



Prof. Jesse

CEFET-RJ / UFF - PPGIO

Instrumentação e Ótica Aplicada

Instrumentação para Processos Físicos e Biológicos



1. Introdução à instrumentação científica
2. Parâmetros físicos fundamentais
3. Detetores de radiação
4. Espectroscopia
5. Análise de dados e software dedicado
6. Sensores e transmissores de sinais
7. Eletrônica para detecção
8. Ruído e blindagem
9. Sistemas de aquisição de dados e uso de rede
10. Compartilhamento e processamento de dados



- 7 - Balbinot, A.; Brusamarello, V.J. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**. Vols. 1 e 2. LTC. Rio de Janeiro. 2006
- 11 - Werneck, M. M. **Transdutores e interfaces**, Livros Técnicos e Científicos Editora, 240 pp., 1996.
- 12 - Garrett, P. H. **Advanced Instrumentation and Computer I/O Design: Real-Time System Computer Interface Engineering**, IEEE Press Marketing, Nova Iorque, p. 1-178, 1994.
- 13 - Doebelin, E. O. **Measurement Systems: application and design**, McGraw-Hill International Book Company, edição internacional, Singapura, 867 pp., 1983.
- 14 - Neuman, M. R., Liu, C., Mendelson, Y., Buck, R. P. e Geddes, L. A. **Biomedical Sensors**. In: Bronzino, J. D. *The Biomedical Engineering Handbook*, CRC Press, Inc., p. 725-800, 1995.
- 15 - Brown, B. H., Smallwood, R. H., Barber, D. C., Lawford, P. V. e Hose, D. R. **Medical Physics and Biomedical Engineering**, Institute of Physics Publishing, Bristol, 736 pp., 1999.
- 19 – Dias, Carlos Alberto. **Técnicas avançadas de instrumentação e controle de processos industriais, ênfase em petróleo e gás**. Ed. Technical Books Livraria. 2012.
- 20 – Bega, Egídio Alberto. **Instrumentação industrial**. 3ª ed. Ed. Interciência. 2011.
- 21 – Solomon, Sabrie. **Sensores e sistemas de controle na indústria**. 2ª ed. Ed. GEN-LTC. 2012.
- 25 – Serway, R. A. e Jewett Jr, J. W. – **Física para Cientistas e Engenheiros vol. 4 – Luz, Óptica e Física Moderna** – 8ª ed. – Ed. Cengage Learning – 2013



Controle em malha fechada:



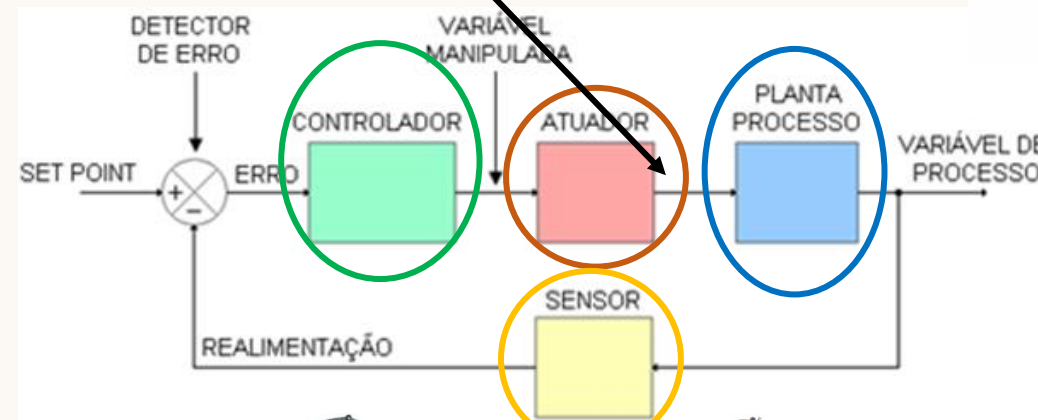
(CLP - controlador lógico programável)



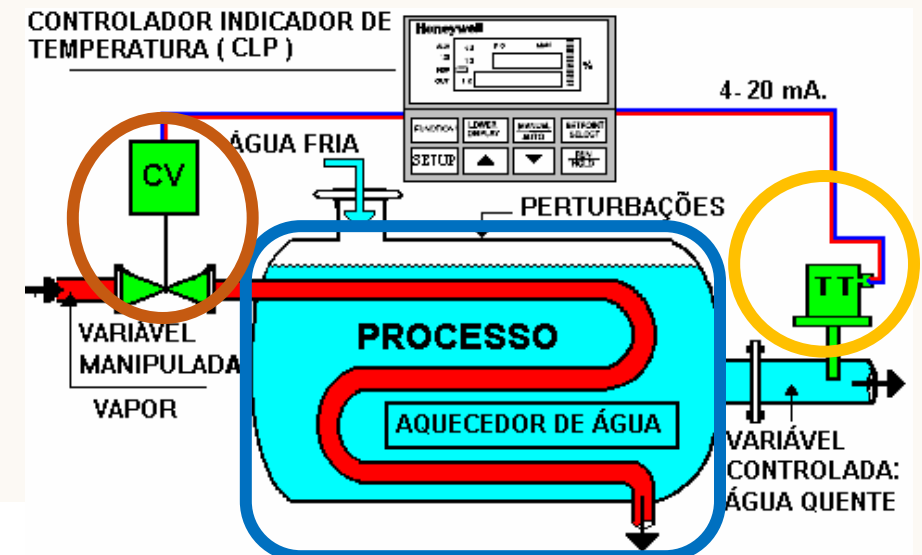
(elemento final de controle)



(variável manipulada)

