

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

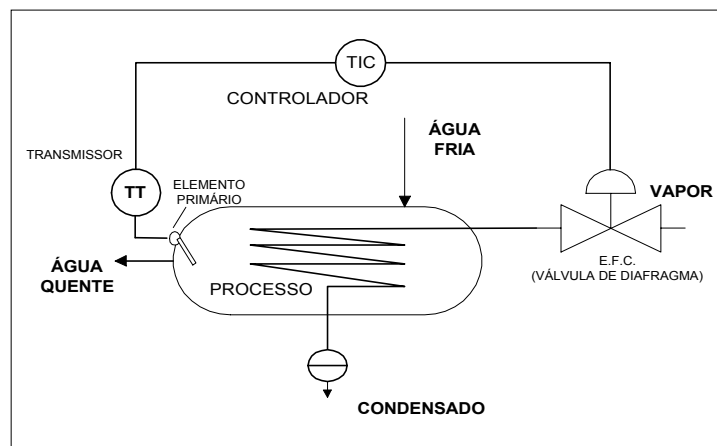
Introdução

Instrumentação: é a arte e a ciência que projeta, constrói, instala, opera e mantém os instrumentos.

Instrumentos: medem variáveis de processo. Em instrumentação, quando dizem os "medir" geralmente querem os dizer indicar, registrar, totalizar ou controlar.

Variáveis de Processos: são fenômenos físicos que chamamos simplesmente variáveis, por exemplo: vazão, temperatura, pressão, nível, densidade, etc.

Processo: operação ou série de operações no qual o valor de uma quantidade ou condição é controlada. Inclui todas variáveis das funções que, direta ou indiretamente, afetam o valor da Variável Controlada.



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Classes de Instrumentos

Elemento Primário - componente que está em contato com a variável de processo e tem por função, transformá-la em uma grandeza mensurável por um mecanismo.

Transmissor - instrumento que mede uma determinada variável, e envia um sinal proporcional a distância, a um indicador, registrador, controlador, etc.

Transdutor - termo aplicado ao instrumento que não trabalha com sinal na entrada e saída padrão.

Conversor - instrumento que recebe e envia um sinal padrão em instrumentação, de grandezas diferentes.

Indicador - instrumento que nos fornece o valor de uma variável de processo.

Registrador - instrumento que registra, o valor da variável de processo em uma carta gráfica.

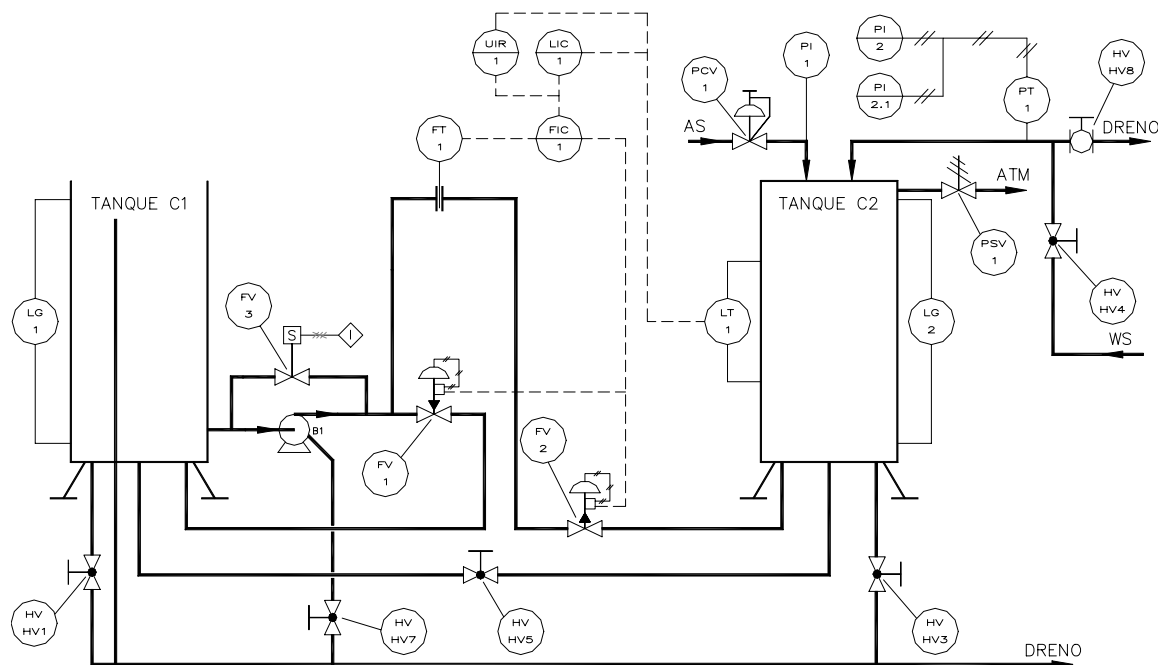
Controlador - instrumento que tem por função, manter o valor da variável de processo, igual ao valor estabelecido em seu mecanismo, enviando um sinal de saída ao elemento final de controle.

Relé De Computação - instrumento que recebe um ou mais sinais de outros instrumentos, realiza operações matemáticas, de lógica ou de seleção de sinais e envia o resultado a um instrumento.

Elemento Final De Controle - dispositivo que está em contato direto com a variável manipulada, modificando-a em resposta a um sinal de comando.

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Fluxogramas de Processo



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Simbologia

	SUPRIMENTO OU IMPULSO *
	SINAL PNEUMÁTICO **
	SINAL HIDRÁULICO
	SINAL ELETROMAGNÉTICO OU SÔNICO (TRANSMISSÃO GUIADA) ***
	LIGAÇÃO CONFIGURADA INTERNAMENTE AO SISTEMA (LIGAÇÃO POR SOFTWARE)
	SINAL BINÁRIO PNEUMÁTICO

	SINAL NÃO DEFINIDO
	SINAL ELÉTRICO
	TUBO CAPILAR
	SINAL ELETROMAGNÉTICO OU SÔNICO (TRANSMISSÃO NÃO GUIADA) ***
	LIGAÇÃO MECÂNICA
	SINAL BINÁRIO ELÉTRICO

IA - Ar de instrumento
PA - Ar da planta
AS - Ar de alimentação
ES - Alimentação elétrica
GS - Alimentação de gás
HS - Alimentação Hidráulica
NS - Alimentação de Nitrogênio
SS - Alimentação de vapor
WS - Alimentação de água

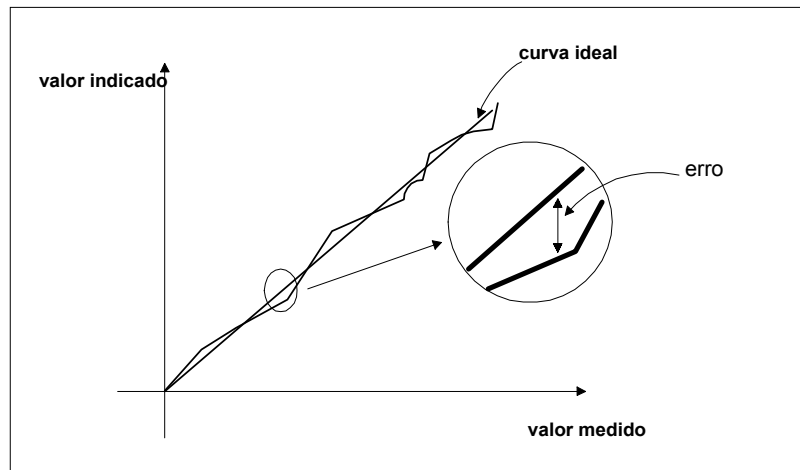
Opcional

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Terminologia

ERRO

É a diferença entre o valor lido ou transmitido pelo instrumento, em relação ao valor real da variável medida



ERRO DINÂMICO

ERRO ESTÁTICO

Erro Absoluto

Erro Aleatório

Erro Sistemático

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Escala - Conjunto ordenado de marcas.

Ajuste (calibração) O peração destinada a fazer com que um instrumento de medir tenha um funcionamento e justeza adequados à sua utilização.

Calibração (aferição) Conjunto de operações que estabelece a relação entre os vabres indicados por um instrumento de medição e os vabres correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.

Faixa Nom inal - faixa de medida , RANGE , é normalmente especificada por seus limites inferior e superior

Amplitude da Faixa Nom inal - abance , SPAN , é o somatório em módulo dos seus limites superior e inferior .

URL (Upper Range Limit) - Limite superior da faixa nominal

URV (Upper Range Value) - Vabr superior da faixa nominal

LRL (Lower Range Limit) - Limite inferior da faixa nominal

LRV (Lower Range Value) - Vabr inferior da faixa nominal

Sensibilidade - Capacidade do instrumento em responder os sinais enviados em espaços de tempo muito curtos

Lim iar - Menor variação de um estímulo que provoca uma variação perceptível na resposta de um instrumento

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Exatidão - o maior valor de erro estático que um instrumento possa ter ao longo de sua faixa de trabalho.

- Em porcentagem do alcance (Span)
- Podem os ter também a precisão dada diretamente em unidades da variável
- Em porcentagem do valor medido
- Em porcentagem do valor máximo da escala do instrumento
- Em porcentagem do comprimento da escala.

Resolução - Capacidade de um instrumento de distinguir valores muito próximos da grandeza a medir

Estabilidade - Capacidade de um instrumento em conservar constantes suas características metrológicas.

Exatidão - Capacidade de um instrumento para dar indicações próximas do valor verdadeiro da grandeza medida.

Zona Morta - (banda morta, dead band) Intervalo dentro do qual um estímulo pode ser modificado sem produzir uma variação na resposta de um instrumento de medir.

Histerese - Propriedade de um instrumento de medir pela qual a resposta a um dado estímulo depende da sequência dos estímulos precedentes.

Repetibilidade - É a máxima diferença entre diversas medidas de um mesmo valor da variável, adotando sempre o mesmo sentido de variação.

Tempo de Resposta - Intervalo de tempo entre o instante em que um estímulo sofre uma variação brusca e o instante em que a resposta alcança seu valor final e nele permanece, dentro de limites especificados.

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Sistemas de Medição

Grandezas - Grandeza é tudo aquilo que pode ser medido.

- A temperatura da água;
- A pressão do ar;
- O volume de um reservatório;
- A velocidade de um automóvel;
- O comprimento de uma mesa.

Grandeza Escalar - é a grandeza que necessita apenas de um número e uma unidade de medida para ser representada.

Grandeza	Número	Unidade de medida
Temperatura	30	graus Celsius
Tempo	15	minutos
Comprimento	25	metros
Volume	8	litros

Grandeza Vetorial - é a grandeza que para ser representada necessita mais do que um número e uma unidade de medida a grandeza vetorial é informada por sua intensidade, direção e sentido.

Grandeza	Número	Unidade	Direção	Sentido
Velocidade	50	Quilômetro/ hora	horizontal	para frente
Força	10	newtons	Vertical	para baixo

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Sistemas de Unidades

Sistemas CGS, MKS e FPS são base de comprimento, massa e tempo.

Sistema MKS são base de comprimento, força e tempo).

UNIDADES

metro: é o comprimento igual a 1.650.763,73 comprimentos de onda no vácuo de radiação, correspondente à transição entre os níveis 2p₁₀ e 5d₅ do átomo de Criptônio - 86.

segundo: é a duração de 9.192.631.770 períodos de radiação, correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de Césio -133.

quilograma: é a unidade de massa.

newton: é a força que dá a um corpo de quilograma de massa, a aceleração de um metro por segundo ao quadrado.

watt: é a potência que dá origem à produção de energia na taxa de um joule por segundo.

joule: é o trabalho realizado quando o ponto de aplicação de uma força iguala um Newton desloca-se de um metro na direção da força.

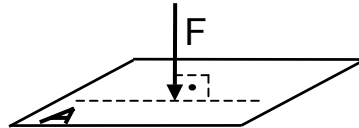
INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Pressão

Quando uma força é aplicada de forma distribuída sobre uma superfície, dizemos que existe uma pressão exercida nessa superfície.

A pressão p exercida sobre uma superfície é igual a razão entre a **força F** aplicada perpendicularmente a área A da superfície:

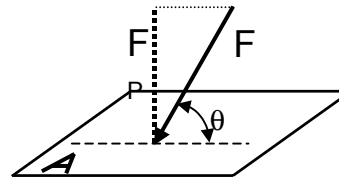
$$p = \frac{F}{A}$$



Caso a força aplicada não seja perpendicular a superfície, é preciso calcular a força equivalente F_p aplicada perpendicularmente.

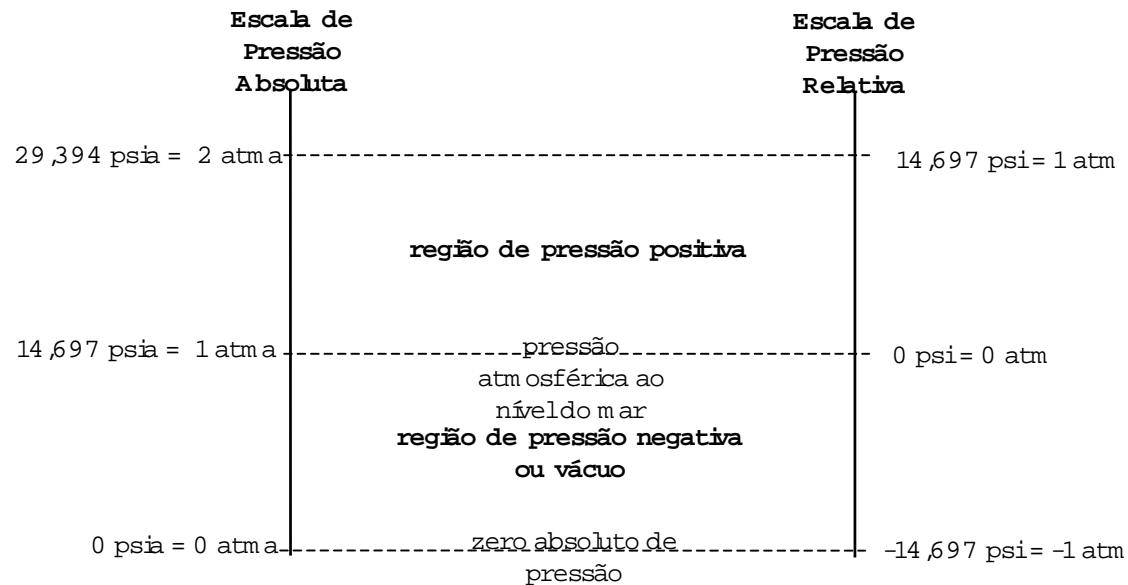
F_p será igual ao produto da força F pelo seno do ângulo de inclinação θ entre a superfície e a direção da força F aplicada, ou seja: $F_p = F \cdot \sin \theta$.

$$p = \frac{F \cdot \sin \theta}{A}$$



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Escalas de Pressão



$$p_{ABS} = p_{REL} + 1 \text{ atm}$$

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Massa, Peso Específico e Densidade

Massa

Específica

onde:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ : massa específica
m : massa
V : volume

Peso Específico

onde:

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

γ : peso específico
P : peso (força)
V : volume

Relação entre massa específica e peso específico

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Densidade

$$d = \frac{\rho_{\text{substância}}}{\rho_{\text{padrão}}}$$

ou

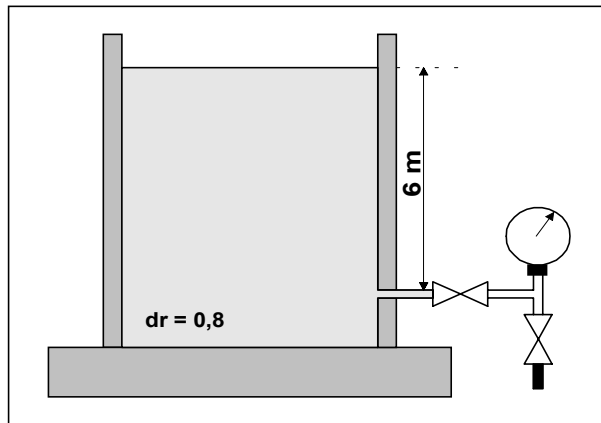
$$d = \frac{\gamma_{\text{substância}}}{\gamma_{\text{padrão}}}$$

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

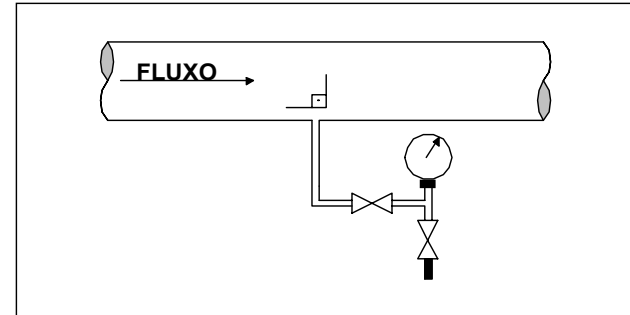
Tipos de Pressão

Pressão Estática

É o peso por unidade de área exercido por um fluido em repouso ou que esteja fluindo perpendicularmente à tomada de impulso.



