



# Sensores Industriais

Elaine K. Meyer

*Mestrado profissional em Engenharia Elétrica  
Orientador: Roberto S. U. Rosso Jr.*



## Conceitos Básicos

- Atuadores
- Sensores
  - Analógicos
  - Digitais
- Transdutor
- Conversores A/D e D/A
- Transmissor
- Características importantes
- Classificação dos instrumentos



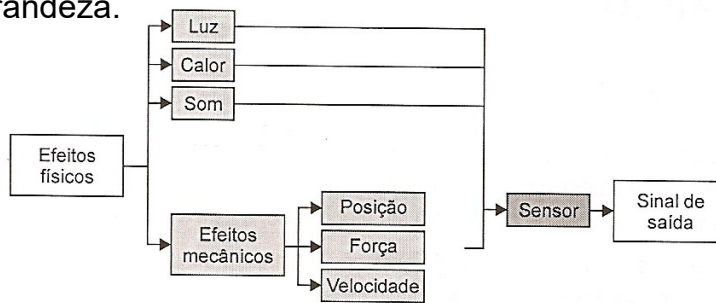
## Conceitos Básicos

- Em qualquer processo existem variáveis que precisam ser medidas e monitoradas.
- Isso é feito analisando-se fenômenos físicos tais como:
  - Luz
  - Calor
  - Vibrações
  - Força
  - Posição



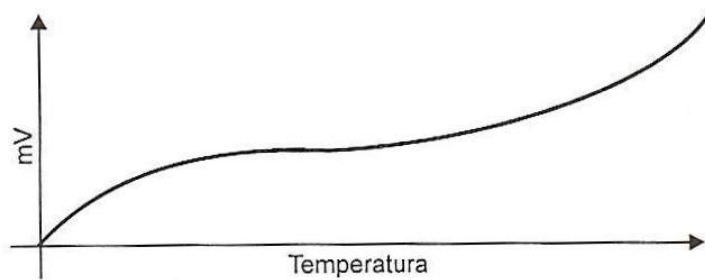
## Sensores

- São dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente (luminosa, térmica, cinética), mudando seu comportamento sob a ação de grandezas físicas, e podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que indique esta grandeza.



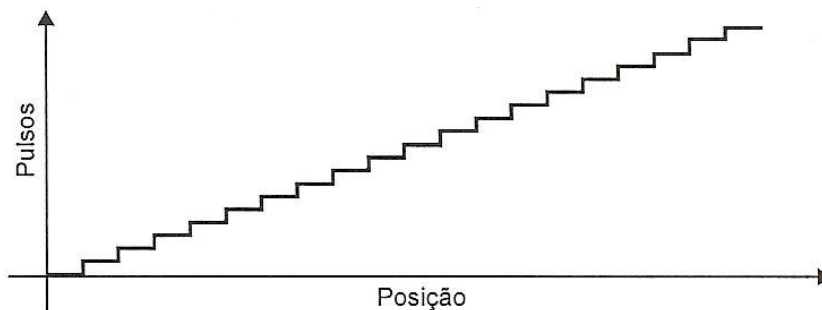
## Sensores Analógicos

- Pode assumir qualquer valor no seu sinal de saída ao longo do tempo, desde que esteja dentro da sua faixa de operação



## Sensores Digitais

- Pode assumir apenas dois valores no seu sinal de saída ao longo do tempo (zero ou um)



## Transdutor

- Denominação dada a um dispositivo completo, que contém o sensor e todos os circuitos de interface necessários para transformar uma grandeza qualquer em outra que pode ser utilizada nos dispositivos de controle.
- Pode ser considerado uma interface às formas de energia do ambiente e o circuito de controle ou entre o controle e o atuador.