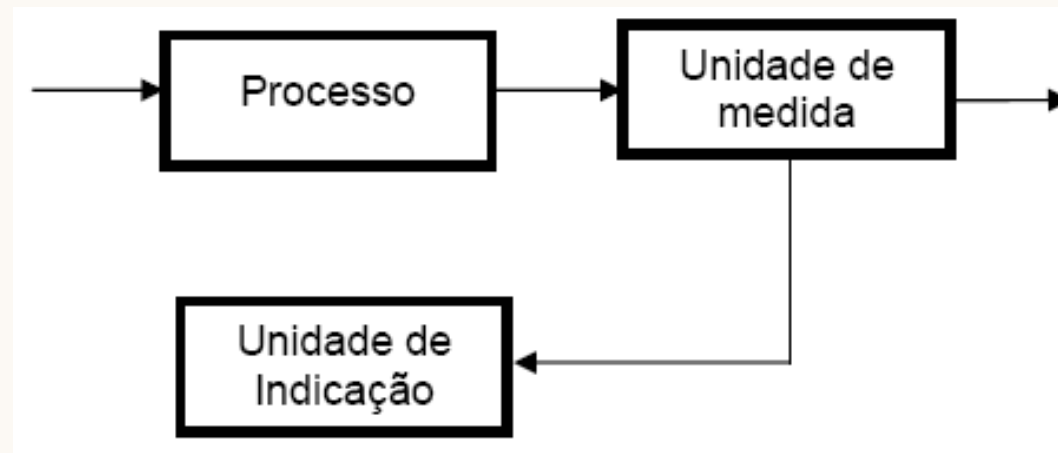


(variável controlada)



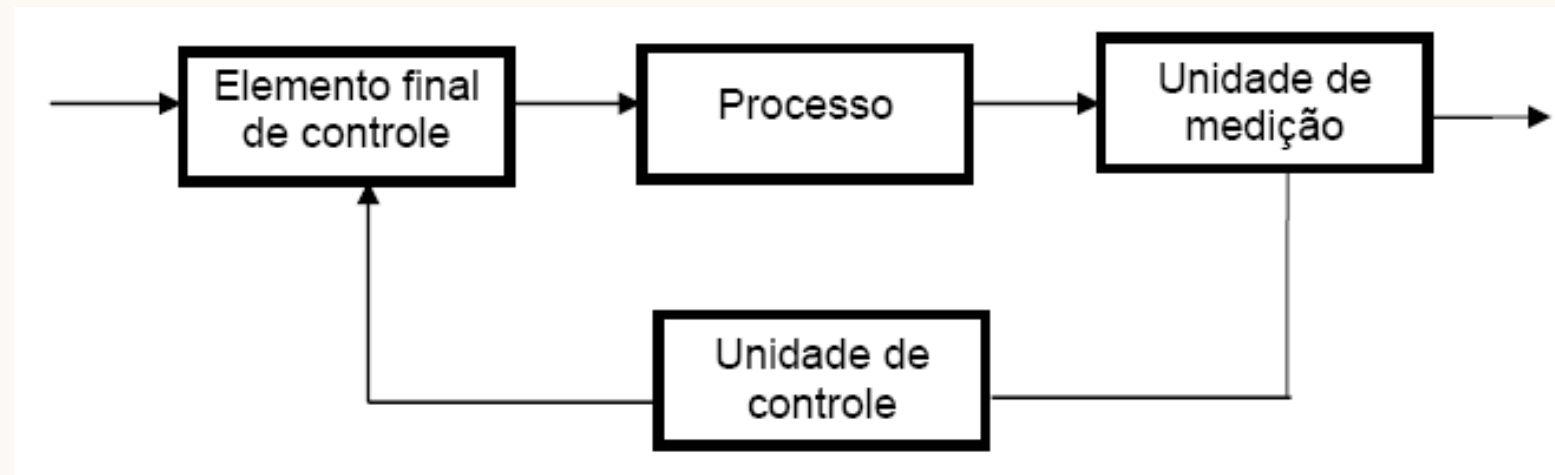


Malha de controle aberta (Controle Antecipativo)



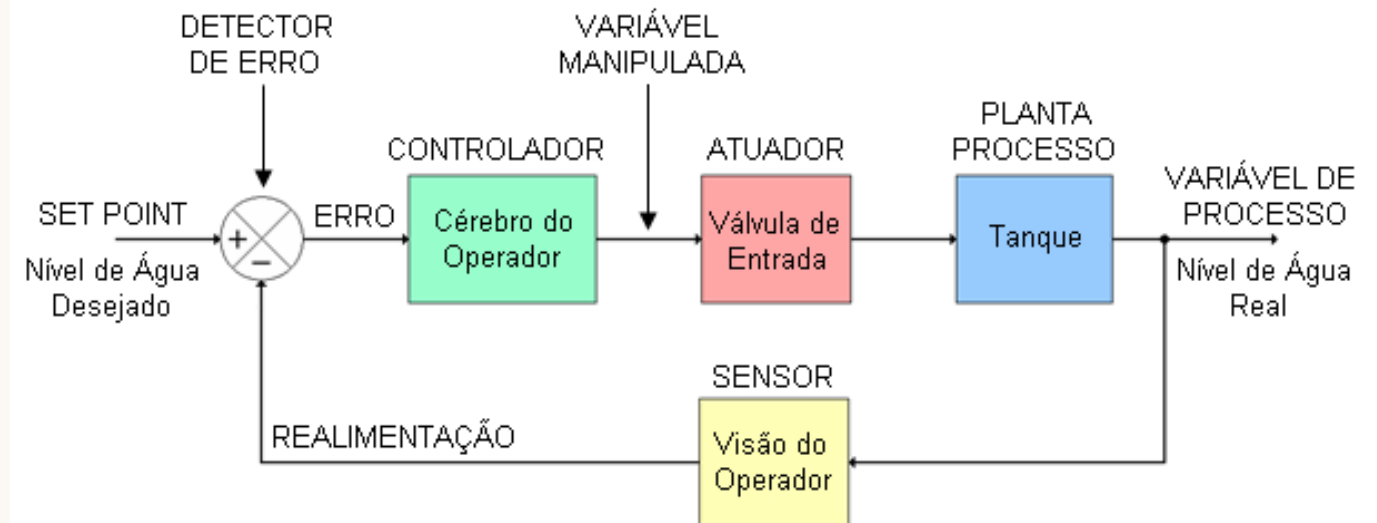
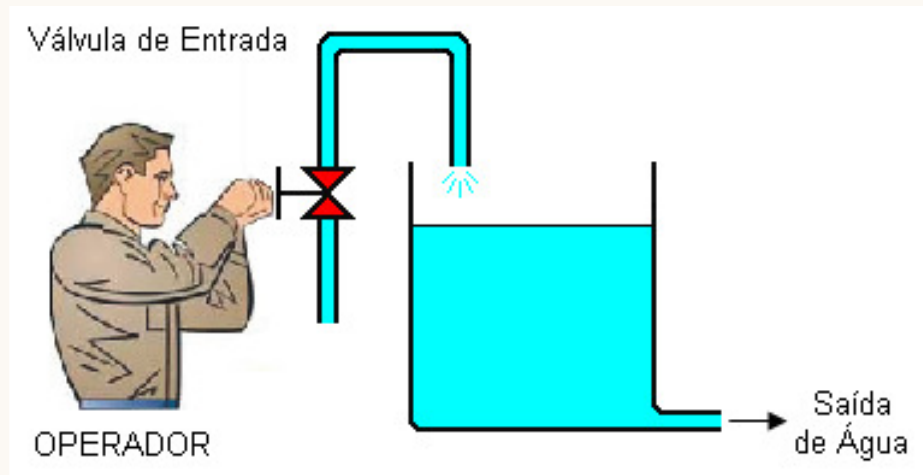


