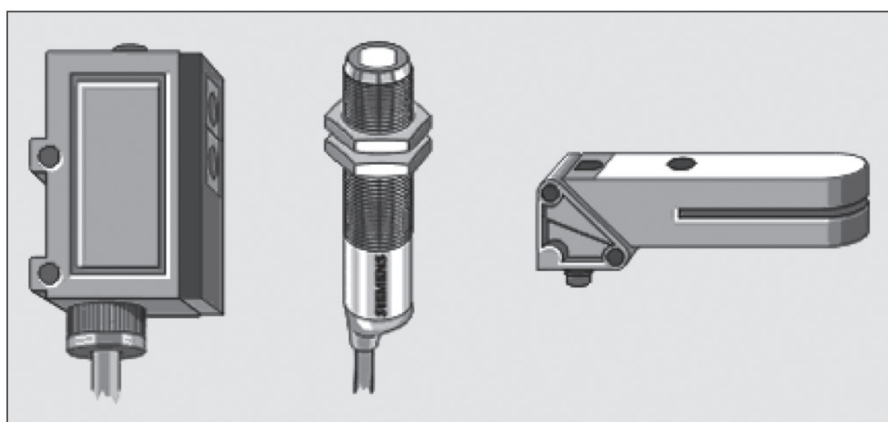


Figura 19 - Exemplos de sensores fotoelétricos

O sensor é composto por um emissor de luz, um receptor para detectar a luz emitida pelo emissor e toda a electrónica associada e necessária para amplificar o sinal detectado para colocar uma saída a On.

A utilização de uma luz modulada nos sensores fotoelétricos permite o aumento da capacidade de detecção do sensor e, ao mesmo tempo, reduz a interferência da luz ambiente nessa capacidade de detecção.

A modulação da luz é feita a uma frequência específica que pode variar dos 5 a 40kHz, e de forma a permitir ao sensor distinguir entre a luz modulada e a luz ambiente.

As fontes de luz utilizadas na elaboração dos sensores fotoelétricos variam tipicamente entre a luz visível verde e os infravermelhos invisíveis.

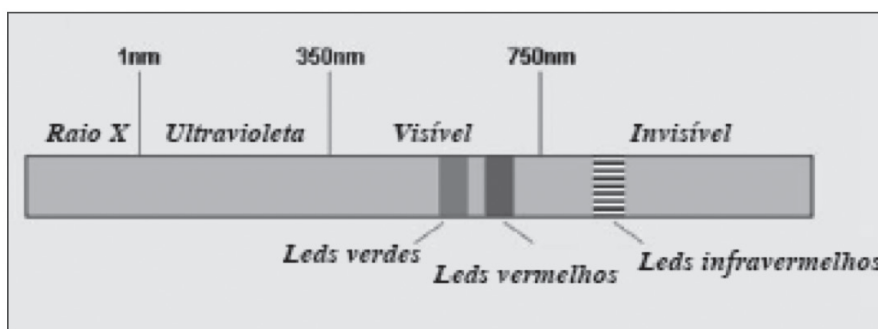


Figura 20 - Fontes de luz utilizadas na elaboração dos sensores fotoelétricos

Devido ao grande campo de detecção destes sensores é comum que, quando dois sensores fotoelétricos são colocados próximos, possam interferir entre eles.

Para evitar interferências, deverá ser efectuado o reajustamento dos sensores, ou, na altura da sua colocação garantir as distâncias mínimas.

<i>Modelo do sensor</i>	<i>Distância</i>
<i>D4 mm / M5</i>	<i>50 mm</i>
<i>M12</i>	<i>250 mm</i>
<i>M18</i>	<i>250 mm</i>
<i>K31</i>	<i>500 mm</i>
<i>K40</i>	<i>750 mm</i>
<i>K80</i>	<i>500 mm</i>
<i>L18</i>	<i>150 mm</i>
<i>L50</i>	<i>30 mm</i>
<i>L50</i>	<i>80 mm</i>

Figura 21 - Valores de distância mínimos na colocação dos sensores fotoelétricos de forma a evitar interferências

O grau de contaminação existente no mundo industrial é de vital importância na altura de escolher a fotocélula a utilizar numa determinada aplicação industrial, ou seja, a sujidade, o pó, o fumo e outros contaminantes ambientais podem, e condicionam, a luz que uma fotocélula tem de utilizar para funcionar correctamente.

Os graus de contaminação ambiental estão divididos em seis escalões, sendo eles:

- Ar limpo (condições ambientais ideais, ou ambiente esterilizado);
- Pouca contaminação (contaminação que não afecta directamente o local onde as fotocélulas estão colocadas);
- Contaminação pequena (aplicações em indústrias ligeiras ou aplicações de manipulação de materiais acabados);
- Contaminação moderada (existência de humidade elevada ou vapor);

→ Contaminação elevada (partículas pesadas no ar, ou existência de ambientes sujeitos a lavagens);

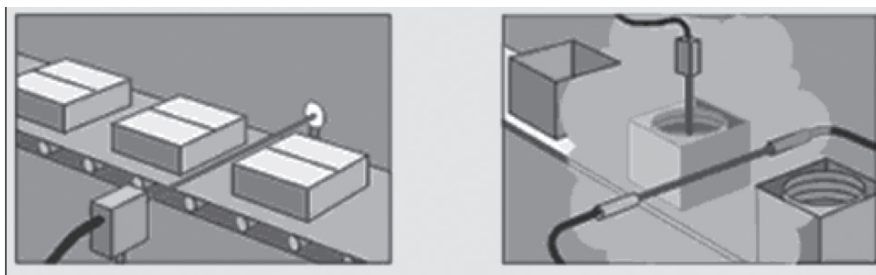


Figura 22 - Aplicação do sensor fotoeléctrico num ambiente de contaminação elevada

- Contaminação extrema (ambientes que deixem resíduos nas lentes do sensor).

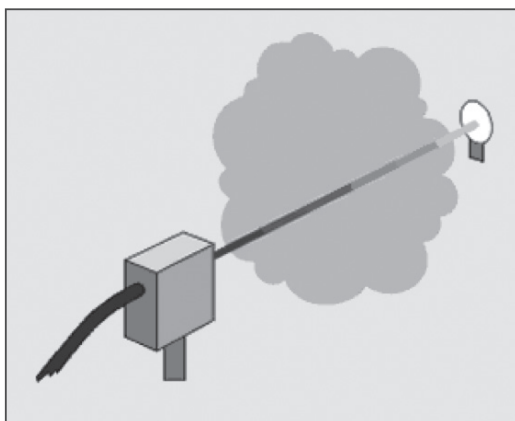


Figura 23 - Aplicação do sensor fotoeléctrico num ambiente de contaminação extrema

O ganho de um sensor fotoeléctrico representa a quantidade de luz necessária para fazer operar o receptor.

Num ambiente onde as condições de trabalho sejam as ideais, um ganho igual a um é geralmente suficiente. Por outro lado, se o grau de contaminação ambiente for tal que se observa 50% da luz emitida pelo sensor, o ganho do sensor deverá ser aumentado para o dobro, de forma a operar o receptor.

