# PMI 3415 INSTRUMENTAÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO PARA A INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

## INTRODUÇÃO

# OBJETIVOS

- CAPACITAR O ALUNO NA IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DOS SISTEMAS DE INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE APLICADOS NA INDÚSTRIA, DESCREVENDO OS SEUS PRINCIPAIS ELEMENTOS NO QUE TANGE AOS PRINCÍPIOS ENVOLVIDOS E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
- INTERPRETAÇÃO DA TERMINOLOGIA E SIMBOLOGIA DA INSTRUMENTAÇÃO EMPREGADA NA INDUSTRIA DO PETRÓLEO
- INTERPRETAR OS SIGNIFICADOS DA MEDIÇÃO DE: PRESSÃO, TEMPERATURA, NÍVEL, VAZÃO, ETC.
- CONHECER TERMINOLOGIA DE CONTROLE
  - MALHA ABERTA, MALHA FECHADA (SIMPLES E MÚLTIPLA)
  - AJUSTE DE PARÂMETROS DE CONTRÔLE (PID)

# DEFINIÇÕES

- DE ACORDO COM A ISA (*INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA*) **INSTRUMENTO INDUSTRIAL** É:

**TODO DISPOSITIVO USADO PARA DIRETA OU INDIRETAMENTE MEDIR E/OU CONTROLAR UMA VARIÁVEL**

- NESTA DEFINIÇÃO INCLUEM-SE: ELEMENTOS/SENSORES PRIMÁRIOS, ELEMENTOS FINAIS DE CONTROLE, DISPOSITIVOS COMPUTACIONAIS, DISPOSITIVOS ELÉTRICOS COMO ALARMES, CHAVES E BOTOEIRAS
- O TERMO NÃO SE APLICA A PARTES QUE SÃO COMPONENTES INTERNOS DO INSTRUMENTO (NORMA ANSI/ ISA-S5.1-1984-R-1992)

# DEFINIÇÕES

- **INSTRUMENTAÇÃO**

  - ✓ **Ciência** que aplica e desenvolve técnicas para adequação de instrumentos de medição, transmissão, indicação, registro e controle de variáveis físicas em equipamentos nos processos industriais

  - ✓ **Conjunto de técnicas** para o projeto de desenvolvimento e construção de **equipamentos eletrônicos que manipulam sinais elétricos que representam grandezas físicas (instrumentos eletrônicos)**

# DEFINIÇÕES

- **FUNÇÕES DA INSTRUMENTAÇÃO:**
  - ✓ Medição de grandezas físicas
  - ✓ Quantificação de grandezas experimentais
  - ✓ Monitoramento de variáveis de processos
  - ✓ Controle e atuação de sistemas
  - ✓ Geração de sinais

# INSTRUMENTAÇÃO NAS INDÚSTRIAS

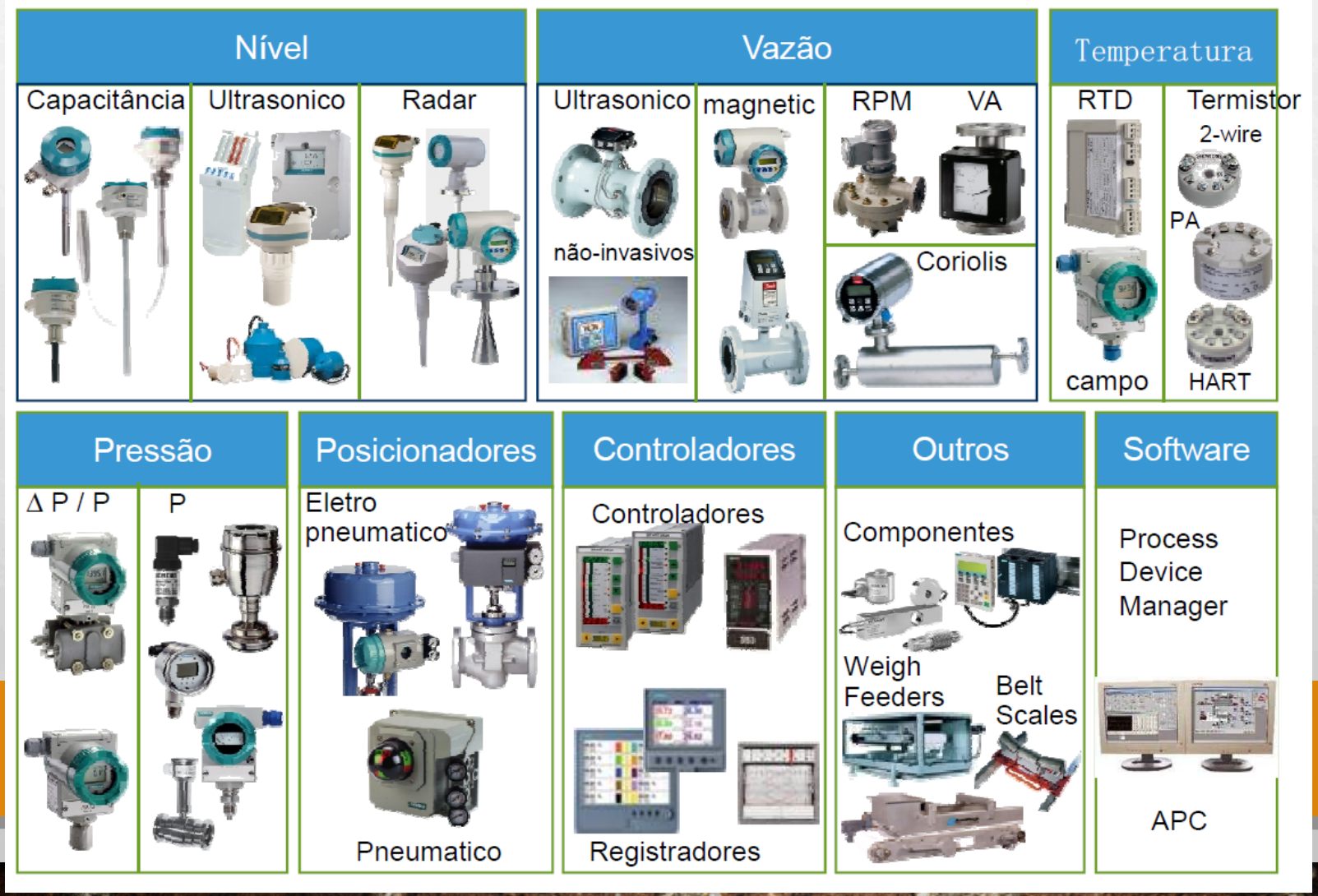
Indústrias farmacêuticas

Usinas de Açúcar e Álcool

Indústrias Químicas e Petroquímica

Indústria de óleo e gás

# INSTRUMENTAÇÃO NAS INDÚSTRIAS



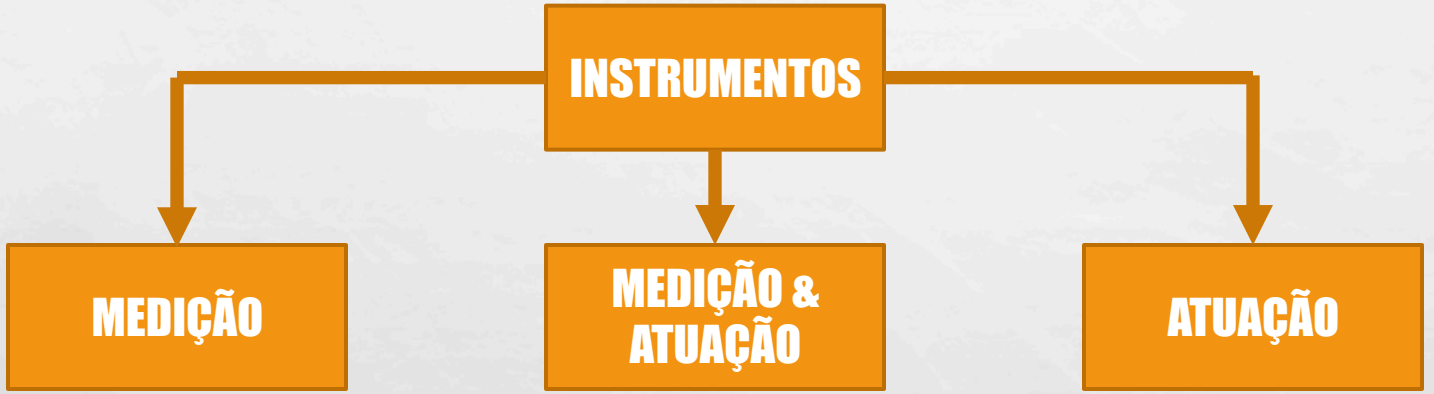
# MEDIÇÃO

- **AS VARIÁVEIS DE PROCESSOS QUE SÃO MEDIDAS INCLUEM:**
  - Pressão, Temperatura, Nível, Vazão, Umidade, Velocidade, Movimento, densidade, condutividade, pH, luz, qualidade, quantidade e muito mais

- **OS DISPOSITIVOS QUE PROCESSAM OU REALIZAM AS MEDIÇÕES SÃO CHAMADOS:**
  - Sensores, transdutores, transmissores, indicadores, monitores, gravadores, coletores de dados e sistemas de aquisição de dados

# INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL

- **UMA PRIMEIRA CLASSIFICAÇÃO PARA OS INSTRUMENTOS É:**




- ✓ Termômetros
- ✓ Manômetros
- ✓ Velocímetros
- ✓ Medidores de vazão
- ✓ Medidores de nível

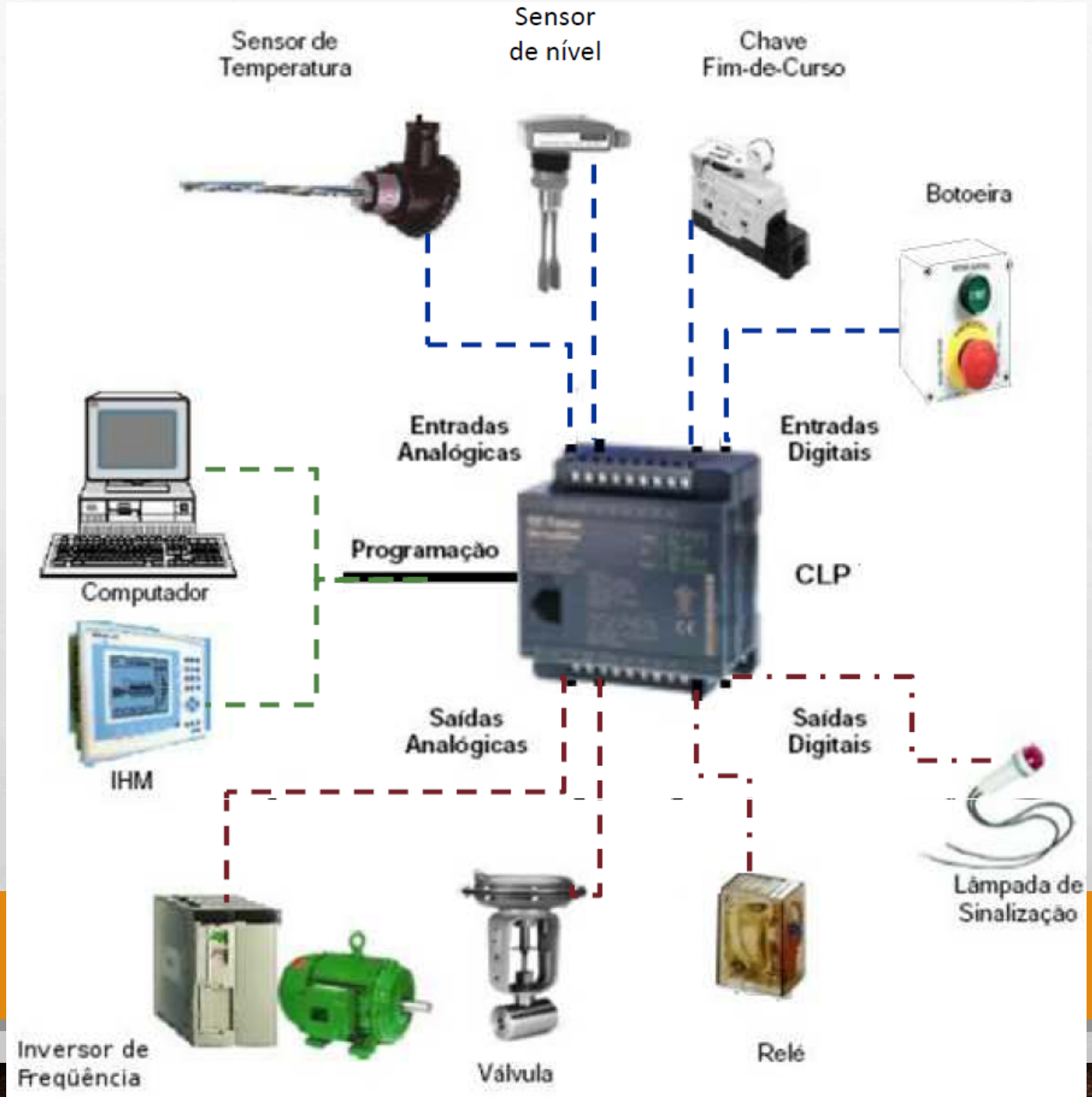
- ✓ Termostatos
- ✓ Pressostatos
- ✓ Chaves de fim de curso

- ✓ Válvulas manuais e automáticas
- ✓ Motores de passo
- ✓ Inversores de frequência
- ✓ Motores elétricos
- ✓ Bombas
- ✓ Aquecedores