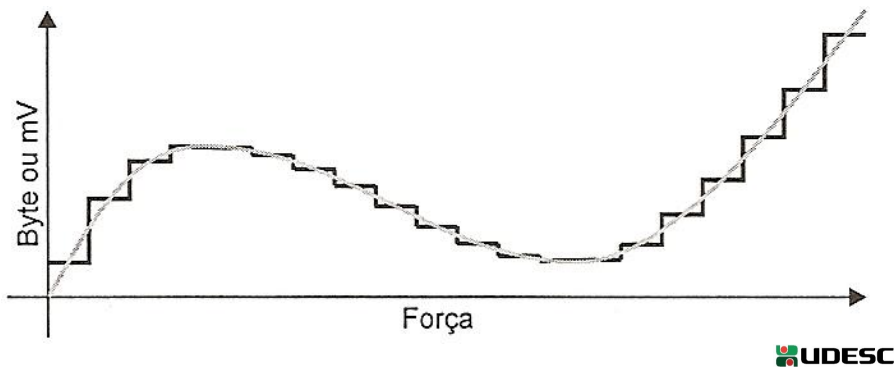
## Atuadores

- Dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado.
  - Válvulas
  - Relés
  - Cilindros
  - Motores
  - Solenóides



## Conversores A/D e D/A

- Devem ser bem dimensionados para não obter valores falsos da grandeza física e tornar o processo muito caro, além de poder torná-lo mais lento durante a conversão.

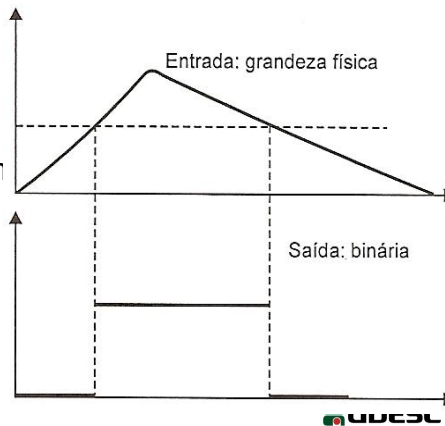


## Transmissor

- Dispositivo que prepara o sinal de saída de um transdutor para utilização a distância, fazendo certas adequações ao sinal as quais se chamam padrões de transmissões de sinais.
- Os padrões mais utilizados para sinais analógicos são: 3 a 15 SPI; 4 a 20 mA; 0 a 20 mA e 0 a 10V.
- Para transmissão de sinais digitais são utilizados protocolos de comunicação para redes industriais, como: Profibus, Modbus, Fieldbus, DH+, DH485, RS-232, entre outros.

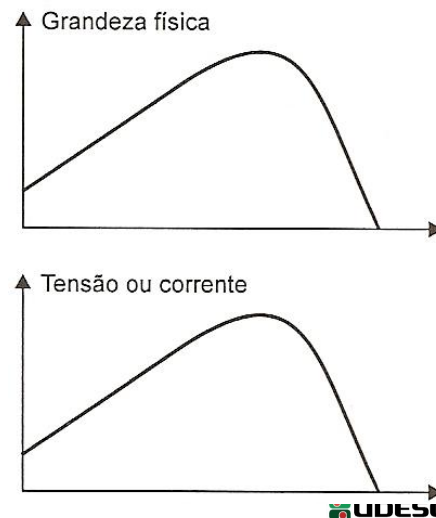
## Características importantes de equipamentos

- Tipos de saída
  - Digital ou binária: a saída do dispositivo só assume valores “0” ou “1” lógicos. Esse tipo de sensor só é capaz de indicar se uma grandeza física atingiu um valor predeterminado (pressostatos, termostatos, chaves de nível, fluxostatos).



## Características importantes de equipamentos

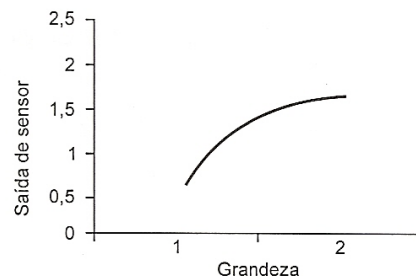
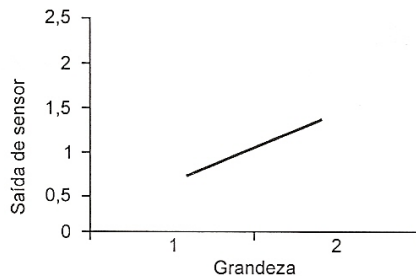
- Analógica: o transdutor possui uma saída contínua. Neste caso a saída do transdutor é quase uma réplica da grandeza física de entrada.