O sensor fotoeléctrico tem uma zona de actuação baseada no tipo de luz e no diâmetro do emissor. O receptor actuará quando um objecto entrar nessa zona.

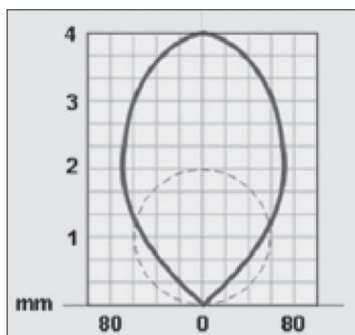


Figura 24 - Zona de actuação do sensor fotoeléctrico

O tipo de sensor mais comum, dentro dos sensores fotoelétricos, é o de reflexão difusa.

O emissor e o receptor são encapsulados dentro da mesma peça.

O emissor emite a luz que ao incidir no objecto que se pretende detectar, retorna ao emissor.

Os sensores de reflexão difusa têm menor alcance que os outros tipos de sensores ópticos, isto porque dependem da luz reflectida no objecto.

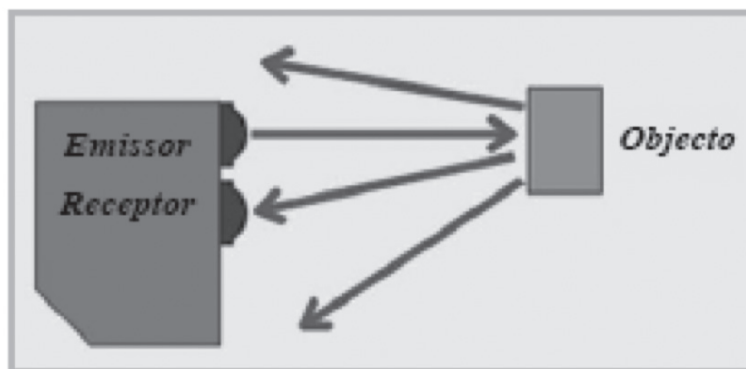


Figura 25 - Sensores fotoelétricos de reflexão difusa

Os sensores de reflexão difusa com supressão de fundo, são usados para a detecção de objectos a uma distância conhecida.

Os objectos que estão para lá da distância de detecção pretendida são ignorados.

Além desta característica, os sensores de reflexão difusa com supressão de fundo são iguais aos sensores de reflexão difusa.

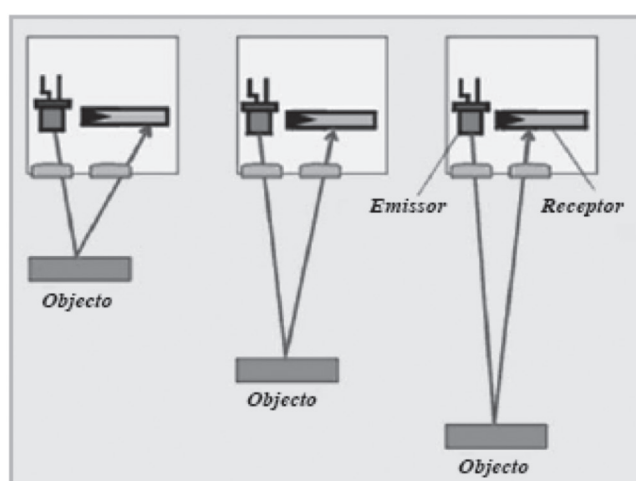


Figura 26 - Sensores fotoelétricos de reflexão difusa com supressão de fundo

Estes tipos de sensores são similares aos sensores de reflexão difusa, a principal diferença reside, unicamente, no facto de a luz ser reflectida num reflector, em vez de ser no objecto.

Os sensores de retroreflexão possuem maior alcance que os sensores de reflexão difusa.

Os reflectores são encomendados separados dos sensores, e podem ser encomendados com várias formas.

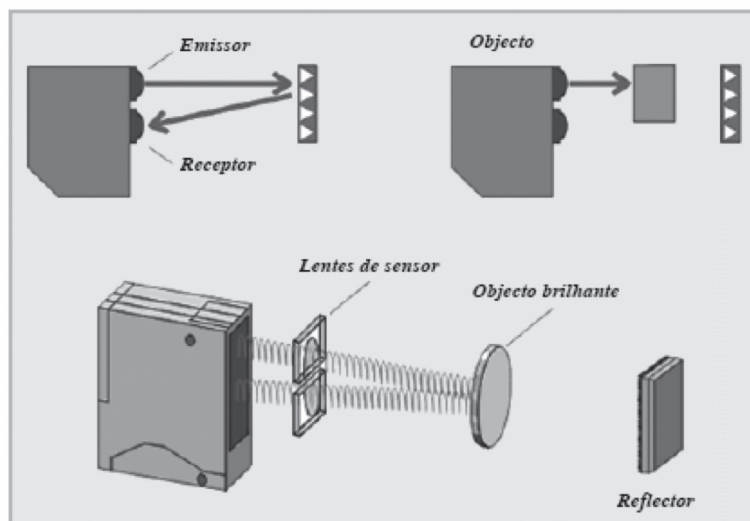


Figura 27 - Sensores fotoelétricos de retroreflexão

Estes sensores são especialmente usados na detecção de objectos brilhantes, usando um reflector com pequenos prismas que polarizam a luz do sensor.

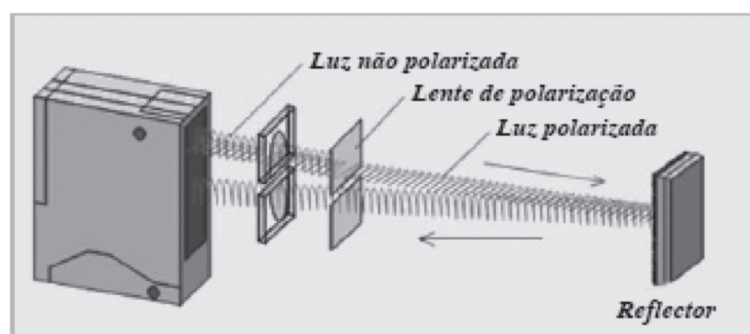


Figura 28 - Constituição de um Sensores fotoelétricos de retroreflexão

Nesta configuração, o emissor e o receptor são encapsulados separadamente. O emissor emite a luz e o receptor recebe a luz do outro lado. Quando um objecto passa entre o emissor e o receptor, o feixe de luz é interrompido e o sensor é actuado.

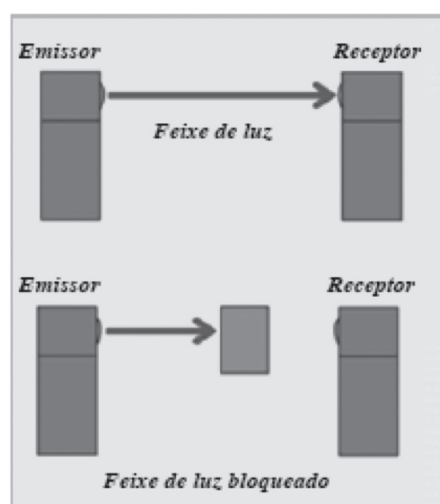


Figura 29 - Princípio de funcionamento de um Sensores fotoelétricos de retroreflexão

SENSORES FIBRA ÓPTICA

Os sensores de fibra óptica são em tudo idênticos aos sensores anteriormente apresentados, residindo a única diferença na forma de transmissão da luz.

