

AGENDA

Índice

Conceitos Básicos

Telemetria

Variáveis de Processo:- Pressão, Nível, Vazão, Temperatura, Densidade e pH.

Controle de Processo

Elementos Finais de Controle

Técnicas de Segurança Operacional

Segurança Intrínseca

INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA PARA CONTROLE DE PROCESSOS

1. Conceitos Básicos de Instrumentação Industrial

- Introdução
- Elementos de uma Malha de Controle
- Terminologia e Símbologia

2. Telemetria - Transmissão em Instrumentação

- Sinais Pneumáticos
- Sinais Analógicos
- Sinais Digitais

3. Variáveis de Processo

3.1 Pressão

- Conceitos de Pressão
- Unidades de Pressão
- Medidores de Pressão
- Sistemas de Selagem
- Medidores Especiais de Pressão
- Transmissores de Pressão

3.2 Medição de Nível

- Introdução
- Medição de Nível Direta
- Medição de Nível Indireta

3.3 Medição de Vazão

- Introdução
- Métodos para Medição de Vazão
- Medição de Vazão por Elementos Deprimogênicos, Área Variável, Magnético e outros.

3.4 Medição de Temperatura

- Introdução
- Conceitos Básicos
- Escalas de Temperatura
- Medidores de Temperatura (termoresistências, termopares,etc)

3.5 Medição de Outras Variáveis

- Densidade e pH

4. Controle de Processos

- Introdução
- Controle em Malha Aberta
- Definições
- Atrasos de Tempo em Processos
- Modos de Controle
- Sintonia de Controladores
- Sistemas de Controle

5. Elementos Finais de Controle (EFC)

- Tipos de Elementos Finais de Controle
- Válvulas de Controle
- Acessórios de uma Válvula de Controle
- Conversores I/P

6. Técnicas de Segurança Operacional

- Limites Operacionais
- Sequência Operacional
- Outros Dispositivos

7. Segurança Intrínseca

- Introdução
- Comparação entre Técnicas de Proteção
- Fundamentos de Sistemas Intrinsicamente Seguros
- Aprovação e Certificação de Equipamentos
- Barreiras de Segurança Intrínseca
- Considerações Finais

AGENDA

Índice

Conceitos Básicos

Telemetria

Variáveis de Processo:- Pressão, Nível, Vazão, Temperatura, Densidade e pH.

Controle de Processo

Elementos Finais de Controle

Técnicas de Segurança Operacional

Segurança Intrínseca

INSTRUMENTAÇÃO

INSTRUMENTAÇÃO é a ciência que aplica e desenvolve técnicas para adaptação de instrumentos de medição, transmissão, indicação, registro e controle de variáveis físicas em equipamentos nos processos industriais..

O uso de intrumentos em processos industriais visa a obtenção de um produto de melhor qualidade com menor custo e menor tempo.

A utilização de instrumentos nos permite:

- Incrementar e controlar a qualidade do produto;
- Aumentar a produção e o rendimento;
- Obter e fornecer dados seguros da matéria prima e quantidade produzida além de ter em mãos dados relativos à economia dos processos.

Definições

Planta

Uma planta é um conjunto de equipamentos que funcionam conjuntamente objetivando um produto final.

Processo

É uma operação que evolui progressivamente caracterizada por uma série de mudanças graduais que se sucedem. É caracterizado por uma série de ações controladas ou movimentos sistematicamente dirigidos objetivando um particular resultado.

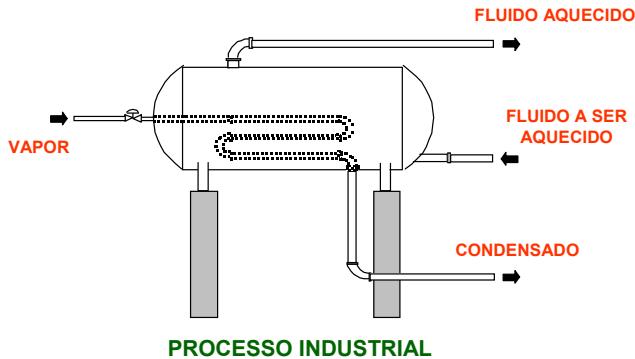
“Qualquer operação a ser controlada é um processo”

Sistemas

É uma combinação de componentes que atuam conjuntamente e realizam um certo objetivo.

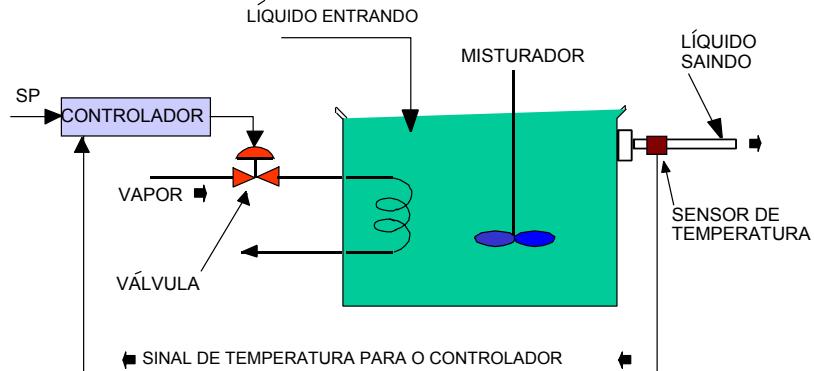
Distúrbios

Um distúrbio é um sinal que tende a afetar adversamente o valor da saída de um sistema



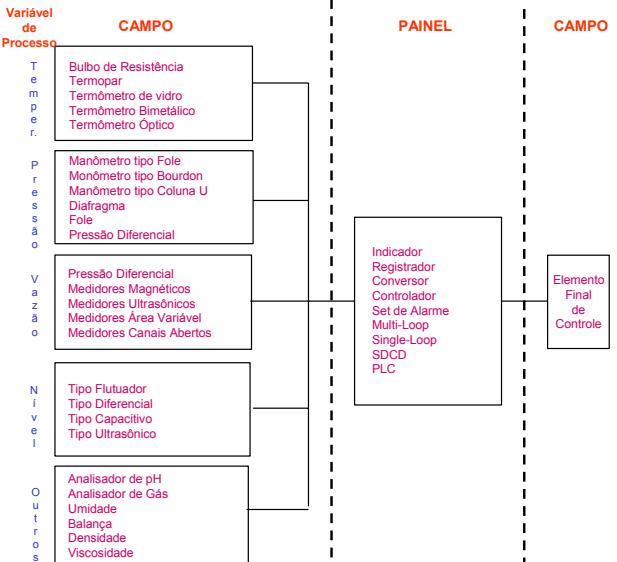
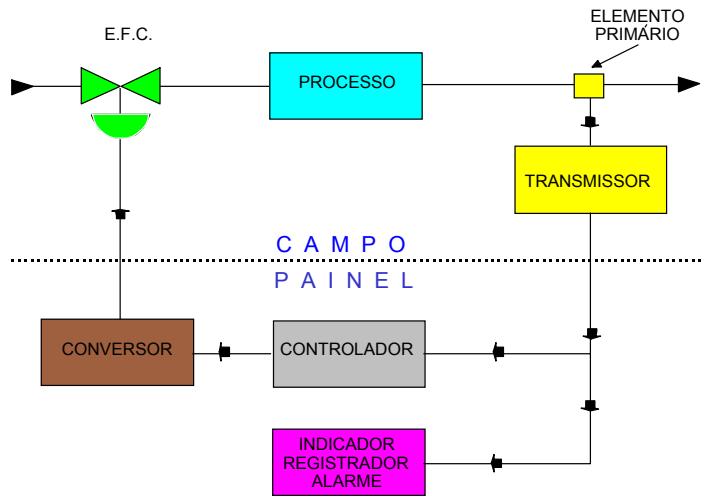
Variável Controlada: Temperatura
Meio Controlado: Fluido
Variável Manipulada: Vazão
Agente de Controle: Vapor