## Características importantes de equipamentos

- Linearidade

- É a curva obtida plotando os valores medidos por um transdutor sob teste. Pode variar conforme o tipo sensor.



## Características importantes de equipamentos

- Sensibilidade

- (ou ganho) é a razão entre o sinal de saída e de entrada para um dado sensor ou transdutor.

- Exatidão

- Consiste no erro da medida realizada por um transdutor em relação a um medidor padrão.
- É a aptidão de um instrumento de medição para dar respostas próximas a um valor verdadeiro.

## Características importantes de equipamentos

- Precisão
  - É a característica relativa ao grau de repetibilidade do valor medido por um transdutor.
- Alcance (Range)
  - Representa toda a faixa de valores de entrada de um transdutor, também chamada amplitude de operação.
- Estabilidade
  - Está relacionada com a flutuação da saída do sensor.
- Velocidade de resposta
  - Velocidade com que a medida fornecida pelo sensor alcança o valor real do processo.



## Características importantes de equipamentos

- Outras características levadas em consideração na especificação:
  - Facilidade de manutenção
  - Custo
  - Calibração
  - Dimensões
  - Faixa de trabalho
  - Encapsulamento
  - Histerese A palavra histerese tem origem grega e significa "retardo".
  - Vida útil

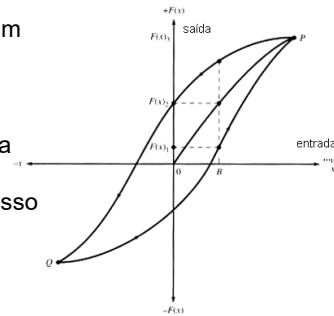




# Histerese

Um sensor ideal deve responder às variações de uma grandeza tanto quando elas ocorram num sentido como no outro.

Para um sensor de temperatura, por exemplo, uma subida de 1 grau na temperatura deve ser respondida com uma variação de sua resistência da mesma forma que uma descida de 1 grau, a partir do mesmo valor. No entanto, na prática isso não ocorre com muitos sensores que se comportam de maneiras diferentes quando a grandeza aumenta ou diminui de valor tomando como referência um mesmo ponto. Se colocarmos isso num gráfico, veremos que o "trajeto" das variações da grande num sentido é diferente do "trajeto" obtido quando ela varia no sentido oposto. Isso é mostrado na figura .



## Classificação dos Instrumentos

- Quanto à localização
  - Instrumentos de painel ou uso interno
  - Instrumentos de campo - uso ao tempo
- Quanto à função
  - Medidores
  - Indicadores
  - Registradores
  - Controladores
  - Alarmes



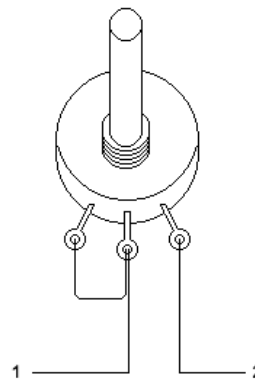
## Sensores Industriais

- Tipos de Sensores
  - Sensores de Posição
  - Sensores Ópticos
  - Sensores de Temperatura
  - Sensores de Nível
  - Sensores de Vazão



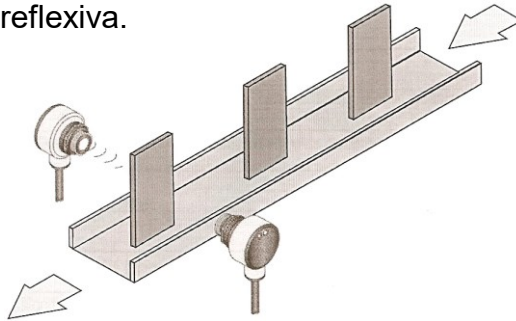
## Sensores de Posição

- Reportam a posição física de um objeto com respeito a um ponto de referência.
- Potenciômetro – são sensores que produzem uma resistência proporcional ao deslocamento ou posição.