**Elementos Primários**

**Controladores**

**Elementos Finais**



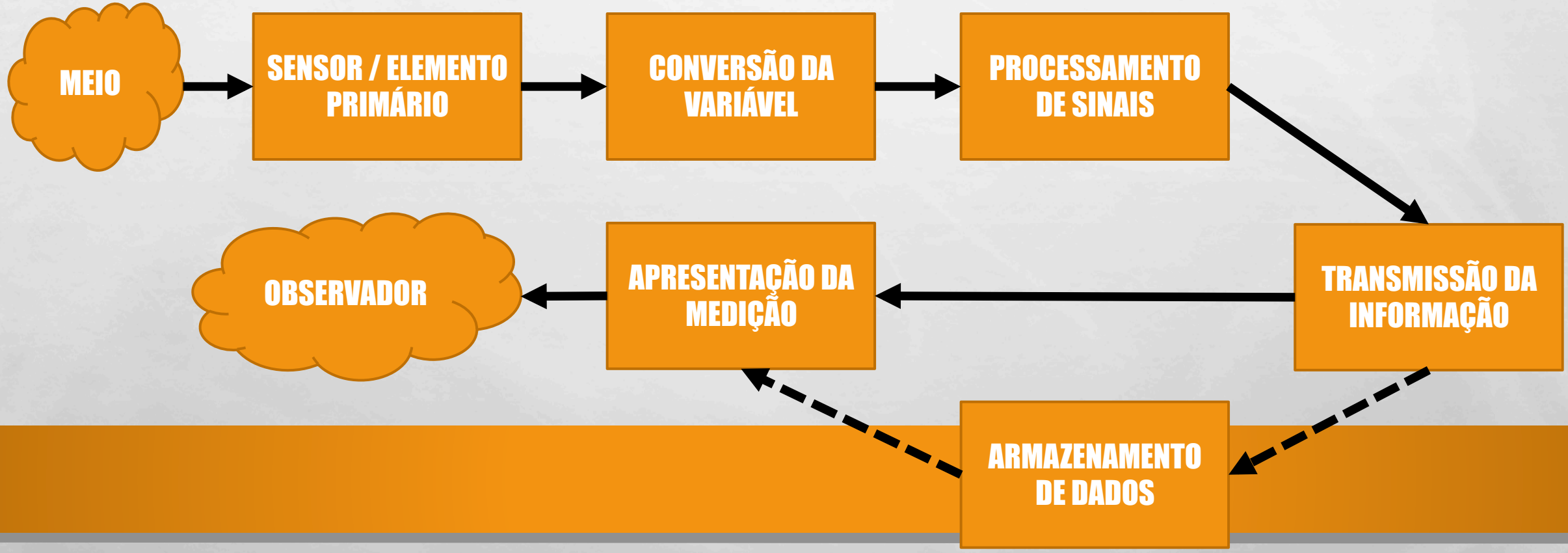

**Detectam, monitoram**

**Decidem**

**Atuam**

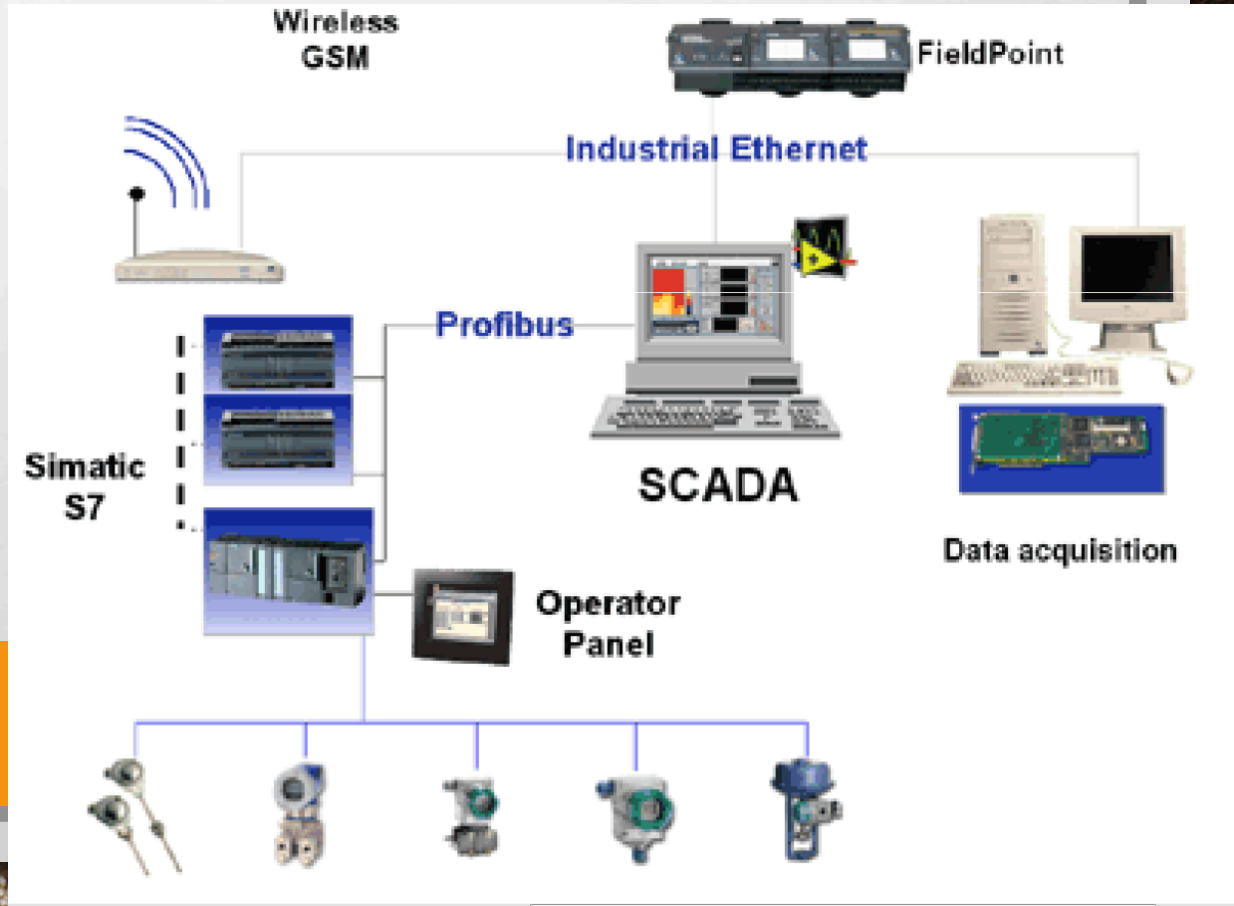
# FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

- UM INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO PODE SER REPRESENTADO COM UM CONJUNTO DE SUBSISTEMAS COM FUNÇÕES ESPECÍFICAS

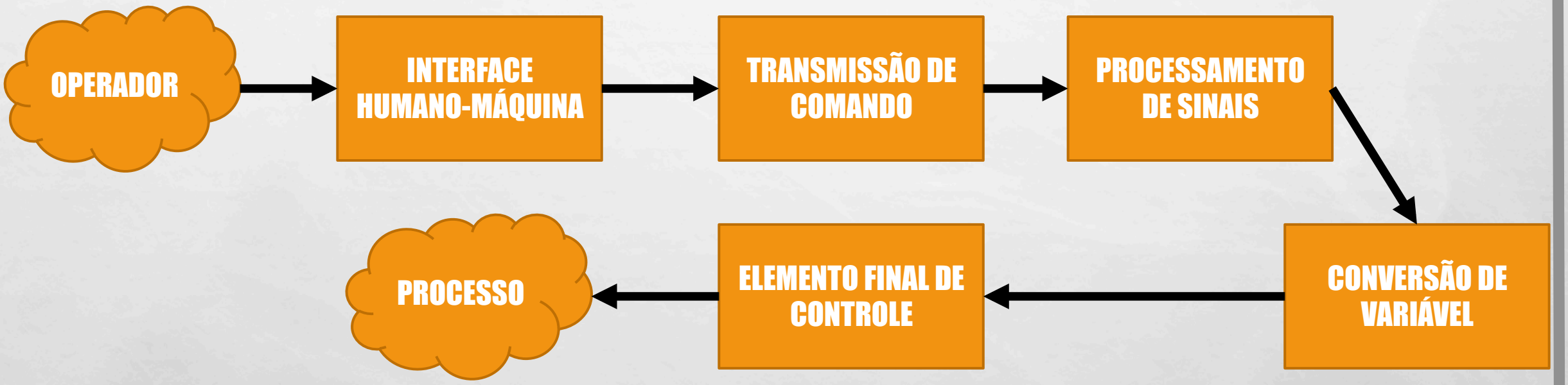


# ELEMENTOS CONTROLADORES

- **CONTROLADORES PROPORCIONAM A AÇÃO DE CONTROLE NECESSÁRIA PARA POSICIONAR O EFC EM UM PONTO NECESSÁRIO PARA MANTER A PV NO SP DESEJADO**
  - ✓ **PID - *single loop feedback controller***
  - ✓ **DCS - *distributed controllers***
  - ✓ **PLC - *programmable logic controllers***



# FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE ATUAÇÃO



# ELEMENTOS DE CONTROLE

- **SÃO OS DISPOSITIVOS QUE O CONTROLADOR OPERA:**
  - ✓ Válvulas pneumáticas
  - ✓ Válvulas solenoides
  - ✓ Válvulas rotativas
  - ✓ Motores
  - ✓ Chaves
  - ✓ Relés
  - ✓ Inversores de frequência

} Elementos finais de controle

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **INSTRUMENTOS SÃO CLASSIFICADOS POR:**
  - ✓ Função
  - ✓ Utilização de Fontes de Energia
  - ✓ Tipo de sinal
  - ✓ Tipo de transmissão

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

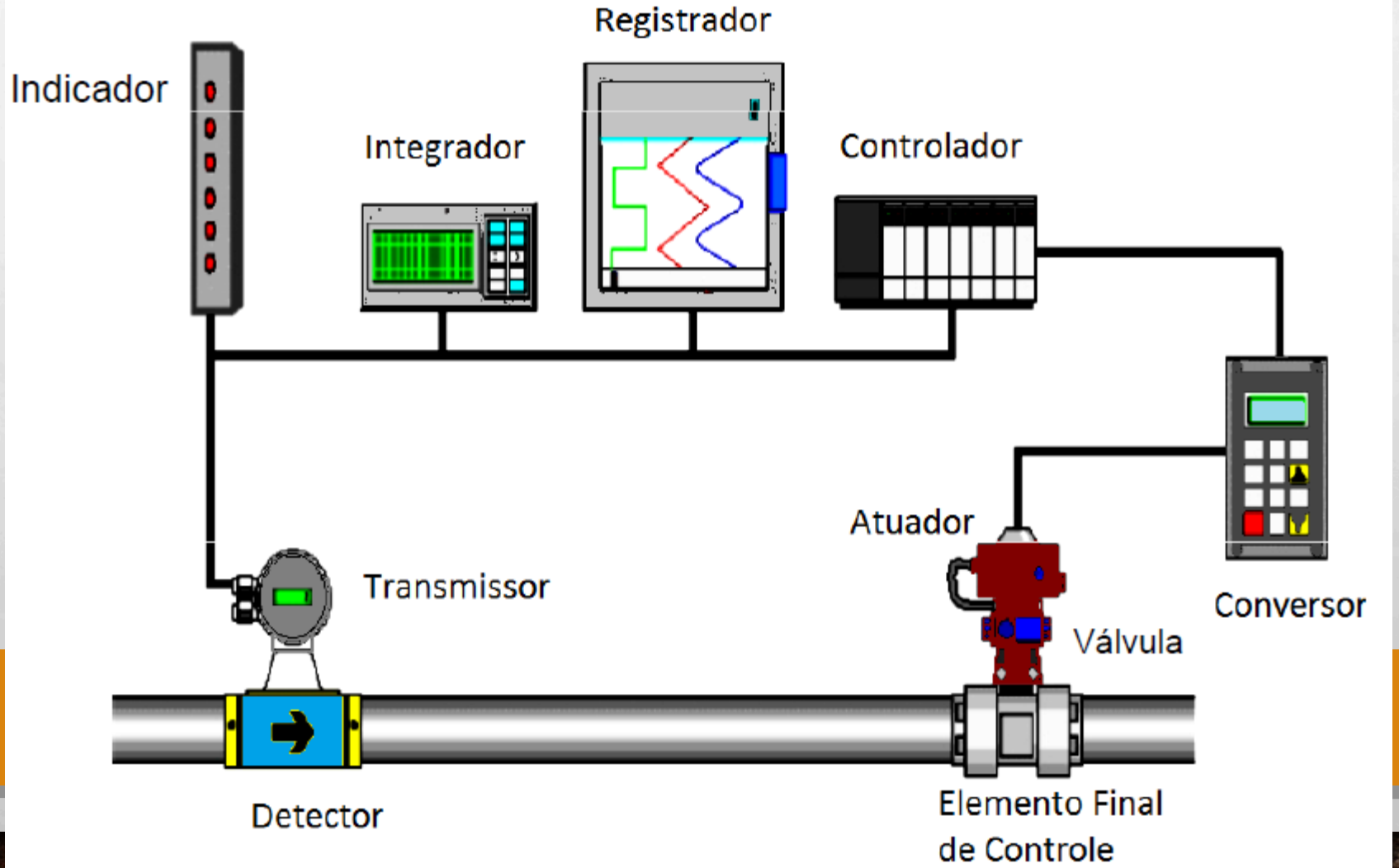
- **FUNÇÃO**

  - ✓ Os instrumentos podem estar interligados entre si para realizar uma determinada tarefa nos processos industriais

  - ✓ A associação desses instrumentos chama-se malha e em uma malha cada instrumento executa uma função

# CLASSIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS

- **FUNÇÃO**



# CLASSIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS

- **FUNÇÃO**

| INSTRUMENTO | DEFINIÇÃO |
|---|---|
| Detector | São dispositivos com os quais conseguimos detectar alterações na variável do processo. Pode ser ou não parte do transmissor. |
| Transmissor | Instrumento que tem a função de converter sinais do detector em outra forma capaz de ser enviada à distância para um instrumento receptor, normalmente localizado no painel. |
| Indicador | Instrumento que indica o valor da quantidade medida enviado pelo detector, transmissor, etc. |
| Registrador | Instrumento que registra graficamente valores instantâneos medidos ao longo do tempo, valores estes enviados pelo detector, transmissor, Controlador etc. |
| Conversor | Instrumento cuja função é a de receber uma informação na forma de um sinal, alterar esta forma e a emitir como um sinal de saída proporcional ao de entrada. |
| Unidade Aritmética | Instrumento que realiza operações nos sinais de valores de entrada de acordo com uma determinada expressão e fornece uma saída resultante da operação. |
| Integrador | Instrumento que indica o valor obtido pela integração de quantidades medidas sobre o tempo. |
| Controlador | Instrumento que compara o valor medido com o desejado e, baseado na diferença entre eles, emite sinal de correção para a variável manipulada a fim de que essa diferença seja igual a zero. |
| Elemento final de controle | Dispositivo cuja função é modificar o valor de uma variável que leve o processo ao valor desejado. |

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

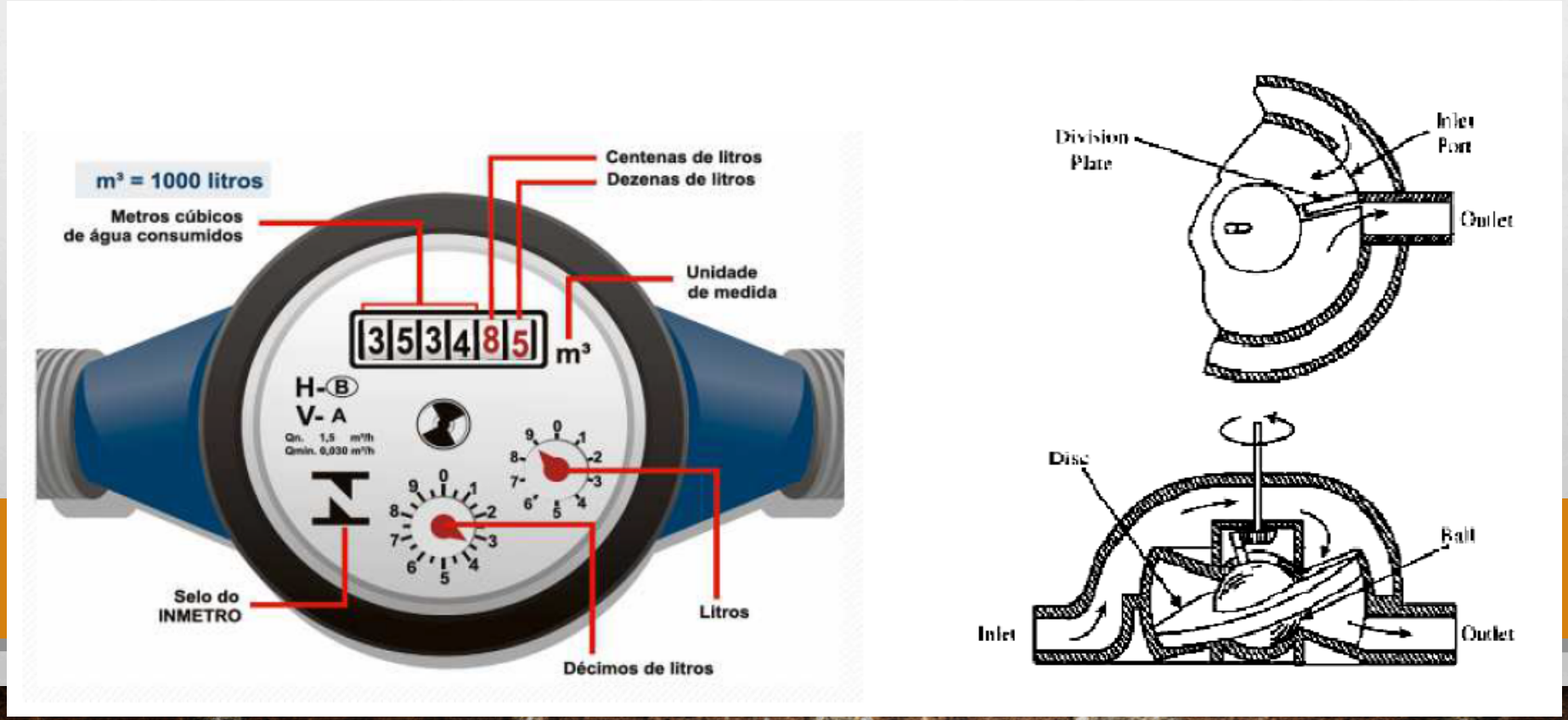
- **SEGUNDO A UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIA**
  - ✓ **Passivos**
  - ✓ **Ativos**

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **SEGUNDO A UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIA**
  - ✓ **Passivos**
    - Utilizam a energia do próprio meio, ou energia humana/animal para funcionar
    - Instrumentos de medição deste tipo devem ser adequadamente dimensionados para minimizar a interferência sobre a variável a ser medida, devido ao fato de absorverem energia do próprio meio
      - Termômetro de mercúrio
      - Manômetro de tubo em U
      - Régua milimétrica
      - Válvula manual (e.g. torneira)
      - Hidrômetro doméstico

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **HIDRÔMETRO RESIDENCIAL**
  - ✓ **Princípio de funcionamento: medidor de disco nutante**



# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **SEGUNDO A UTILIZAÇÃO DE FONTES DE ENERGIA**
  - ✓ **Ativos**
    - Utilizam outra fonte de energia para o seu funcionamento
    - Instrumentos Eletrônicos usados para medir grandezas mecânicas, hidráulicas e térmicas
      - Válvulas pneumáticas
      - Bombas centrífugas

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **PELO TIPO DOS SINAIS PRODUZIDOS OU MANIPULADOS (TRANSMISSÃO)**
  - ✓ Os equipamentos finais de controle podem ser agrupados conforme o tipo de sinal transmitido ou o seu suprimento
    - Pneumático
    - Hidráulico
    - Elétrico

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **SINAIS PNEUMÁTICOS**
  - ✓ Sinais produzidos por alteração da pressão do ar (ou gás) num tubo de sinal proporcional à mudança medido em uma Classificação dos Instrumentos variável de processo
  - ✓ Faixa padrão da indústria comum: 3 -15 psi (0.2 a 1.0 kgf/cm$^2$)
    - 3 corresponde ao valor limite inferior (LRV)
    - 15 corresponde ao valor superior da faixa (URV)

Sinalização pneumática ainda é comum, no entanto, desde o advento de instrumentos eletrônicos na década de 1960, a redução dos custos envolvidos na execução de fio de sinal elétrico através de uma planta ao invés de executar os tubos de ar comprimido fez tecnologia de sinal pneumática menos comum.

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **SINAIS PNEUMÁTICOS**

| VANTAGENS | DESVANTAGENS |
| --- | --- |
| • Poder operá-los com segurança em áreas onde existe risco de explosão (centrais de gás, por exemplo) | • Necessita de tubulação de ar comprimido (ou outro gás) para seu suprimento e funcionamento<br>• Necessita de equipamentos auxiliares para fornecer aos instrumentos ar seco, e sem partículas sólidas<br>• Transmissão é limitada a ~ 100m<br>• Vazamentos ao longo da linha de transmissão<br>• Não permite conexão direta aos computadores |

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **SINAIS HIDRÁULICOS**

  - ✓ Similar ao tipo pneumático e com desvantagens equivalentes, o tipo hidráulico utiliza-se da variação de pressão exercida em óleos hidráulicos para transmissão de sinal

  - ✓ São especialmente utilizados em aplicações onde torque elevado é necessário ou quando o processo envolve pressões elevadas

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- SINAIS HIDRÁULICOS

| VANTAGENS | DESVANTAGENS |
| --- | --- |
| • Podem gerar grandes forças e assim acionar equipamentos de grande peso e dimensão<br>• Resposta rápida | • Precisa de tubulações de óleo para transmissão e suprimento<br>• Precisa de inspeção periódica do nível de óleo bem como sua troca<br>• Precisa de equipamentos auxiliares, tais como reservatório, filtros, bombas, etc. |

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **SINAIS ELÉTRICOS ANALÓGICOS**
  - ✓ São feitos utilizando sinais elétricos de corrente ou tensão
  - ✓ São largamente usados em todas as indústrias, onde não ocorre risco de explosão
  - ✓ Sinais contínuos
    - Assim como na transmissão pneumática, o sinal é linearmente modulado em uma faixa padronizada representando o conjunto de valores entre os limites mínimo e máximo de uma variável de um processo qualquer
  - ✓ Padrões utilizados: 4 – 20 mA / 1 – 5 V / 0 – 10 V / 0 – 24 V

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **SINAIS ELÉTRICOS ANALÓGICOS**

| VANTAGENS | DESVANTAGENS |
| --- | --- |
| • Permite transmissão para longas distâncias com poucas perdas<br>• A alimentação pode ser feita pelos próprios fios que conduzem o sinal de transmissão<br>• Necessita de poucos equipamentos auxiliares<br>• Permite fácil conexão aos computadores<br>• Fácil instalação<br>• Permite operações matemáticas de forma fácil | • Precisa de técnico especializado para sua instalação e manutenção<br>• Exige utilização de instrumentos e cuidados especiais em instalações localizadas em áreas de riscos<br>• Exige cuidados especiais na escolha do encaminhamento de cabos ou fios de sinais<br>• Os cabos de sinal devem ser protegidos contra ruídos elétricos |

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **SINAIS ELÉTRICOS DIGITAIS**
  - ✓ Correspondem aos níveis ou valores que são combinados de maneiras específicas para representar variáveis de processo e também carregam outras informações, tais como informações de diagnósticos discretos
  - ✓ A metodologia utilizada para combinar os sinais digitais é referido como protocolo
  - ✓ Os fabricantes podem usar um protocolo digital livre ou de propriedade
  - ✓ Protocolos abertos são aqueles que qualquer um que está desenvolvendo um dispositivo de controle pode usar
  - ✓ Protocolos proprietários são de propriedade de empresas específicas e só podem ser usados com sua permissão
  - ✓ Protocolos digitais abertos incluem: HART (Highway Addressable Remote Transduce) / FOUNDATION ™ Fieldbus / Profibus / DeviceNet® / Modbus®

# CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

- **SINAIS ELÉTRICOS DIGITAIS**

| VANTAGENS | DESVANTAGENS |
| --- | --- |
| • Não necessitam ligação ponto a ponto por instrumento<br>• Podem utilizar um par trançado ou fibra óptica para transmissão dos dados<br>• Imunes a ruídos externos<br>• Permitem configuração, diagnósticos de falha e ajuste em qualquer ponto da malha<br>• Menor custo final | • Existência de vários protocolos no mercado, o que dificulta a comunicação entre equipamentos de fabricantes diferentes<br>• Caso ocorra rompimento no cabo de comunicação pode-se perder a informação e/ou controle de várias malhas |

# PADRÕES DE TRANSMISSÃO DE SINAIS

- Padrões de envio de sinais de medições/comandos em instrumentação industrial
  - ✓ Sinais de pressão : 3 psi a 15 psi (libras por polegada quadrada);
  - ✓ Sinais de corrente : 4 mA a 20 mA
  - ✓ Sinais de tensão : 1 V a 5 V

- O valor mínimo enviado diferente de zero possibilita testar se o instrumento está funcionando, mesmo que o valor da medição ou do comando seja nulo

# CONCEITOS

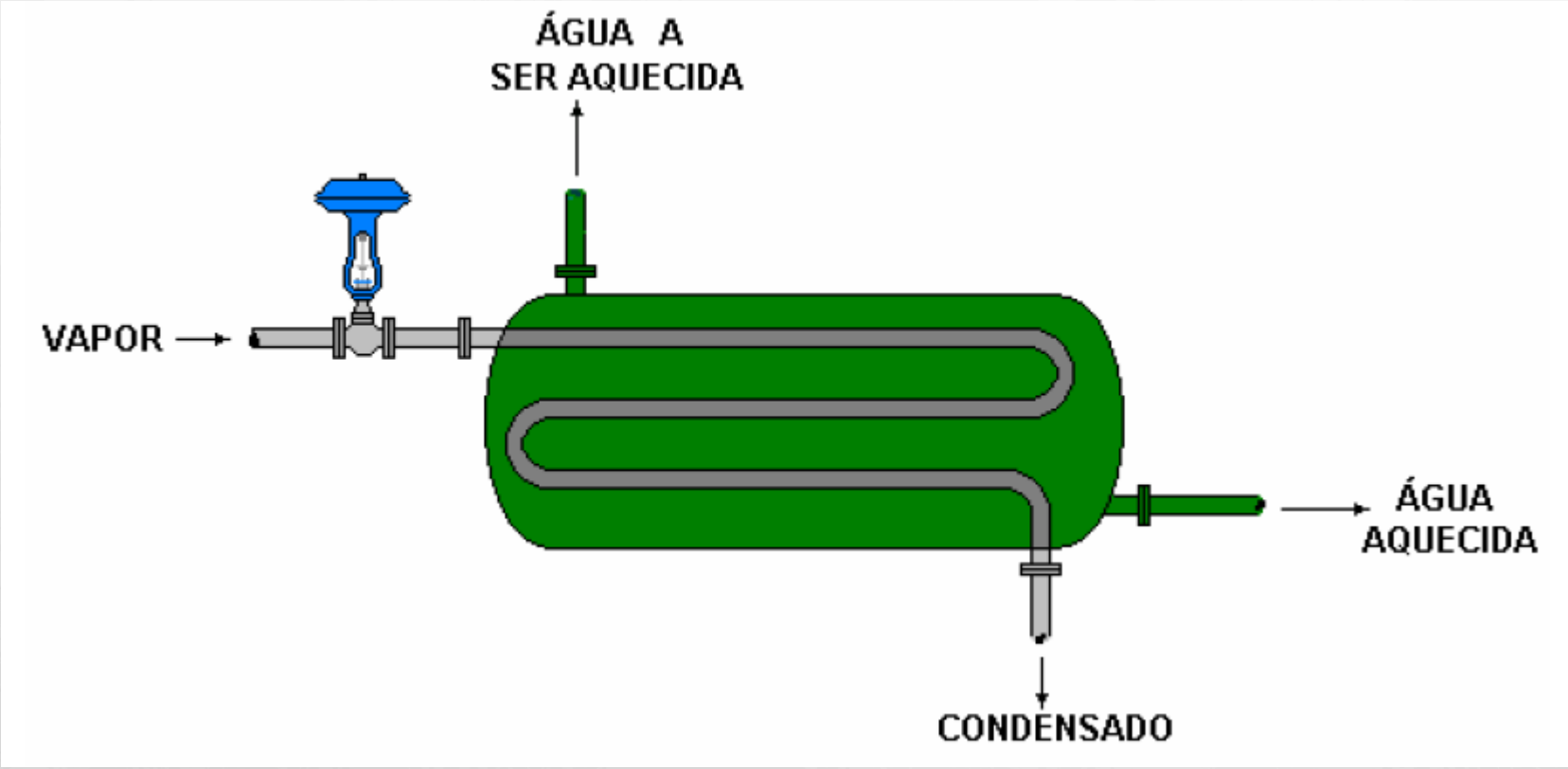
- **O QUE É UM PROCESSO INDUSTRIAL?**

- ✓ Nas indústrias, o termo PROCESSO tem um significado amplo
- ✓ Uma operação unitária, como por exemplo, destilação, filtração ou aquecimento, é considerado um PROCESSO
- ✓ Quando se trata de controle, uma tubulação por onde escoa um fluído, um reservatório contendo água, um aquecedor ou um equipamento qualquer é denominado de PROCESSO
- ✓ PROCESSO é uma operação ou uma série de operações realizada em um determinado equipamento, onde varia pelo menos uma característica física ou química de um material