Malha de controle fechada
(Realimentação ou *feedback*)



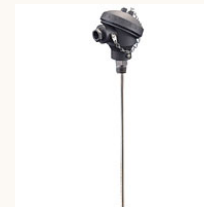
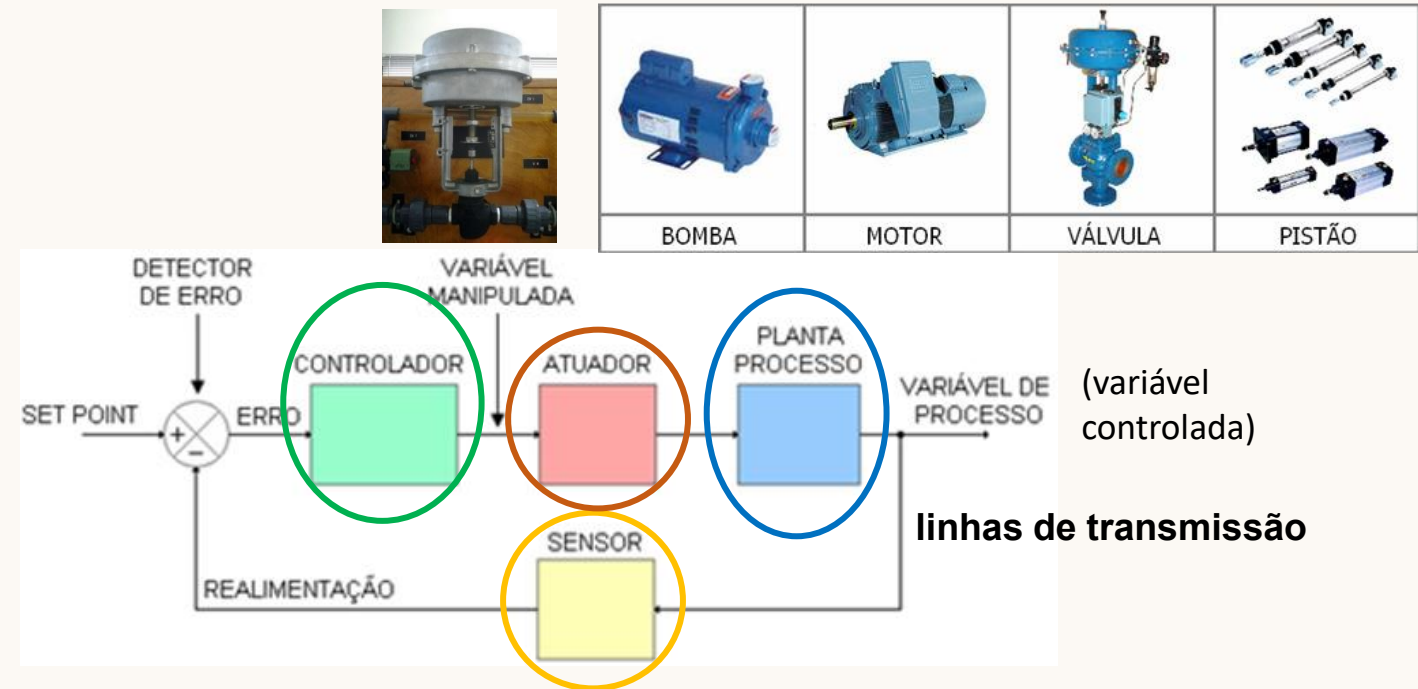