## Sensores de Posição

- **Ultra-sônicos** - Baseiam-se no princípio de ultra-som, emitindo ondas que refletem nas superfícies sólidas próximas e retornam ao sensor, que mede o tempo decorrido entre a emissão do sinal e seu respectivo retorno, calculando assim a distância entre o sensor e a superfície reflexiva.



## Sensores de Posição

- **Chaves Fim de Curso**
  - São chaves do tipo normalmente aberta (NA) ou normalmente fechadas (NF), que acionam seus contatos com apenas alguns milímetros de deslocamento. Apresentam grande repetibilidade.
- **Encoders**
  - O encoder é um transdutor que converte um movimento angular ou linear em uma série de pulsos digitais elétricos. Esses pulsos gerados podem ser usados para determinar velocidade, taxa de aceleração, distância, rotação, posição ou direção.

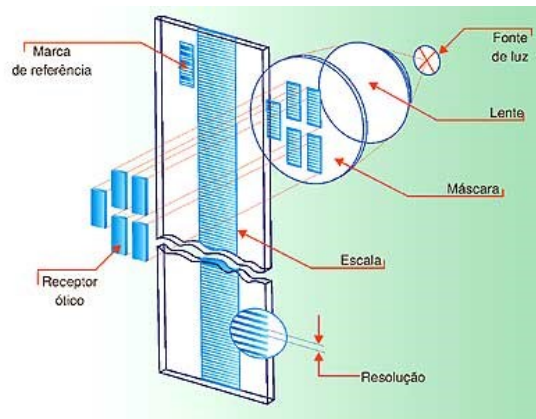


## Sensores de Posição

- Encoders
  - O sistema de leitura é baseado em um disco (encoder rotativo), formado por janelas radiais transparentes e opacas alternadas. Este é iluminado perpendicularmente por uma fonte de luz infravermelha, quando então, as imagens das janelas transparentes são projetadas no receptor. O receptor converte essas janelas de luz em pulsos elétricos. Os encoders podem ser divididos em encoders incrementais e absolutos.

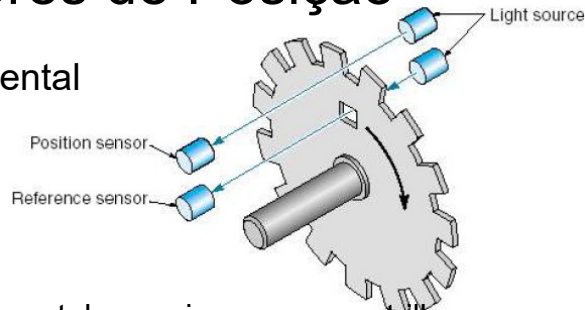


## Sensores de Posição



## Sensores de Posição

- Encoder Incremental



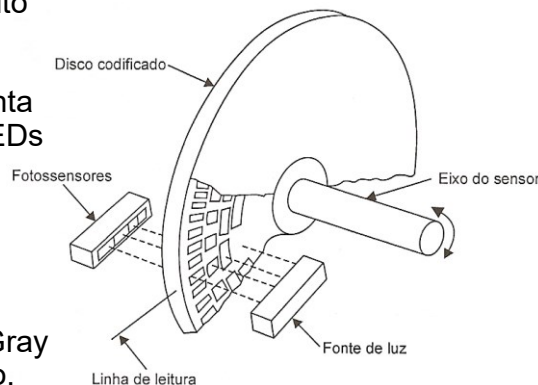
- O encoder incremental possui apenas uma trilha com dentes igualmente espaçados.
- A posição é determinada pela contagem do número de dentes que passam na frente de um fotosensor, onde cada dente representa um ângulo conhecido.
- O sistema requer um ponto de referência inicial.