# CONCEITOS

- AS CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO CONTROLADO NÃO PODEM SER ALTERADAS
  - ✓ Capacitâncias, resistências, tempo morto
- SAÍDA: ESPECIFICAR O SISTEMA DE CONTROLE ADEQUADO
  - ✓ Transmissor, controlador (tipo e ajuste das ações de controle), válvula
- SISTEMAS DE CONTROLE x SISTEMAS DE SEGURANÇA
  - ✓ Sistema de controle → variáveis operando dentro das condições normais

# CONCEITOS




- **TROCADOR DE CALOR**
  - ✓ Processo → Adição de Energia ao fluido frio
- **VARIÁVEIS DO PROCESSO**
  - ✓ Vazão e temperatura do fluido a ser aquecido
  - ✓ Vazão e característica do vapor utilizado
  - ✓ Capacidade calorífica dos fluidos
  - ✓ Perda térmica para o ambiente

# CONCEITOS

- **VARIÁVEIS DO PROCESSO**

✓ São condições internas ou externas que afetam o desempenho de um processo, em todos os processos industriais é absolutamente necessário controlar e manter constantes algumas variáveis de processo, tais como:

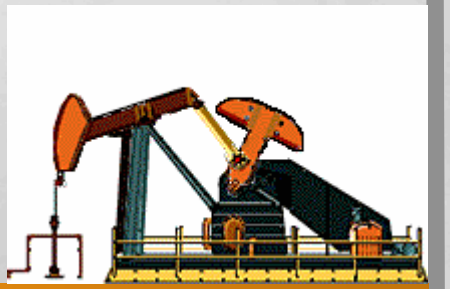
- ❑ Pressão
- ❑ Nível
- ❑ Vazão
- ❑ Temperatura
- ❑ pH
- ❑ Condutividade
- ❑ Velocidade
- ❑ Umidade

# CONCEITOS

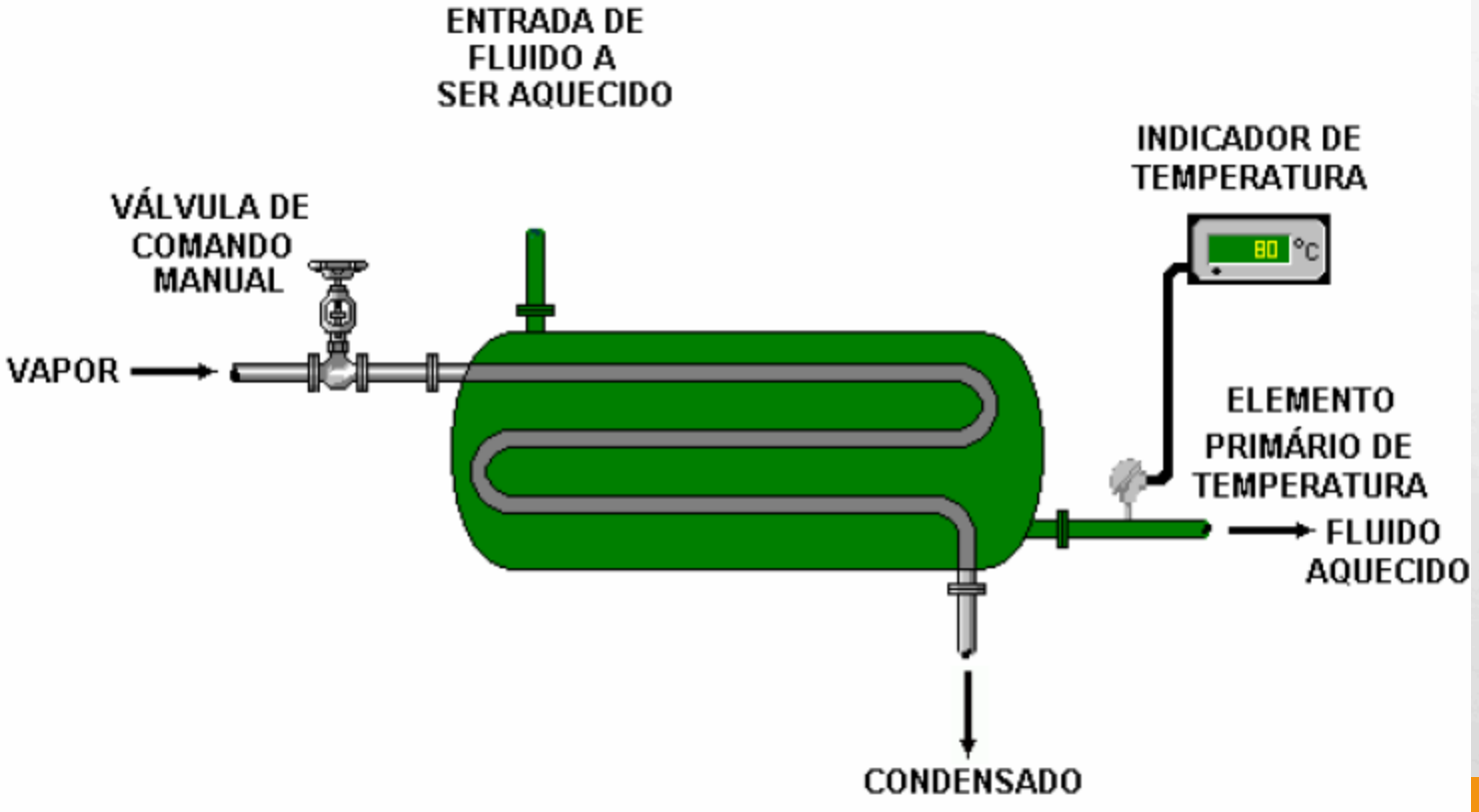
- **VARIÁVEIS DO PROCESSO**

✓ **VARIÁVEL CONTROLADA de um processo é aquela que mais diretamente indica a forma ou o estado desejado do produto**

✓ **VARIÁVEL MANIPULADA do processo é aquela sobre a qual o controlador automático atua, no sentido de se manter a variável controlada no valor desejado**

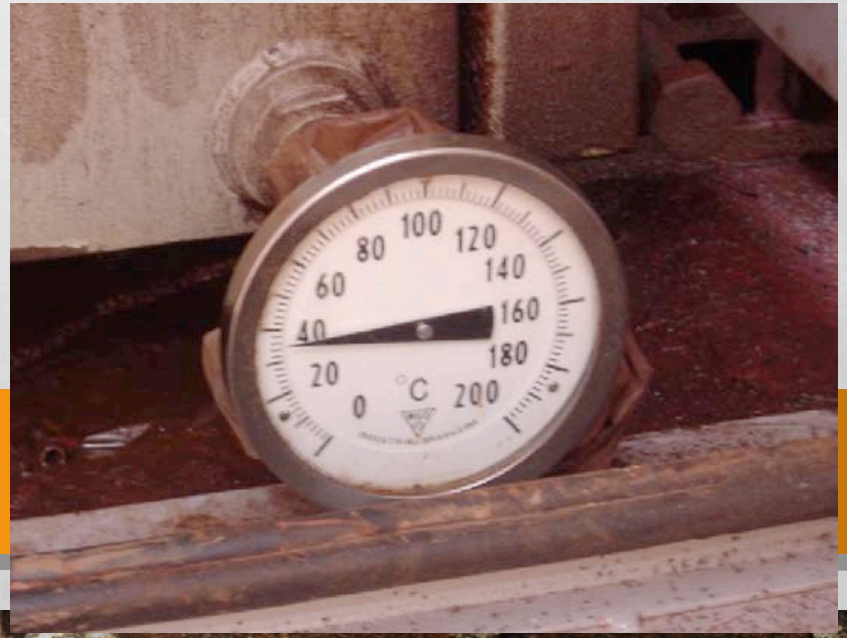


# CONCEITOS



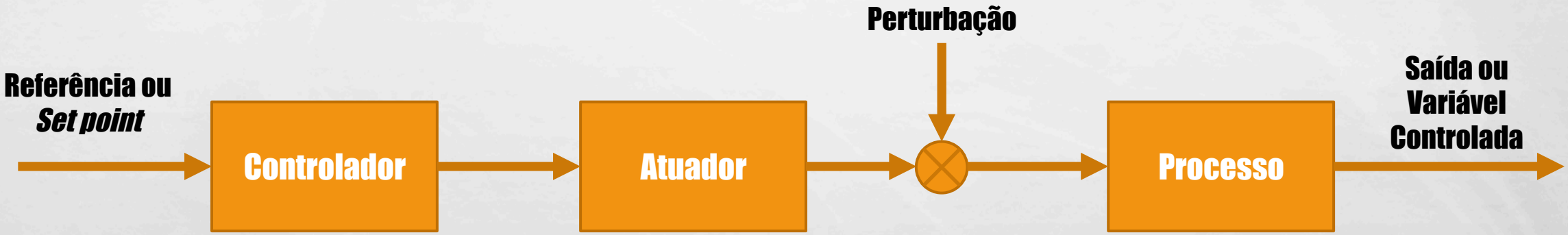

- **SISTEMA EM MALHA ABERTA**

✓ **A informação sobre a variável controlada não é utilizada para ajustar qualquer entrada do sistema para compensar variações nas variáveis do processo**