Os sensores de fibra óptica têm um emissor, um receptor e um cabo com pequenas fibras que permite a transmissão da luz.

Dependendo do sensor, podem ter um ou dois cabos, sendo neste caso, um para o emissor e outro para o receptor. Quando um só cabo é utilizado, o emissor e o receptor utilizam diferentes métodos para separar a informação do emissor e receptor.

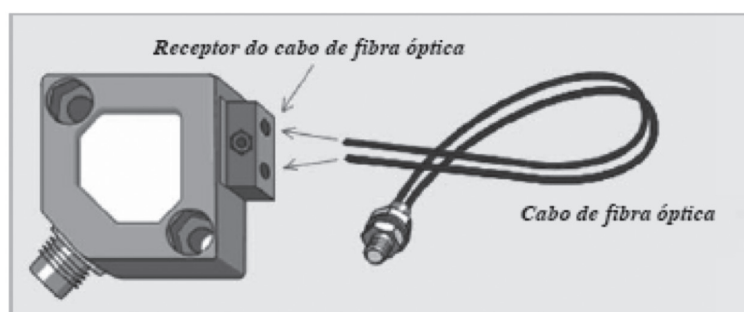


Figura 30 - Constituição de um Sensores fotoelétricos de retroreflexão

Os sensores de fibra óptica, como foi dito anteriormente, podem ser utilizados como sensores de barreira, sensores de reflexão difusa ou de retroreflexão.

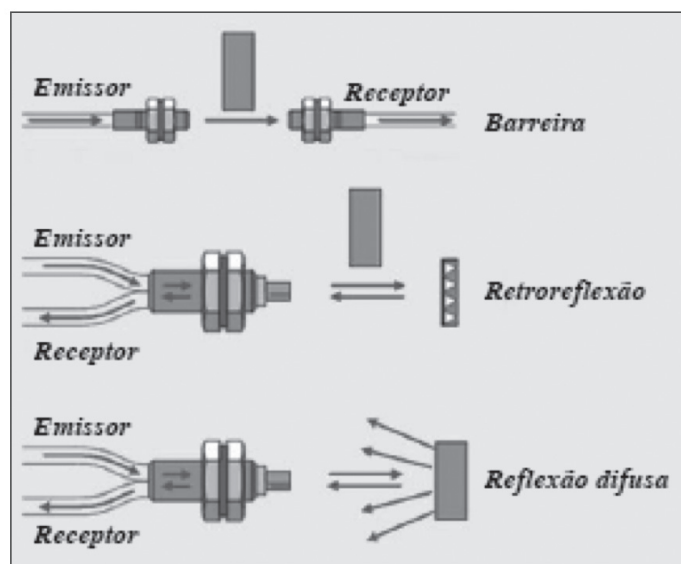


Figura 31 - Formas de utilização de um Sensor de Fibra óptica

Os sensores fotoelétricos estão disponíveis em vários tamanhos e configurações para irem de encontro aos requisitos das várias aplicações em termos industriais.



Figura 32 - Gama de Sensores de Fibra óptica existentes no mercado

As aplicações destes sensores são bastante vastas. A título exemplificativo apresentam-se algumas:

- Orientação de integrados;
- Falta de um terminal num dispositivo integrado;
- Passagem de objectos;
- Contagem de objectos;
- Verificação de etiquetas;
- Orientação de objectos;
- Existência de tampas nas garrafas.

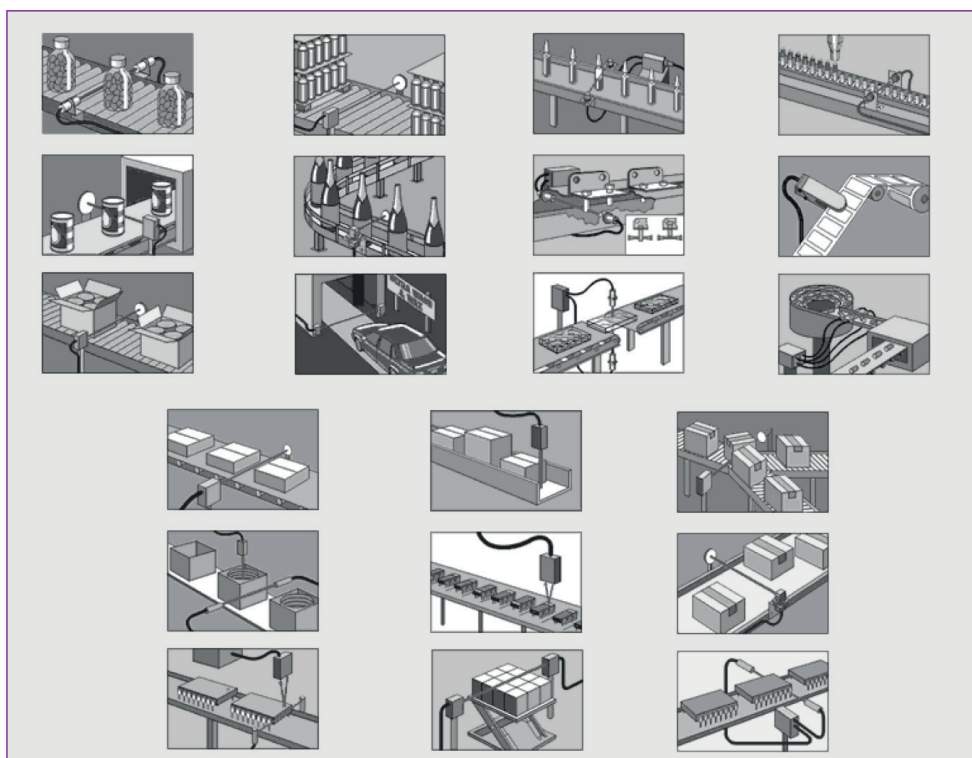


Figura 33 - Aplicações mais usuais dos sensores de fibra óptica

SENSORES ANALÓGICOS DE TEMPERATURA

Os sinais analógicos caracterizam-se por serem contínuos e não apresentarem pontos não diferenciáveis.

Tome-se como exemplo um sinal de temperatura entre 40°C e 41°C em que, a qualquer instante, se tem conhecimento do valor exacto de temperatura.

Os sensores analógicos, fornecem mais informação sobre um determinado processo do que os sensores digitais.

A saída dos sensores analógicos varia de acordo com as condições a medir e com os módulos de entradas analógicas existentes nos PLC's.