## Sensores de Posição

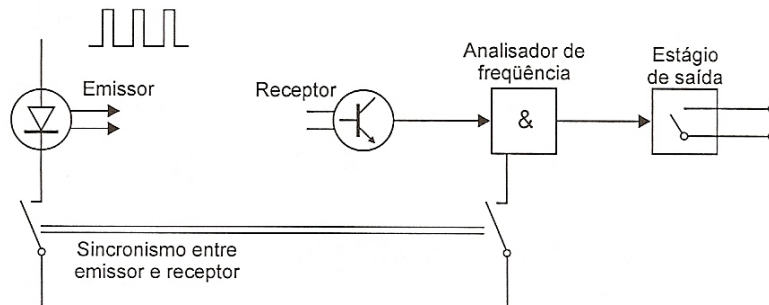
- Encoder Absoluto

- O codificador absoluto fornece um byte de saída com um único padrão que representa cada posição. Os LEDs e os receptores são alinhados para ler o padrão do disco.
- O esquema de codificação mais comum é o código Gray por não ser ambíguo.



## Sensores Ópticos

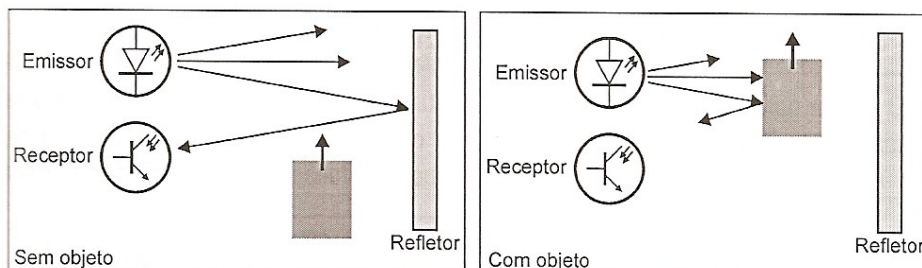
- Executam a detecção de qualquer material sem que haja contato mecânico entre eles.
- O princípio de funcionamento se baseia na existência de um emissor e um receptor. A luz gerada pelo emissor deve atingir o receptor para fazer com que o sensor comute a saída.



:SC

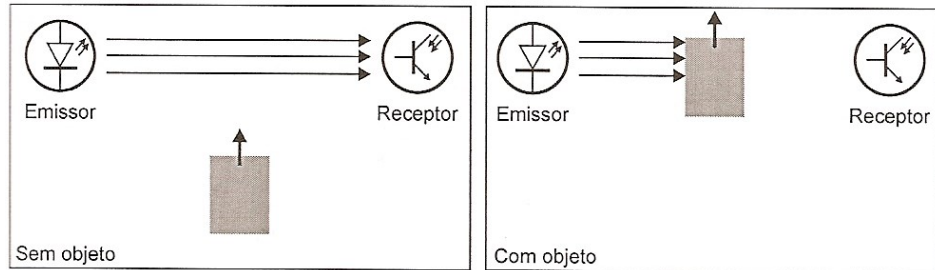
## Sensores Ópticos

- Sensor óptico por retrorreflexão



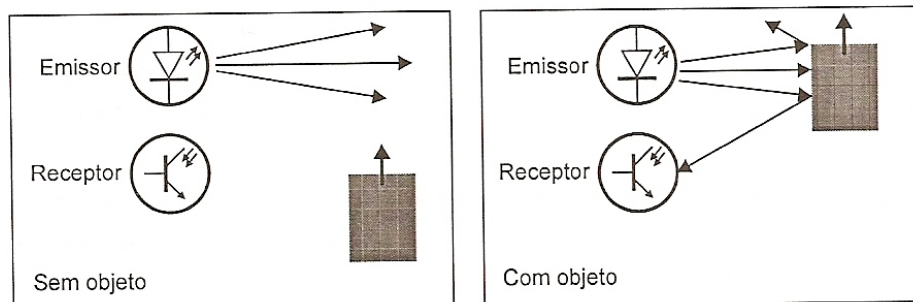
# Sensores Ópticos

- Sensor óptico por transmissão ou barreira óptica
  - Possui o emissor e o receptor montados em dispositivos separados e alinhados.