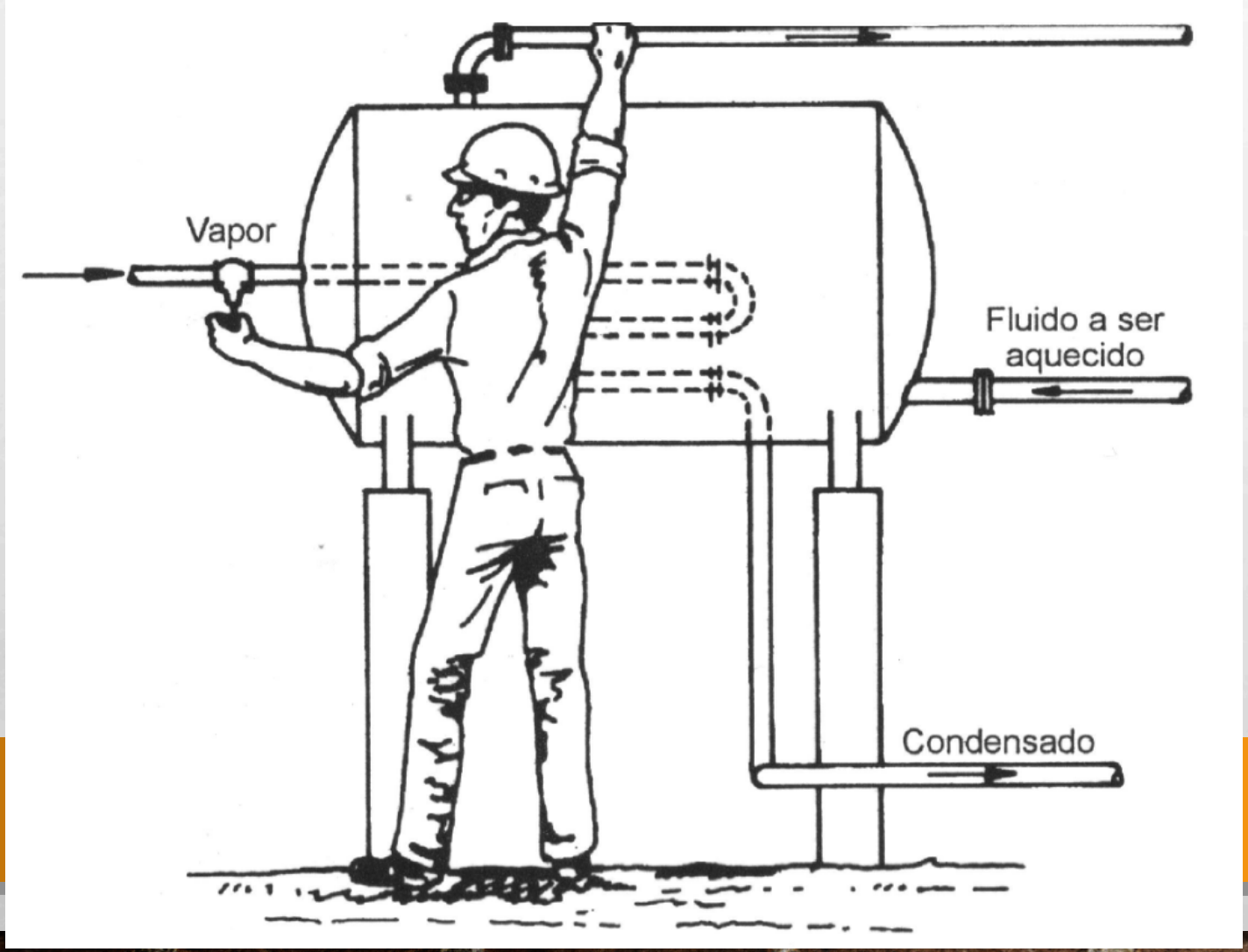


# CONCEITOS

- **CONTROLE DE PROCESSOS – MALHA ABERTA**

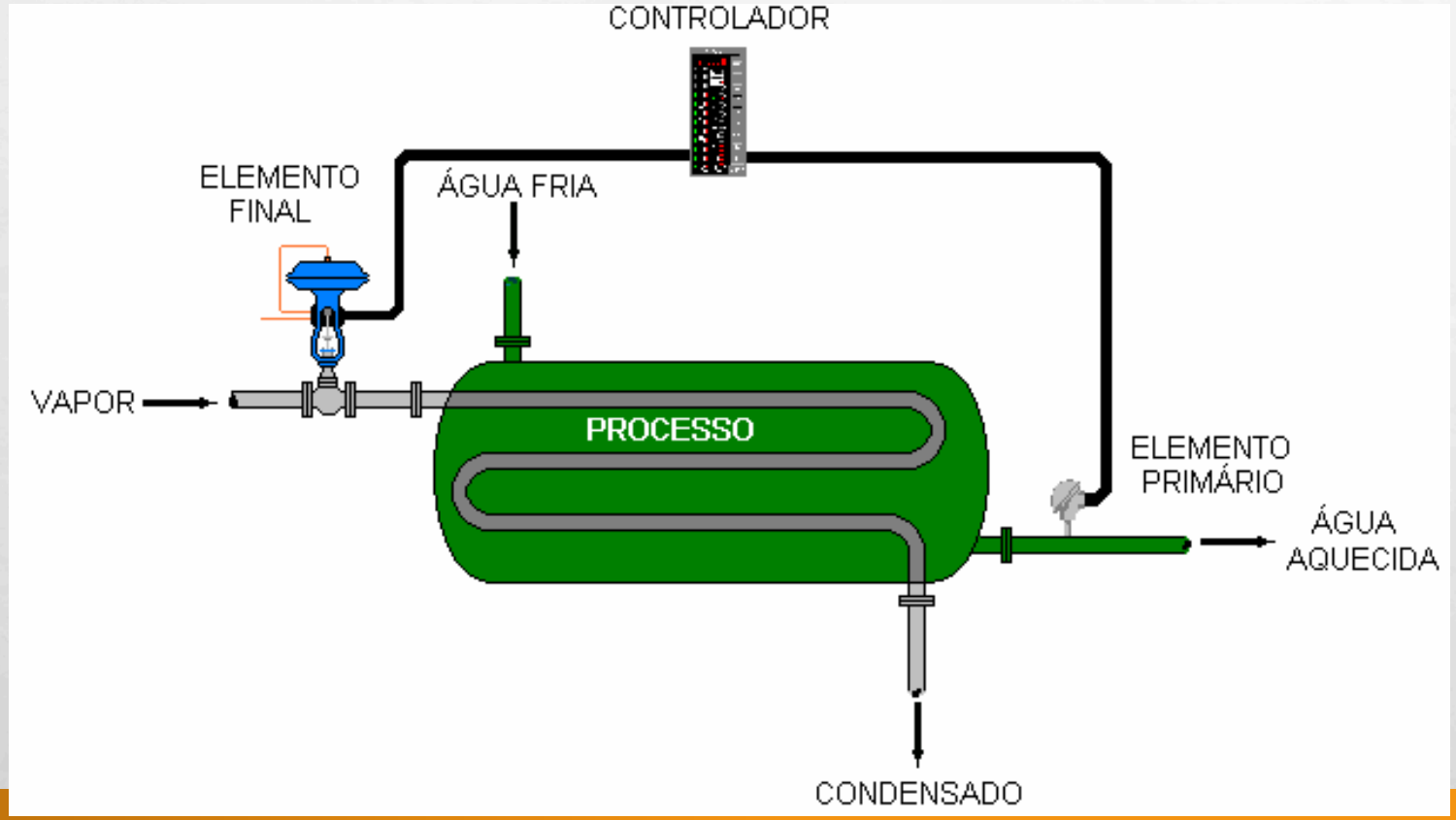


# CONCEITOS



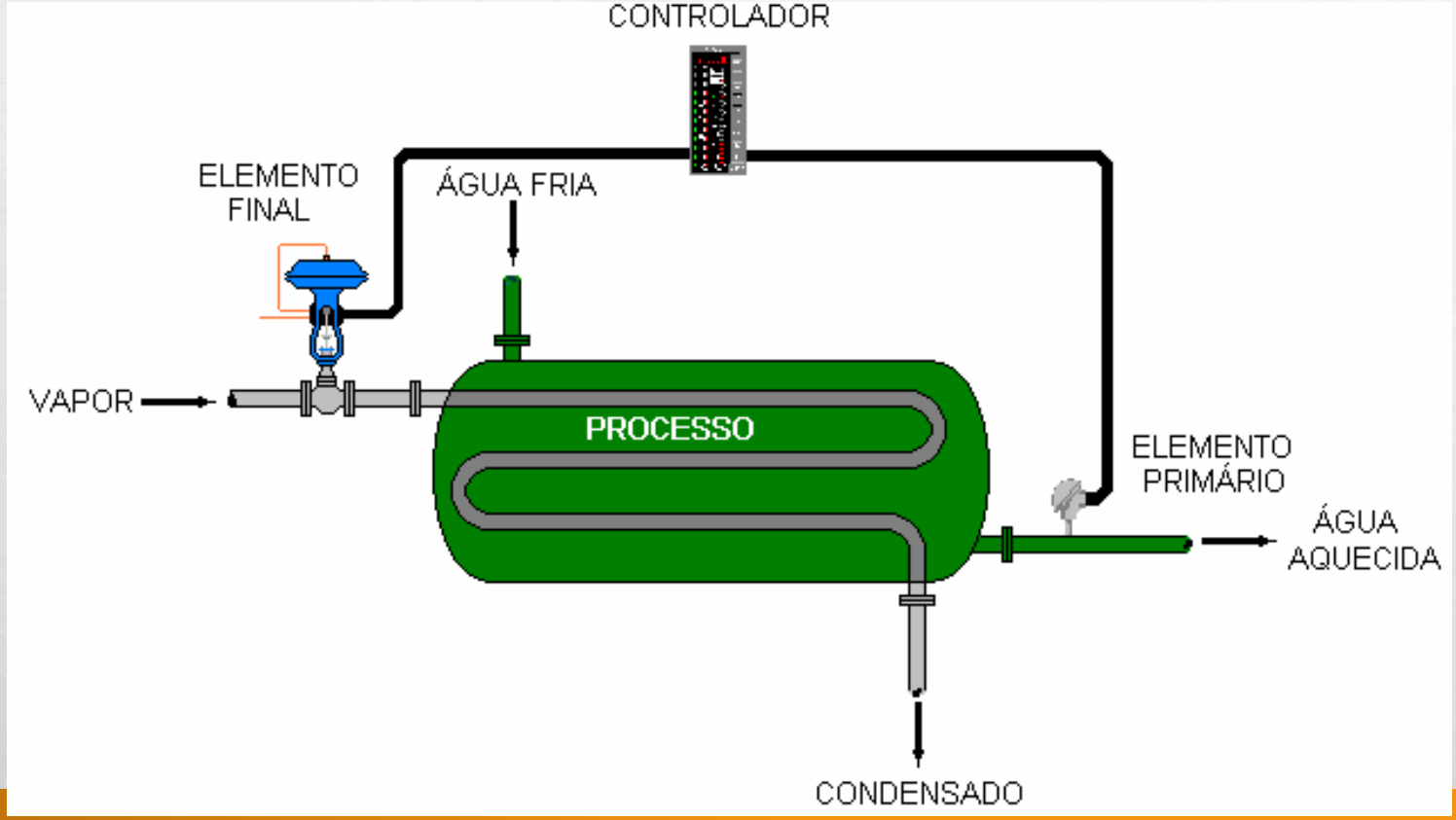

- **SISTEMA EM MALHA FECHADA**
  - ✓ **Pode ser feito por um operador humano - CONTROLE MANUAL**

# CONCEITOS



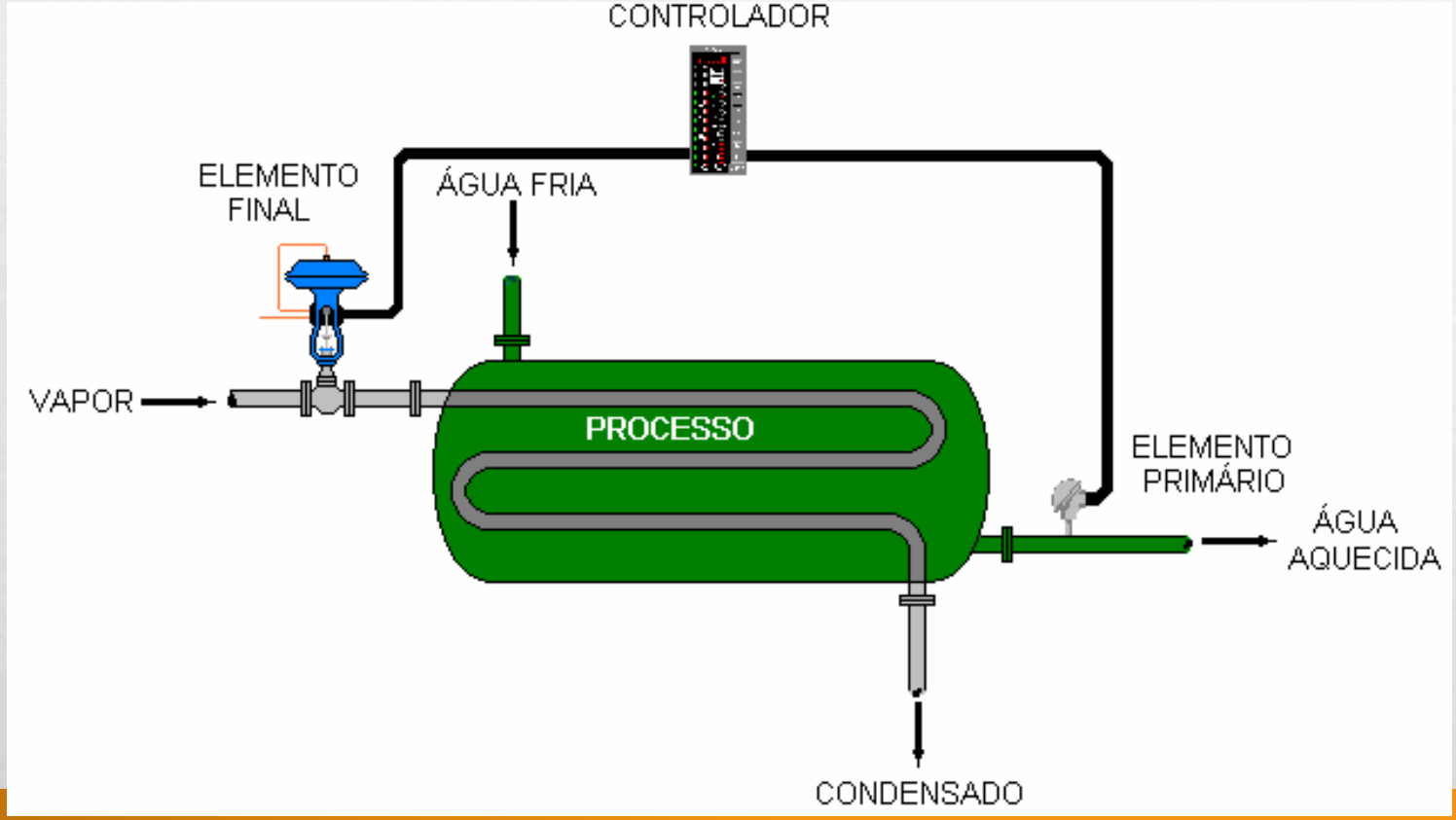

- **SISTEMA EM MALHA FECHADA**
  - ✓ **Pode ser feito mediante a utilização de instrumentação - CONTROLE AUTOMÁTICO**

# CONCEITOS




- **SISTEMA EM MALHA FECHADA**
  - ✓ **A informação sobre a variável controlada, é comparada com o valor pré-estabelecido (chamado *SET POINT*), é utilizada para manipular uma ou mais variáveis do processo**
  - ✓ **No exemplo, a informação acerca da temperatura do fluido da água aquecida (fluido de saída), acarreta uma mudança no valor da variável do processo, no caso, a entrada de vapor**