CONTROLE MANUAL



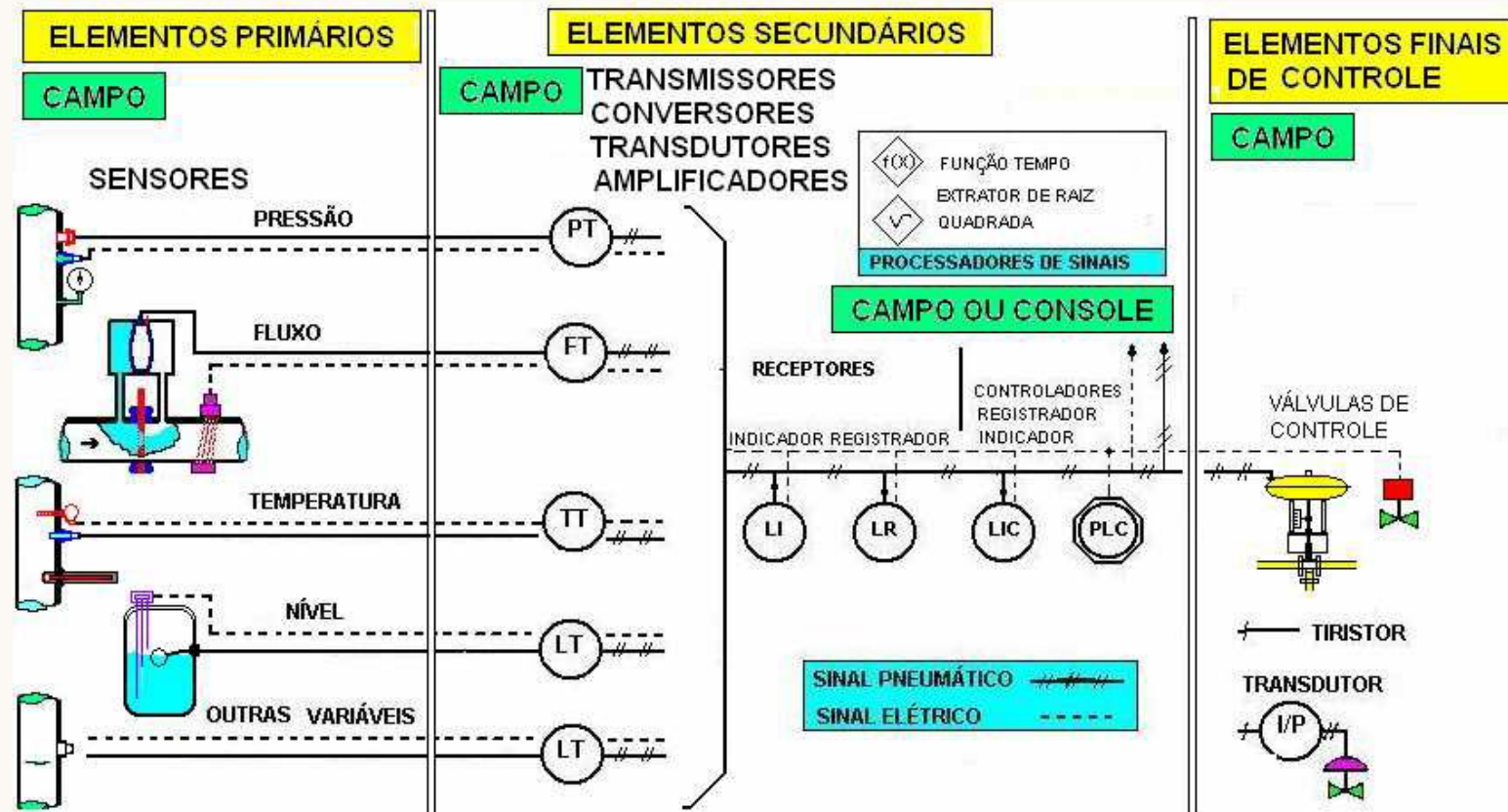
ELEMENTOS DO CONTROLE AUTOMÁTICO

Um detalhamento do controle em malha fechada:



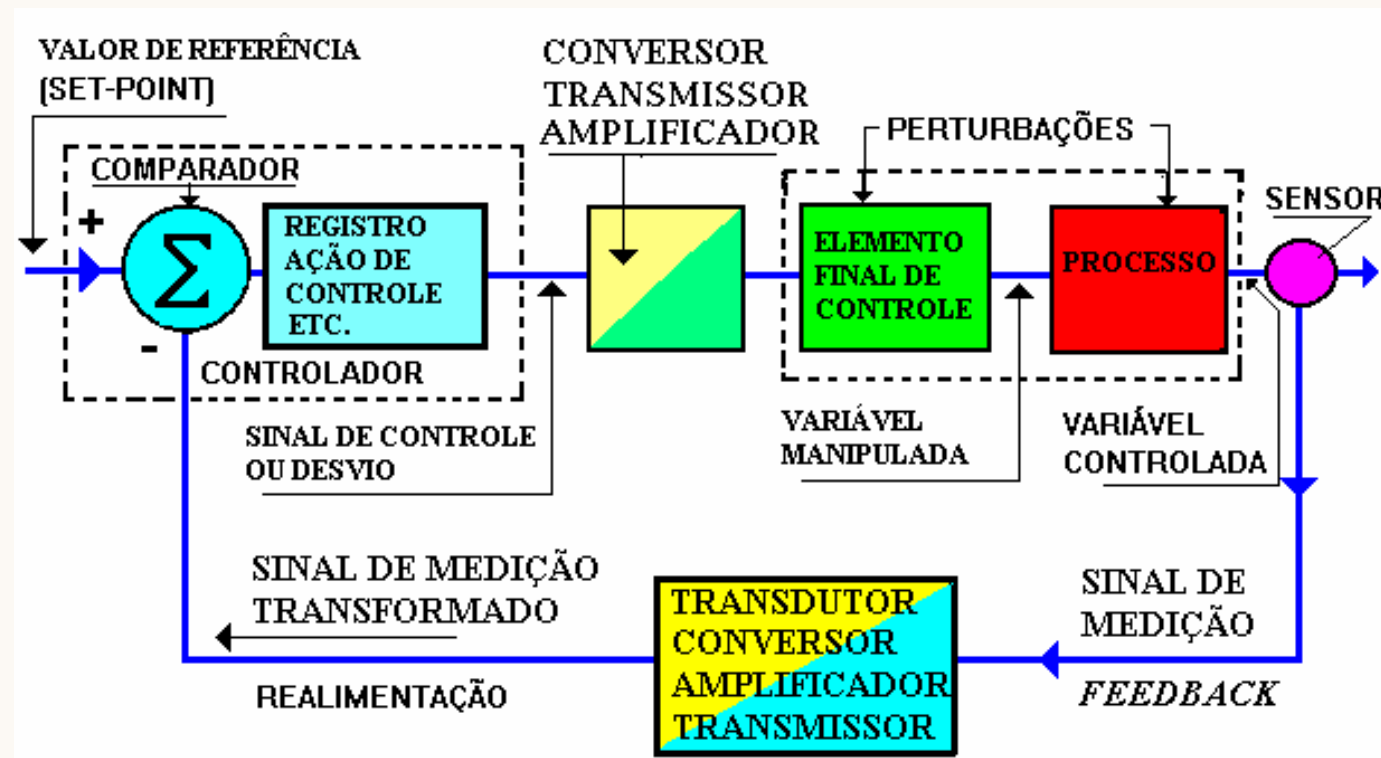


ELEMENTOS DO CONTROLE AUTOMÁTICO





Um detalhamento do controle em malha fechada:

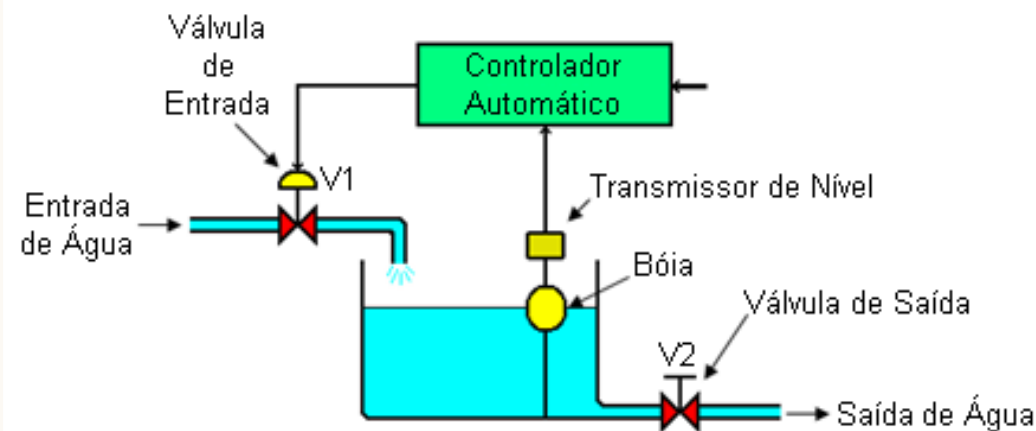
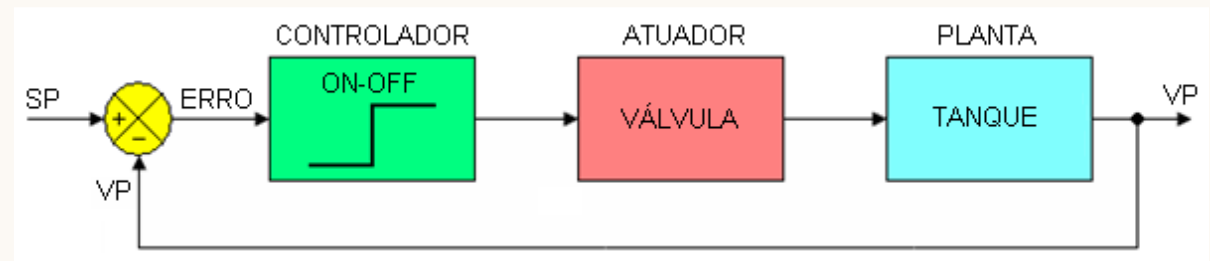




ELEMENTOS DO CONTROLE AUTOMÁTICO

Um detalhamento do controle em malha fechada:

Controlador ON-OFF (Descontínuo ou Digital)



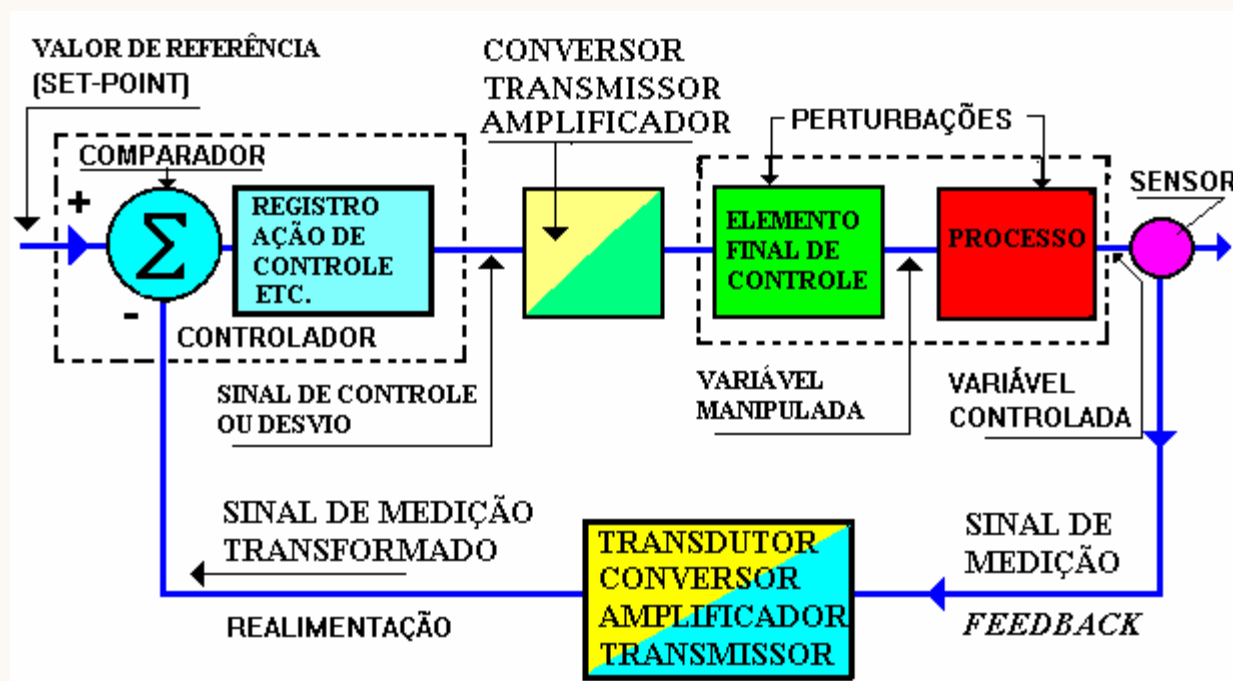
Controlador de ação contínua (Analógico)

Ex.: Controlador proporcional-integral-derivativo ou controlador PID



Classes de instrumentos

Podemos classificar os instrumentos e dispositivos utilizados em instrumentação de acordo com a função que o mesmo desempenha no processo.