Figura 34 - Tipos de Sensores analógicos de temperatura

Dependendo do intervalo de temperaturas a medir podemos encontrar três dispositivos:

- Para margens de temperatura entre -150°C e 200°C, costumam utilizar-se circuitos integrados ou sondas de temperatura, conhecidas como RTD (termorresistência).
- Para margens de temperatura entre -200°C e 200°C, costumam utilizar-se dispositivos denominados termobinários.
- Para temperaturas superiores a 2000°C costumam utilizar-se os sensores denominados pirómetros de radiação.

RTD

A resistência de um metal é função da vibração dos átomos e, por conseguinte, da temperatura.

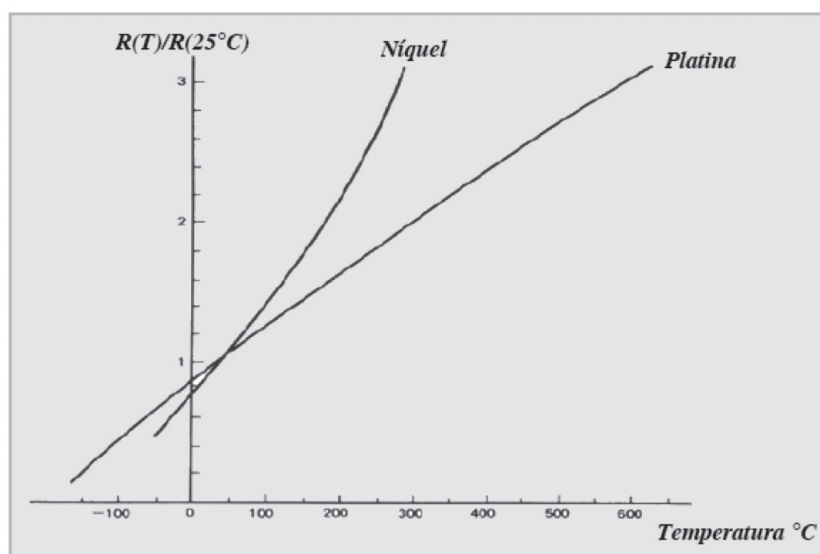


Figura 35 - Valor da resistência de um metal de acordo com a temperatura

A expressão analítica da resistência de um material a temperatura constante é a seguinte:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Quando é conhecida a variação da resistividade de um metal com a temperatura, pode determinar-se a variação da resistência desse material.

O uso desta equação só é prático quando se deseja uma grande exactidão.

Na maioria das aplicações, utilizam-se aproximações analíticas das curvas.

SENSIBILIDADE

A partir dos valores típicos da variação linear relativa da resistência com a temperatura pode fazer-se uma estimativa da sensibilidade da RTD.

Para a platina este número é tipicamente da ordem de 0.004/ $^{\circ}\text{C}$, enquanto que, para o níquel o valor típico é 0.005/ $^{\circ}\text{C}$.

Assim, por exemplo, para uma RTD de platina com 100 Ohm, se a temperatura variar 1 $^{\circ}\text{C}$ esperar-se-á uma variação de apenas 0.4 Ohm.

TEMPO DE RESPOSTA

Em geral, a RTD tem um tempo de resposta, que pode variar entre 0.5s a 5s.

Estes valores fornecem-nos o intervalo de tempo de resposta, que se deve esperar, conforme as aplicações.

CONSTRUÇÃO

A RTD é, simplesmente, um bocado de fio cuja resistência é medida em função da temperatura.

Em geral, o fio é enrolado em espiral, de forma a obter-se um tamanho reduzido e a melhorar a condutividade térmica, para assim diminuir o tempo de resposta.

É frequente encontrar-se a espiral envolvida por uma bainha ou tubo protector que a protege de ambientes agressivos, mas que aumenta inevitavelmente o tempo de resposta.

MEDIÇÕES COM A RTD

Quando se realizam medidas com a RTD é necessário ter em atenção um parâmetro denominado coeficiente de auto-aquecimento (Fsh).

Este coeficiente fornece a informação do grau em que a medida da temperatura está errada, por responsabilidade da potência que a resistência da RTD dissipa.

É portanto, um coeficiente que nos permite calcular o erro da medição. Este coeficiente é-nos fornecido pelo fabricante, e costuma ser dado em $^{\circ}\text{C}/\text{mW}$.

TERMOPARES

O termopar é um dos dispositivos mais comuns na medida de temperaturas em aplicações industriais.



Figura 36 - Tipos de Termopares

Uma grande percentagem de medidas de temperatura tem como base a dependência do comportamento eléctrico dos materiais com a temperatura.

Este é o efeito característico de um transdutor gerador de tensão em que é produzida uma força electromotriz (f.e.m.) que é proporcional à temperatura.

Verifica-se que a f.e.m. é quase linear com a temperatura e muito reproduzível para os mesmos materiais.

Os dispositivos que medem a temperatura, com base neste princípio termoeléctrico, chamam-se termopares.

EFEITOS TERMOELÉCTRICOS

A teoria básica do efeito termoelétrico deriva de considerações sobre as propriedades de transporte eléctrico e térmico dos diferentes metais.

Em particular, quando estes mantêm uma diferença de temperatura entre dois pontos de um dado metal.

Esta diferença de potencial está relacionada com o facto de os electrões, na extremidade mais quente do material, terem mais energia térmica que os da extremidade mais fria.

Este deslocamento varia para metais diferentes à mesma temperatura, devido a diferenças nas respectivas condutividades térmicas.

Fechando-se um circuito, ligando as extremidades por meio de um condutor, verifica-se que passa uma corrente na malha fechada.

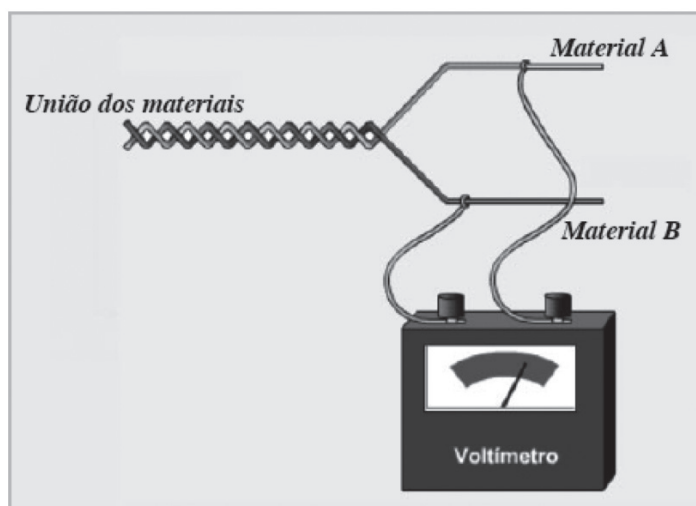


Figura 37 - Princípio de funcionamento de um termopar

Para usar o efeito de Seebeck, como base de um transdutor de temperatura, é necessário estabelecer uma relação definitiva entre a f.e.m., medida no termopar, e a temperatura desconhecida.