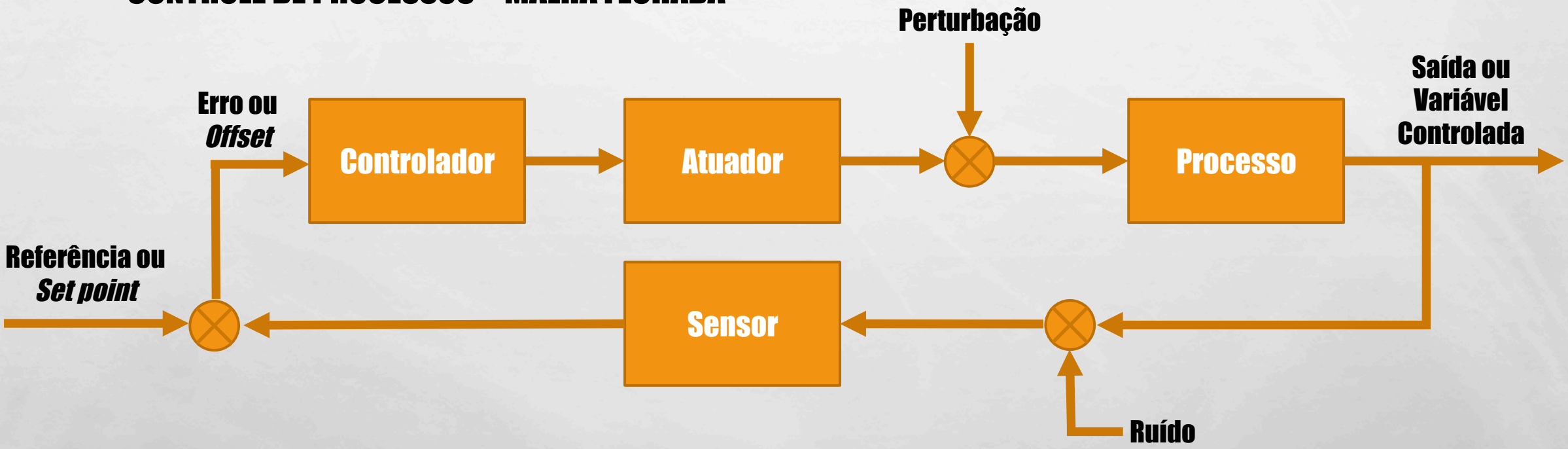
# CONCEITOS




- **SISTEMA EM MALHA FECHADA**
  - ✓ **Se a temperatura da água aquecida estiver com o valor abaixo do valor do set point, a válvula abre, aumentando a vazão de vapor para aquecer a água**
  - ✓ **Se a temperatura da água estiver com um valor abaixo do set point, a válvula fecha, diminuindo a vazão de vapor para esfriar a água**