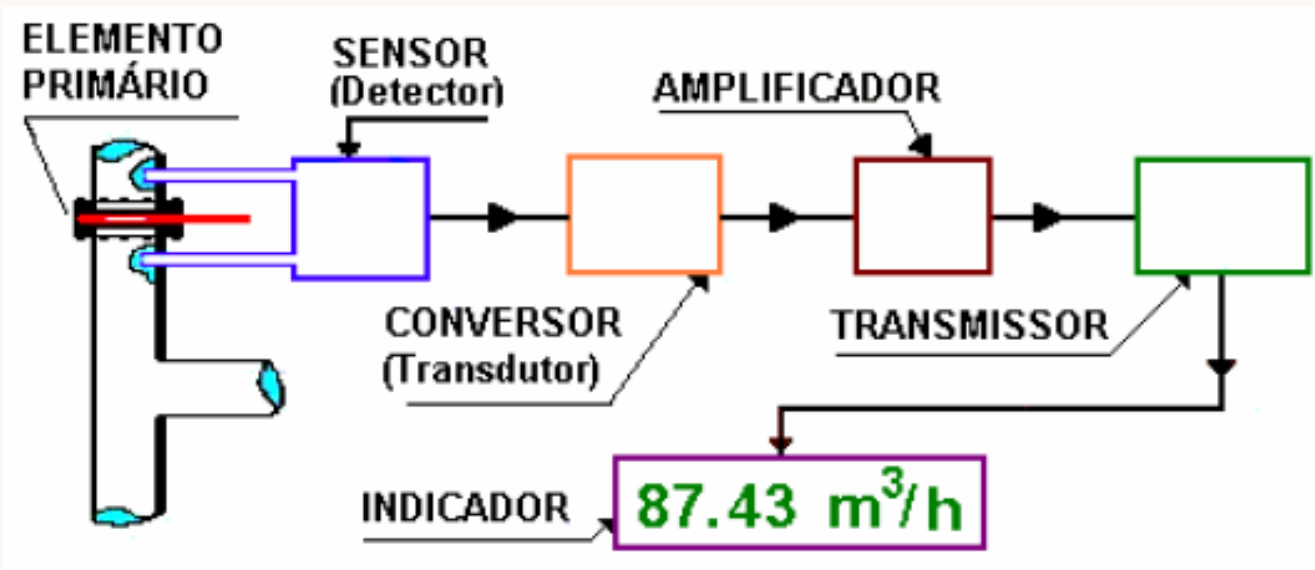




Classes de instrumentos

Podemos classificar os instrumentos e dispositivos utilizados em instrumentação de acordo com a função que o mesmo desempenha no processo.

a) **Elemento primário** : Responsável por criar as condições da medição da variável pelo sensor. Na figura é representado por uma placa de orifício.

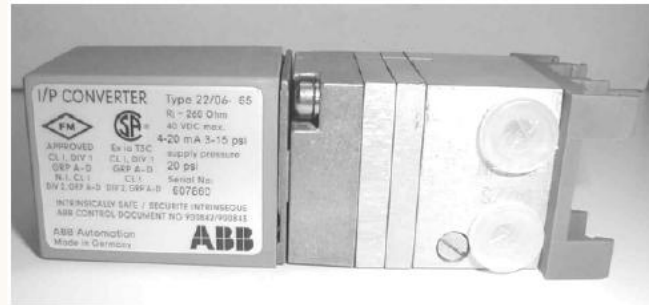


b) **Sensor (Detector)**: Instrumento que detecta a variável monitorada e converte a magnitude do parâmetro para um sinal mecânico ou elétrico.



c) Transdutor ou Conversor : Instrumento que recebe informações na forma de uma ou mais quantidades físicas, modifica, caso necessário, essas informações e fornece um sinal de saída resultante.

Dependendo da aplicação, o transdutor pode ser um elemento primário, um transmissor ou outro dispositivo. Se o sinal do sensor pode ser usado diretamente, não é necessário o transdutor.





d) Amplificador (de medição): Instrumento que aumenta a magnitude do sinal da variável detectada.

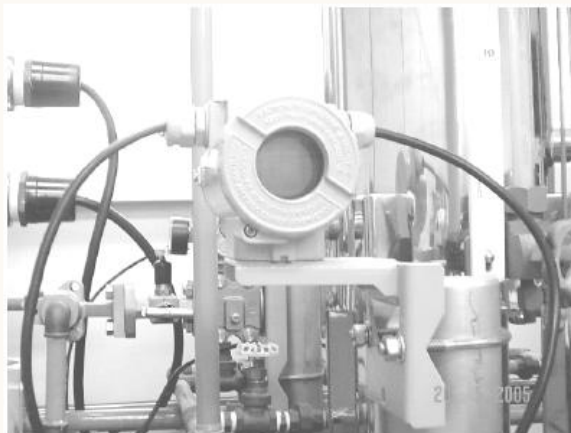


UBP



DA-05

e) **Transmissor**: Instrumento que determina o valor de uma variável no processo através de um elemento primário, tendo o mesmo sinal de saída (pneumático ou eletrônico) cujo valor varia apenas em função da variável do processo. O elemento primário pode ou não estar acoplado ao transmissor.



- ✓ In: PT100
- ✓ Out: 4-20mA, 0-10V, RS485, etc
- ✓ Power: 24vdc
- ✓ Insertion diameter: 6mm
- ✓ Insertion length: 0-300mm optional





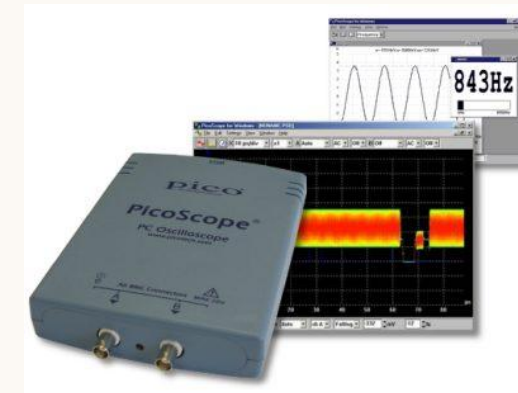
f) **Indicador**: Instrumento que dispõe de um ponteiro e de uma escala graduada na qual podemos ler o valor da variável.