Fluido em Repouso



Fluido em Movimento

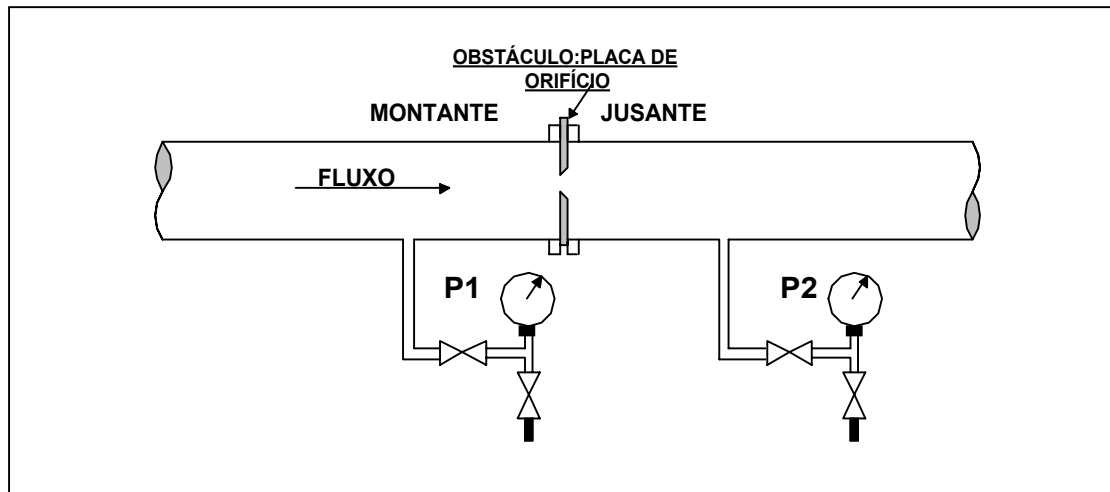
Pressão Dinâmica ou Cinética

É a pressão exercida por um fluido em movimento. É medida fazendo a tomada de impulso de tal forma que recebe o impacto do fluxo.

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Pressão Diferencial

$$\Delta p = p_1 - p_2$$



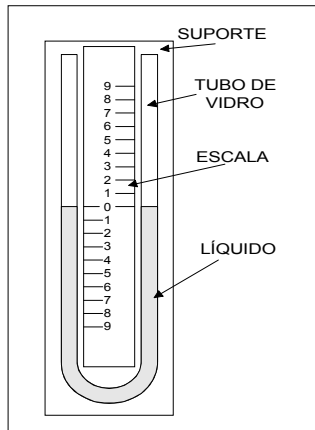
Criando-se um obstáculo à passagem do fluido, pode-se obter um diferencial de pressão.

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Manômetro

S

Manômetro de Coluna em U



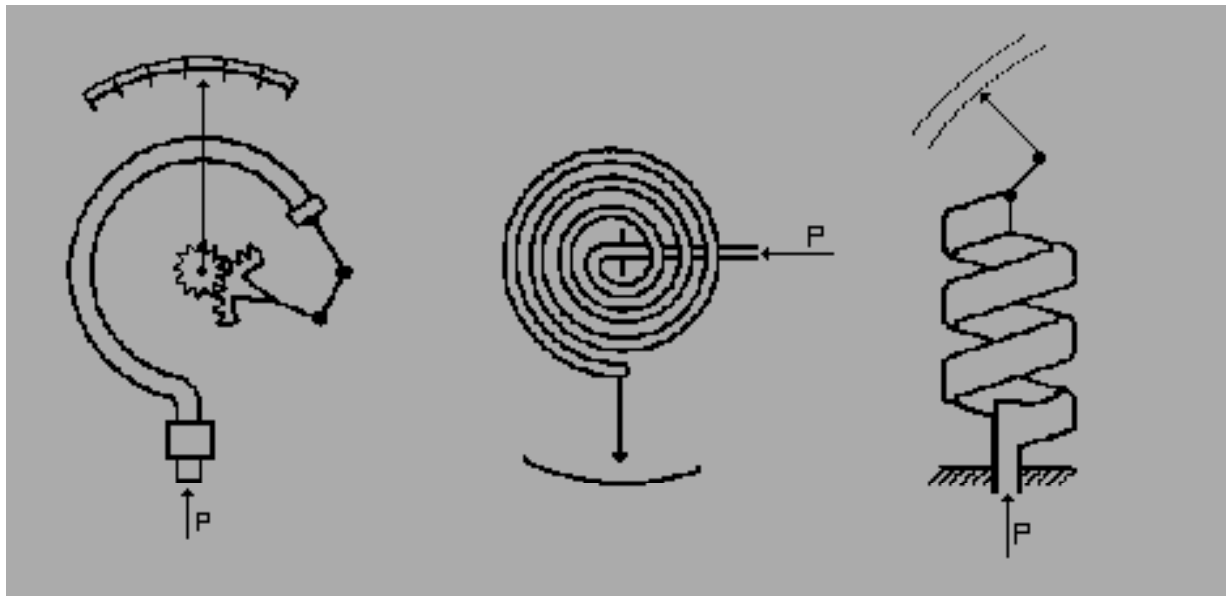
Teorema de Stevin

"A diferença de pressão entre dois pontos de um fluido em repouso é igual ao produto do peso específico do fluido pela diferença de cota entre os dois pontos".

$$\Delta p = \gamma \cdot h$$

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Manômetros de Tubo de Bourdon



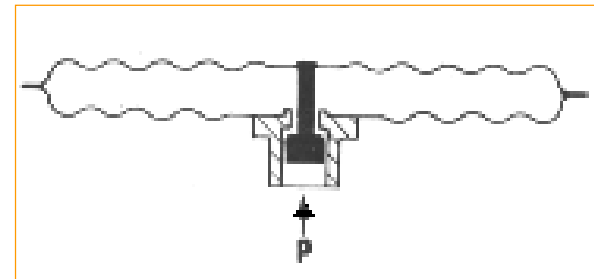
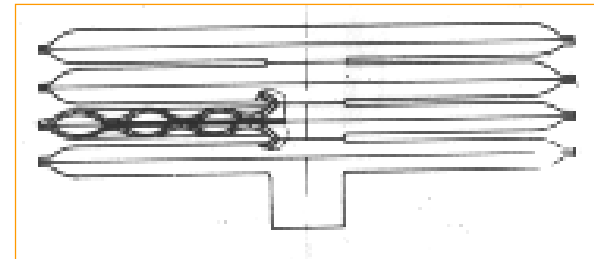
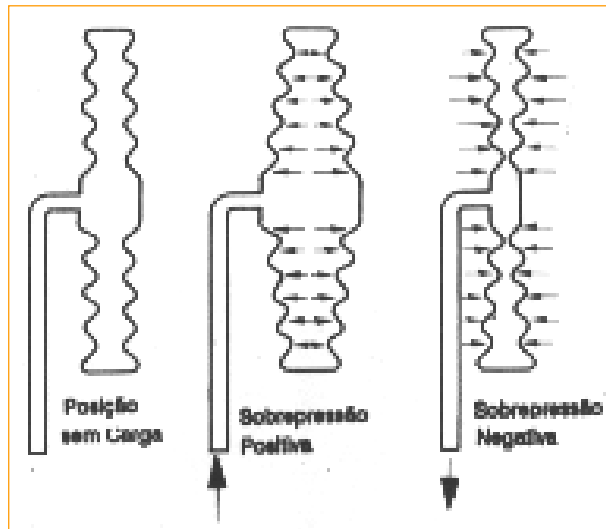
a) Tipo C

b) Tipo Espiral

c) Tipo Helicoidal

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

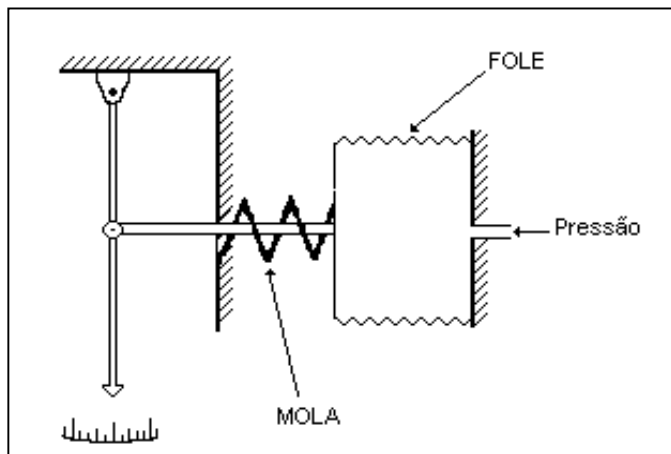
Manômetros de Diafragma



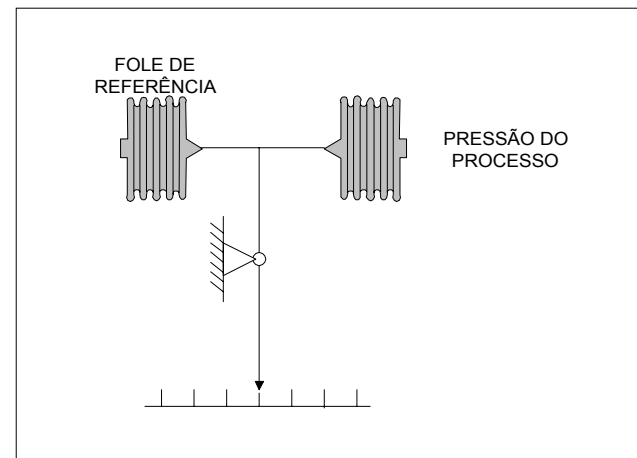
O diafragma geralmente é ondulado ou corrugado para aumentar sua área efetiva.

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Manômetros de Fole



Foles com Mola Oposta



Foles Opostos

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Emprego de Elementos Elásticos

- Não ultrapassar $2/3$ do valor máximo (quando a pressão média for constante);
- Não ultrapassar $1/2$ do valor máximo (quando a pressão média for variável);
- O instrumento deve ser equipado com válvula de bloqueio de 3 (três) vias;
- Quando o elemento for submetido a pressões pulsantes, o mesmo deve ser protegido por um amortecedor de pulsação.
- O elemento não deve ser submetido a uma temperatura que não permita o toque da mão sobre a caixa do medidor
- O elemento deve ser isolado de fluidos corrosivos, com sólidos em suspensão, ou com possibilidade de cristalização e solidificação.
- Quando o processo estiver sujeito a sobrecarga, deve-se proteger o elemento com um limitador de sobrecarga;
- Devem ser tomadas precauções especiais quando se usar a medição de petróleo e oxigênio.

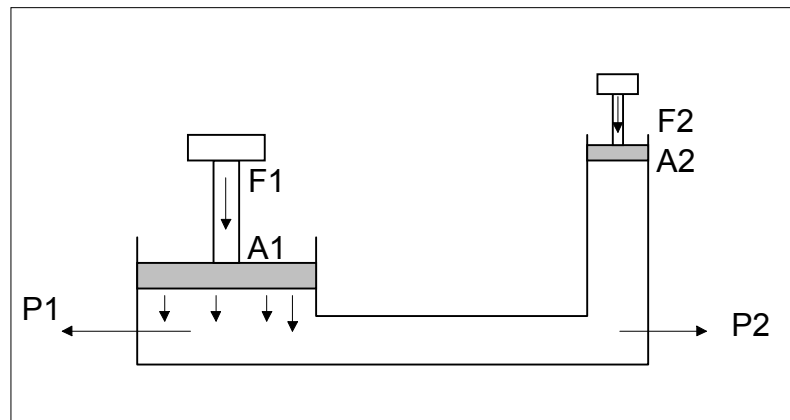
Classificação de manômetros (pela exatidão):

CLASSE	EXATIDÃO	
A4	0,10 % da faixa	
A3	0,25 % da faixa	
A2	0,50 % da faixa	
A1	1,00 % da faixa	
A	1,00 % na faixa de 25 a 75 %	2 % no restante da faixa
B	2,00 % na faixa de 25 a 75 %	3 % no restante da faixa
C	3,00 % na faixa de 25 a 75 %	4 % no restante da faixa
D	4,00 % na faixa de 25 a 75 %	5 % no restante da faixa

75 %

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Transmissão de Pressão



com o :

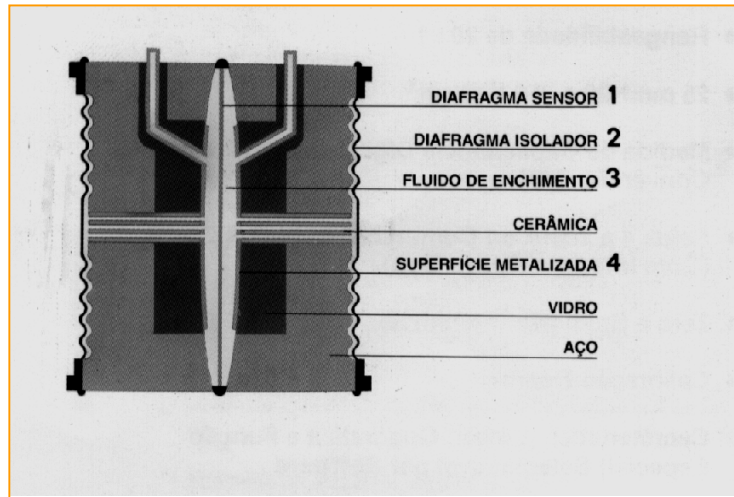
$$P_1 = P_2$$

Então :

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow F_1 A_2 = F_2 A_1$$

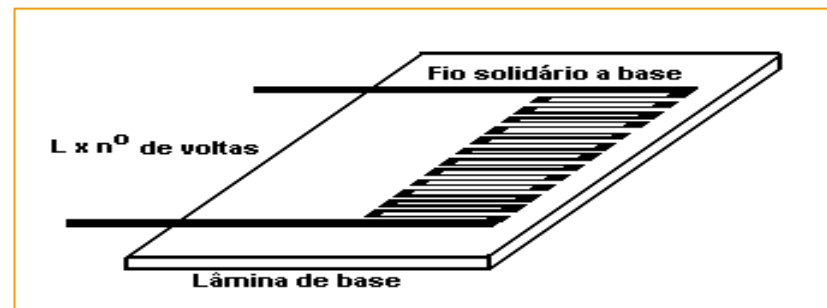
INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Outros Sensores de Pressão



Sensor Capacitivo

Sensor Strain-Gauge

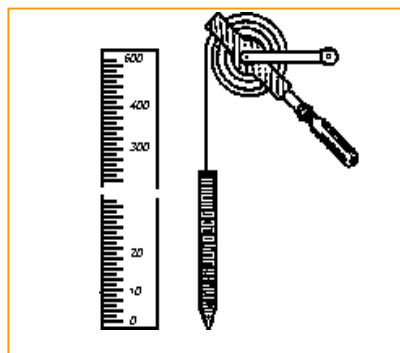


INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

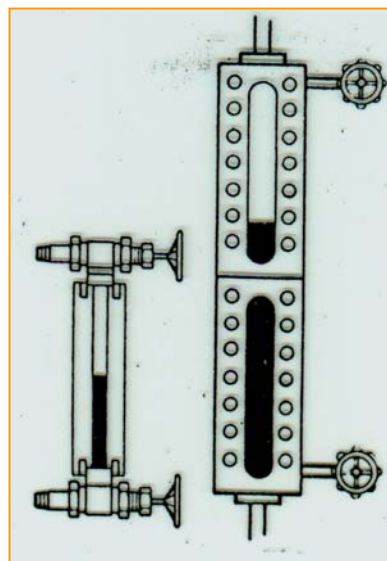
Nível

MEDIDORES DE NÍVEL POR AÇÃO DIRETA

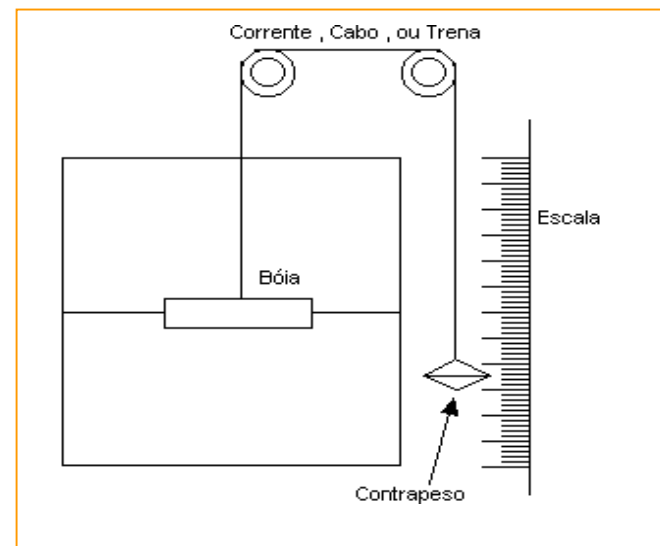
Régua ou Gabarito



Visores de Nível

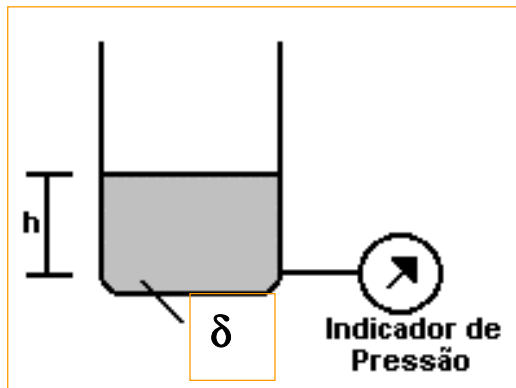


Bóia ou Flutuador



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

MEDIDORES DE NÍVEL POR PRESSÃO HIDROSTÁTICA DIFERENCIAL



$$P = \delta \cdot h$$

onde :