MALHA DE CONTROLE



ABERTA: Sistema sem realimentação (ou Feedback)
FECHADA: Sistema com realimentação

ELEMENTOS DE CONTROLE



Classificação dos instrumentos

Há vários métodos de classificação dos instrumentos de medição.

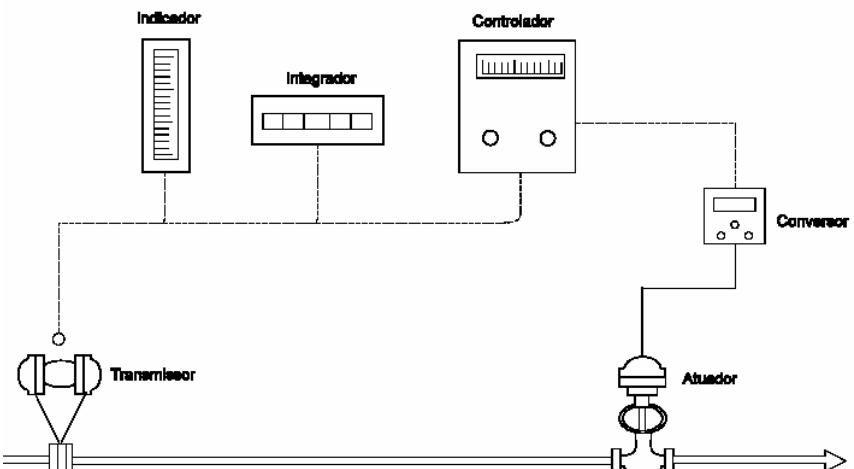
- Função
- Sinal transmitido ou suprimento
- Tipo de sinal

Classificação por Função

Conforme será visto posteriormente, 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.

Os instrumentos que podem compor uma malha são então classificados por função cuja descrição sucinta pode ser lida na tabela 01.

Cada instrumento executa uma 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 medidas 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.

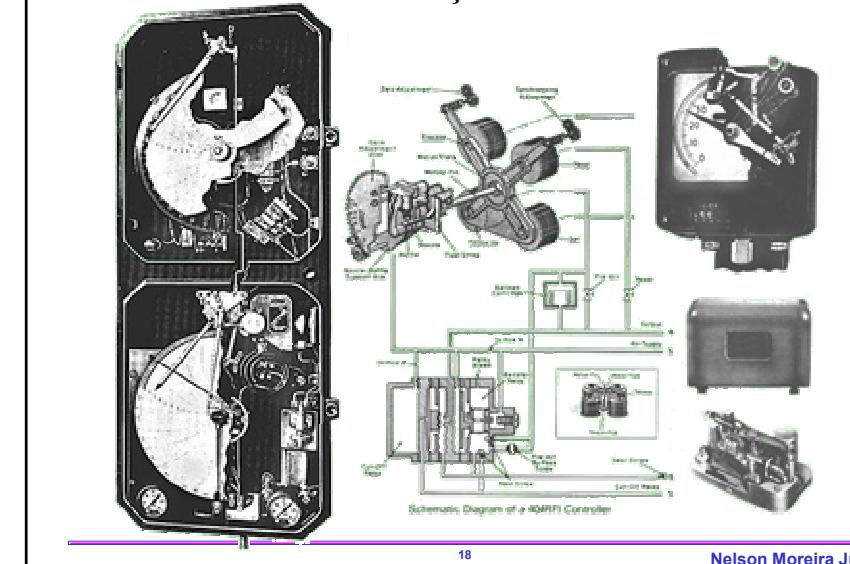
Classificação por Sinal de Transmissão ou Suprimento

Os instrumentos podem ser agrupados conforme o tipo de sinal transmitido ou o seu suprimento.

Tipo pneumático

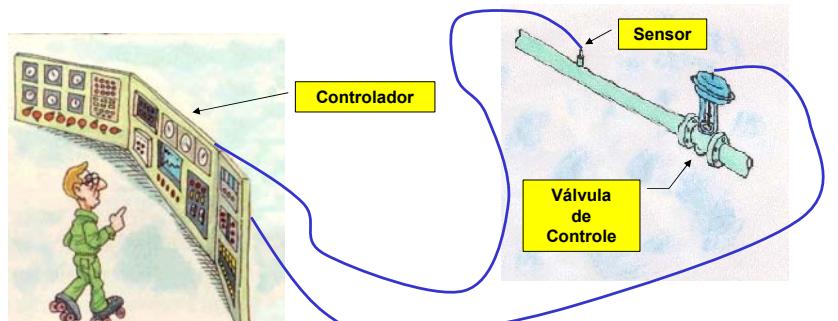
Nesse tipo é utilizado um gás comprimido, cuja pressão é alterada conforme o valor que se deseja representar. Nesse caso a variação da pressão do gás é linearmente manipulada numa faixa específica, padronizada internacionalmente, para representar a variação de uma grandeza desde seu limite inferior até seu limite superior. O padrão de transmissão ou recepção de instrumentos pneumáticos mais utilizado é de 0,2 a 1,0 kgf/cm² (aproximadamente 3 a 15psi no Sistema Inglês).