Existem também indicadores digitais que indicam a variável em forma numérica com dígitos ou barras gráficas.



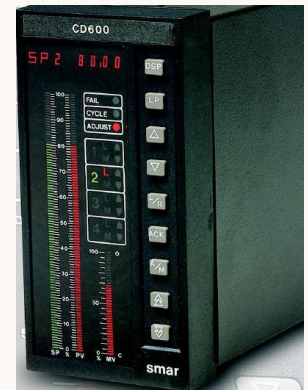


g) **Registrador:** Instrumento que registra a(s) variável(is) através de um traço contínuo ou pontos em um gráfico. Um instrumento registrador pode, também, apresentar uma indicação.

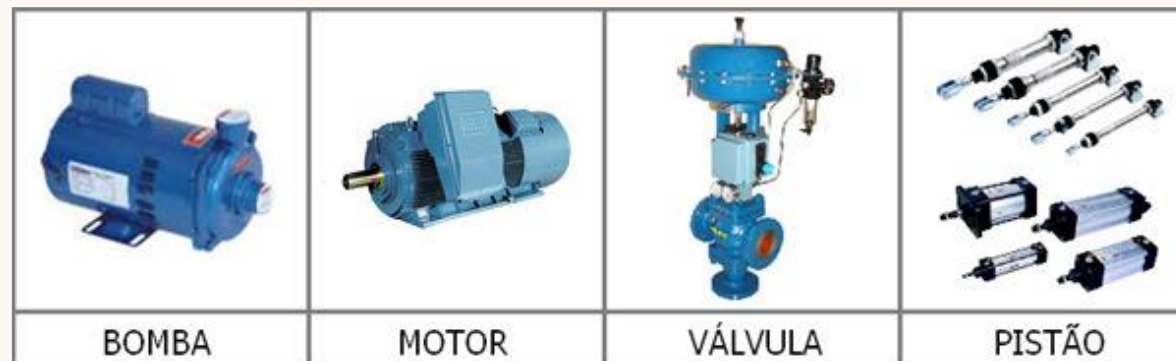




h) Controlador: Instrumento que compara a variável controlada com um valor desejado e fornece um sinal de saída a fim de manter a variável controlada em um valor específico ou entre valores determinados. A variável pode ser medida, diretamente pelo controlador ou indiretamente através do sinal de um transmissor ou transdutor.



i) **Elemento final de controle:** Instrumento que modifica diretamente o valor da variável manipulada de uma malha de controle.





Obs.: Tanto a precisão como a segurança de um instrumento dependem da sua construção e da capacidade de manter a sua calibração.

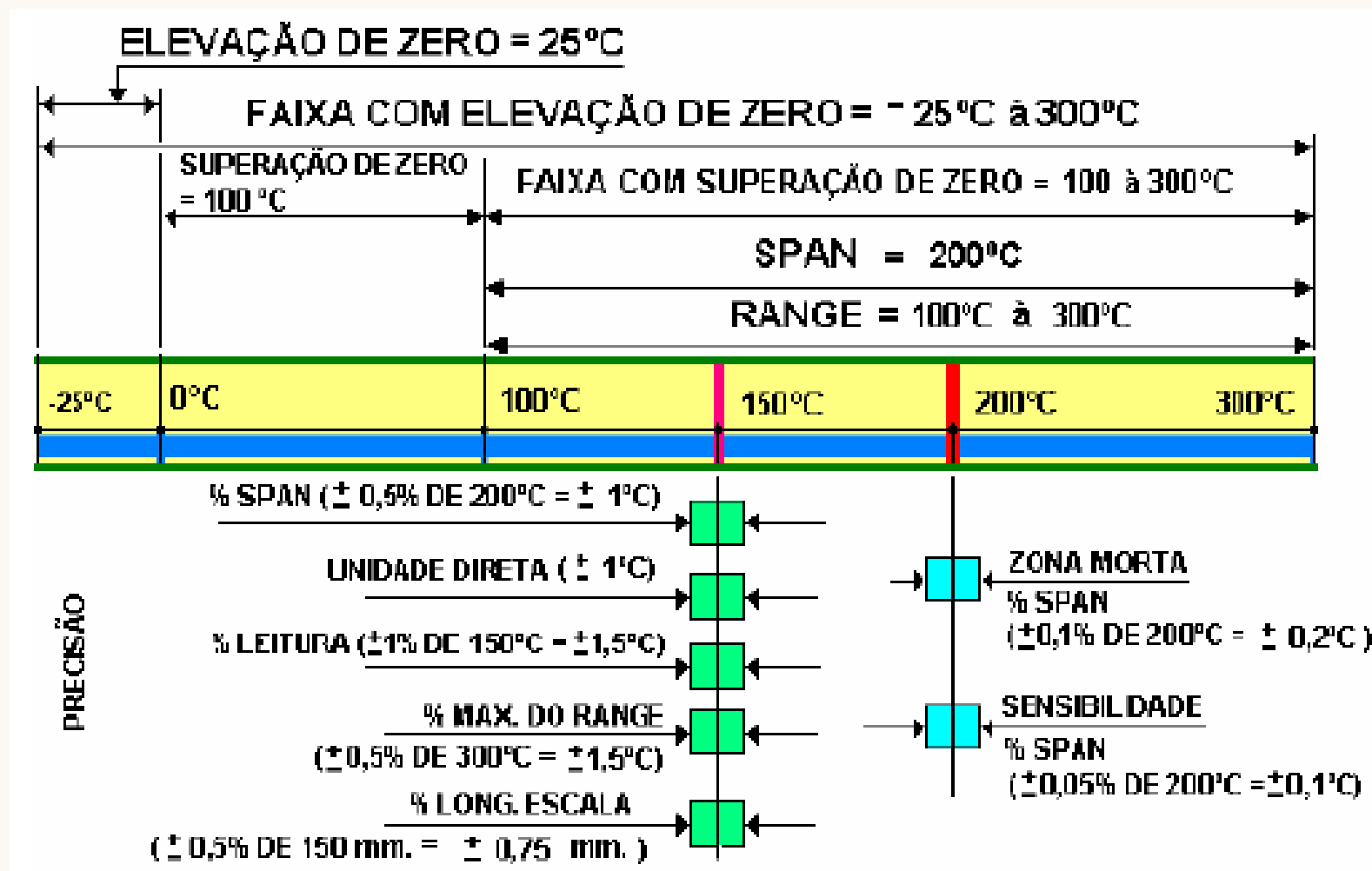
Um instrumento descalibrado significa um conjunto de medidas casuais, e não um verdadeiro dispositivo de medição. Por estas razões é que existem os padrões de calibração de instrumentos.