$P \rightarrow$ pressão em mmH_2O

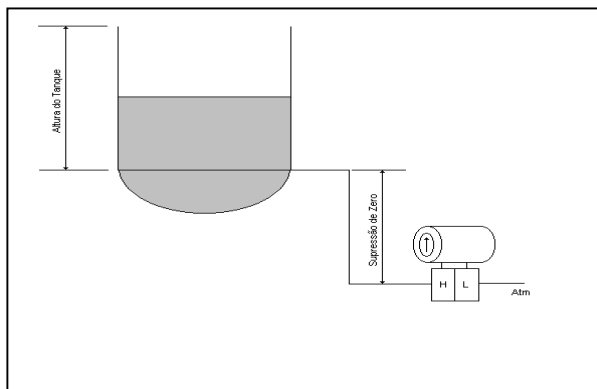
$h \rightarrow$ nível em mm

$\delta \rightarrow$ densidade relativa do

líquido

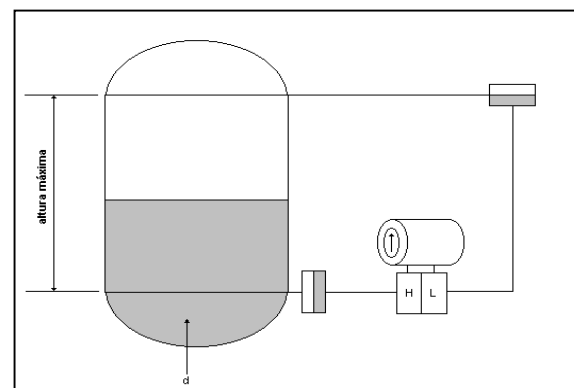
INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

MEDIDORES DE NÍVEL POR PRESSÃO DIFERENCIAL em Tanques Pressurizados.

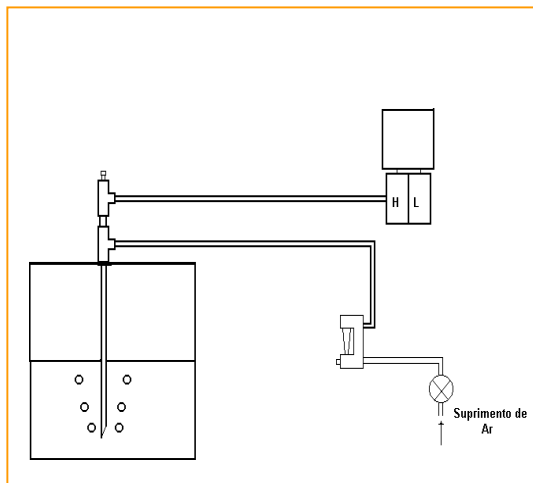


Supressão de Zero

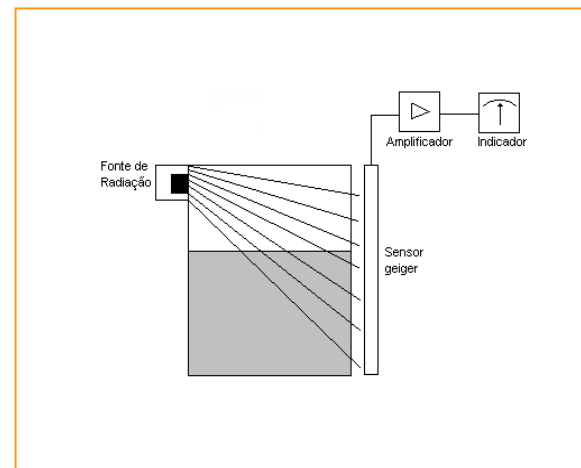
Elevação de Zero



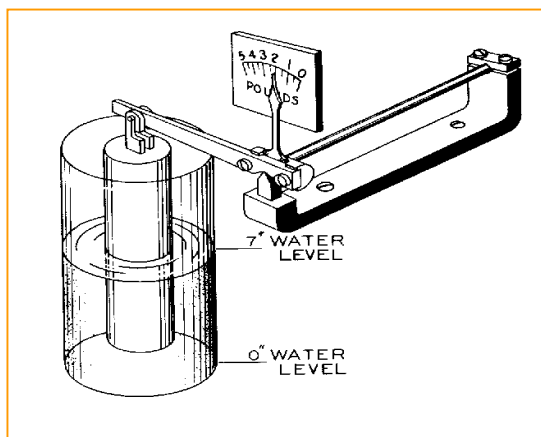
INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



Medição de Nível
por Empuxo



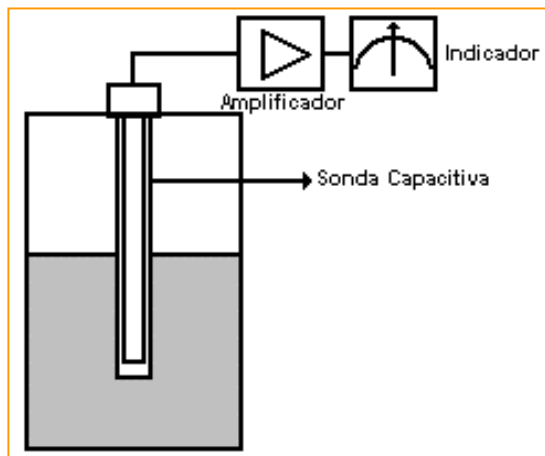
Medição de
Nível
com
Borbulhador



Medição de
Nível
por Radiação



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



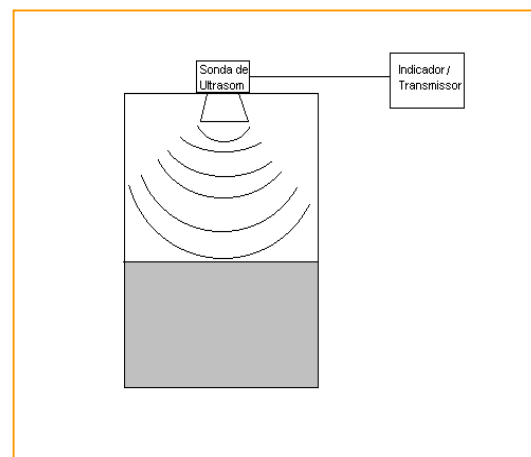
Medição de Nível



por Capacitância

Medição de Nível

por Ultra Som



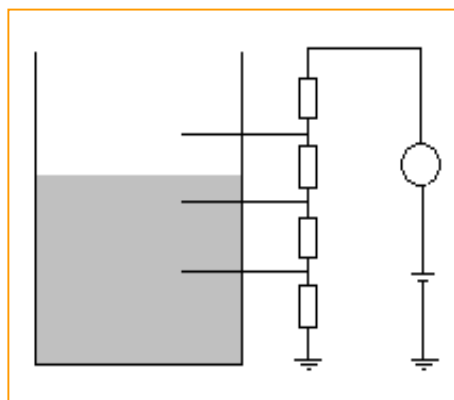
Medição de Nível



Descontínua

por

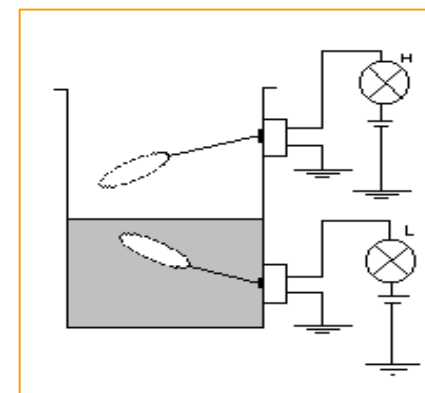
Condutividade



Medição de Nível

Descontínua

Por bóia



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Vazão

Tipos de Vazão

Vazão Volumétrica - Q

Vazão Mássica - W

Regime de escoamento

Laminar

Turbulento

Viscosidade

Viscosidade absoluta - ν

Viscosidade cinemática - μ

$$\nu = \mu / \rho$$

Número de Reynolds

$$Re = \frac{\phi \cdot v \cdot \delta}{\mu}$$

onde :

$\phi \rightarrow$ diâmetro da tubulação

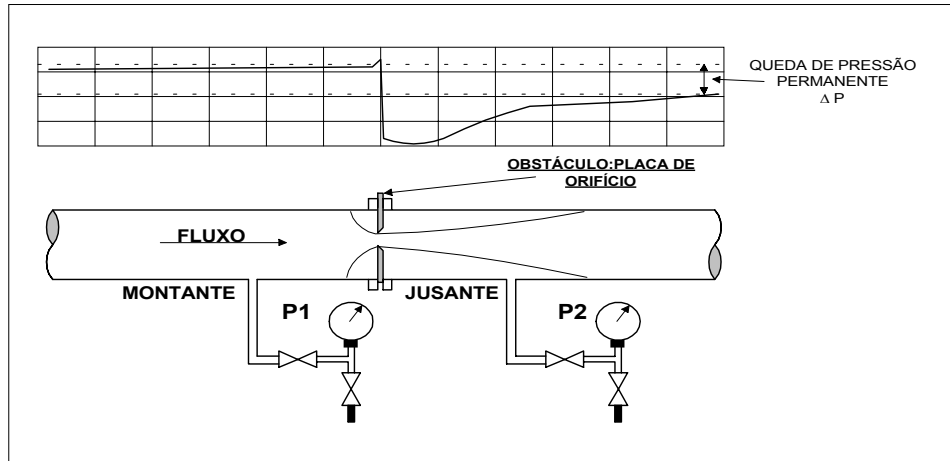
$v \rightarrow$ velocidade do fluido

$\delta \rightarrow$ densidade

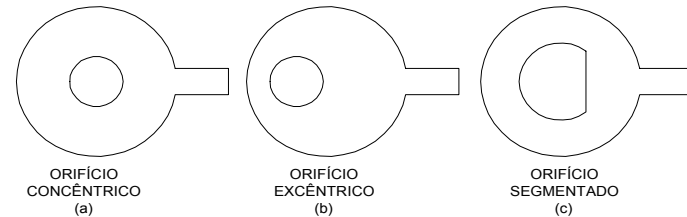
$\mu \rightarrow$ viscosidade absoluta

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

MEDIDORES DE VAZÃO POR PRESSÃO DIFERENCIAL (I)

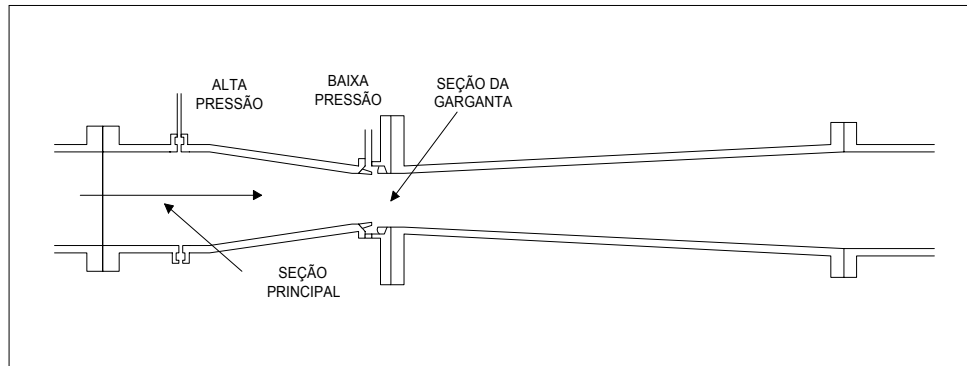


Placas de orifício

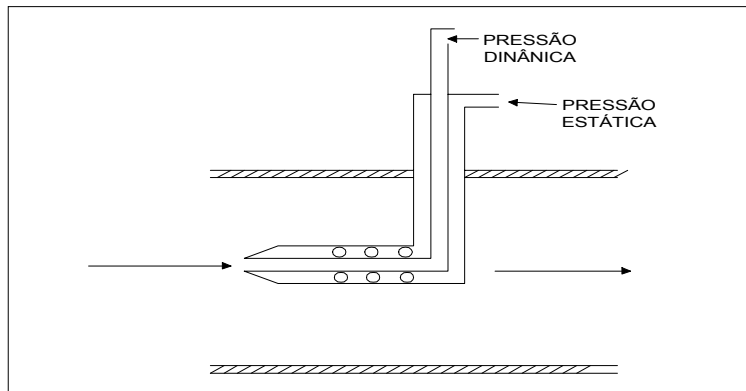


INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

MEDIDORES DE VAZÃO POR PRESSÃO DIFERENCIAL (II)

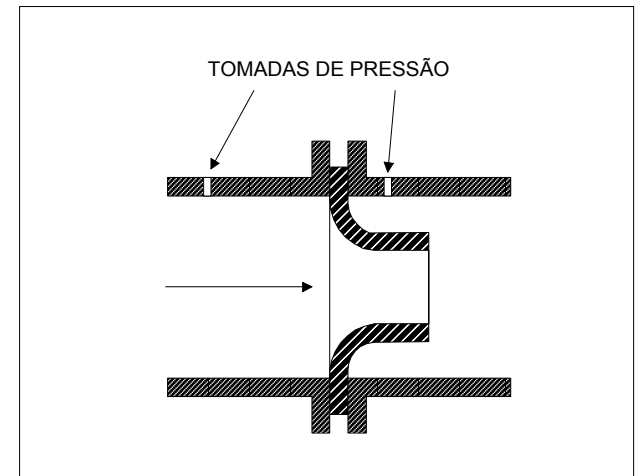


← **Tubo**
Venturi



Bocais

⇒

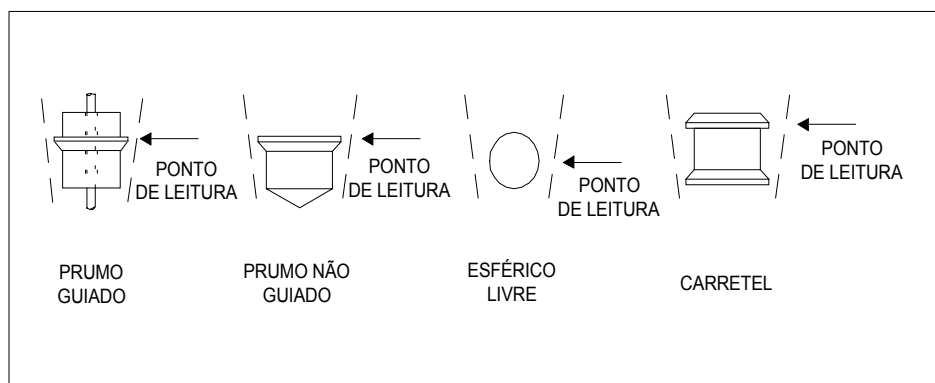
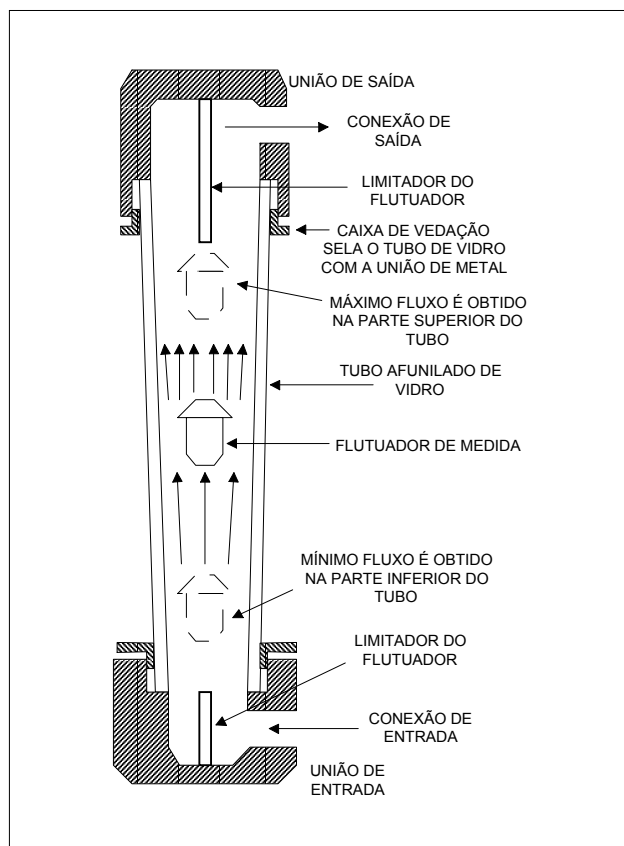