A Instrumentação Pneumática

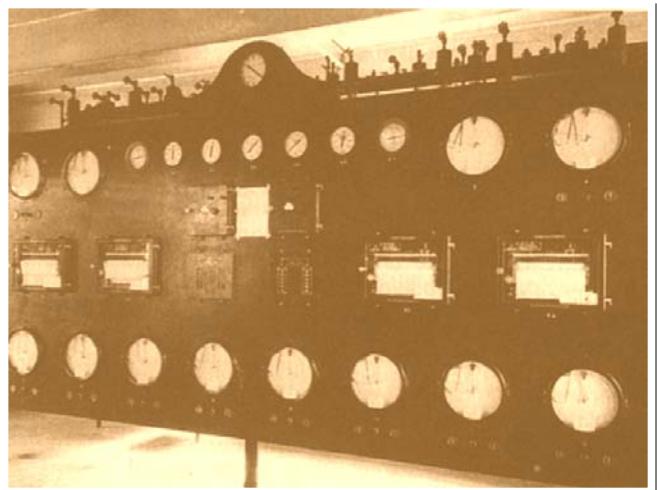


Instrumentação Pneumática

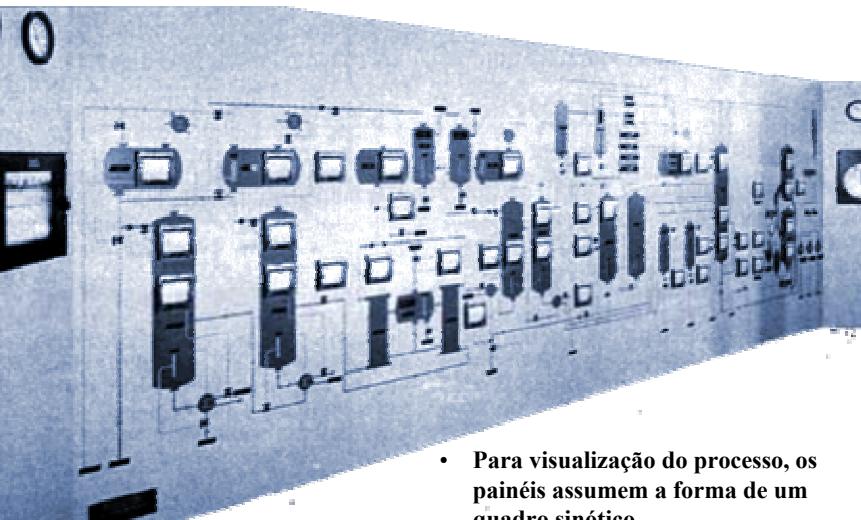
A tecnologia **pneumática** usa um sinal de pressão de ar (3 ~ 15 psi) como elemento de comunicação entre seus elementos.



Os Painéis Centralizados



Painéis de Controle Centralizados



Zero Vivo

Característica dos sinais telemétricos cuja faixa inicia-se num valor acima do zero de energia.

Faixas comuns de transmissão:

- 4 a 20 ma
- 1 a 5 Vcc
- 3 a 15 PSI
- 0.2 a 1.0 Kgf/cm²

Sobre a telemetria pneumática:

A grande e única vantagem em seu utilizar os instrumentos pneumáticos está no fato de se poder operá-los com segurança em áreas onde existe risco de explosão (centrais de gás, por exemplo).

Desvantagens

- a) Necessita de tubulação de ar comprimido (ou outro gás) para seu suprimento e funcionamento.
- b) Necessita de uma unidade de condicionamento de ar para fornecer aos instrumentos, um ar seco e sem partículas sólidas.
- c) Devido ao atraso que ocorre na transmissão do sinal, este não pode ser enviado à longa distância, sem uso de reforçadores. Normalmente a transmissão é limitada a aproximadamente 100 m.
- d) Vazamentos ao longo da linha de transmissão ou mesmo nos instrumentos são difíceis de serem detectados.
- e) Não permite conexão direta aos computadores.

Tipo Hidráulico

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. É especialmente utilizado em aplicações onde torque elevado é necessário ou quando o processo envolve pressões elevadas.

Vantagens

- a) Podem gerar grandes forças e assim acionar equipamentos de grande peso e dimensão.
- b) Resposta rápida.

Desvantagens

- a) Necessita de tubulações de óleo para transmissão e suprimento.
- b) Necessita de inspeção periódica do nível de óleo bem como sua troca.
- c) Necessita de equipamentos auxiliares, tais como reservatório, filtros, bombas, etc...

Tipo elétrico

Esse tipo de transmissão é feita utilizando sinais elétricos de corrente ou tensão.

Face a tecnologia disponível no mercado em relação a fabricação de instrumentos eletrônicos microprocessados, hoje, é esse tipo de transmissão largamente usado em todas as indústrias, onde praticamente não ocorre risco de explosão.

Assim como na transmissão pneumática, o sinal é linearmente modulado em uma faixa padronizada representando o conjunto de valores entre o limite mínimo e máximo de uma variável de um processo qualquer.

Como padrão para transmissão a longas distâncias são utilizados sinais em corrente contínua variando de 4 a 20 mA e para distâncias até 15 metros aproximadamente, também utilizam-se sinais em tensão contínua de 1 a 5V.

Vantagens

- Permite transmissão para longas distâncias sem perdas.
- A alimentação pode ser feita pelos próprios fios que conduzem o sinal de transmissão.
- Necessita de poucos equipamentos auxiliares.
- Permite fácil conexão aos computadores.
- Fácil instalação.
- Permite de forma mais fácil realização de operações matemáticas.

Permite que o mesmo sinal (4~20mA) seja “lido” por mais de um instrumento, ligando em série os instrumentos. Porém, existe um limite quanto à soma das resistências internas destes instrumentos, que não deve ultrapassar o valor estipulado pelo fabricante do transmissor.

Desvantagens

- Exige utilização de instrumentos e cuidados especiais em instalações localizadas em áreas de riscos.
- Exige cuidados especiais na escolha do encaminhamento de cabos ou fios de sinais.
- Os cabos de sinal devem ser protegidos contra ruídos elétricos.

Tipo Digital

Nesse tipo, “pacotes de informações” sobre a variável medida são enviados para uma estação receptora, através de sinais digitais modulados e padronizados. Para que a comunicação entre o elemento transmissor receptor seja realizada com êxito é utilizada uma “linguagem” padrão chamado protocolo de comunicação

Vantagens

- Não necessita ligação ponto a ponto por instrumento.
- Pode utilizar um par trançado ou fibra óptica para transmissão dos dados.
- Imune a ruídos externos.
- Permite configuração, diagnósticos de falha e ajuste em qualquer ponto da malha.
- Menor custo final.

Desvantagens

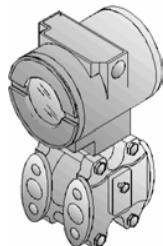
- Existência de vários protocolos no mercado, o que dificulta a comunicação entre equipamentos de marcas diferentes.
- Caso ocorra rompimento no cabo de comunicação pode-se perder a informação e/ou controle de várias malha.

Via Rádio

Neste tipo, o sinal ou um pacote de sinais medidos são enviados à sua estação receptora via ondas de rádio em uma faixa de freqüência específica.

Vantagens

- Não necessita de cabeamento.
- Pode-se enviar sinais de medição e controle de máquinas em movimento.



Desvantagens

- Alto custo inicial.
- Necessidade de técnicos altamente especializados.

Via Modem

A transmissão dos sinais é feita através de utilização de linhas telefônicas pela modulação do sinal em freqüência, fase ou amplitude.

Vantagens

- Baixo custo de instalação.
- Pode-se transmitir dados a longas distâncias.

Desvantagens

- Necessita de profissionais especializados.
- Baixa velocidade na transmissão de dados.
- Sujeito a interferências externas, inclusive violação de informações.

SIMBOLOGIA DE INSTRUMENTAÇÃO

Com objetivo de simplificar e globalizar o entendimento dos documentos utilizados para representar as configurações utilizadas para representar as configurações das malhas de instrumentação, normas foram criadas em diversos países.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através de sua norma NBR 8190 apresenta e sugere o uso de símbolos gráficos para representação dos diversos instrumentos e suas funções ocupadas nas malhas de instrumentação.