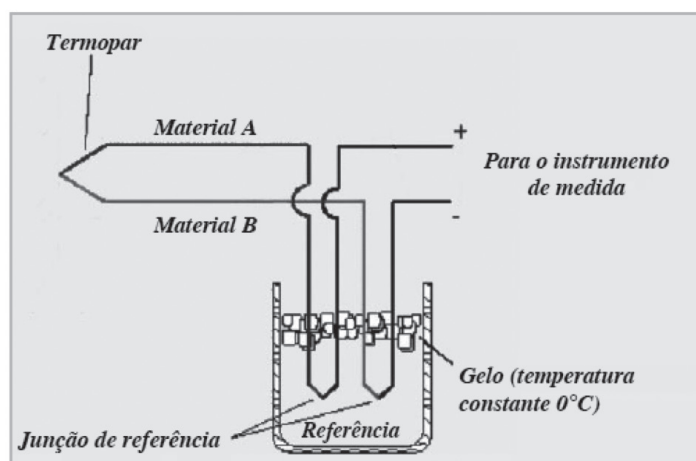


Figura 38 - Efeito de Seebeck

A figura seguinte mostra que a junção de medida TM, está exposta ao ambiente cuja temperatura se vai medir.

Esta junção é formada pelos metais A e B, formando-se, de seguida, duas outras junções com um metal comum, que depois liga ao aparelho de medida.

As junções com o metal são denominadas junções de referência, e são mantidas a uma temperatura comum conhecida por temperatura de referência (TR).

TIPOS DE TERMOPARES

Foram adoptadas algumas configurações padrão usando metais (ou ligas de metais) especificados e foram-lhes atribuídas letras para designação.

<i>Tipo</i>	<i>Materiais</i>	<i>Gama Normal</i>
<i>J</i>	<i>Ferro-Constantan</i>	<i>-190 a 760°C</i>
<i>T</i>	<i>Cobre-Constantan</i>	<i>-200 a 371°C</i>
<i>K</i>	<i>Chromel-Alumel</i>	<i>-190 a 1260°C</i>
<i>E</i>	<i>Chromel-Constantan</i>	<i>-100 a 1260°C</i>
<i>S</i>	<i>90% Platina + 10% Ródio-Platina</i>	<i>0 a 1482°C</i>
<i>R</i>	<i>87% Platina + 13% Ródio-Platina</i>	<i>0 a 1482°C</i>

Figura 39 - Tipos de Termopares

Cada tipo tem as suas características particulares como a gama de trabalho, a linearidade, a inércia a ambientes hostis, a sensibilidade, etc.

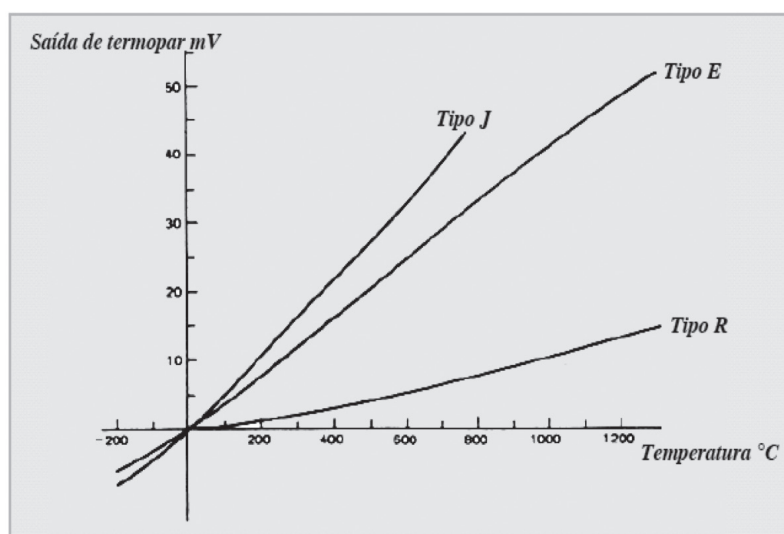


Figura 40 - Característica de uma Termopar em função do tipo de metais adoptados

TABELAS DE TERMOPARES

As tabelas de termopares dão simplesmente a tensão que resulta para um tipo particular de termopar, quando as junções de referência estão a uma determinada temperatura de interesse, e a junção de medida a uma dada temperatura. Na maioria dos casos, a temperatura de referência das tabelas é 0°C.

Por exemplo, para um termopar do tipo J, e a junção de medida a 210°C, a tensão é:

$$V(210^{\circ}C) = 11.34 \text{ mV}$$

SENSIBILIDADE

A gama de tensões dos termopares é geralmente inferior a 100 mV.

A sensibilidade real depende fortemente do tipo de condicionamento de sinal utilizado e do próprio termopar.

CONSTRUÇÃO

O termopar é apenas a junção soldada ou enrolada, de dois metais. No entanto, há casos em que o termopar é colocado numa bacia protectora, ou mesmo selado em vidro, para ficar isolado de um ambiente hostil.

CONDICIONAMENTO DE SINAL

O elemento crítico no uso de termopares é a tensão de saída é muito pequena.

É necessário uma grande amplificação para aplicações práticas. Além disso, os níveis baixos do sinal tornam os dispositivos susceptíveis ao ruído eléctrico, pelo que, na maioria dos casos, o termopar é usado com um amplificador operacional de alto ganho.

RUÍDO

O maior obstáculo ao uso dos termopares para medir temperaturas na indústria é a sua susceptibilidade ao ruído eléctrico.

As tensões geradas são geralmente inferiores a 100 mV.

Um termopar constitui uma excelente antena para captar o ruído da radiação electromagnética nas bandas de rádio, TV e microondas.

Para usar correctamente os termopares na indústria utilizam-se várias técnicas de redução de ruído, sendo as mais correntes as seguintes:

Os fios de extensão ou de ligação do termopar para a junção de referência ou sistema de medida são enrolados e embrulhados com uma bacia de folha metálica ligada à terra.

Usa-se no condicionador de sinal um amplificador de instrumentação, uma vez que este possui uma boa rejeição de modo comum.

O uso de filtros, sendo o mais comum o filtro passa-baixo devido ao ruído industrial ter duas gamas fundamentais de frequências: a de 50 Hz e a de 40 kHz.

TERMÍSTORES

As substâncias que são sensíveis à temperatura são, usualmente, designadas por termístores.

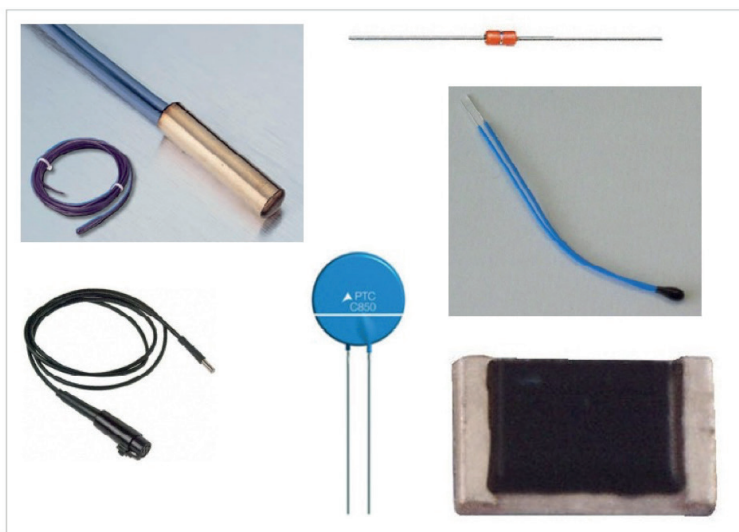


Figura 41 - Tipos de Termístores

São produzidas com base em miniaturas sintetizadas de óxidos metálicos com propriedades semicondutoras.