←

Tubo
Venturi

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

MEDIDORES DE VAZÃO POR ÁREA VARIÁVEL



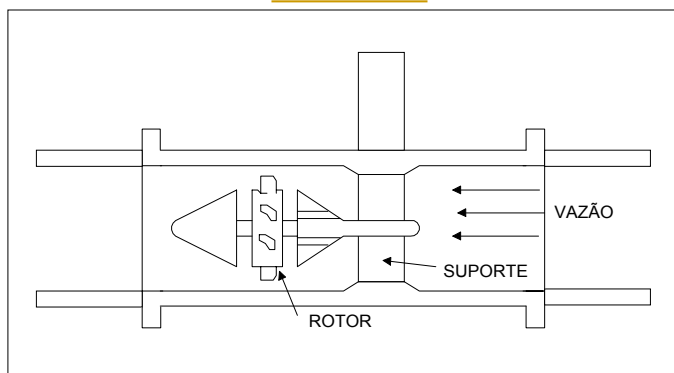
FLUTUADORES



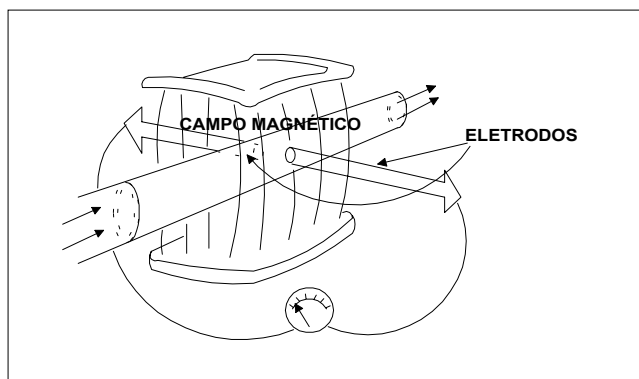
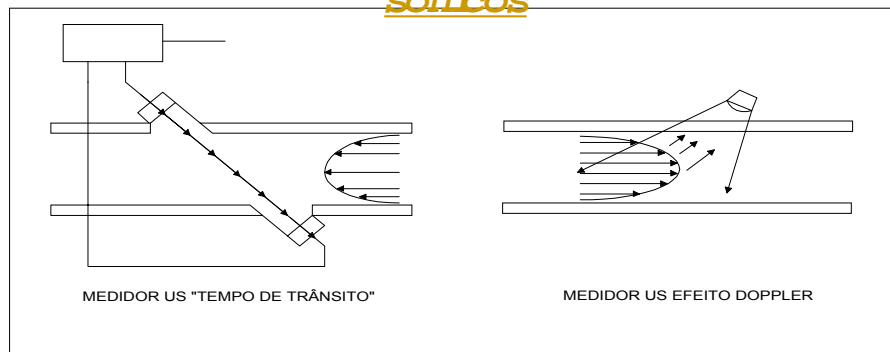
ROTÂMETRO

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

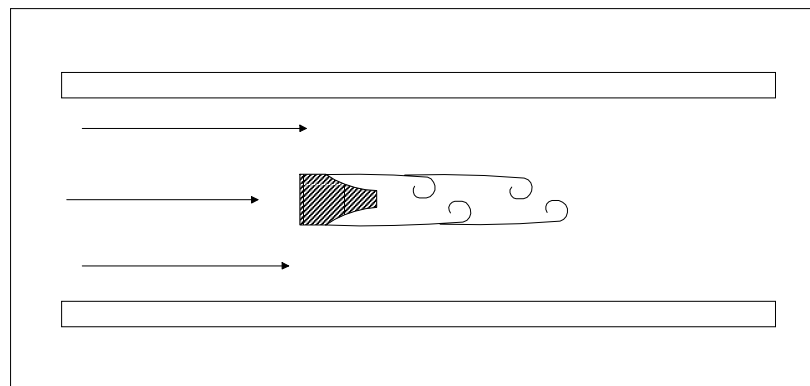
Medidores de Vazão Tipo Turbina



Medidores de Vazão Ultra-sônicos



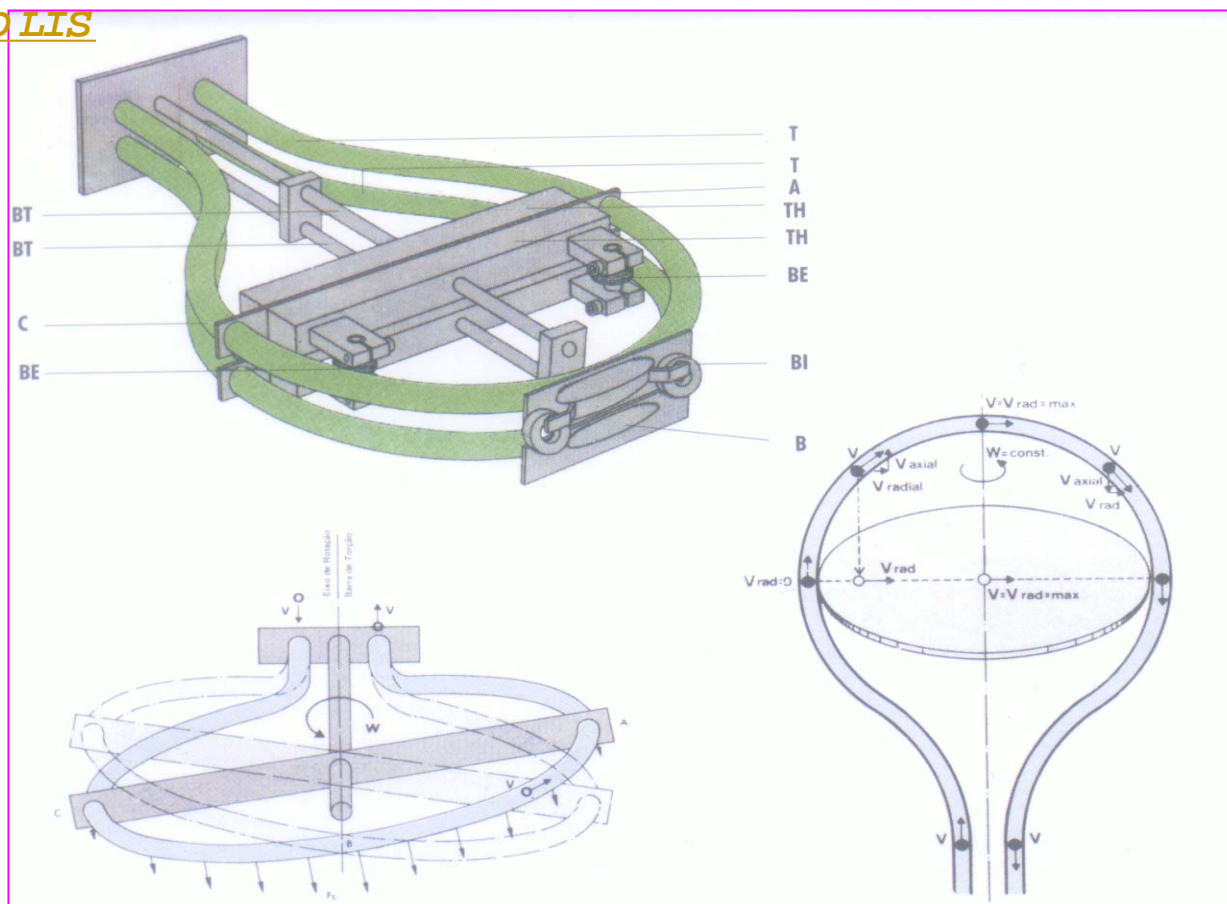
Medidores de Vazão Magnéticos



Medidores de Vazão Tipo Vórtice

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Medidores de Vazão Tipo CORIOLIS



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Temperatura

Temperatura é a propriedade da matéria que reflete a média da energia cinética dos átomos de um corpo".

Termometria

ciência que estuda a "Medição de Temperatura",

Pirometria

medição de altas temperaturas, na faixa onde os efeitos de radiação térmica passam a se manifestar.

Criometria

medição de baixas temperaturas, próximas ao zero absoluto de temperatura.

Energia Térmica

somatório das energias cinéticas dos seus átomos, depende da temperatura, da massa e tipo de substância.

Calor

energia que se transfere de um corpo para o outro por diferença de temperatura.

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

FORMAS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Condução (sólidos):

Transferência de calor por contato físico..

Convecção (líquidos e gases):

Transmissão ou transferência de calor por deslocamento de material.

Convecção forçada,

quando o material aquecido é forçado a se mover.

Convecção natural ou livre,

quando o material aquecido se move por diferença de densidade.

Radiação (sem contato físico):

Emissão contínua de energia de um corpo para outro, através do vácuo ou do ar

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

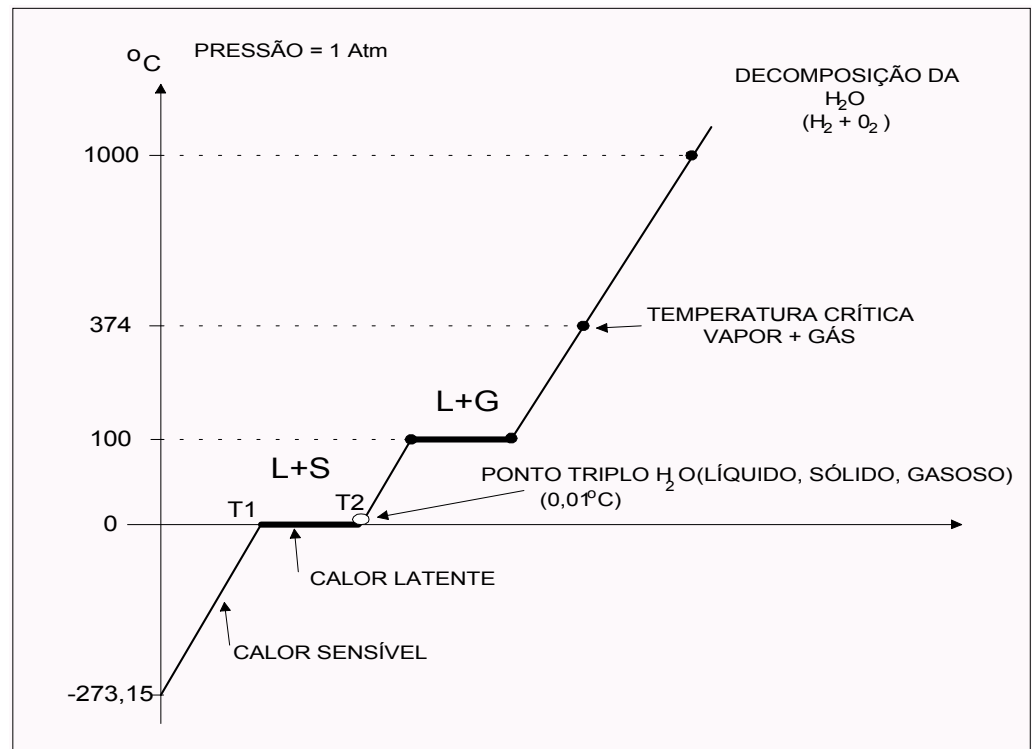
PONTOS FIXOS DE TEMPERATURA

Calor sensível

quantidade de calor necessária para que uma substância mude a sua temperatura até que comece a sua mudança de estado.

Calor latente

quantidade de calor que uma substância troca durante a mudança de estado.



ESCALAS DE TEMPERATURA

RELATIVAS

Celsius - °C

Fahrenheit - °F

ABSOLUTAS

Kelvin - K

Rankine - R

CONVERSÃO DE ESCALAS

Celsius X Fahrenheit

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9}$$

Rankine X Kelvin

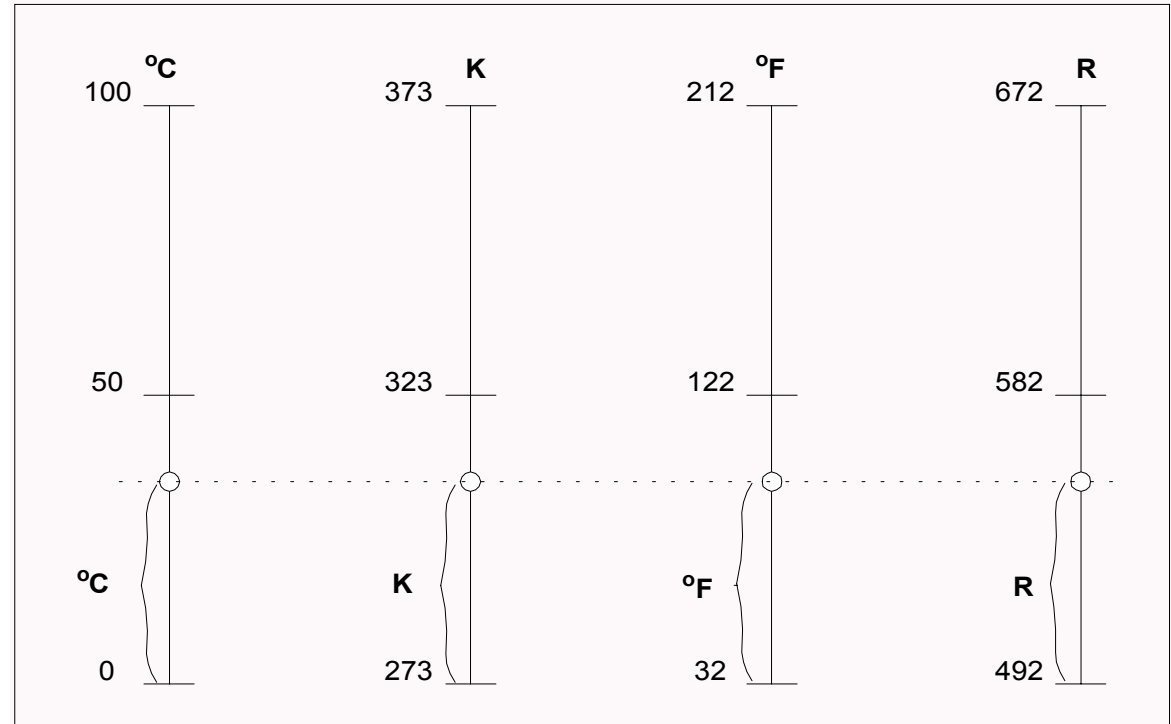
$$\text{K} = \frac{^{\circ}\text{R} \cdot 5}{9}$$