Símbolos Gerais p/ Instrumentos ou Função Programada

TIPO \ LOCALIZAÇÃO	Locação Principal normalmente acessível ao operador	Montado no Campo	Locação Auxiliar normalmente acessível ao operador	Locação Auxiliar normalmente não acessível ao operador
Instrumentos Discretos				
Instrumentos Compartilhados				
Computador de Processo				
Controlador Programável				

Símbolos de Linhas p/ Instrumentos ou F.Programada

— — —	SUPRIMENTO OU IMPULSO
///\///	SINAL PNEUMÁTICO
++--++	SINAL HIDRÁULICO
—~—~—	SINAL ELETROMAGNETICO OU SÔNICO (TRANSMISSÃO GUIADA)
—o—o—o—	LIGAÇÃO CONFIGURADA INTERNAMENTE AO SISTEMA (SOFTWARE)
//*/	SINAL BINARIO PNEUMÁTICO

\\\\\\\\	SINAL NÃO DEFINIDO
- - - -	SINAL ELETRICO
//*/	TUBO CAPILAR
~ ~ ~	SINAL ELETROMAGNETICO OU SÔNICO (TRANSMISSÃO NÃO GUIADA)
• • •	LIGAÇÃO MECÂNICA
- - - - -	SINAL BINARIO ELÉTRICO

Símbolos e Funções de Processamento de Sinais

SÍMBOLO	FUNÇÃO	SÍMBOLO	FUNÇÃO
[] OU +	SOMA	[]	MULTIPLICAÇÃO
[]/m	MÉDIA	[]	DIVISÃO
[] OU -	SUBTRAÇÃO	[]	EXTRACAO DE RAIZ QUADRADA
[] OU P	PROPORTIONAL	[] ⁿ	EXTRAÇÃO DE RAIZ
[] OU I	INTEGRAL	[] ⁿ	EXPONENCIAÇÃO
d/dt OU D	DERIVATIVO	f(a)	FUNÇÃO NÃO LINEAR
[]	SELETOR de SINAL ALTO	[]	LIMITE SUPERIOR
[]	SELETOR de SINAL BAIXO	[]	LIMITE INFERIOR
[]	POLARIZAÇÃO	[] []	LIMITADOR DE SINAL
f(t)	FUNÇÃO TEMPO	[]*	CONVERSÃO DE SINAL

PRIMEIRA LETRA		LETROS SUBSEQUENTES		
Varável Medida ou Inicial (3)	Modificadora	Função de Informação ou passiva	Função final	Modificadora
A	Analizador (4)	-	Alarma	-
B	Chama de queimador	-	Indefinida	Indefinida (1) Indefinida (1)
C	Condutividade eléctrica	-	-	Controlador (12)
D	Densidade ou massa específica	Diferencial (3)	-	-
E	Tensão elétrica	-	Elemento primário	-
F	Velocidade	Razão (fração) (3)	-	-
G	Medida dimensional	-	Visor (8)	-
H	Comando Manual	-	-	Alto (6,14,15)
I	Corrente elétrica	-	Indicador (9)	-
J	Potência	Medidor ou Seletor (6)	-	-
L	Nível	-	Lâmpada Piloto (10)	-
M	Umidade	-	-	Baixo (6,14,15) Médio ou Intermediário (6,14)
N(1)	Indefinida	Indefinida (1)	Indefinida (1)	Indefinida (1)
O	Indefinida (1)	-	Orifício de restrição	-
P	Pressão ou vácuo	-	Ponto de teste	-
Q	Quantidade ou evento	Integrador ou totalizador (3)	-	-
R	Radioatividade	-	Registrador ou impressor	-
S	Velocidade ou freqüência	Segurança (7)	-	Chave (12)
T	Temperatura	-	-	Transmissor
U	Multivariável (5)	-	* Multifunção (11)	* Multifunção (11) * Multifunção (11)
V	Viscosidade	-	-	Válvula (12)
W	Peso ou força	-	Pega	-
X(2)	Não classificada	-	Não classificada	Não classificada Não classificada
Y	Indefinida (1)	-	-	Rolo ou computação (11, 13)
Z	Posição	-	-	Elemento final de controlo não classificado

Junior

Transmissor de Pressão Fieldbus LD302

- Medição direta digital de capacidade.
- Rangeabilidade: 40:1, p/ todos os modelos.
- Exatidão: 0.075 %, p/ todos os modelos.
- Linha completa:
 - D, M, L, A, H, S and T
 - Selos Remotos
 - P. Molhadas: 316SS, Hastelloy, Tantalum
- 0-125 Pa a 0-40 MPa (0-1/2" a 0-5800 psi).
- Capacidade de Diagnóstico.
- Instanciação de Blocos Funcionais.
- A Prova de Tempo, A Prova de Explosão.
- Intrinsecamente Seguro.
- Capacidade de Ser Mestre da Rede.



LD292 Transmissor de Pressão Man. Fieldbus



- Medição direta digital de capacitância.
- Rangeabilidade: 40:1, p/ todos os modelos.
- Exatidão: 0.01 %, p/ todos os modelos.
- Complete line
 - Selos Remoto
 - P. Molhadas: 316SS, Hastelloy, Tantalum
- 0-125 Pa a 0-25 MPa (0 - 5" a 0 - 3600 psi).
- Capacidade de Diagnóstico.
- Instanciação de Blocos Funcionais.
- A Prova de Tempo, A Prova de Explosão.
- Intrinsecamente Seguro.
- Capacidade de Ser Mestre da Rede.



Acessórios para Transmissores de Pressão



TT302 Transmissor de Temperatura Fieldbus



- Precisão Básica: 0.02%.
- Dois Canais de Entrada.
- Entrada Universal:
 - RTD, TC, ohm, mV
 - Lead wire compensation
 - Compensação de Junta Fria
 - Isolação e Linearização
- Auto Diagnóstico
- Diagnóstico do Sensor
- Instanciação de Blocos Funcionais.
- A Prova de Tempo, A Prova de Explosão
- Intrinsecamente Seguro.
- Capacidade de Ser Mestre da Rede.

DT302 Transmissor de Densidade Fieldbus



- Exatidão: $\pm 0.1^\circ$ Brix ou $\pm 0.0004 \text{ g/cm}^2$.
- Compensação de Temperatura.
- Diagnóstico Remoto Contínuo.
- Sem Partes Móveis.
- Faixa: 0.5 a 5 g/cm^2 .
- Conexões: Padrões Industriais e Sanitários.
- A Prova de Tempo, A Prova de Explosão.
- Intrinsecamente Seguro
- Facil Manutenção.
- Não requer limpeza periódica.
- Instanciação de Blocos Funcionais.
- Capacidade de Ser Mestre da Rede.

TP302 Transmissor de Posição Fieldbus



- Sensor de Posição por Efeito Hall (Sem Contato).
- Movimento Linear: 10 ~ 100 mm
- Movimento Rotativo: 30 ~ 120°
- Exatidão: 0.1 %.
- Auto Diagnóstico.
- Diagnóstico do Sensor
- Instanciação de Blocos Funcionais.
- A Prova de Tempo, A Prova de Explosão.
- Intrinsecamente Seguro.
- Capacidade de Ser Mestre da Rede.