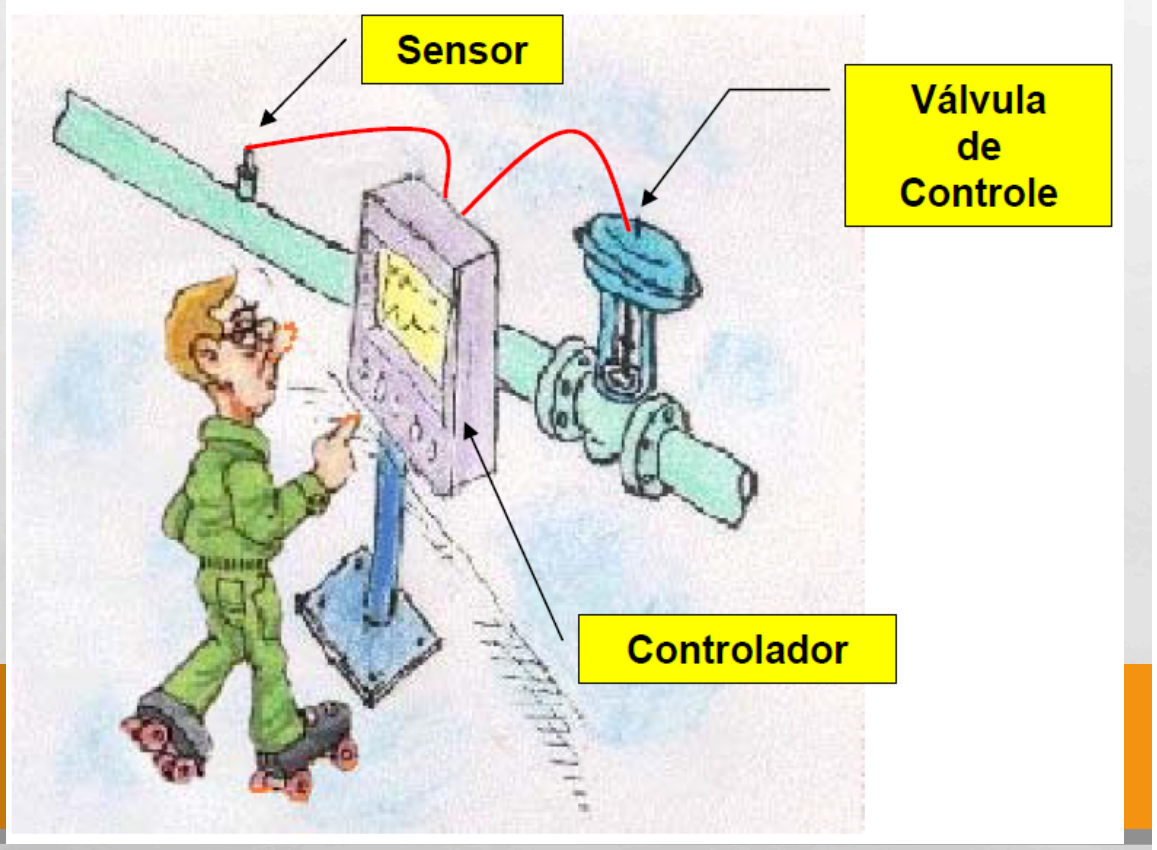
# CONCEITOS

- **CONTROLE DE PROCESSOS – MALHA FECHADA**

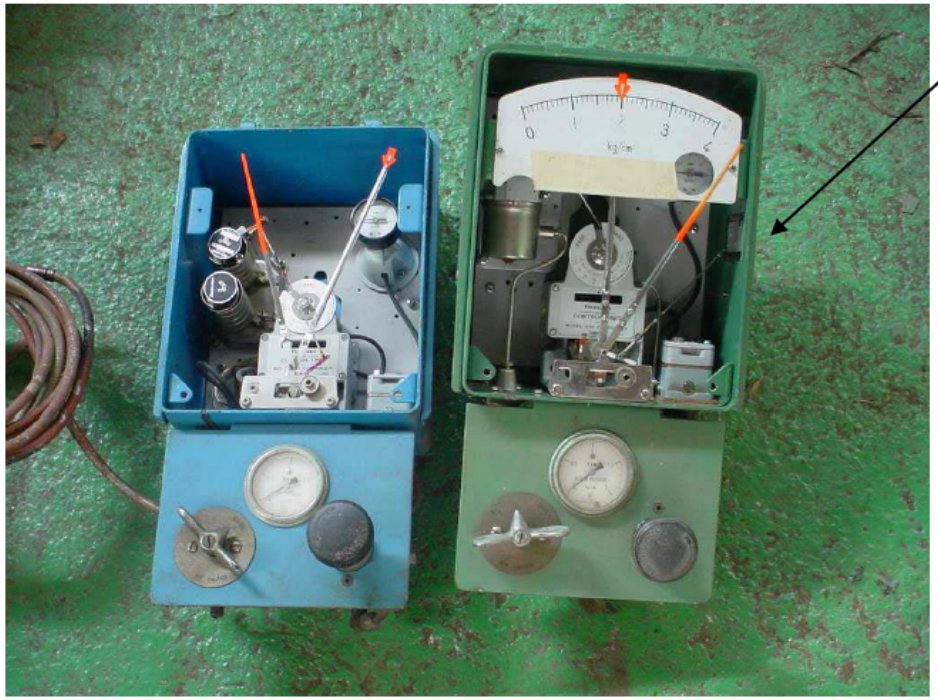


# CONCEITOS

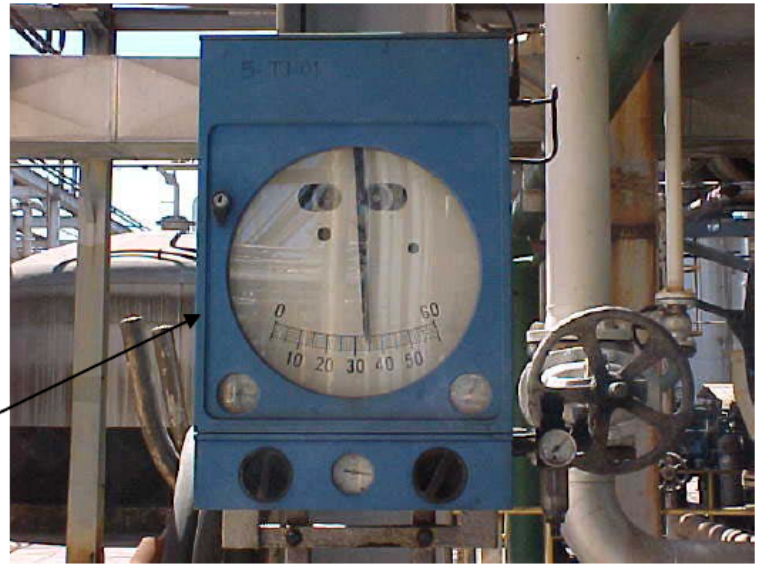
- **CONTROLE AUTOMÁTICO LOCAL**



# CONCEITOS



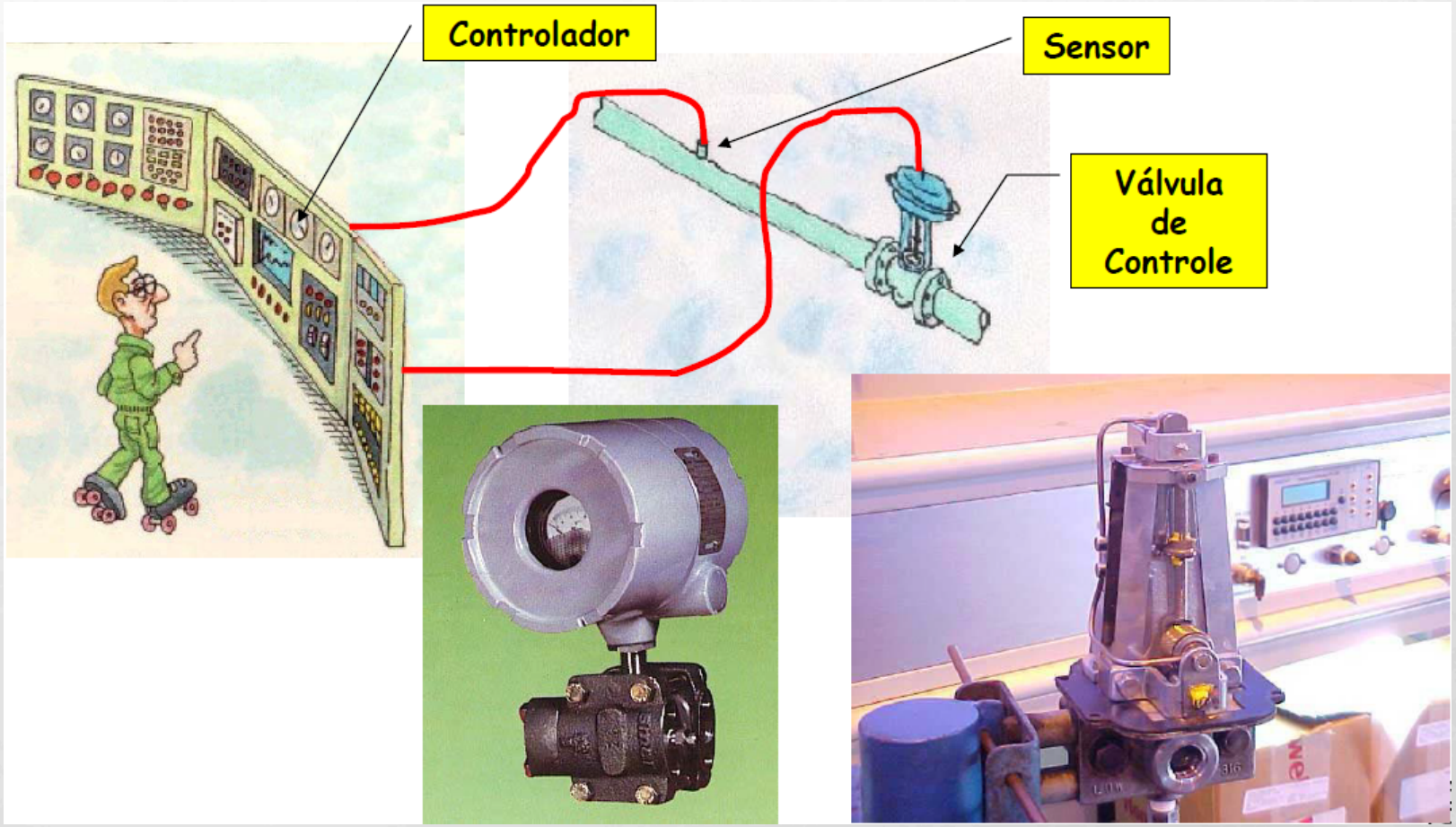
CONTROLADOR PNEUMÁTICO



CONTROLADOR PNEUMÁTICO

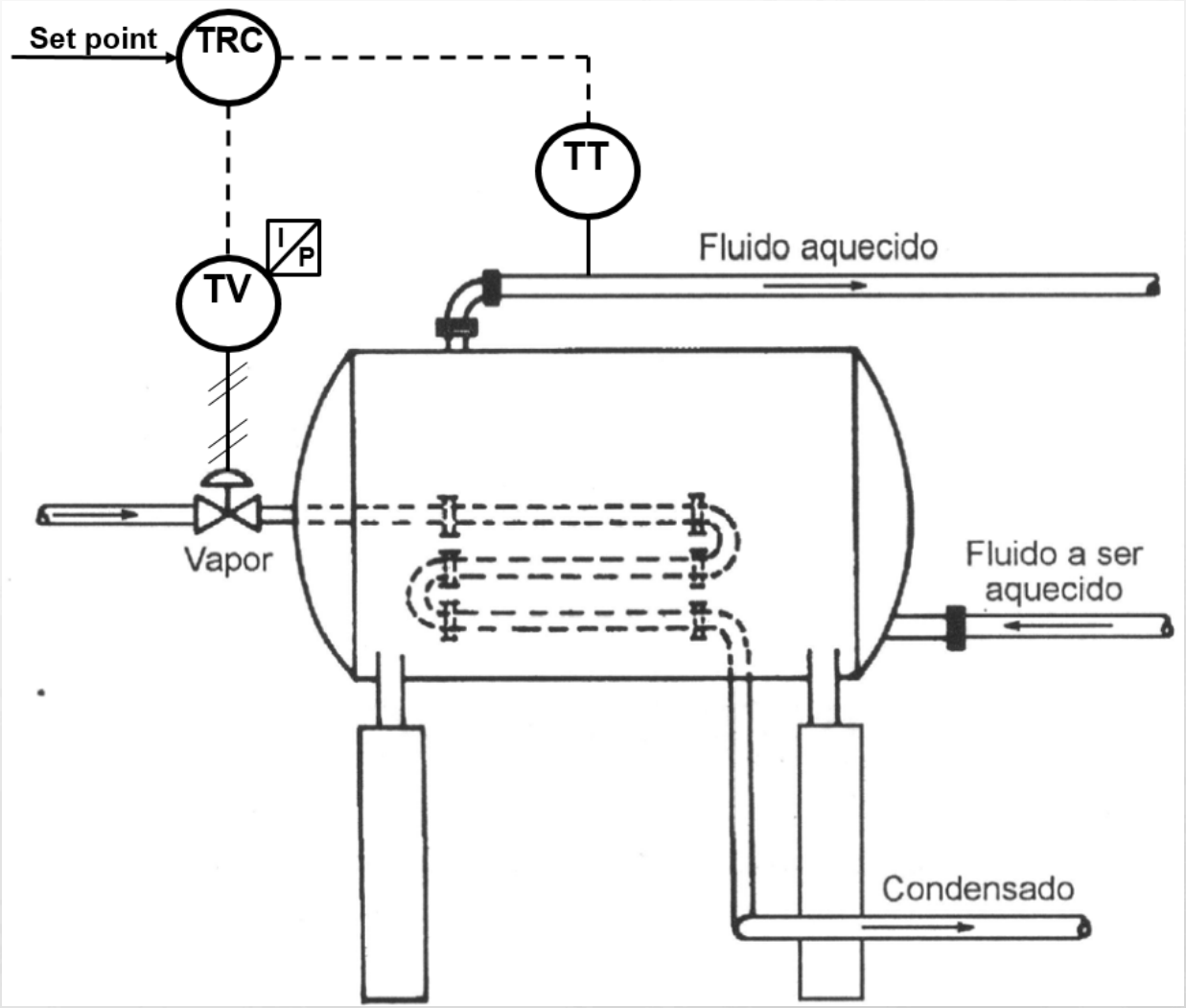
# CONCEITOS

- **CONTROLE AUTOMÁTICO**



# CONCEITOS

- TT – TRANSMISSOR DE TEMPERATURA
- TRC – CONTROLADOR DE TEMPERATURA
- TV – VÁLVULA DE CONTROLE



# CONCEITOS

- **DETETOR (ELEMENTO PRIMÁRIO)**
  - ✓ Dispositivos com os quais conseguimos detectar alterações na variável do processo
  - ✓ Pode ser ou não parte do transmissor

- **ELEMENTO FINAL DE CONTROLE (VÁLVULA)**
  - ✓ Dispositivo cuja função é modificar o valor de uma variável que leve o processo ao valor desejado

**CAMPO**

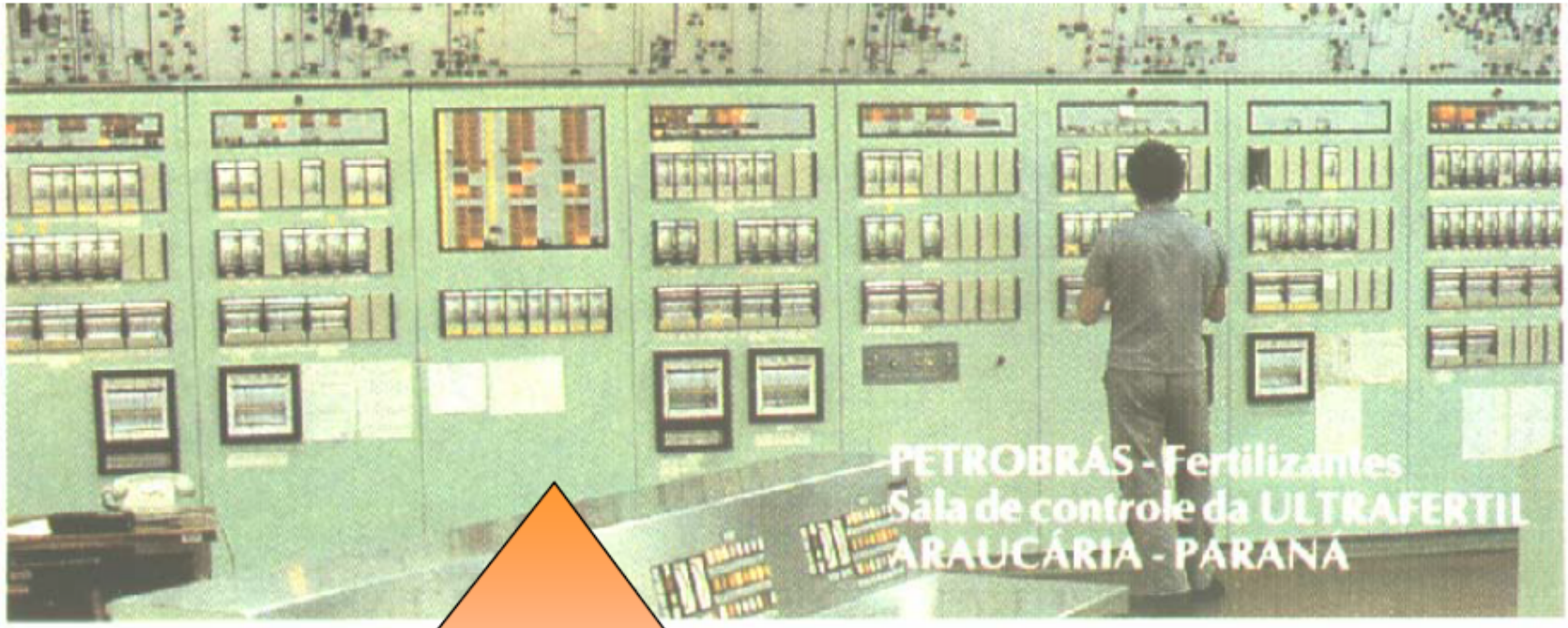
- **TRANSMISSOR**
  - ✓ Tem a função de converter sinais do detector em outra forma capaz de ser enviada à distância para um instrumento receptor, normalmente localizado no painel

**CONTROLADOR**

- ✓ Instrumento que compara o valor medido com o desejado e, baseado na diferença entre eles, emite sinal de correção para a variável manipulada a fim de que essa diferença seja igual a zero

**PAINEL**

# CONCEITOS




SISTEMAS DE CONTROLE COM INSTRUMENTAÇÃO DE PAINEL CONVENCIONAL

# CONCEITOS

CONTROLE COM SISTEMAS DIGITAIS

# DEFINIÇÕES: INSTRUMENTAÇÃO

- ✓ Um sistema de instrumentação para aquisição de dados e controle compreende
  - Aquisição de dados através da utilização de sensores / transdutores
  - Conversão em informação útil, para o controle de um processo ou sistema, através de atuadores

# DEFINIÇÕES: MEDIÇÃO

- Física e Engenharia baseiam-se em relações entre quantidades mensuráveis
- Significado só é obtido se houver estimativa do erro ou incerteza e refletir a precisão com que foi medido
- Logo as grandezas possuem
  - ✓ Valor numérico
  - ✓ Indeterminação
  - ✓ Unidade
  - ✓ Ex.: Temperatura de forno: (100 ± 2 ºC)

# DEFINIÇÕES: MEDIÇÃO

- Quanto maior for a precisão requerida, mais demorado e mais caro será o processo de medição

- A instrumentação deverá buscar o método que forneça a informação (digital ou analógica) com a precisão necessária ao processo

# DEFINIÇÃO DO ERRO

- **ERRO (ABSOLUTO) DE MEDIÇÃO**
  - ✓ É a diferença entre o resultado de uma medição e o valor verdadeiro

- **ERRO RELATIVO DE MEDIÇÃO**
  - ✓ Erro de medição dividido pelo valor verdadeiro

- **ERROS SISTEMÁTICOS**
  - ✓ Descrevem erros de leituras que se apresentam sempre de um lado da medida correta (sempre positivos ou sempre negativos)

# DEFINIÇÃO DO ERRO

- **ERROS ESTATÍSTICOS OU ALEATÓRIOS**
  - ✓ São perturbações na medida que podem afetar positivamente ou negativamente em relação ao valor verdadeiro, tal que erros positivos e negativos ocorram em igual número de vezes em um conjunto de medidas sobre uma mesma grandeza

# DEFINIÇÃO DO ERRO

- **PROPAGAÇÃO DE ERROS**
  - ✓ Na maioria das aplicações o valor de uma grandeza é determinado indiretamente, a partir de medições diretas de outras grandezas
  - ✓ Logo, são calculados a partir de valores experimentais e por meio de equações

# DEFINIÇÃO DO ERRO

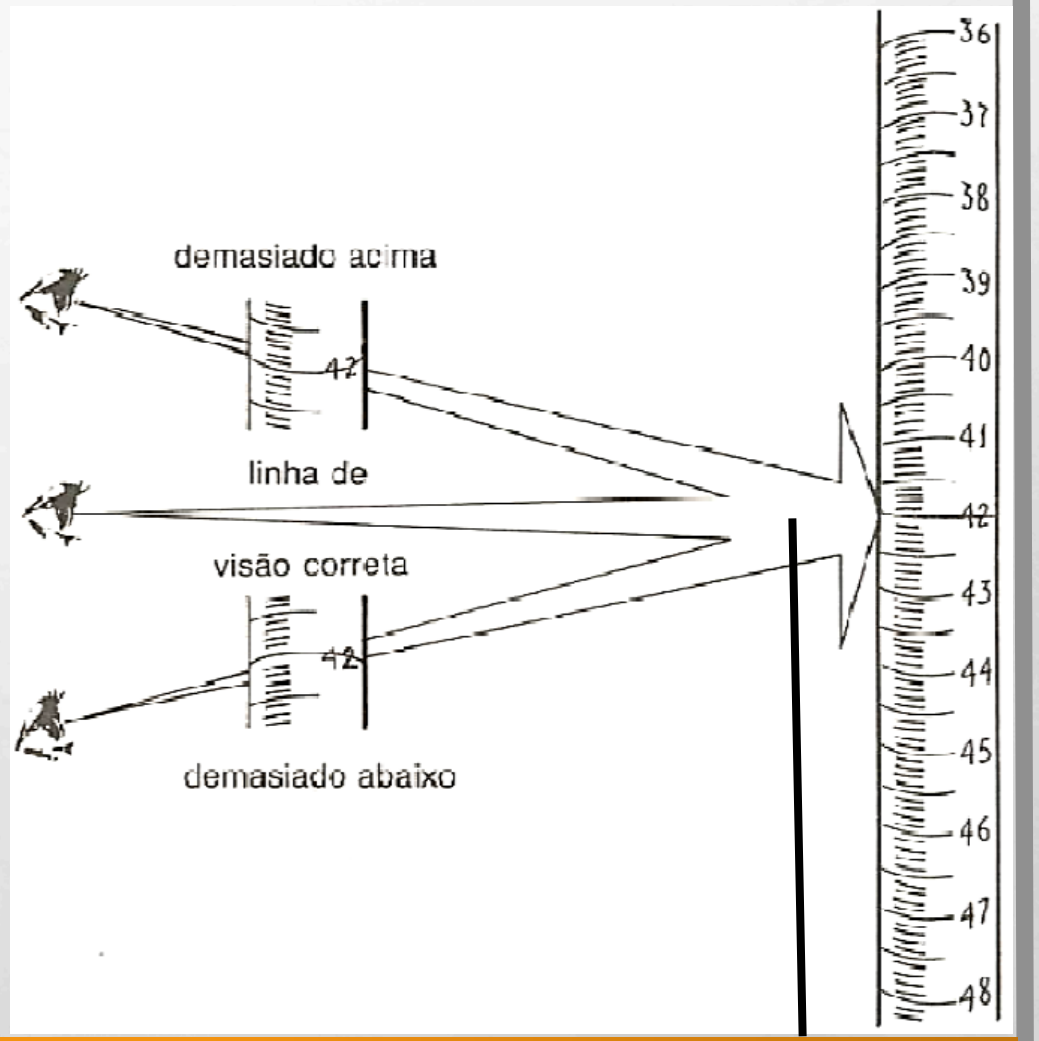
- **ERRO EM INSTRUMENTO ANALÓGICO**
  - ✓ Geralmente é fornecido em função do fundo de escala (expresso em percentual)
  - ✓ Ex.: Um voltímetro que possui erro de 5% de fundo de escala está sendo utilizado na escala de 1.000V para medir uma tensão de 220V. Qual é o erro da medida?