Os termístores, como propriedade básica, apresentam elevado coeficiente de resistência a temperaturas negativas.

Para cada valor de temperatura o termístor apresenta um determinado valor de resistência, variando entre 5000Ω a 0°C e os 100Ω a 150°C .

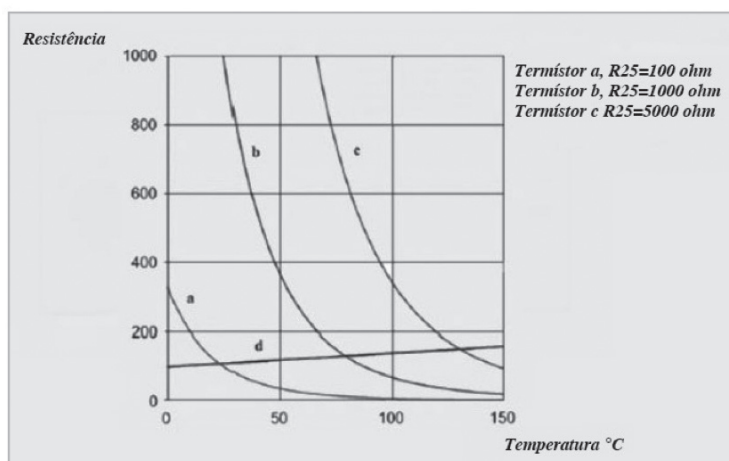


Figura 42 - Característica de um Termístor

Principais características:

- Não lineares com sensibilidade elevada.
- Faixas de operação (-100°C a $+300^\circ\text{C}$).
- Tamanhos e formas bastante variados ($0,005''$ a $0,05''$ de diâmetro).

JUNÇÃO PN

A temperatura fornece energia para que os electrões da banda de valência passem para a banda de condução, o que aumenta o número de portadores na região de depleção diminuindo a resistência da junção.

Basicamente, são díodos ou transístores sob polarização directa associados aos seus condicionadores de sinal, em função da necessidade de ajuste individual do sistema para cada sensor.

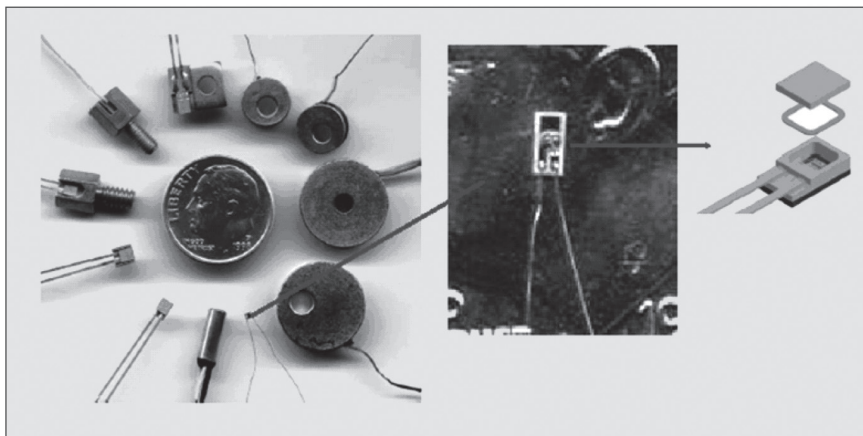


Figura 43 - Tipos de junção PN

Tabela de comparação entre sensores analógicos de temperatura

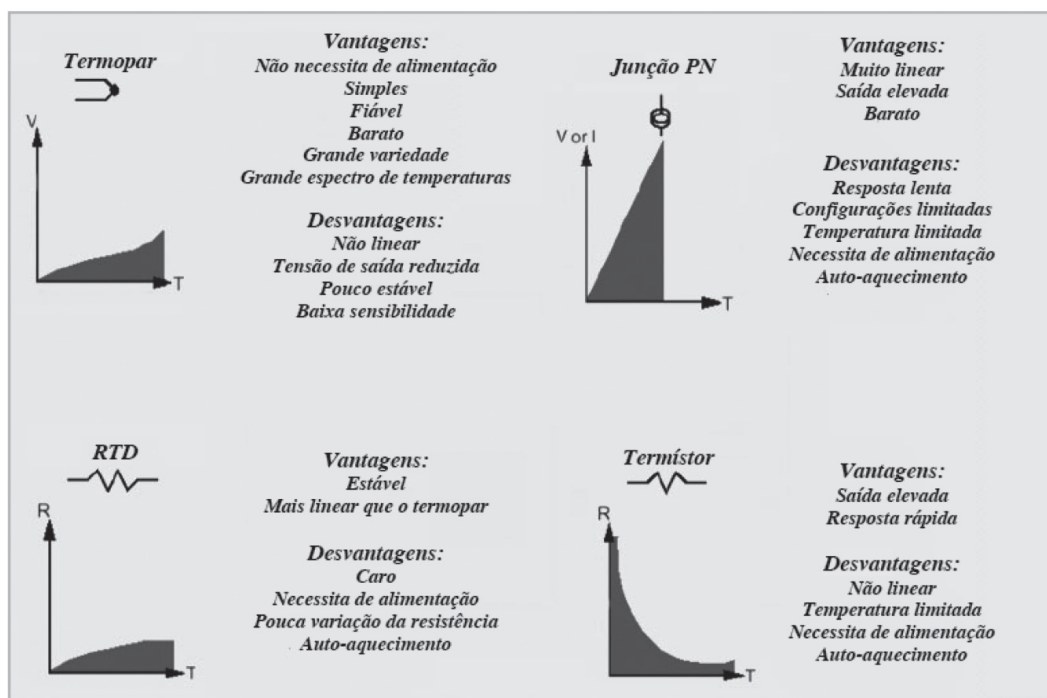


Figura 44 - Tabela de comparação entre sensores de temperatura

INSTALAÇÃO DE SENSORES

Uma das principais características, que deve ser tida em conta na altura da instalação de sensores com saídas a transístores, é a corrente máxima que estes elementos conseguem fornecer.

O limite máximo está geralmente compreendido entre os 50 e os 200 mA.

Se a carga aplicada ao sensor tiver uma necessidade de corrente superior à corrente máxima que o sensor consegue debitar, este pode queimar.

Os módulos de entrada dos PLC's, por exemplo, têm necessidades de corrente dentro da gama de correntes máximas que os sensores conseguem fornecer.

Os sensores com saídas a relés conseguem fornecer uma corrente de saída superior aos restantes sensores, tipicamente 3A.

Se na altura de instalação do sensor for detectado que, junto a ele, passam cabos de alta tensão, o cabo de sinal do sensor deverá ser protegido para que este não apresente um comportamento erróneo ou capte sinais falsos.