Fahrenheit X Rankine

$$\text{R} = 459,67 + ^{\circ}\text{F}$$

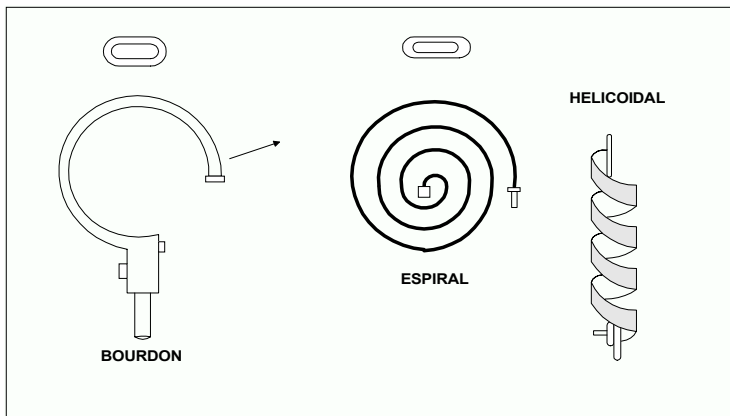
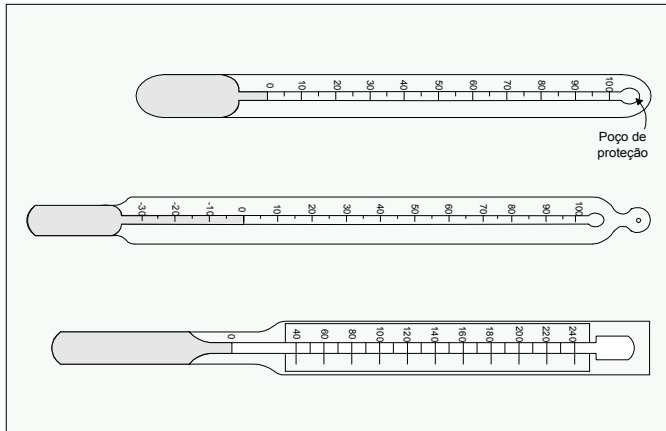
Celsius X Kelvin

$$\text{K} = 273,15 + ^{\circ}\text{C}$$

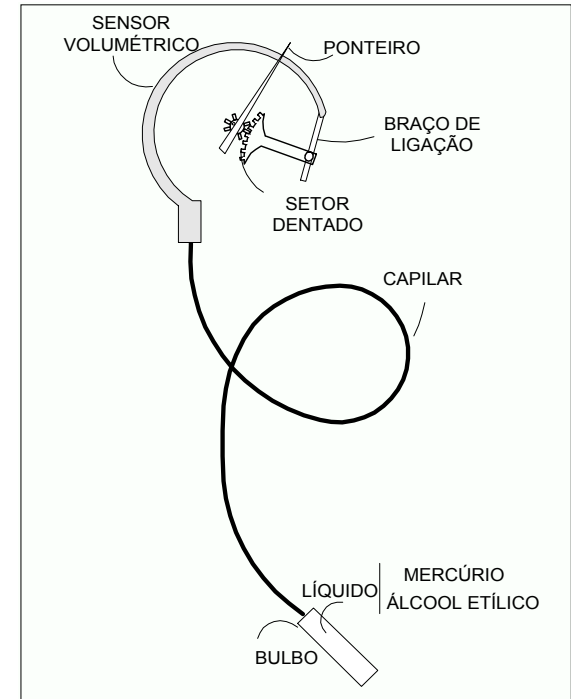


MEDIDORES DE TEMPERATURA

Termômetros de Vidro



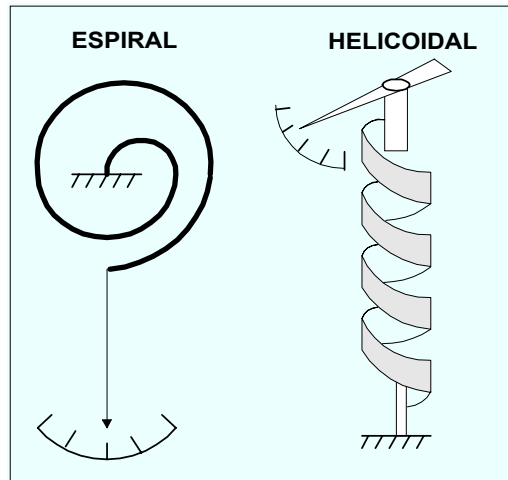
INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



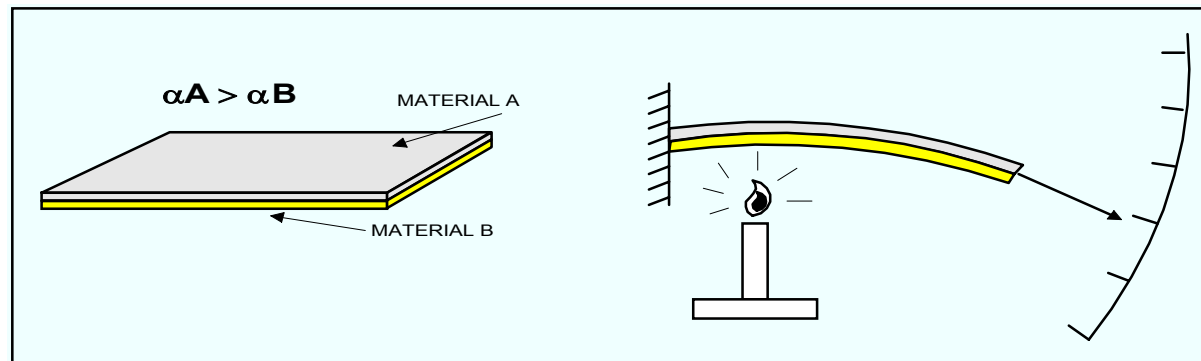
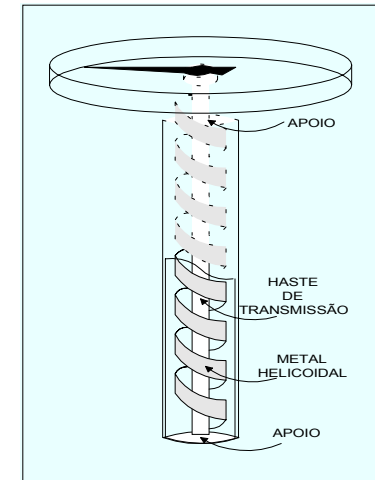
Termômetro de Bulbo de Pressão

← Elementos de Medição

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



TERMÔMETROS BIMETÁLICOS

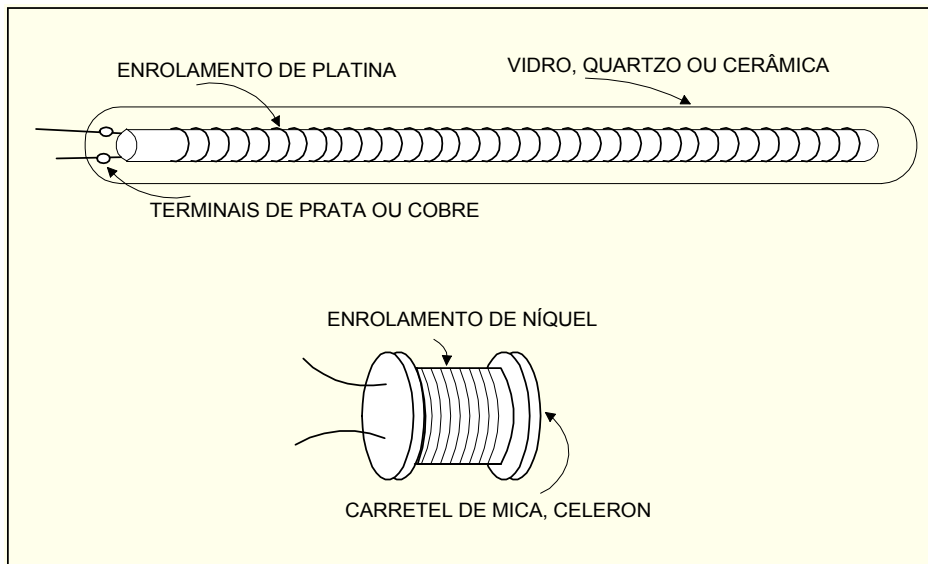


Bimetal

TERMÔMETRO DE RESISTÊNCIA

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

Construção



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

onde:

R = resistência à $t^{\circ}\text{C}$.

R_0 = resistência à 0°C .

α = coeficiente de
variação de
com a

resistência do metal

temperatura.

t = temperatura.

METAIS E FAIXA DE UTILIZAÇÃO

PLATINA - faixa - 200 à
 600°C

NÍQUEL - faixa - 200 à
 300°C

COBRE - faixa - 200 à
 120°C

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

TERMOPARES

Par Termoeletrico ou TERMOPAR, é todo conjunto de dois fios constituídos de metais diferentes, que quando unidos, criam uma corrente elétrica no circuito toda vez que houver uma variação na temperatura entre as junções dos mesmos.

JUNÇÃO QUENTE : é a que está no ponto de medição

JUNÇÃO FRIA : é a junção de referência

Tipos de Termopares

Tipo T - -200 a
350 °C

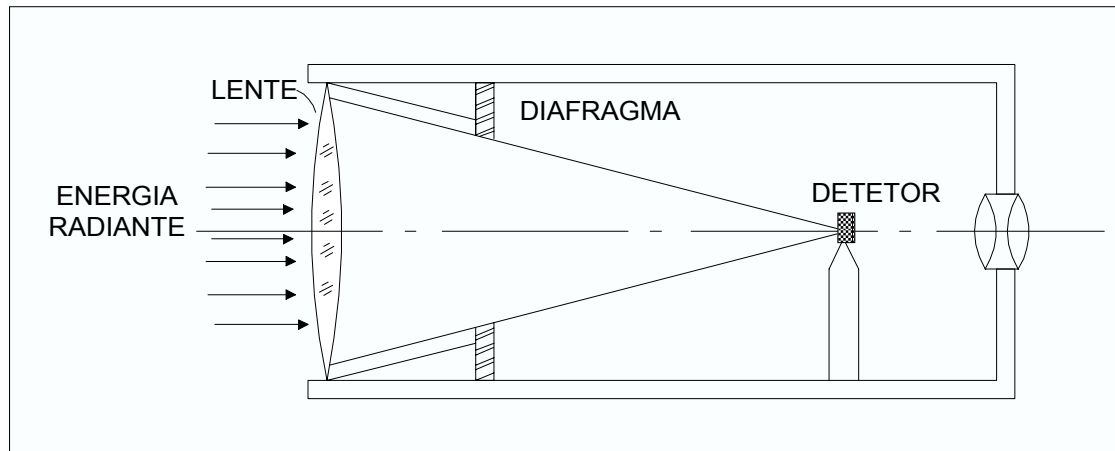
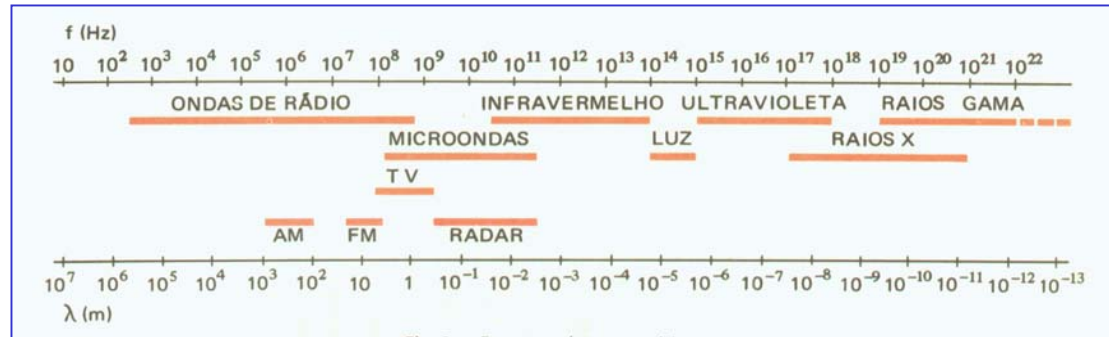
Tipo J - até
750 °C