TERMINOLOGIA TÉCNICA DA INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL

A terminologia empregada é padronizada, a fim de que os fabricantes, os usuários e os organismos ou entidades que atuam no campo da instrumentação industrial empreguem a mesma linguagem.

A *Scientific Apparatus Makers Association* (SAMA), pela sua norma PMC 20, define os termos relacionados e ilustrados na figura a seguir.





1) Faixa de medida, Alcance (*Range*) – É a região existente entre os limites superiores e inferiores da capacidade de medida do instrumento nos quais mostra o conjunto de valores da variável medida. É expresso, mostrando os valores extremos. Na figura dada, temos como exemplo:

$$\text{Range} = 100 - 300^{\circ}\text{C}$$

2) Amplitude (*span*) – É a diferença algébrica entre os valores superiores e inferiores da faixa de medida do instrumento.

No exemplo dado, seu valor é **200°C**.



3) Variável Medida (*Measured Variable*) – É o termo utilizado para descrever a quantidade, propriedade ou condições medida. Observa-se, que nos instrumentos a escala nem sempre começa com o valor zero da variável medida., por esse motivo, temos escala de zero suprimido e escala de zero elevado.

4) Escala de Zero Suprimido (*Suppressed Zero*) – É uma escala na qual o valor de zero da variável medida é menor que o valor inferior do alcance (*Range*).

5) Escala de Zero Elevado (*Elevated Zero*) - É uma escala na qual o valor de zero da variável medida é maior que o valor inferior do alcance (*Range*).



6) Erro – É a diferença algébrica entre o valor lido ou transmitido pelo instrumento e o valor real da variável medida.

Devemos considerar 3 tipos de erros:

Erro estático quando o processo está em condições de regime permanente;

Erro dinâmico é o resultado da diferença entre o valor instantâneo da variável e o indicado pelo instrumento. O seu valor depende do tipo de fluido do processo, de sua velocidade, do elemento primário (sensor), dos meios de proteção, etc.

Em condições dinâmicas, o erro varia consideravelmente porque os instrumentos têm características comuns aos sistemas físicos, ou seja, ao absorver a energia do processo, o instrumento requer um certo tempo para transmitir a variável medida, isto provoca um atraso na leitura do medidor.

Erro médio do instrumento é a média aritmética dos erros em cada ponto medido, e determinada por todos os valores da variável medida.





Obs.: Precisão x Exatidão

Conceito de precisão

Precisão ("precision" em inglês) é uma medida da reprodutibilidade, geralmente expressa pela maior diferença entre os valores medidos e a média desses valores.

Portanto, a expressão

"os resultados da medição são precisos" significa resultados próximos entre si.

Conceito de exatidão

A exatidão ("accuracy" em inglês) é definida pela estimativa de desvio máximo, em relação ao valor verdadeiro x , de uma série de medidas x_i .

Portanto, a expressão

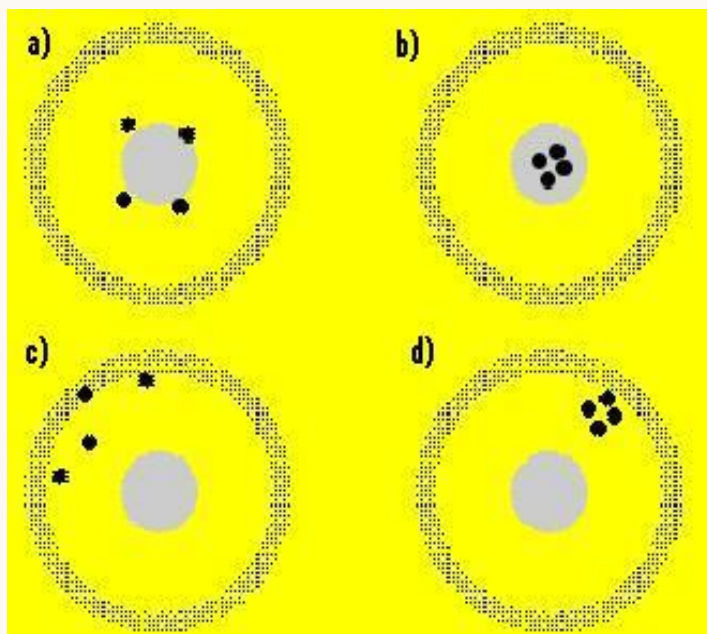
"os resultados da medição são exatos" significa resultados próximos do valor verdadeiro.



Obs.: Precisão x Exatidão

Clássico exemplo do tiro ao alvo para ilustrar graficamente a diferença :

Na analogia, o centro do alvo seria o valor verdadeiro e as coordenadas dos tiros seriam as medições.



Em (a) os resultados são exatos porque, em média, estão próximos do valor verdadeiro, mas não são precisos porque há certa dispersão

Em (d) os resultados são precisos porque estão próximos entre si, mas não são exatos porque estão distantes do valor verdadeiro.

Em (b) a situação ideal (precisos e exatos) e, em (c), a pior situação, isto é, nem precisos nem exatos.

Comparando (d) com a situação ideal (b), é possível concluir que o atirador deve ser habilidoso, mas a mira da arma deve estar desregulada. E, na comparação de (a) com (b), deduz-se que a mira da arma está em ordem, mas o atirador não tem a necessária habilidade.