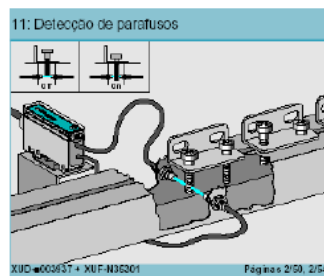
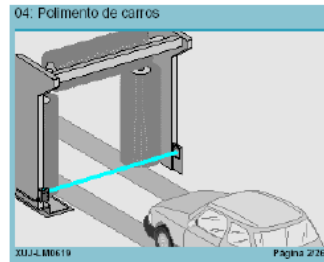


# Sensores Ópticos

- Sensor óptico por reflexão difusa

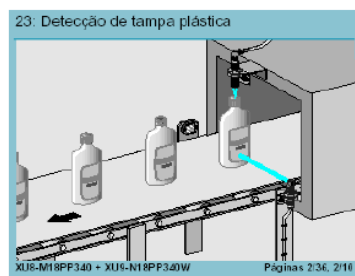


# Sensores Ópticos



DESC

# Sensores Ópticos

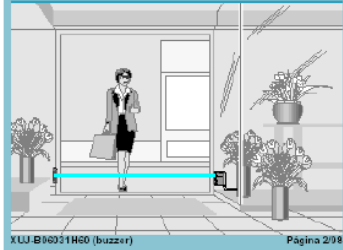


DESC

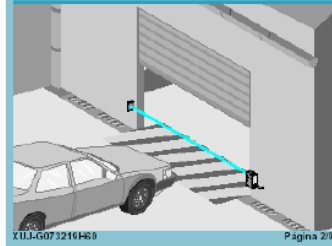


## Sensores Ópticos

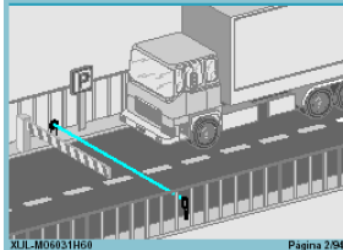
44: Detecção de pessoas



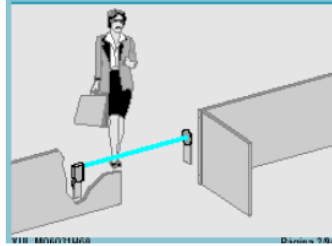
46: Comando de porta de garagem



47: Comando de cancela de estacionamento

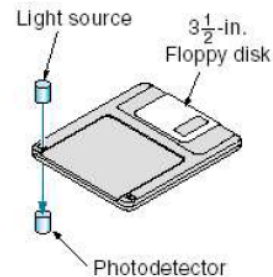
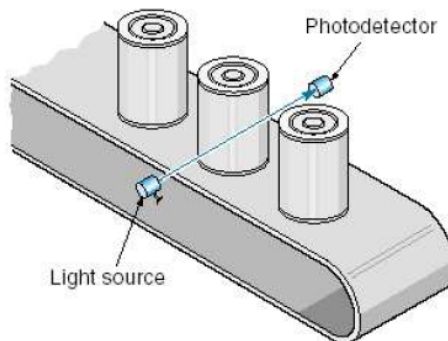