Tipo E - até
900 °C

Tipo K - até
1200 °C

Pirometria de Radiação

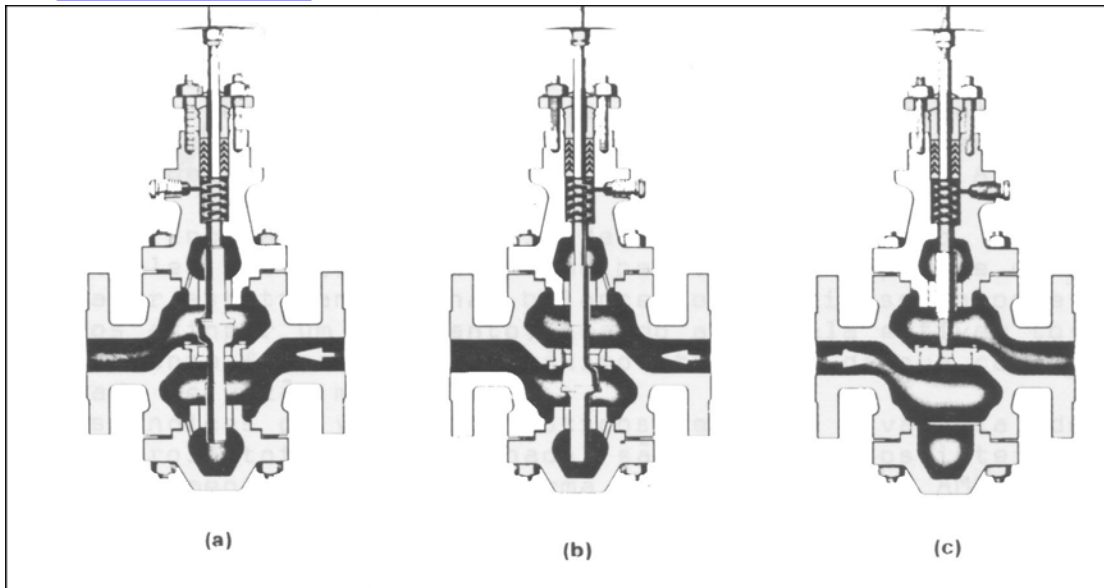
Espectro eletromagnético



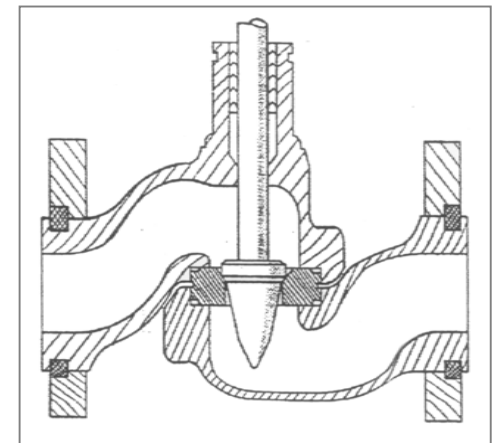
Pirômetro de Radiação Refrator

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Válvulas de Controle



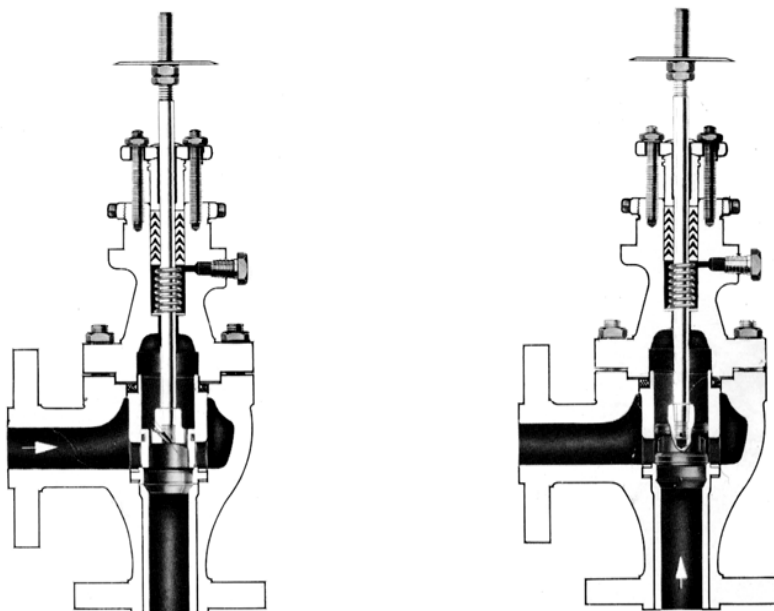
Válvula Globo



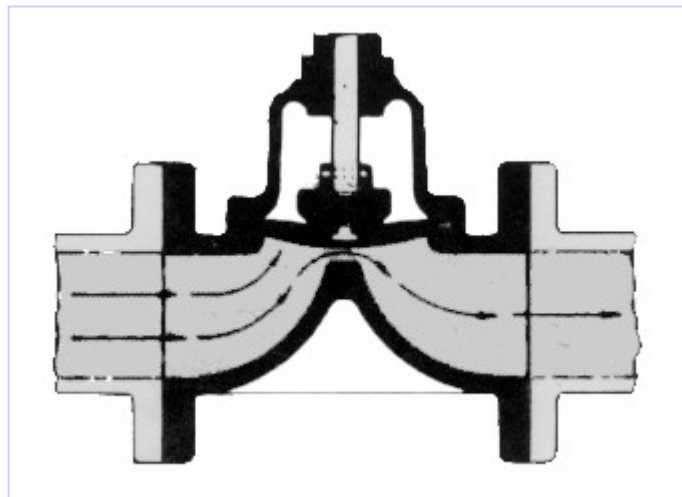
Válvula
Borboleta

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Válvulas de Controle



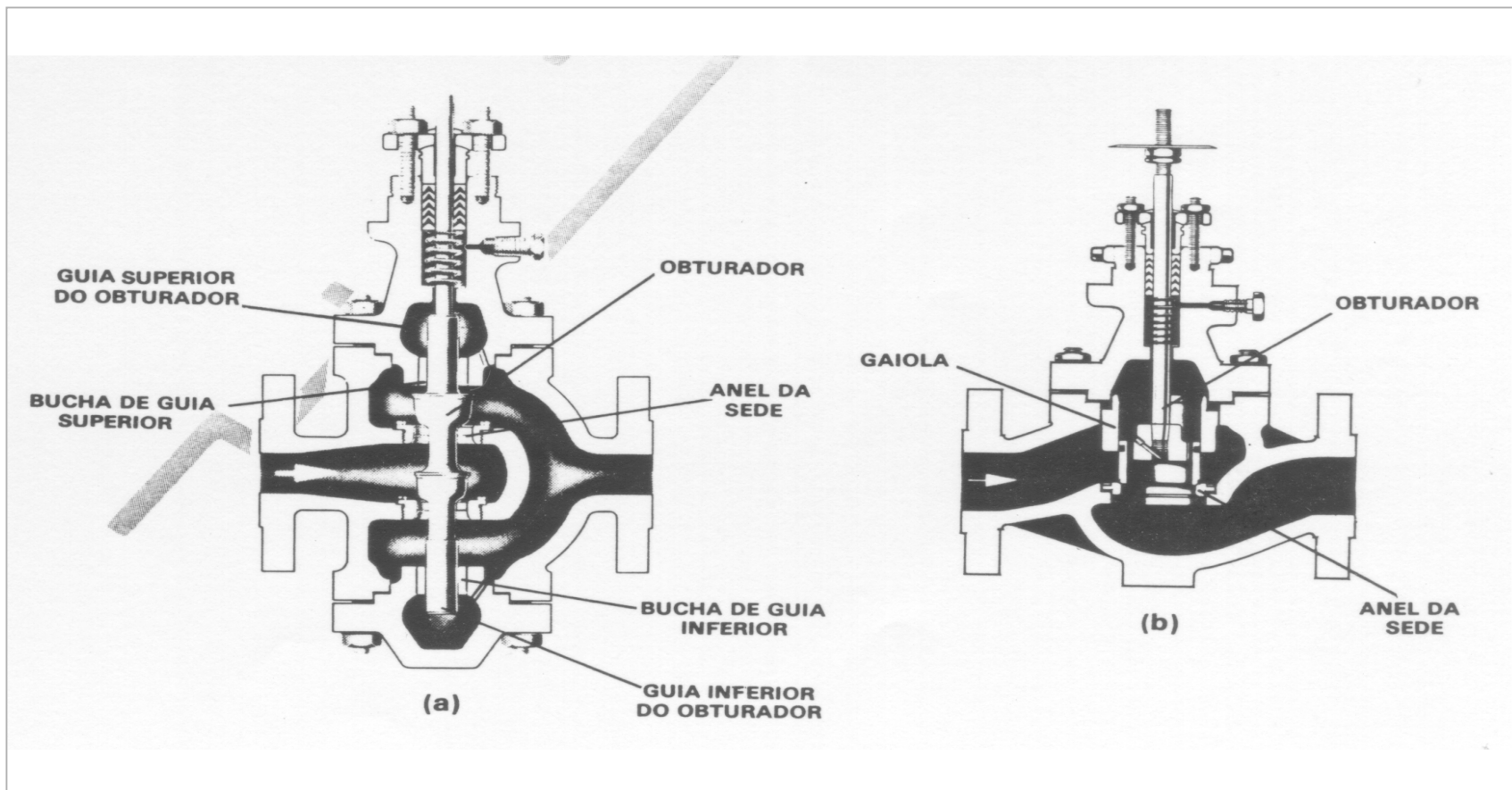
Válvula Angular



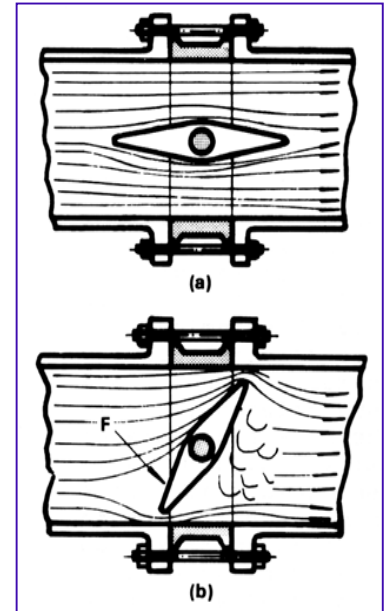
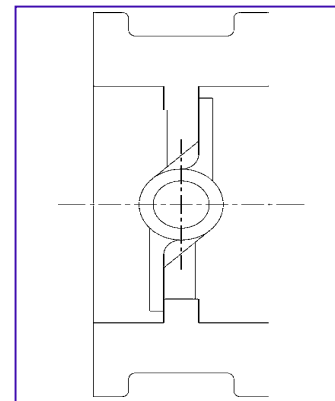
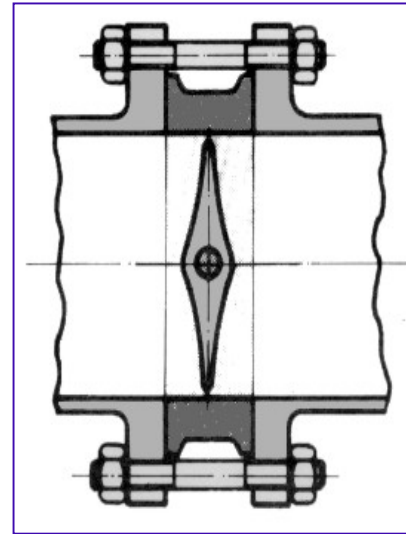
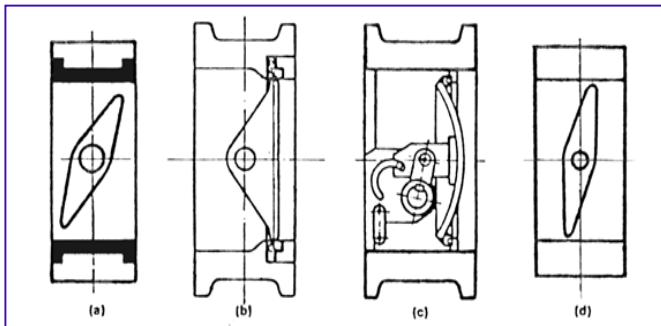
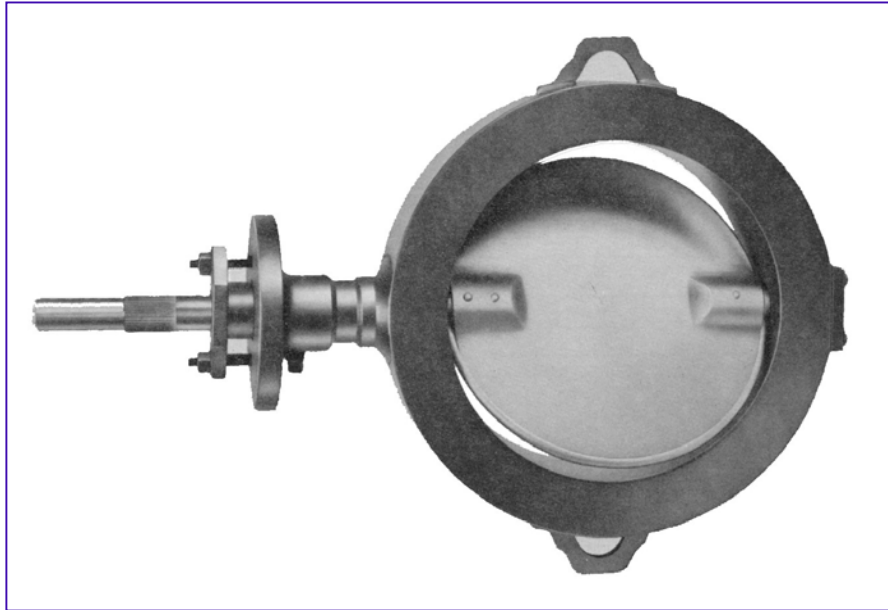
Válvula Diafragma
(Sounders)

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Internos de Válvula

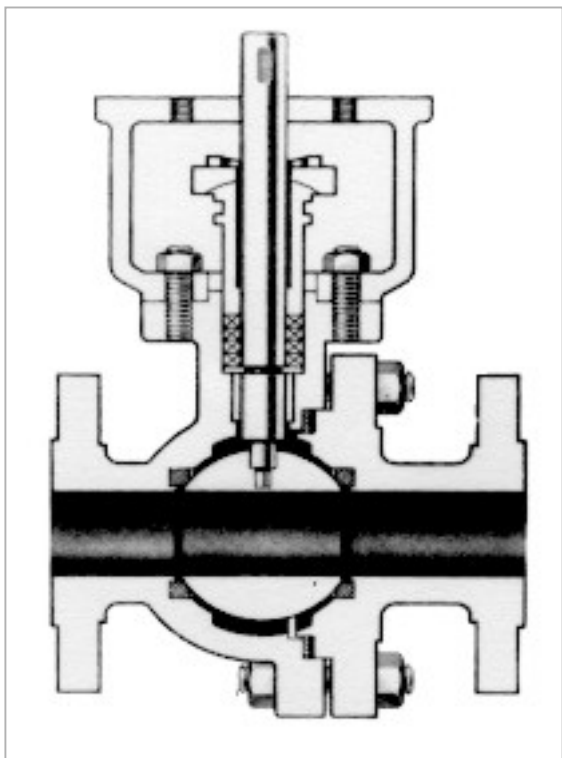


Válvula Borboleta



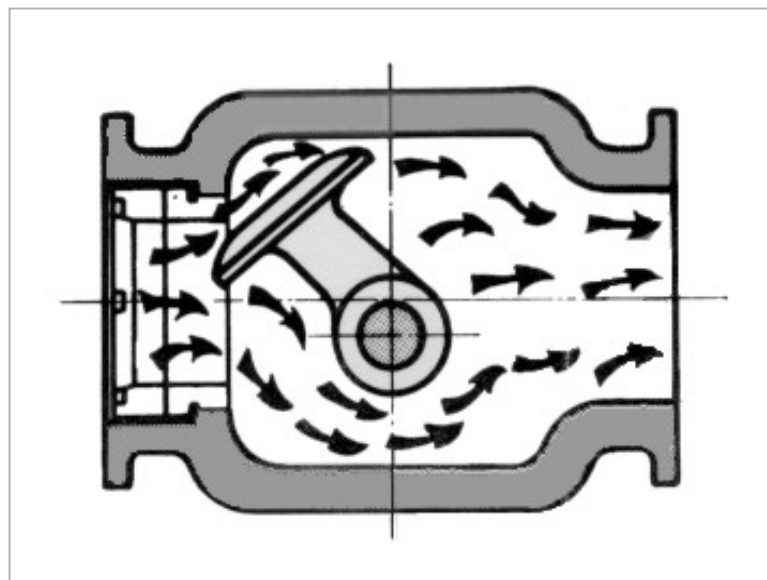
INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



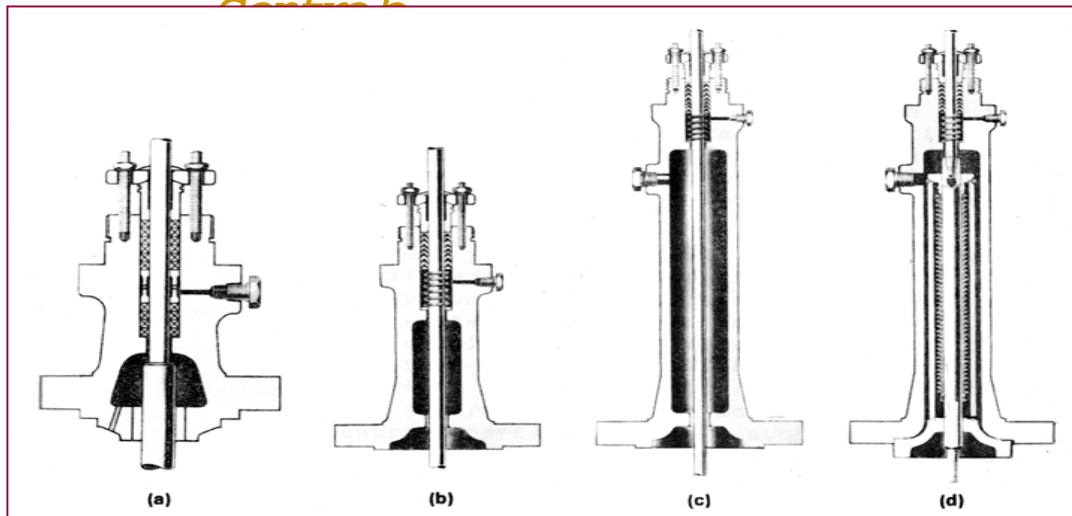
Válvula de Esfera

Válvula Tipo Obturador
Rotativo Excêntrico



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Partes de Válvulas de Controle



Caste

Gaxetas

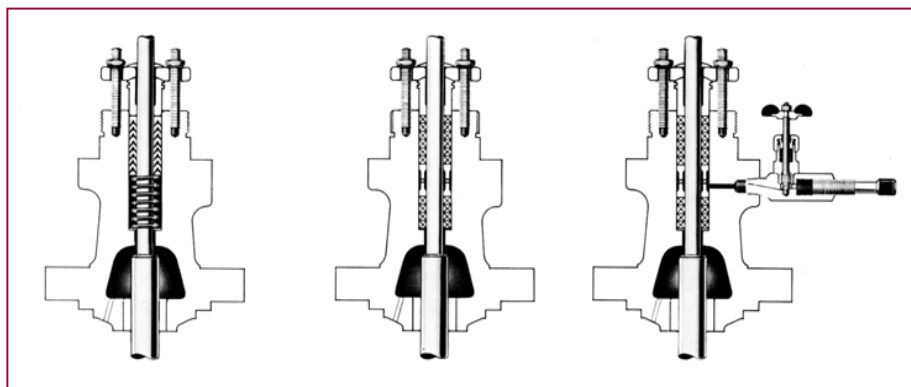
Teflon (PTFE)

Amianto Impregnado

*(teflon, mica, inconel,
grafite)*

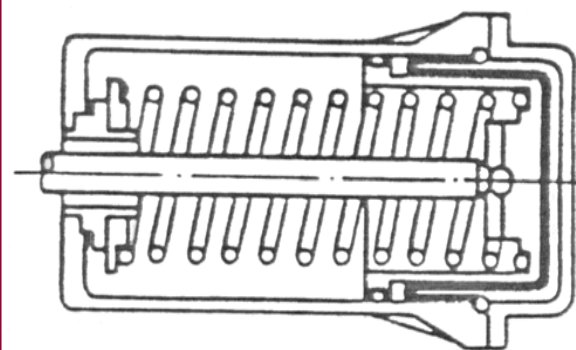
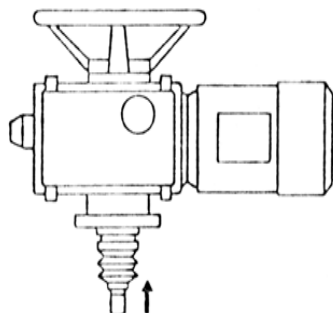
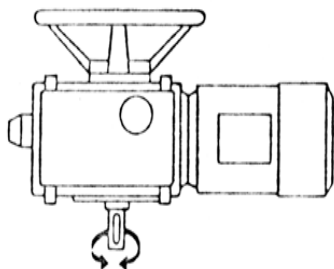
Grafite

Fita de Grafite



Caixa de Gaxetas

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



Atuadores de Válvula

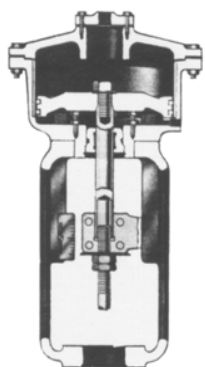
Pneumático a mola e diafragma

Pneumático a pistão

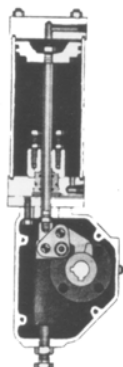
Elétrico;

Elétrico-hidráulico

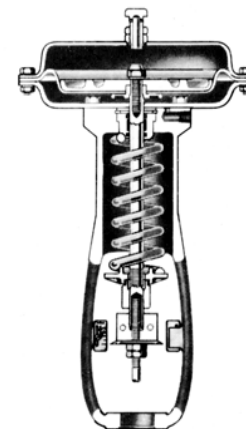
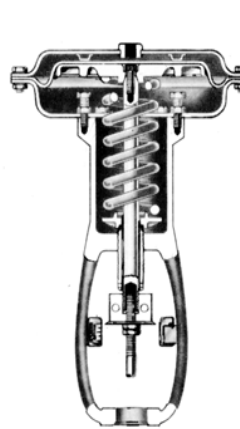
Hidráulico.