FY302 Posicionador de Válvulas Fieldbus



- Sensor de Posição por Efeito Hall (Sem Contato).
- Versatil:
 - Movimento: Linear / Rotativo
 - Ação: Simples / Dupla
- Instanciação de Blocos Funcionais.
- Diagnósticos para Válvula e Atuador.
- A Prova de Tempo, A Prova de Explosão.
- Intrinsecamente Seguro.
- Capacidade de Ser Mestre da Rede.

FY402 Posicionador de Válvulas Fieldbus de Simples Ação



- Sensor de Posição por Efeito Hall (Sem Contato).
- Movimento: Linear e Rotativo.
- Simples Ação.
- Instanciação de Blocos Funcionais.
- Diagnósticos.
- A Prova de Tempo, A Prova de Explosão.
- Intrinsicamente Seguro.
- Capacidade de Ser Mestre da Rede

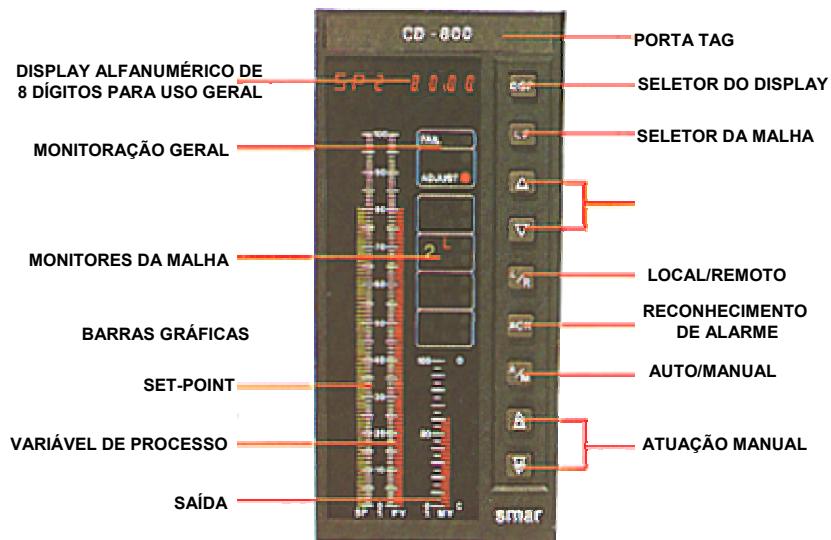
Conversores Fieldbus



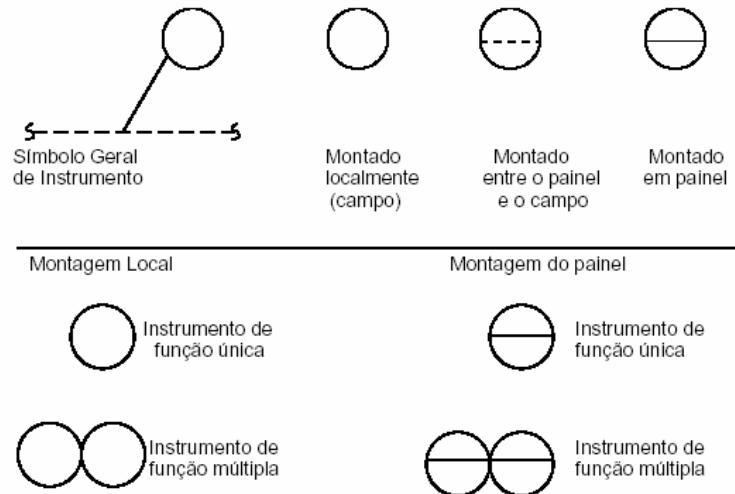
- IF302 - Três Entradas de Corrente
 - 4-20 mA, 0-20 mA
- FI302 - Três Saídas de Corrente
 - 4-20 mA
 - Modos de Falha Segura (Fail - Safe)
- FP302 - Conversor FF para Pressão
 - 3 - 15 PSI
 - Modos de Falha Segura (Fail - Safe)



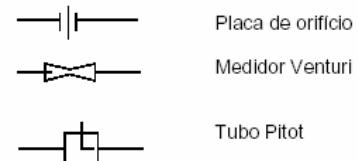
Controladores



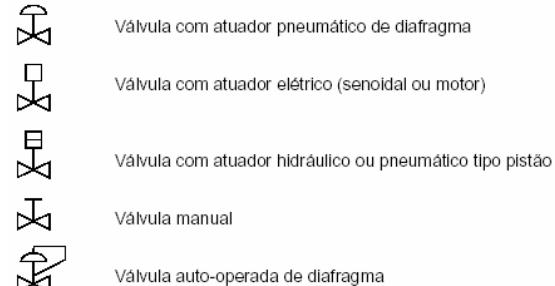
4.1.2 - Símbologia de Identificação de Instrumentos de Campo e Painel



4.1.2.1 - Instrumentação de Vazão



4.1.2.2 - Válvula de Controle



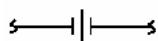
CEFET CAMPOS**INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA**

4.1.3 - Alguns Arranjos Típicos de Instrumentos

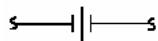
4.1.3.1 - Vazão



Medidor de linha (Rotâmetro)



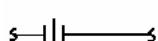
Transmissor de vazão



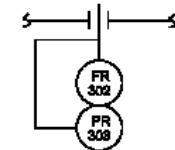
Indicador de vazão (montagem local)



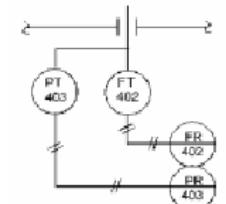
Registrador de linha



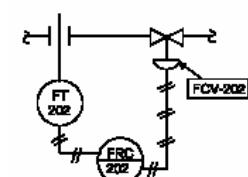
Registrador montado no painel e transmissor local com transmissão pneumática.

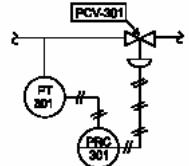
CEFET CAMPOS**INSTRUMENTAÇÃO BÁSICA**

Registrador conectado a registrador de pressão (montagem local)

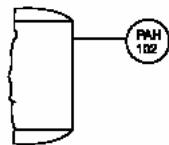


Registrador de vazão com registrador de pressão. Registradores no painel e transmissores locais com transmissão pneumática.

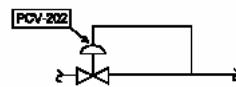
Controlador e registrador de vazão comandando válvula de controle, com transmissão pneumática.
Registrador no painel e transmissor local.



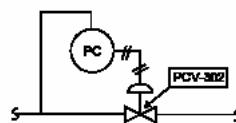
Registrador-controlador de pressão, comandando válvula de controle, com transmissão pneumática. Registrador no painel e transmissor local.



Alarme de pressão alta montagem local.



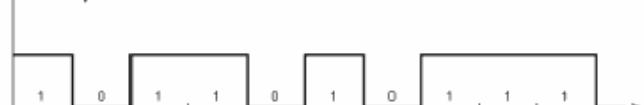
Válvula reguladora de pressão auto-atuada.