48: Detecção de pessoas



IESC

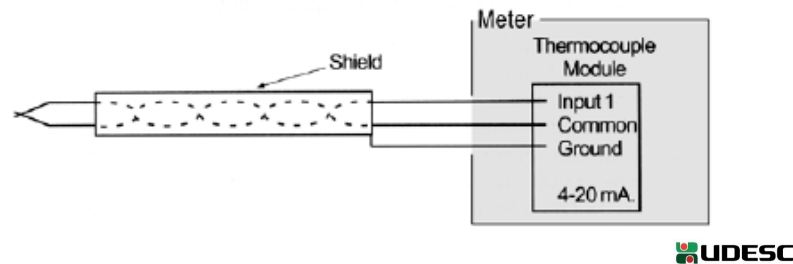
## Sensores Ópticos



UDESC

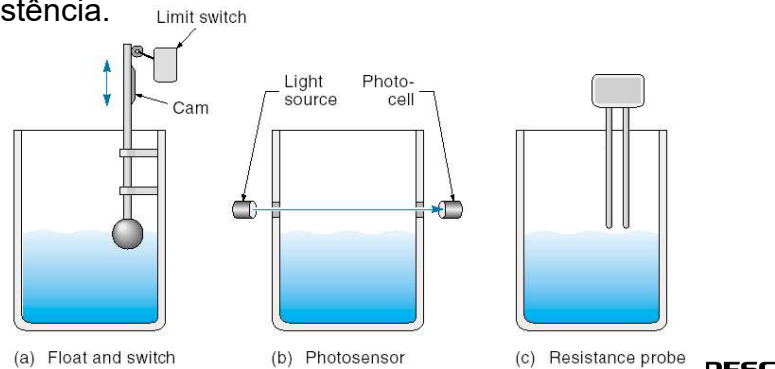
## Sensores de Temperatura

- Termopares
  - Possuem duas partes de fio de metais diferentes unidas em uma ou ambas as extremidades. As outras extremidades do fio são conectadas através de um fio de compensação às entradas analógicas de um dispositivo do controle tais como um PLC.

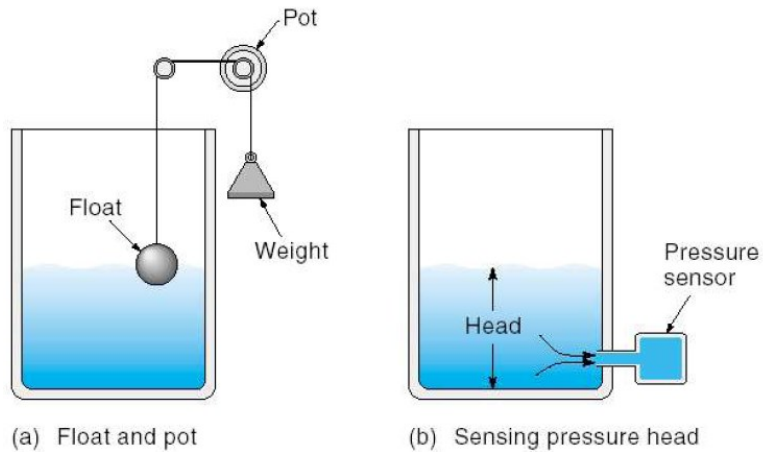


## Sensores de Nível

- Os sensores de nível líquido medem a altura de um líquido dentro de um vaso.
- Tecnologias mais empregadas: Bóia com chave de nível, Fotocélulas, Sondas com eletrodos que detectam a resistência.



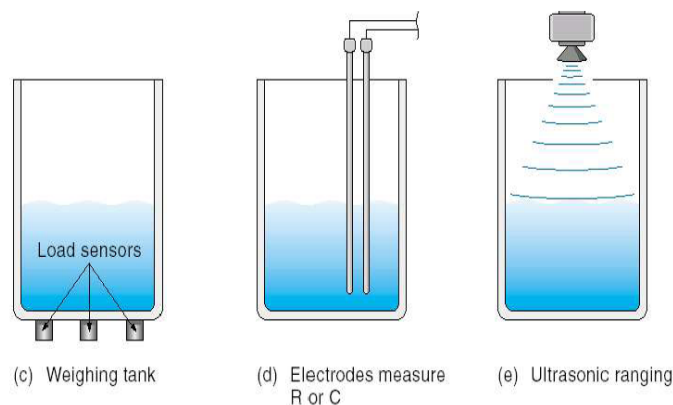
## Sensores de Nível



(a) Bóia ligada a um sensor de posição (b) Medida de pressão ao fundo do vaso: proporcional ao nível