# DEFINIÇÃO DO ERRO

- **ERRO EM INSTRUMENTO ANALÓGICO**

✓ **Erro de Paralaxe**

- Incorreto posicionamento do usuário em relação ao equipamento
- Quanto maior o ângulo entre a linha de visão do usuário e uma reta perpendicular à escalar, maior será o erro

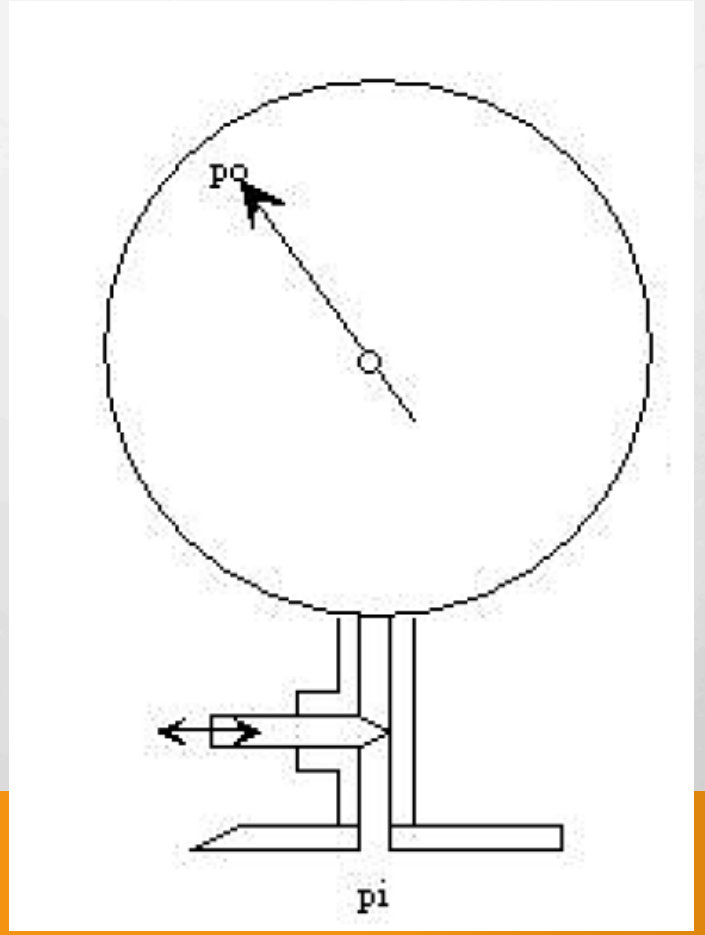


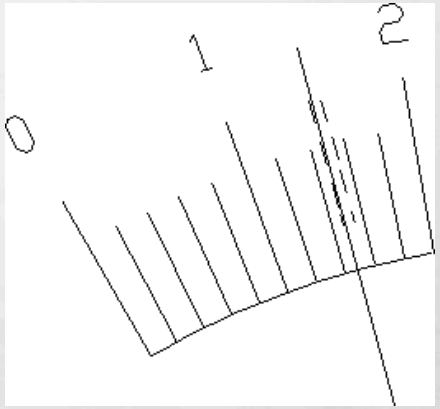
# DEFINIÇÃO DO ERRO

- **ERRO EM INSTRUMENTO ANALÓGICO**

✓ **Erro de Interpolação**

- Posicionamento do ponteiro de medição em relação à escala do equipamento



# DEFINIÇÃO DO ERRO

- **ERRO EM INSTRUMENTO DIGITAL**
  - ✓ Paralaxe e Interpolação são eliminados
  - ✓ A resolução desses instrumentos é a mudança de tensão que faz variar o dígito menos significativo no display do medidor
  - ✓ O erro é uma combinação de fatores

# DEFINIÇÃO DO ERRO

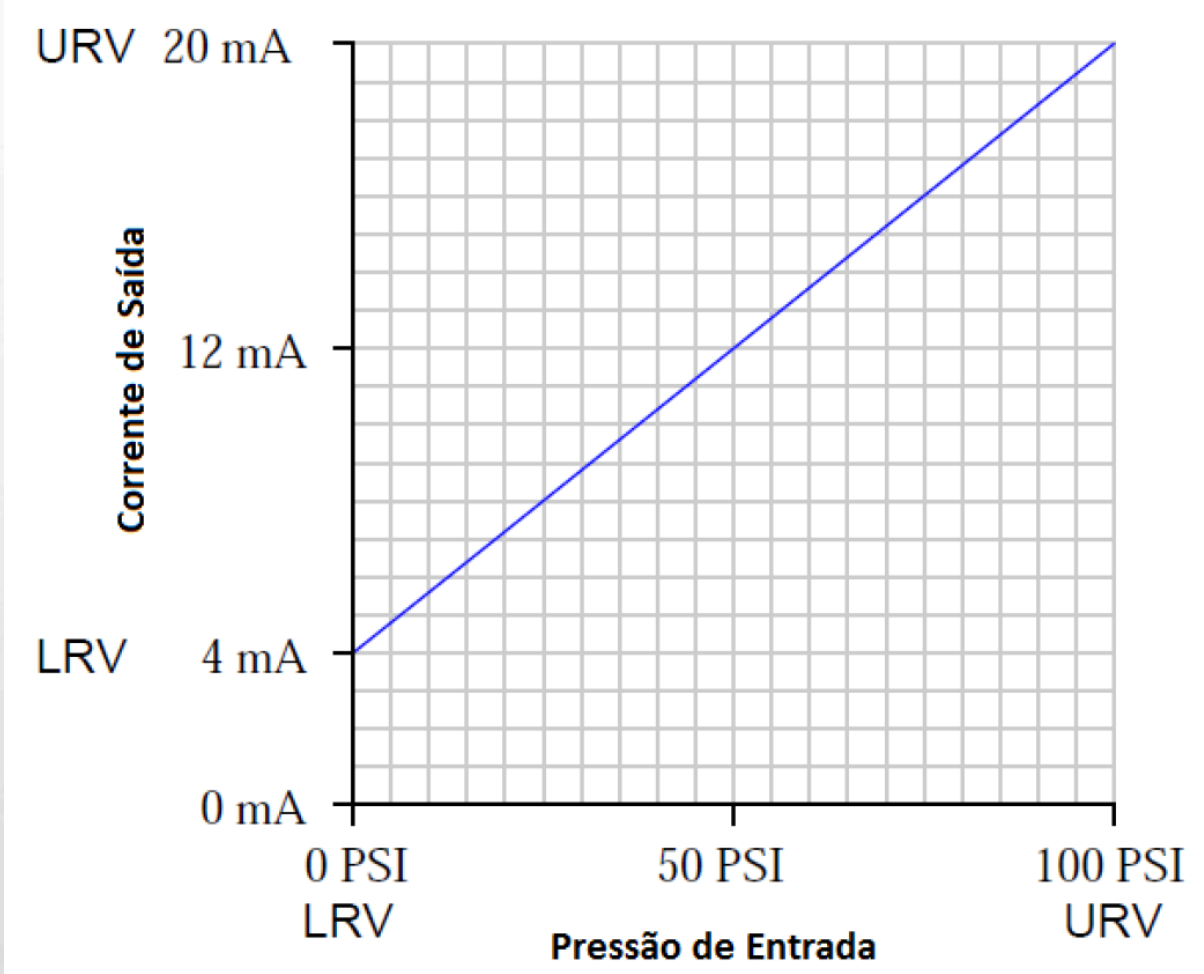
- **PADRÃO**
  - ✓ Medida materializada, instrumento de medição, material de referência ou sistema de medição, destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir como referência

- **PADRÃO DE REFERÊNCIA**
  - ✓ Padrão, geralmente tendo a mais alta qualidade metrológica disponível em um dado local ou em uma dada organização, a partir do qual as medições lá executadas são derivadas

# CONCEITOS

- **FAIXA MEDIDA - RANGE**
  - ✓ Conjunto de valores compreendido entre os limites máximo e mínimo nos quais a quantidade medida, recebida ou transmitida, pode variar
  - ✓ Ex.: 20 a 160°C

- **ALCANCE – SPAN**
  - É a diferença algébrica, isto é a "distância numérica" entre os limites inferior e superior do range
  - Exemplo: de 0 a 100 PSI, onde o SPAN é de 100- 0 = 100 PSI



# CONCEITOS

- **REPETIBILIDADE**
  - ✓ **É a medida da capacidade de um instrumento repetir a mesma saída (medida) para um dado valor, quando a mesma entrada precisa é aplicada várias vezes**
  - ✓ **Existem duas definições matemáticas possíveis para REPETIBILIDADE**

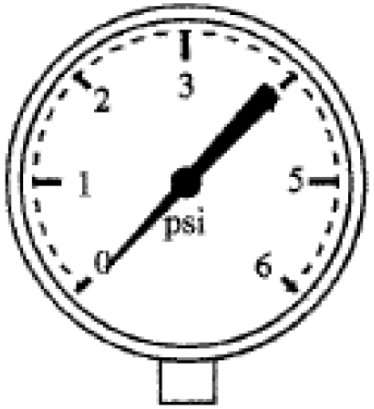
$$Rp = \frac{máx - min}{fundo\ de\ escala} x\ 100$$

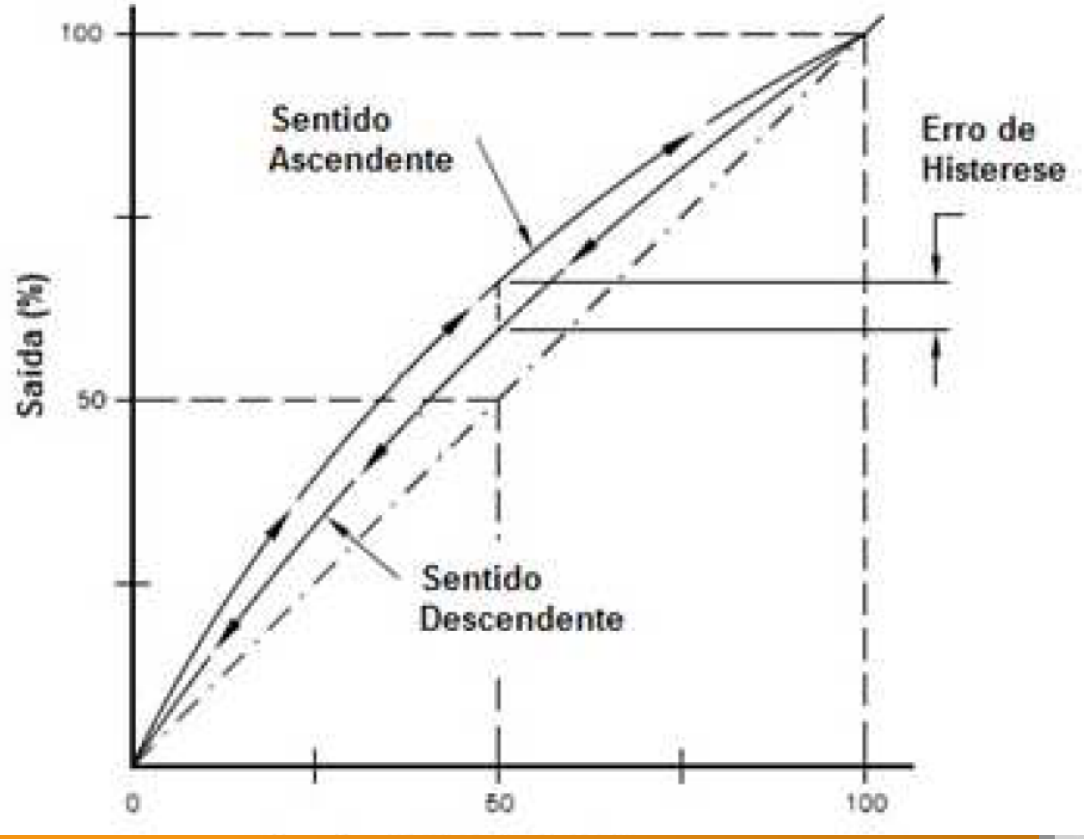
**OU**

$$Rp = \frac{maio\ desvio - média}{fundo\ de\ escala} x\ 100$$

# CONCEITOS

- **HISTERESE**
  - ✓ O efeito da histerese é notado em instrumentos que possuem comportamento diferente para entrada crescente em relação a entrada decrescente



# CONCEITOS

- **PRECISÃO**
  - ✓ É a medida da consistência do sensor e indica a sua REPETIBILIDADE, isto é qual a capacidade do sensor em indicar o mesmo valor, estando nas mesmas condições de operação, em um dado período de tempo

- **EXATIDÃO - *ACCURACY***
  - ✓ Indica o quanto o sensor é capaz de indicar um valor próximo do valor verdadeiro
  - ✓ A exatidão é indicada em termos da "inexatidão", por exemplo: ±2 % ou +1% ou -3 %
  - ✓ Não há sentido em se falar de exatidão de um instrumento isoladamente
  - ✓ Deve-se levar em consideração o meio e as entradas (perturbações)

Em geral, os instrumentos são especificados em termos de sua exatidão e não da sua precisão. A especificação informa o valor da exatidão em termos de percentagem em torno do valor exato (para mais ou para menos), isto é, informa o desvio que o instrumento pode proporcionar

# CONCEITOS

- **SENSIBILIDADE**
  - ✓ Indica uma medida da mudança na saída de um instrumento para uma alteração da variável medida, tb conhecida como a função de transferência. Ex.: quando a saída de um transdutor de pressão varia 3,2 mV para uma mudança na pressão de 1 psi , a sensibilidade é de 3,2 mV / psi
  - ✓ Alta sensibilidade em um instrumento é desejável quando é necessário medir grandezas pequenas, mas deve-se atentar para fatores como linearidade, range e precisão

- **OFFSET OU ERRO**
  - ✓ Diferença entre o valor medido pelo instrumento e o valor real da grandeza
  - ✓ Ex.: +5% ou -5%

# TERMINOLOGIA

- **EXATIDÃO**
  - ✓ Capacidade do instrumento apresentar resultados próximos ao valor verdadeiro
    - Percentual do valor lido
    - Percentual do fundo de escala
    - Percentual do SPAN

- **EXEMPLO**
  - ✓ Para um sensor de temperatura com range de 50 a 250ºC e valor medindo 100ºC, determine o intervalo provável do valor real para as seguintes condições
    - Exatidão 1% de Fundo de Escala
      - Valor real= 100ºC ± (0,01x250) = 100ºC ± 2,5ºC
    - Exatidão 1% do SPAN
      - Valor real= 100ºC ± (0,01x200) = 100ºC ± 2,0ºC
    - Exatidão 1% do valor lido (instantâneo)
      - Valor real= 100ºC ± (0,01x100) = 100ºC ± 1,0ºC