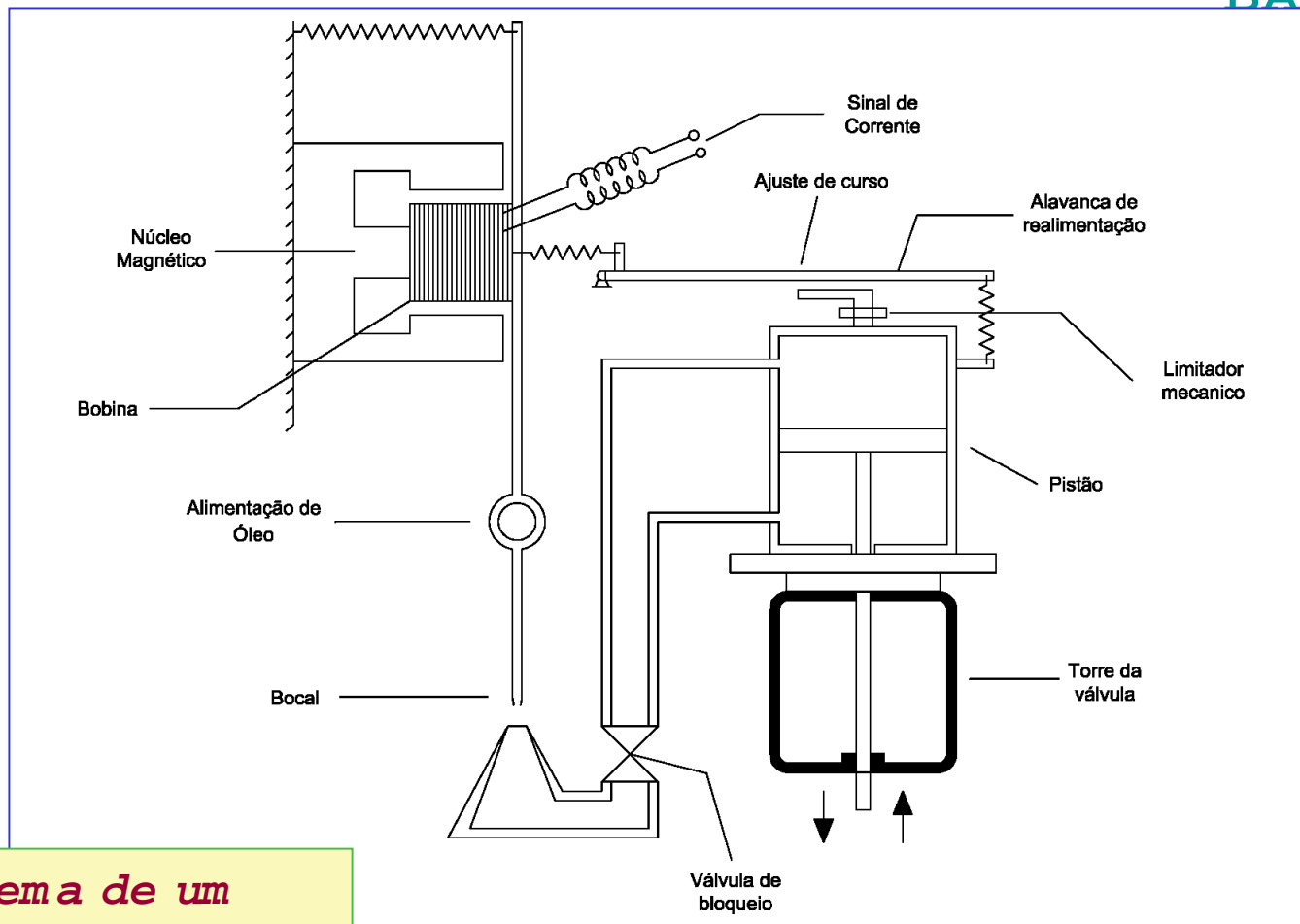
(a)



(b)



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



*Esquema de um
Atuador Eletro-
hidráulico*

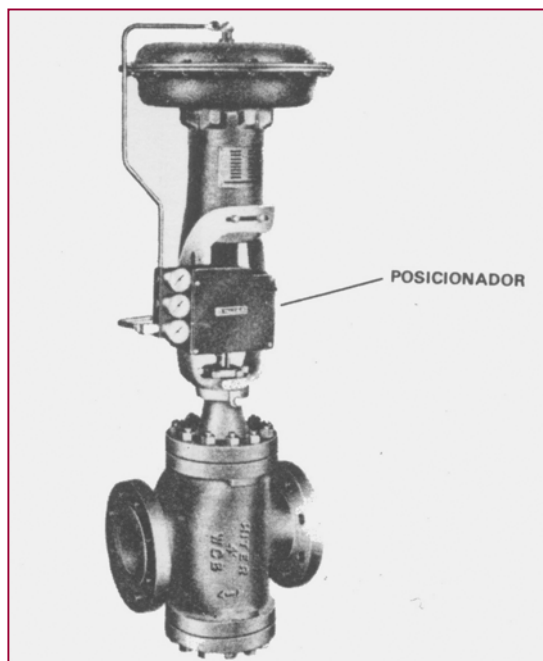
INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Posição de Falha da válvula	Aberta		Fechada	
Atuador Obturador (tipo de montagem)	Direto Por cima	Inverso Por baixo	Inverso Por cima	Direto Por baixo
Esquema				

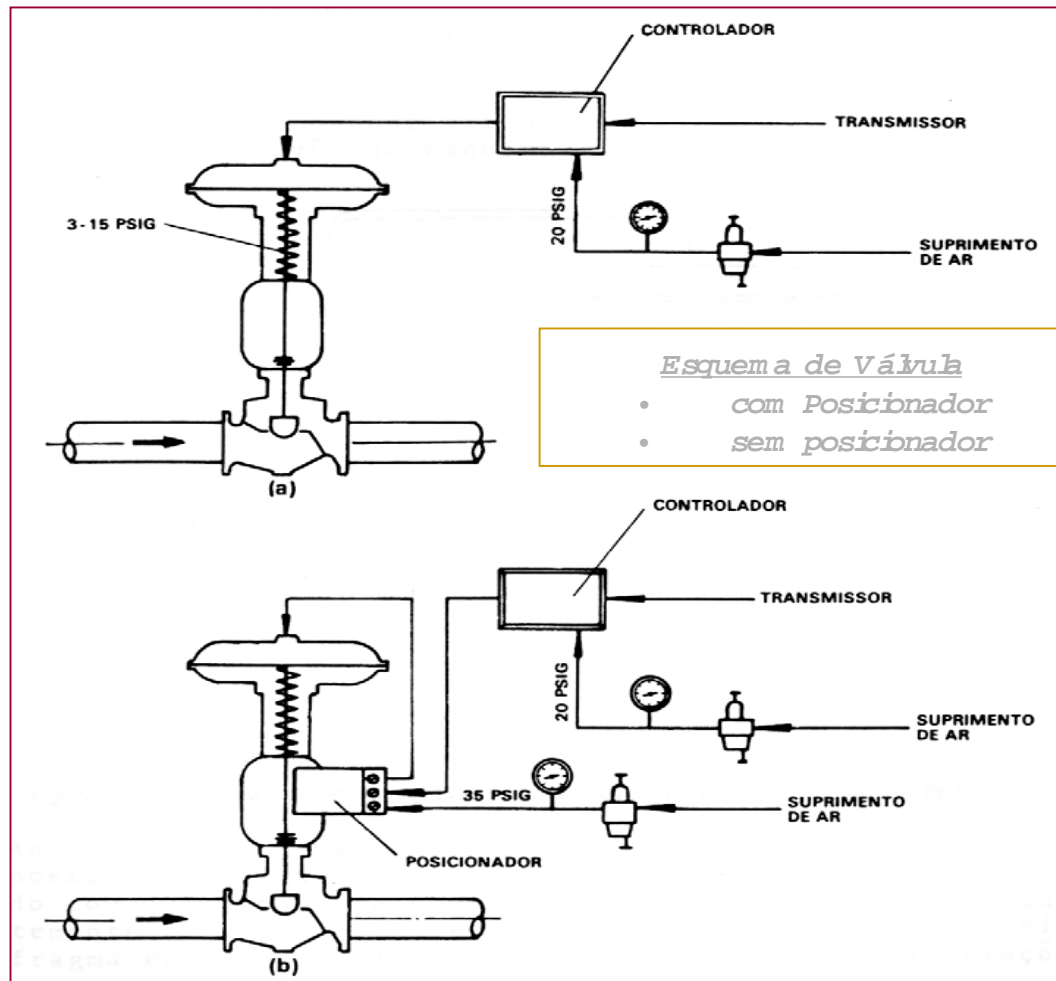
Posições de Segurança por Falha em Função Diversas Combinações entre Atuador e Obturador

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

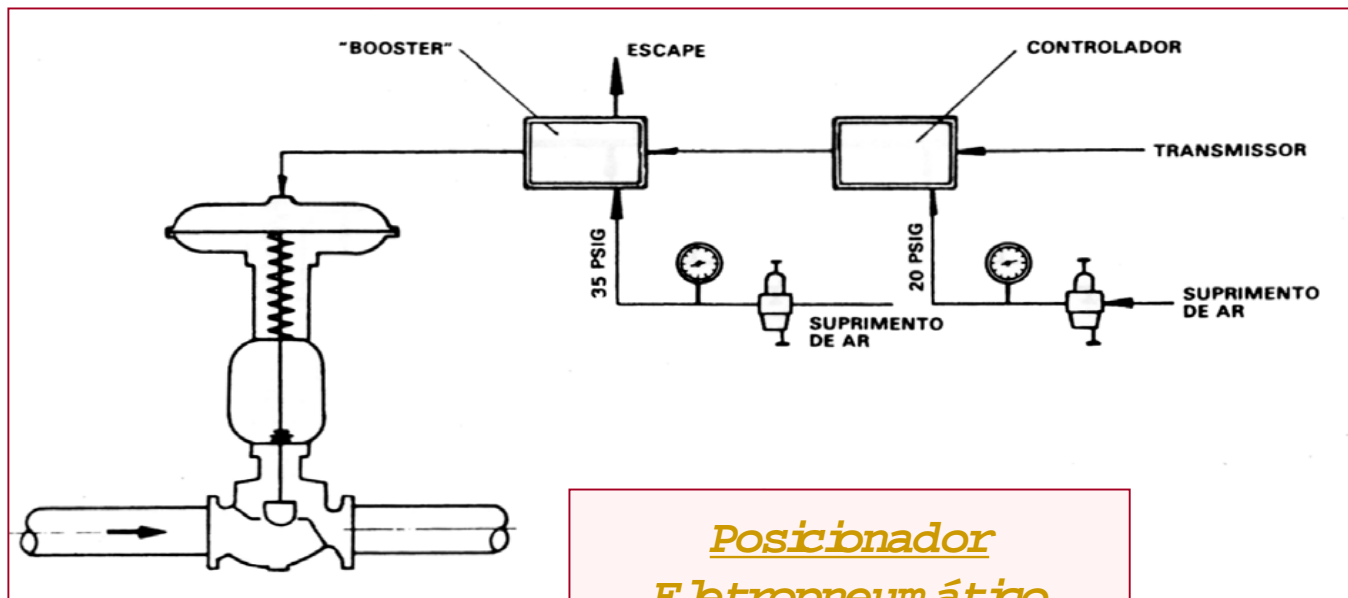
Acessórios de Válvulas de Controle



Posicionador

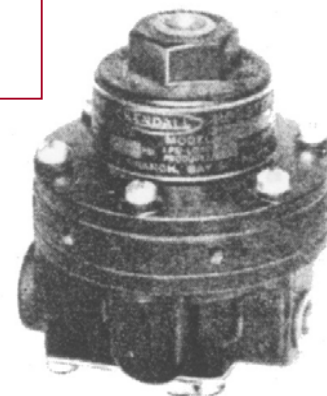


INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



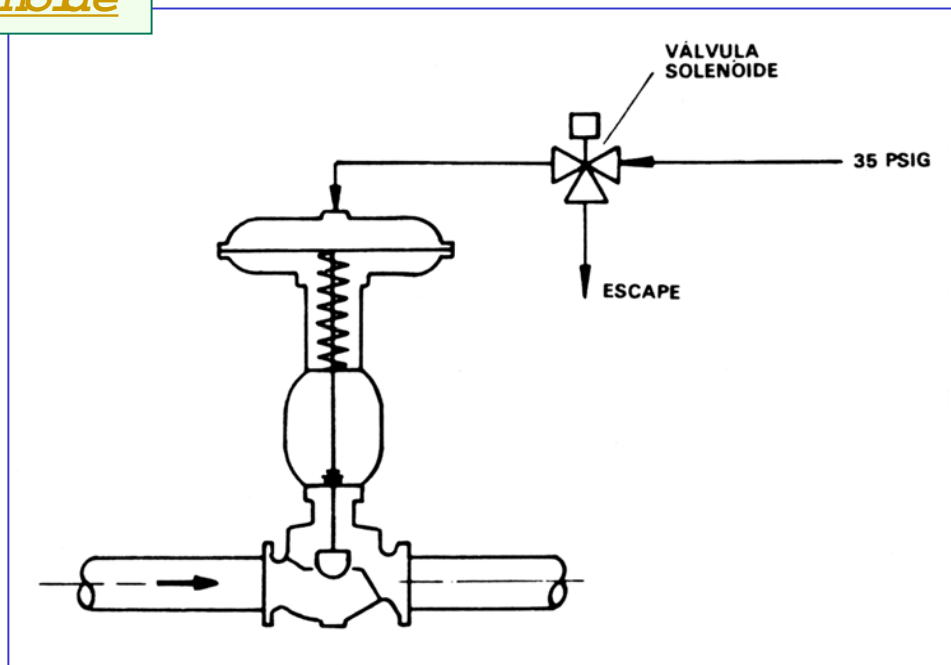
Posicionador
Eletropneumático
com Booster