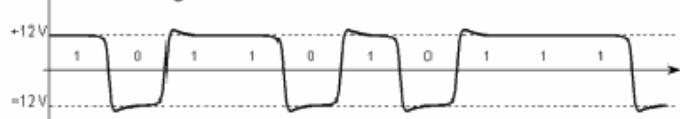
Controlador de pressão, tipo cego, comandando válvula de controle, com transmissão pneumática.

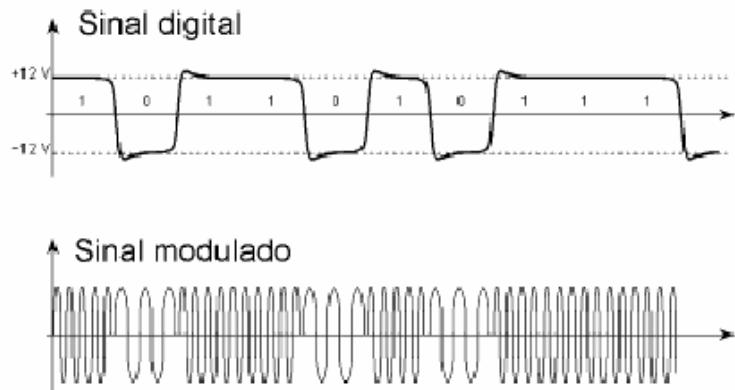
Modulação Analógica e Digital

Seqüência binária



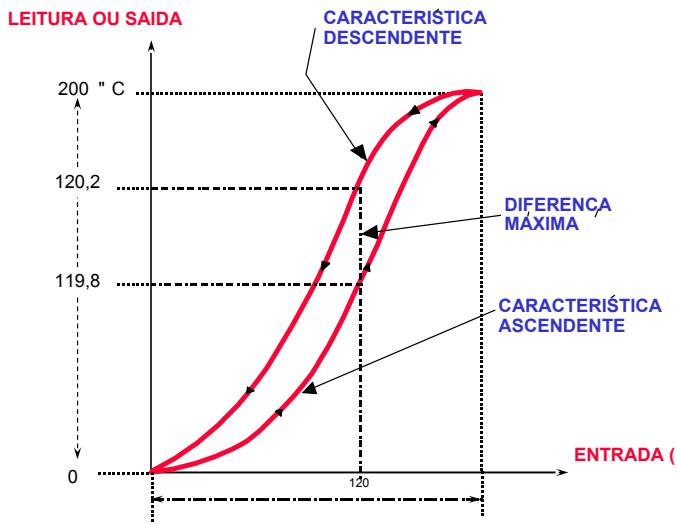
Sinal digital



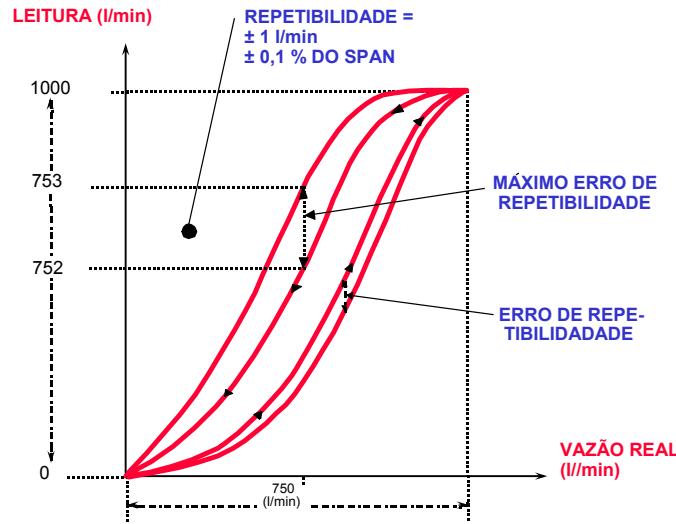


TERMINOLOGIA

- 1 - Range (faixa medida)
- 2 - Span (alcance)
- 3 - Erro (estático e dinâmico)
- 4 - Precisão
- 5 - Zona Morta
- 6 - Sensibilidade
- 7 - Histeresis
- 8 - Repetibilidade
- 9 - Conformidade
- 10 - Reproducibilidade

HISTERESIS

Nelson Moreira Junior

REPETIBILIDADE

Nelson Moreira Junior

AGENDA

Índice

Conceitos Básicos

Telemetria

Variáveis de Processo:- Pressão, Nível, Vazão, Temperatura, Densidade e pH.

Controle de Processo

Elementos Finais de Controle

Técnicas de Segurança Operacional

Segurança Intrínseca

TELEMETRIA TRANSMISSÃO EM INSTRUMENTAÇÃO

2.1 - Sinais Pneumáticos

Sinais Típicos: 3 a 15 PSI / 3 a 27 PSI / 0 a 30 PSI.

Pâises com Sistema Métrico : 0,2 a 1,0 kgf/cm².

Nas válvulas: 0,6 a 1,4 kgf/cm² ou 0,8 a 2,4 kgf/cm².

Linhos de Transmissão: As linhas de transmissão pneumáticas são constituídas de tubo de cobre ou vinil de 1/4" (diâmetro externo). Em casos especiais (atmosferas oxidantes), usam-se tubos de aço inox. A distância prática para transmissão do campo para o painel é de aproximadamente 150m. Para distâncias superiores, é recomendável intercalar relés pneumáticos (amplificadores) a cada 100m a fim de atenuar os retardos de transmissão. Considera-se viável, a transmissão pneumática até a distância de 500m.

2.2 - Sinais Analógicos

Sinais Típicos: 4 a 20mA / 10 a 50 mA / 0 a 20 mA / 1 a 5 V / 0 a 5 V / 0 a 10 V.

Linhas de Transmissão: As linhas de transmissão para instrumentação eletrônica, são constituídas geralmente de fios de cobre flexível com isolamento de até 600 Volts. Os sinais DC contínuos eliminam a possibilidade de capturar perturbações eletromagnéticas podendo utilizar 2 fios blindados.

Zero Vivo: Utilizado quando adotamos o nível mínimo de 4 mA, oferece a vantagem de podermos detectar uma avaria (rompimento de um dos fios), quer provocaria a queda do sinal abaixo de 0%. Note também, que o nível mínimo do sinal pneumático não é zero e sim 3 PSI, deste modo, conseguimos calibrar corretamente o instrumento, comprovando sua correta calibração como por exemplo no caso de um transmissor pneumático de temperatura de range 0 a 150°C onde o sensor estivesse com 0°C e o sinal de saída em 1 PSI, o mesmo visivelmente seria possível detectar sua descalibração. Se o nível mínimo fosse 0 PSI, não seria possível fazermos esta comprovação rapidamente.