Os sensores indutivos ou capacitivos deverão ser instalados, tendo o cuidado de estes não detectarem a superfície onde estão instalados. Além disso, quando forem instalados mais do que um sensor na mesma zona, a distância entre eles deverá ser respeitada.

Os sensores digitais existentes na indústria tendem a ser padronizados e, regra geral apresentam-se quase sempre com a configuração de dois, três ou quatro fios.

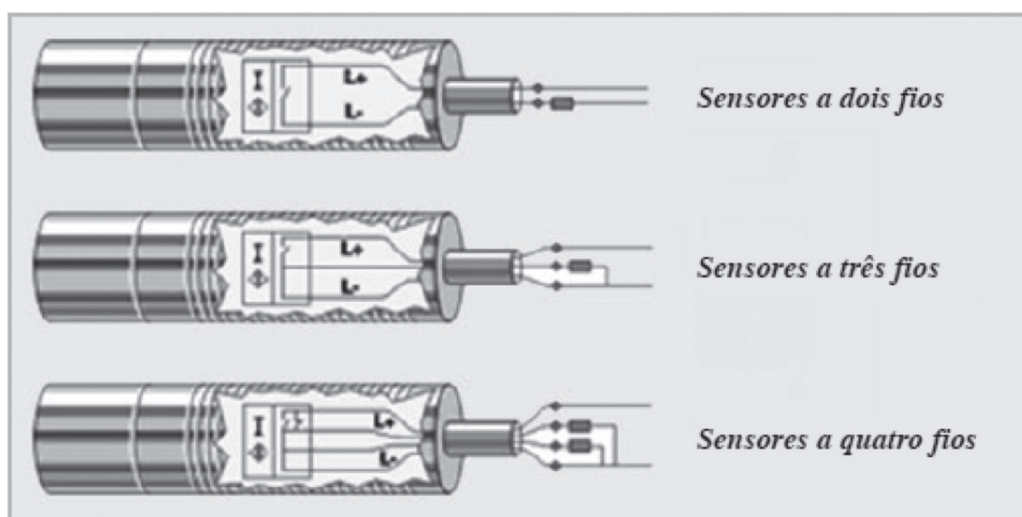


Figura 45 - Tipos de Sensores digitais

SENSORES A DOIS FIOS

Os sensores a dois fios requerem, para o seu funcionamento, uma fonte de alimentação externa, sendo o sensor ligado ao positivo e negativo da fonte de alimentação, com a carga ligada entre o sensor e um dos lados da fonte de alimentação. A polaridade da ligação depende do modelo do sensor.

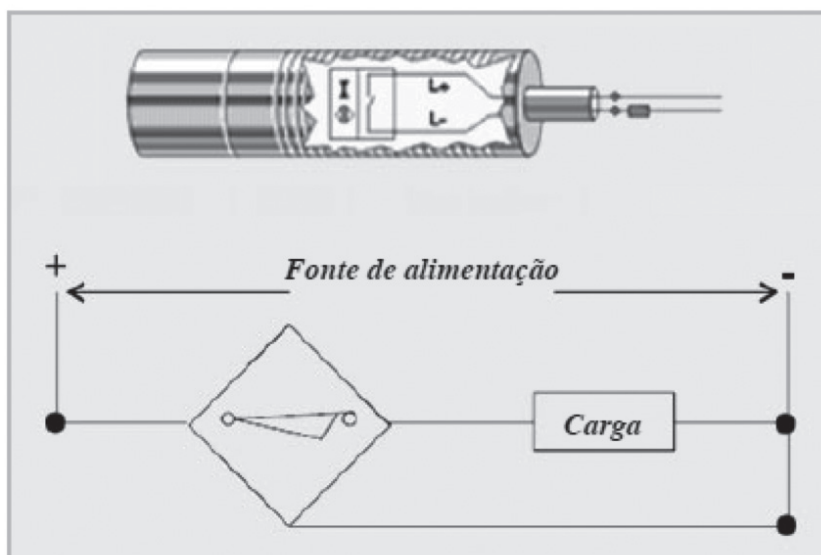


Figura 46 - Sensor a dois fios

Os sensores a três fios podem ser do tipo PNP ou NPN dependendo do transístor que internamente tenham para fazer a comutação do sinal.

SENSORES PNP

Nos sensores PNP, a carga deverá ser ligada entre o terminal de saída de sinal do sensor e o pólo negativo da fonte de alimentação.

O transístor interno do sensor, quando actuado, ligará o pólo positivo da fonte de alimentação à carga do sensor, provendo, desta forma, um caminho para a corrente fluir do pólo positivo da fonte para a carga (sentido convencional da corrente).

SENSORES A TRÊS FIOS

Sabe-se que, efectivamente, a corrente circula do pólo negativo para a carga (sentido real da corrente). Este facto costuma suscitar algumas confusões que poderão ser facilmente dissipadas se for associado o P (NP), a saída Positiva do sensor quando este está activo.

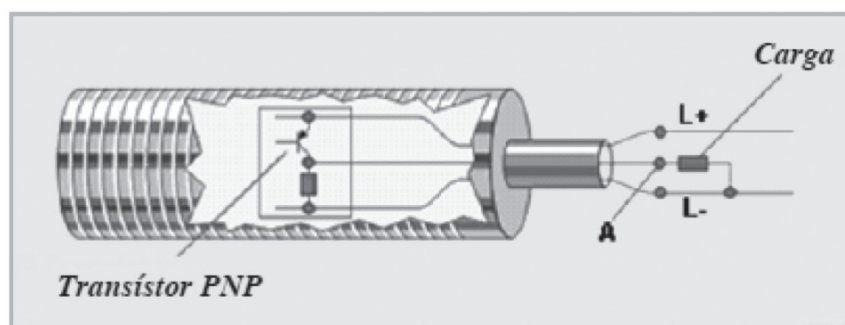


Figura 47 - Sensor a três fios PNP

Sensores NPN

Nos sensores NPN, a carga deverá ser ligada entre o terminal de saída de sinal do sensor e o pólo positivo da fonte de alimentação.

O transístor interno do sensor, quando actuado, ligará o pólo negativo da fonte de alimentação à carga do sensor provendo, desta forma, um caminho para a corrente fluir do pólo positivo da fonte para a carga (sentido convencional da corrente).

Analogamente ao caso anterior, se for associado o N (PN), a saída Negativa do sensor quando este está activo, não será feita nenhuma confusão.

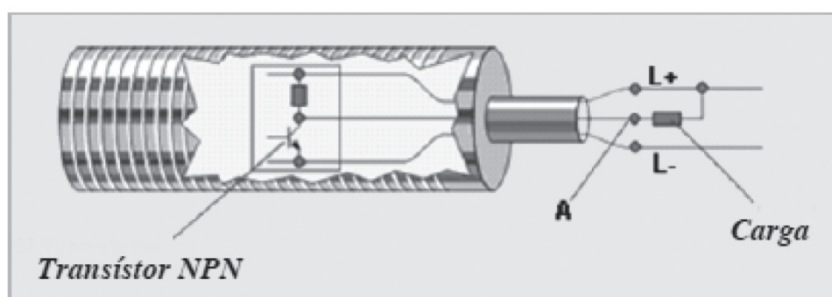


Figura 48 - Sensor a três fios NPN

As saídas dos sensores são consideradas, normalmente abertas ou fechadas, tendo em conta o estado do transístor interno quando o sensor não está a captar nenhum objecto.