## Sensores de Nível



(c) Monitoração do peso do líquido por células de carga  
(d) Eletrodos verticais imersos: a saída é uma resistência ou capacitância proporcional ao nível líquido (e) Sensores de ultrassom



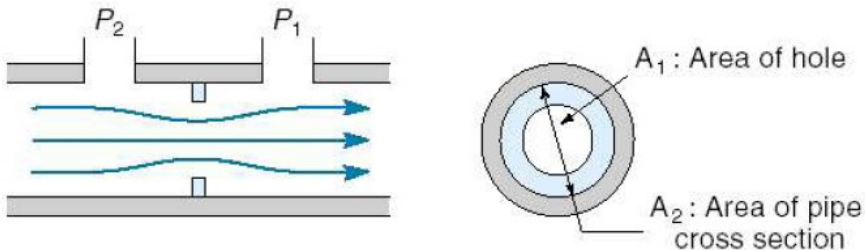
## Sensores de Vazão

- Desenvolvidos para determinar a velocidade em que fluem os fluidos em tubulações.
- Baseiam-se na construção mecânica de dispositivos onde são estrategicamente colocados sensores de pressão de tal forma que, por diferenças de pressão sejam calculadas a velocidade do fluido (líquido ou gás) e, conseqüentemente a vazão na tubulação.



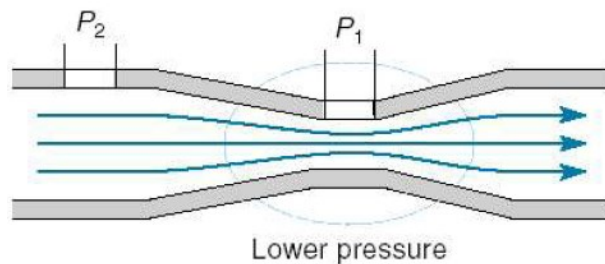
## Sensores de Vazão

- O sensor de vazão mais simples é a placa de orifício.
- A vazão real depende de efeitos de velocidade, da razão das áreas  $A_1/A_2$  e da condição da superfície do tubo.



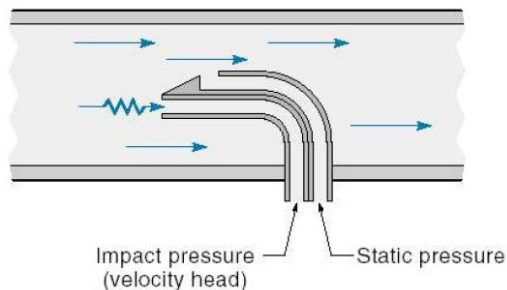
## Sensores de Vazão

- Um tubo de Venturi é uma restrição gradual num tubo que faz com que a velocidade do fluido cresça na área constrita.



## Sensores de Vazão

- Ambas a placa de orifício e o tubo venturi ocasionam quedas de pressão no tubo por onde escoo o fluido.
- O tubo pitot é um sensor de vazão baseado na pressão que causa um mínimo de restrição ao escoamento.



A pressão de impacto é sempre maior que a pressão estática e a diferença entre elas é proporcional à velocidade, conseqüentemente à vazão.

## Referências

- Sensores Industriais  
Daniel Thomazini & Pedro U. B. Albuquerque  
Editora Érica – 2005
- Instrumentação Industrial  
Egídio Alberto Bega  
Editora Interciência – 2006
- Apostila da Disciplina CLP do Curso de  
Especialização em Automação Industrial –  
Udesc. Prof. MSc. Marcos Fergütz, 2004