Noções em Transmissão de Dados

A - Comunicação Paralela

B - Comunicação Serial

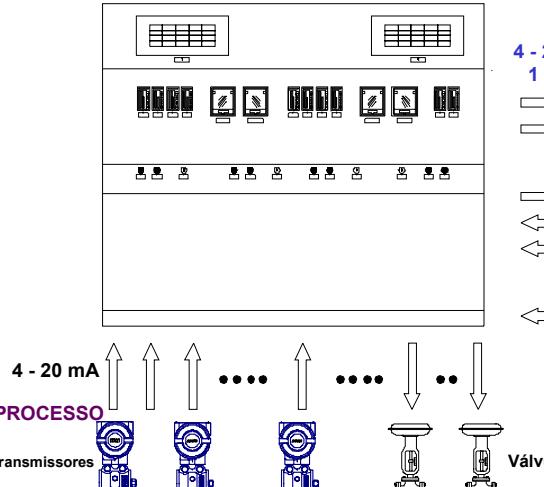
- B1 - Transmissão Serial Assíncrona
- B2 - Transmissão Serial Síncrona
- B3 - EIA-RS232 C
- B4 - EIA-RS422
- B5 - EIA-RS485

C - Tipos de Modulação FSK, ASK e PSD

D - Velocidade de Transmissão (Baud Rate)

COMUNICAÇÃO

Painel de Controle Convencional



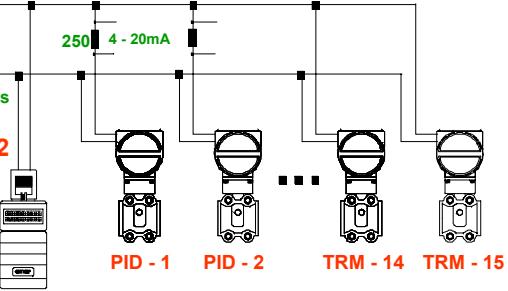
HART

F
O
N
T
E

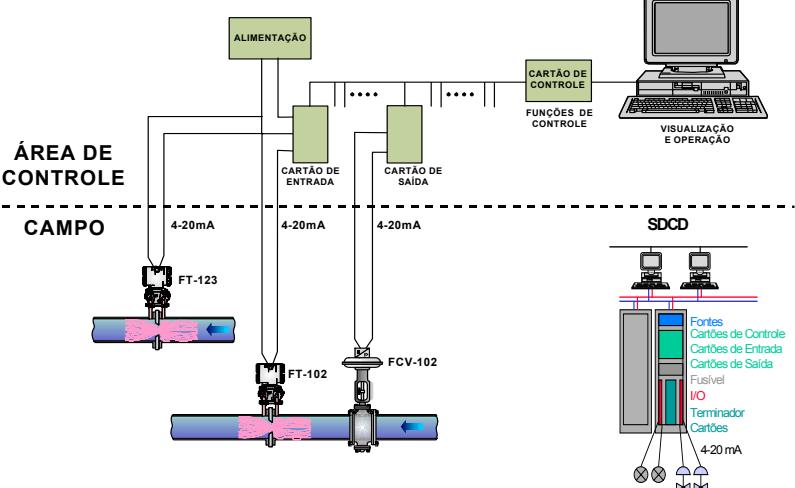
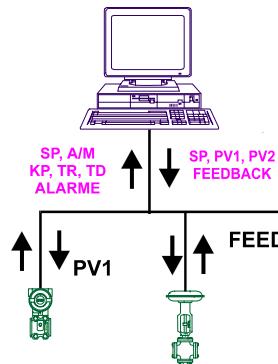
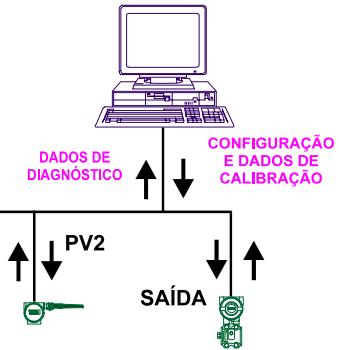
$$V_{fonte} = (A \times N \times 250) + 12$$

$$A = 0.004 \text{ (para TRM) ou} \\ 0.021 \text{ (para PID).}$$

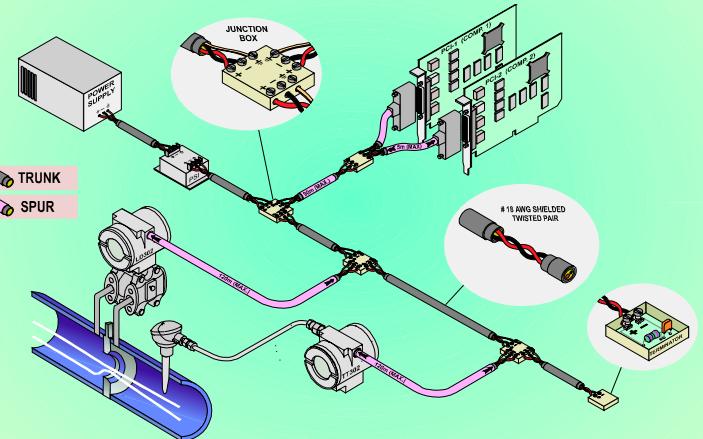
N = Número de TRMs ou
PIDs.



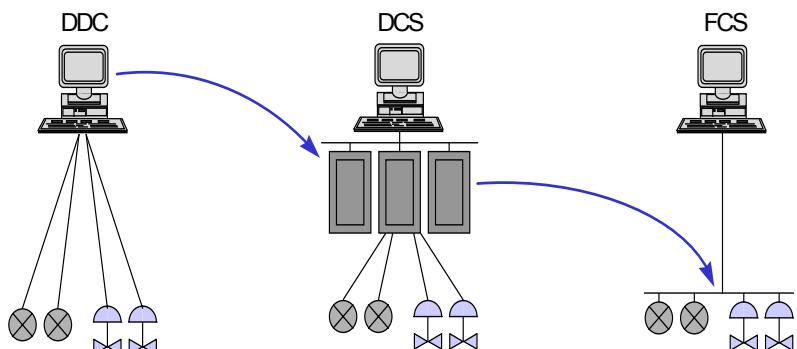
HART - Highway Address Remote Transducer - Sistema que combina o padrão 4 a 20 mA com a comunicação digital. É um sistema a dois fios com taxa de comunicação de 1200 bit/s e modulação FSK (frequência). O Hart é baseado no sistema mestre escravo, permitindo a existência de dois mestres na rede simultaneamente. O Hart não deve se tornar um padrão devido à limitação de velocidade. Em média uma transação no barramento ocorre a cada 375 ms.