Por exemplo, se a saída de um sensor PNP estiver a Off quando não é detectado nenhum objecto, o sensor é considerado normalmente aberto. Por outro lado, se o mesmo sensor tiver a saída a On, quando não é detectado nenhum objecto, este será considerado normalmente fechado.

SENSORES A QUATRO FIOS

Os sensores com saídas a quatro fios têm, no mesmo sensor, uma saída normalmente aberta e outra normalmente fechada.

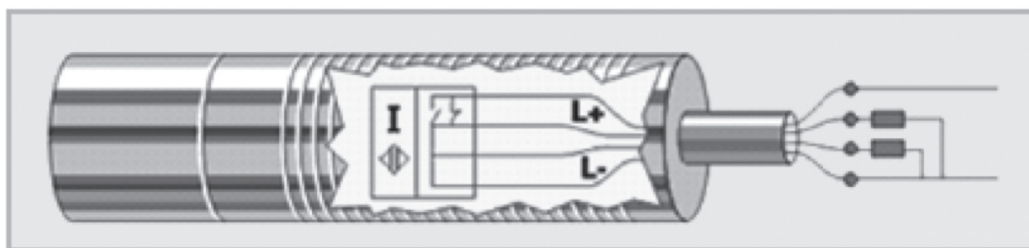


Figura 49 - Sensor a quatro fios

SENSORES COM SAÍDA RELÉ

Os sensores com saída a relé são bastante comuns no meio industrial, pela sua elevada robustez e simplicidade de funcionamento.

São geralmente compostos por cinco fios: dois de alimentação (castanho e azul) e os restantes as saídas normalmente aberta e/ou fechada do relé.

Para sinalizar o seu estado, estes sensores costumam trazer incorporado um led emissor de luz.

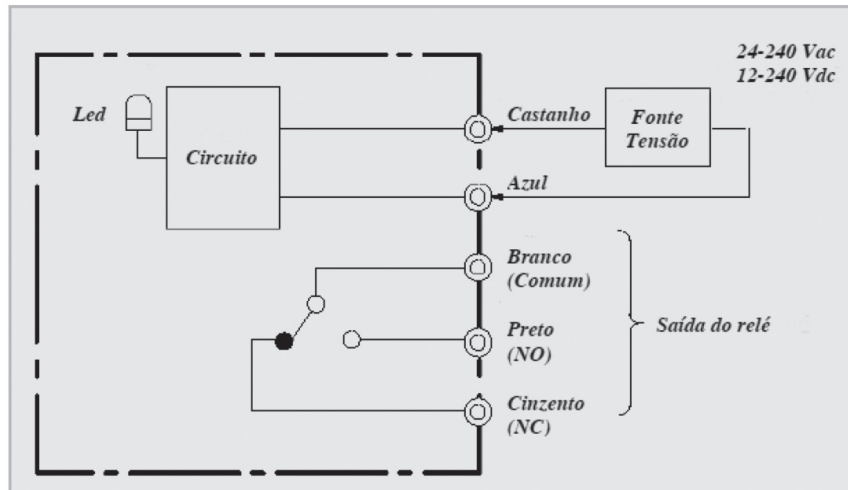


Figura 50 - Constituição de um sensor com saída a relé

LIGAÇÃO SÉRIE PARALELO DE SENSORES

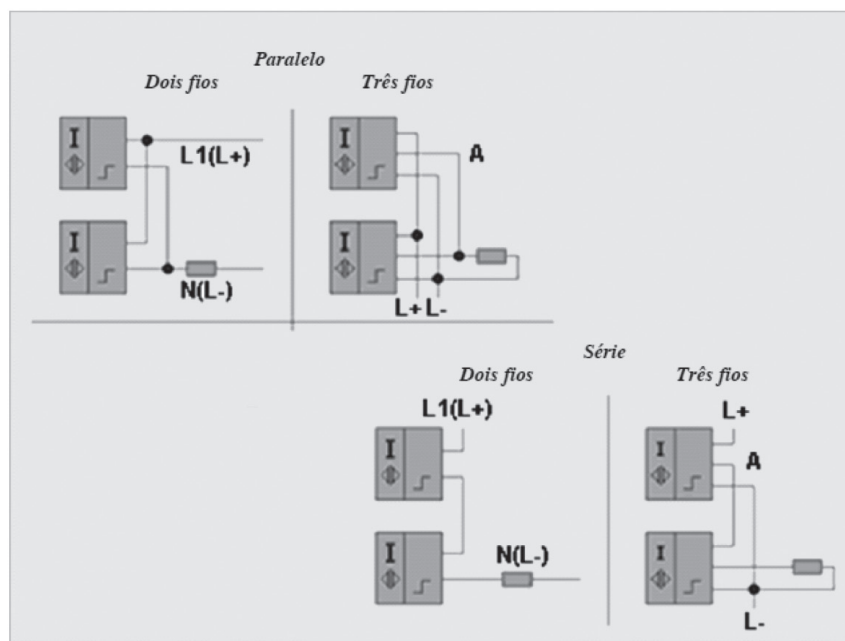


Figura 51 - Esquema de Ligação série paralelo de sensores

TRANSMISSÃO E CONDICIONAMENTO DE SINAL

O sinal proveniente dum transdutor pode ser transmitido por tensão, por corrente ou por frequência. Sendo o último o menos utilizado, falar-se-á essencialmente nos outros modos de transmissão de sinal. Existe uma regra prática que refere que, se a transmissão do sinal for feita por cabo, numa distância inferior a 10m, pode fazer-se a transmissão do sinal em tensão, e se essa distância for superior a 10m, a transmissão tem de ser feita em corrente.

Os valores padronizados para a transmissão em corrente são:

- $I_{\min} = 4 [mA]$ Regra estabelecida para que o valor de $I_{\min} = 0 [A]$

não seja confundido com a ruptura de um cabo.

- $I_{\max} = 20 [mA]$

A transmissão por tensão pode ser feita se a distância entre o transdutor e o restante equipamento for inferior a 10m.

Artigo elaborado por Eng.º Filipe Pereira

BIBLIOGRAFIA

- Catálogos OMRON: www.omron.pt
- Automação industrial - 3 edição - J.Norberto Pires - EDITORA: Lidel
- Autómatas programables - Josep Balcells, José Luis Romeral - EDITORA: Marcombo
- Técnicas de automação - João R.Caldas Pinto - EDITORA: Edições Técnicas e Profissionais
- Curso de Automação Industrial - Paulo Oliveira - EDITORA: Edições Técnicas e Profissionais
- Manual de Formação OMRON: Eng.º Filipe Alexandre de Sousa Pereira

voltimum

www.voltimum.pt