Booster
Pneumático

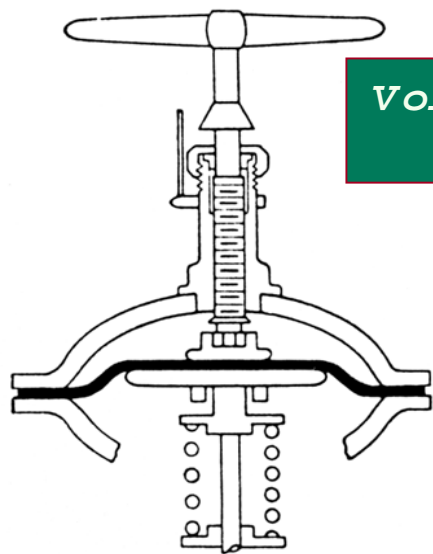


INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Válvula Solenóide

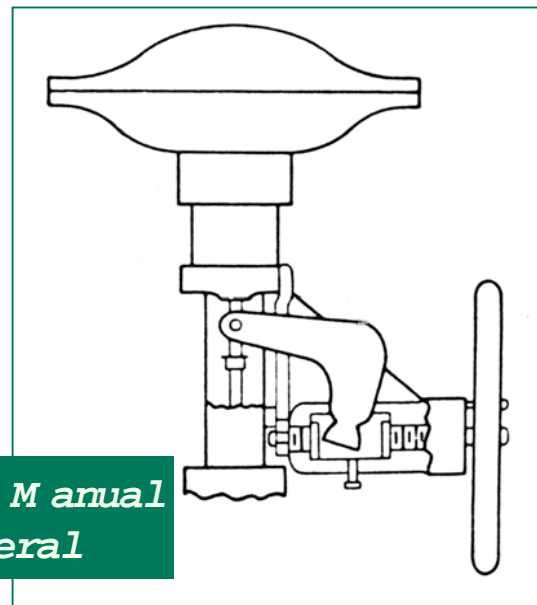


INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



*Voante Manual
de Topo*

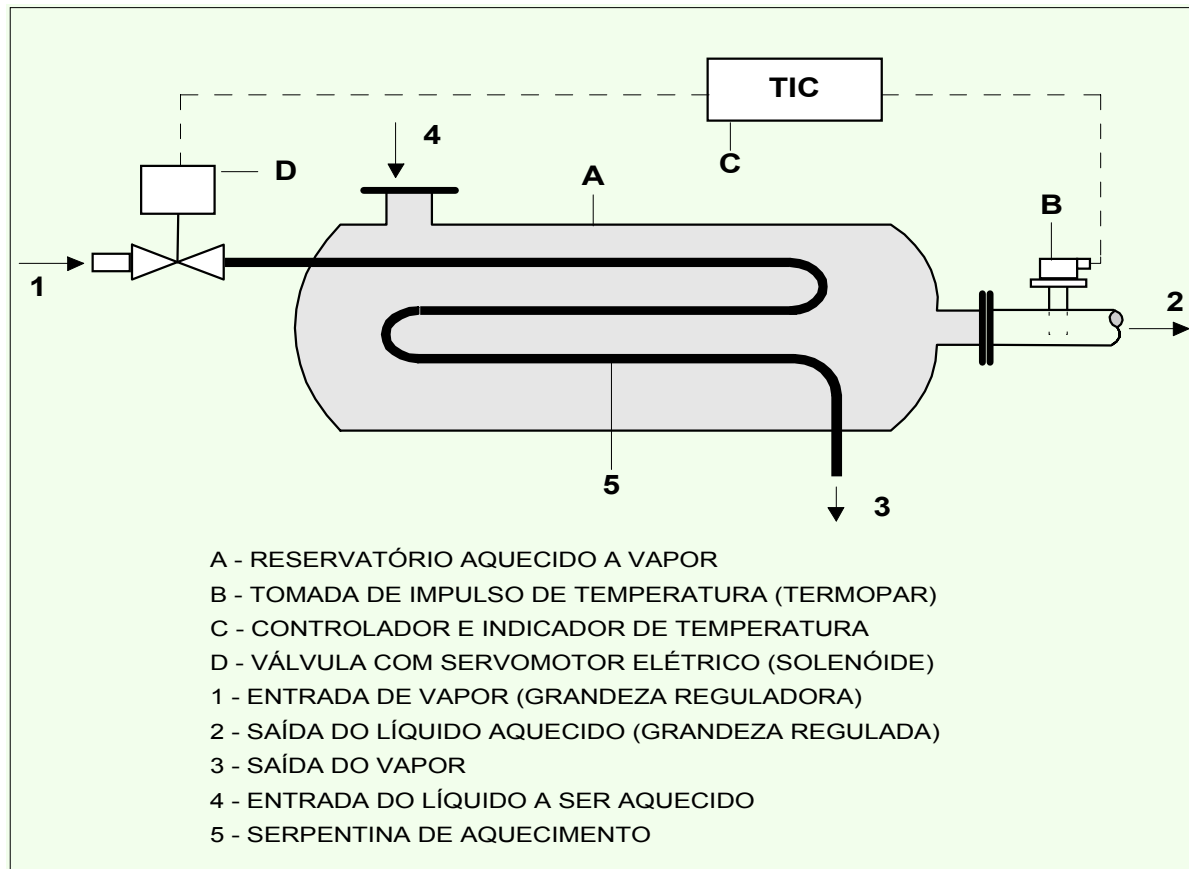
Voante
s



*Voante Manual
Lateral*

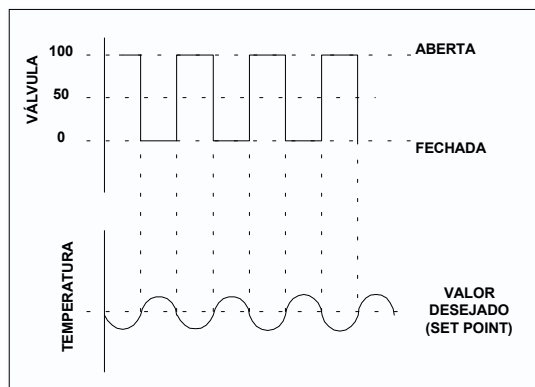
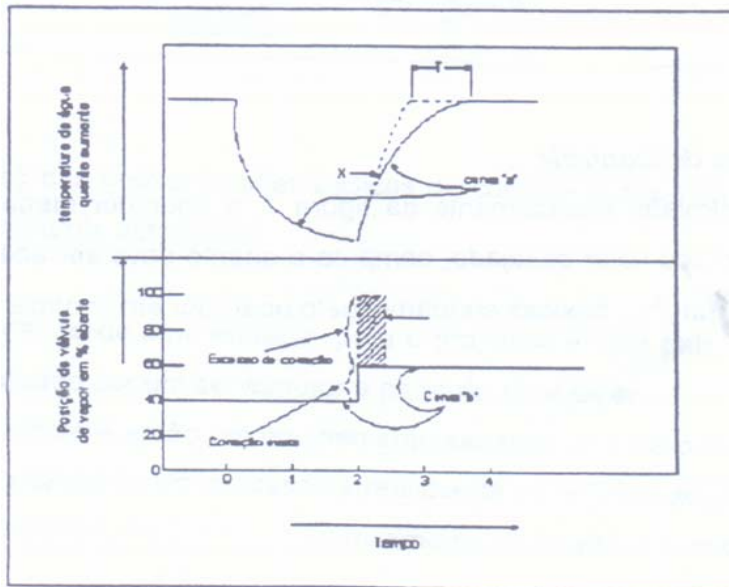
Controle Automático

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Controle em Malha



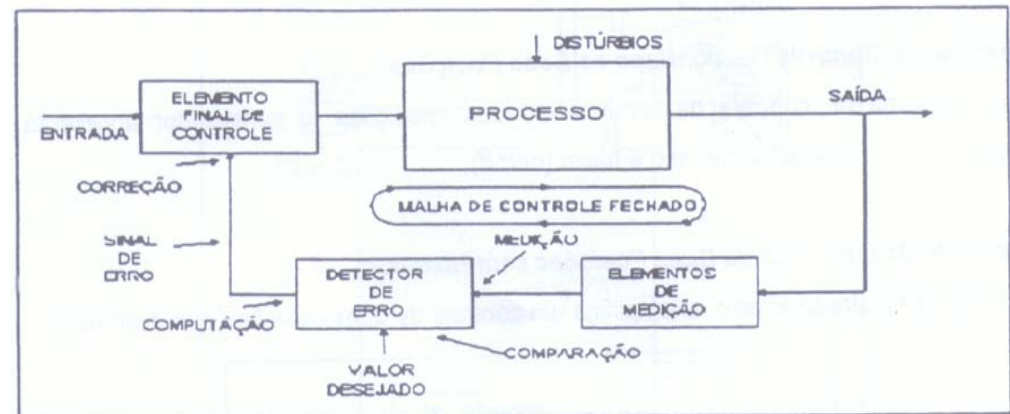
Funções Básicas do Controle

Medição

Comparação

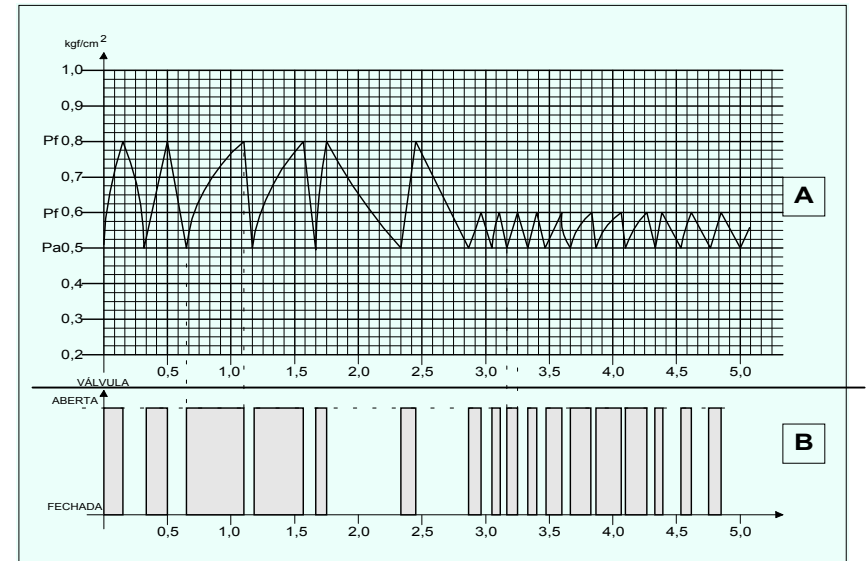
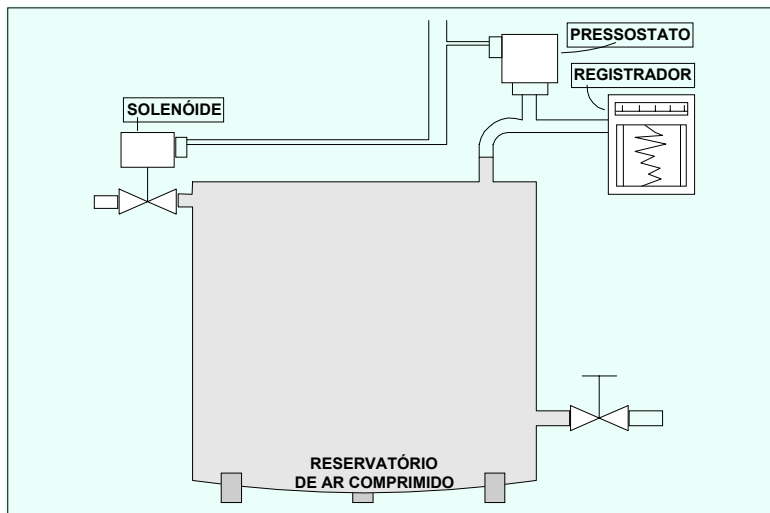
Computação

Correção



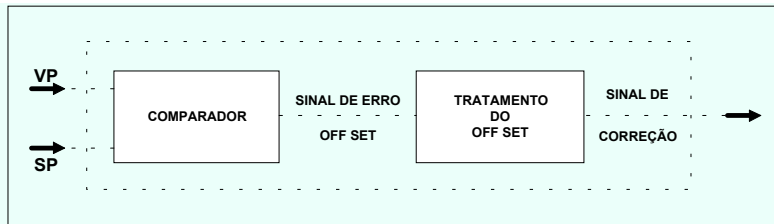
INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Controle Descontínuo de Duas Posições com Histerese



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Controlador Contínuo



AÇÃO DIRETA

Off-set mais Negativo → Saída diminui

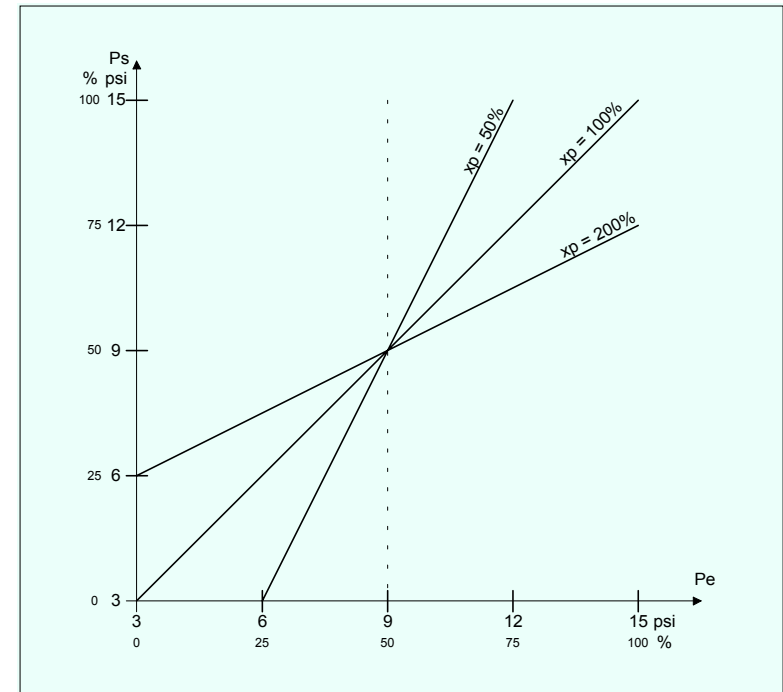
Off-set mais Positivo → Saída aumenta

AÇÃO REVERSA

Off-set Negativo → Saída aumenta

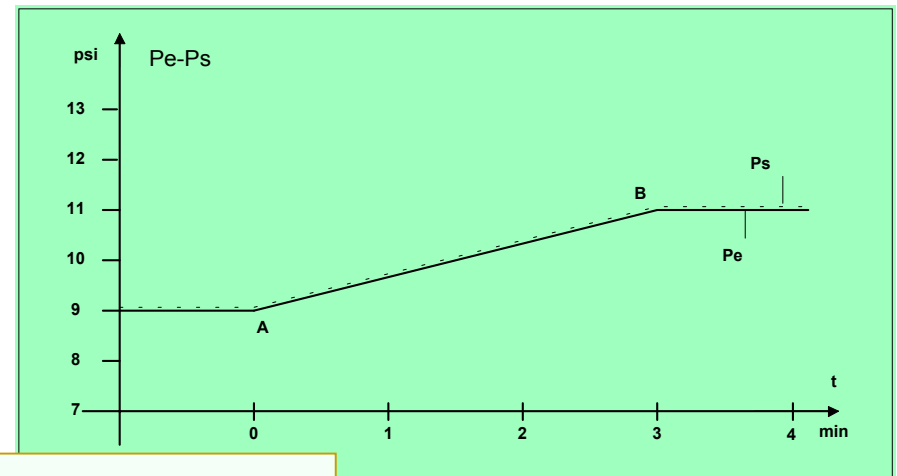
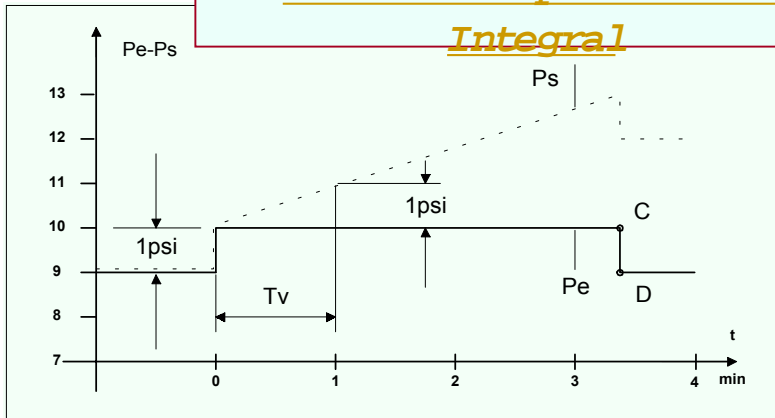
Off-set Positivo → Saída diminui

Controle Proporcional



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

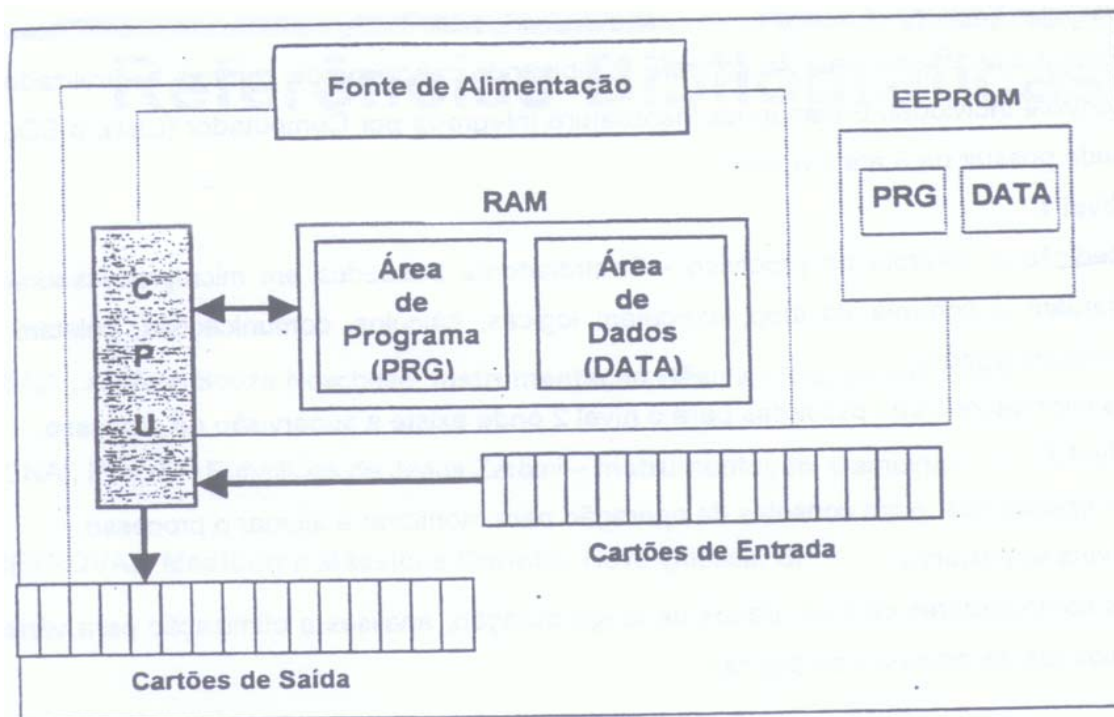
Controle Proporcional + Integral



Controle Proporcional + Derivativo

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Estrutura do PLC



INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA

Controle em Níveis Superiores