SDCD**FIELDBUS****COMUNICAÇÃO BIDIRECIONAL****ESTAÇÃO DA OPERAÇÃO****ESTAÇÃO DA MANUTENÇÃO**

TÍPICA INSTALAÇÃO FIELDBUS

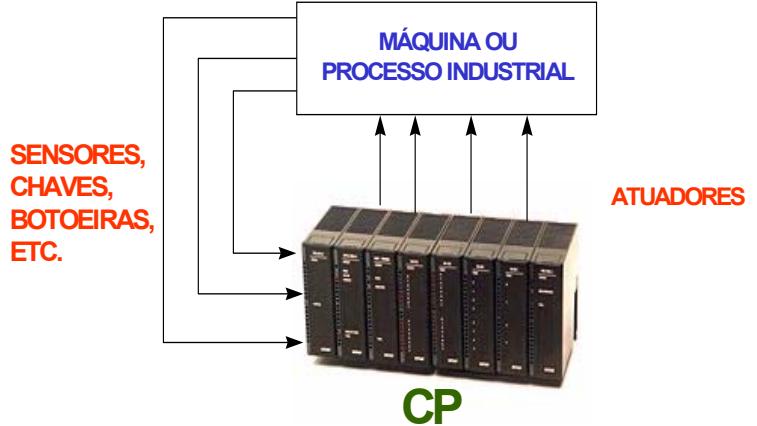
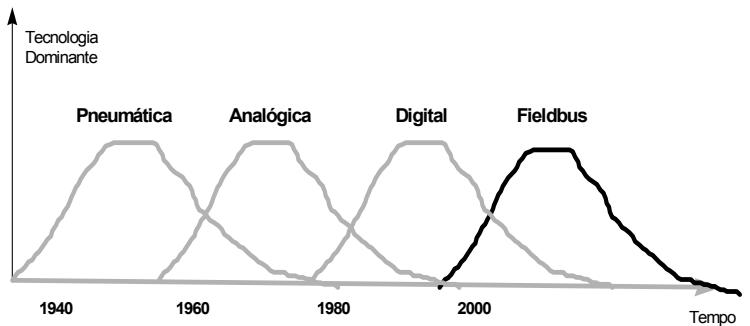


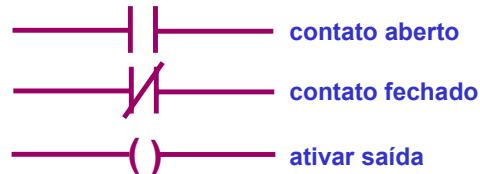
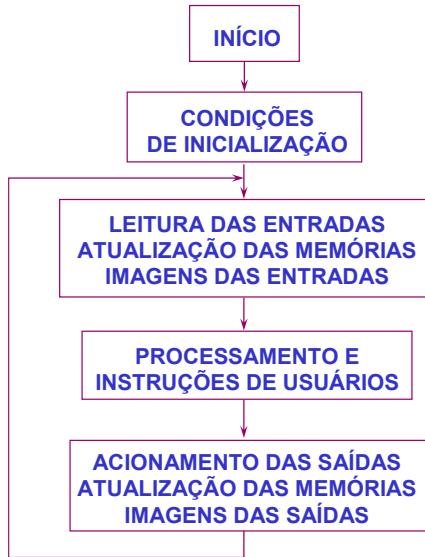
Comparação Entre os Sistemas



Evolução dos Sistemas de Automação

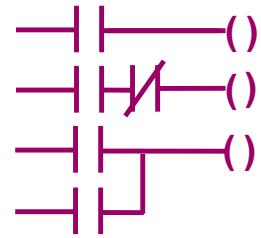
Fieldbus é a próxima grande transição tecnologica no campo da automação industrial





Funções Básicas do Diagrama de Relés

Exemplo de
Diagrama de Relés



AGENDA

Índice

Conceitos Básicos

Telemetria

Variáveis de Processo:- Pressão, Nível, Vazão, Temperatura, Densidade e pH.

Controle de Processo

Elementos Finais de Controle

Técnicas de Segurança Operacional

Segurança Intrínseca

3 - VARIÁVEIS DE PROCESSO

3.1 - Medição de Pressão

Definições:

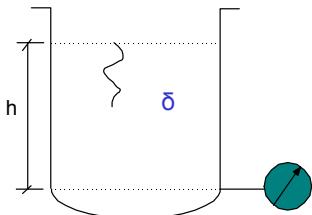
$$\text{Pressão} = \frac{\text{força}}{\text{área}} \quad [\text{kgf/cm}^2; \text{lbf/pol}^2; \text{N/m}^2]$$

$$\text{Massa Específica}(\rho) = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad [\text{kg/m}^3; \text{g/cm}^3]$$

$$\text{Peso Específico}(\gamma) = \frac{\text{peso}}{\text{volume}} \quad [\text{kgf/m}^3; \text{gf/cm}^3]$$

TEOREMA DE STEVIN

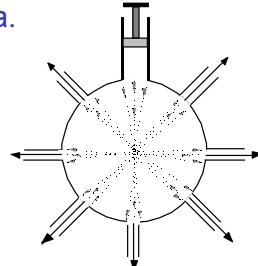
“A diferença de pressão entre dois pontos de um fluido em repouso é igual ao produto do peso específico do fluido pela diferença de cota entre os dois pontos”.



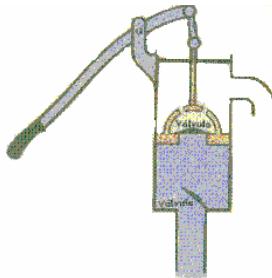
$$P_2 - P_1 = \rho g \delta = (\rho g) (h_2 - h_1)$$

PRINCÍPIO DE PASCAL

A pressão exercida em qualquer ponto de um líquido em forma estática, se transmite integralmente em todas as direções e produz a mesma força em áreas iguais. Devido serem os fluidos praticamente incompressíveis, a força mecânica desenvolvida em um fluido sob pressão pode ser transmitida.



BARÔMETRO DE TORRICELLI



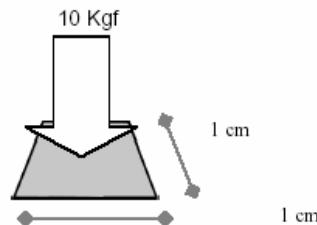
As bombas funcionam em virtude do princípio segundo o qual a pressão atmosférica exercida sobre a superfície da água é capaz de equilibrar uma coluna de água de 10,33m de altura. Na bomba aspirante a pressão atmosférica pode elevar a água a esta altura desde o subsolo, mas, devido às imperfeições da bomba, na prática a altura é de uns 8 metros.



DEFINIÇÃO

Pode ser definida como sendo a relação entre uma força aplicada perpendicularmente (90°) à uma área (fig. 4) e é expressa pela seguinte equação:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$



A pressão pode ser também expressa como a somatória da pressão estática e pressão dinâmica e assim chamada de pressão total.

Pressão Estática

É a pressão exercida em um ponto, em fluidos estáticos, que é transmitida integralmente em todas as direções e produz a mesma força em áreas iguais.

Pressão Dinâmica

É a pressão exercida por um fluido em movimento paralelo à sua corrente. A pressão dinâmica é representada pela seguinte equação:

$$Pd = \frac{1}{2} \rho v^2$$

Pressão absoluta

É a pressão positiva a partir do vácuo perfeito, ou seja, a soma da pressão atmosférica do local e a pressão manométrica. Geralmente coloca-se a letra A após a unidade. Mas quando representamos pressão abaixo da pressão atmosférica por pressão absoluta, esta é denominada grau de vácuo ou pressão barométrica.

Pressão manométrica

É a pressão medida em relação à pressão atmosférica existente no local, podendo ser positiva ou negativa. Geralmente se coloca a letra "G" após a unidade para representá-la.

Quando se fala em uma pressão negativa, em relação a pressão atmosférica chamamos pressão de vácuo.

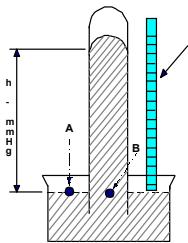
Pressão diferencial

É o resultado da diferença de duas pressões medidas. Em outras palavras, é a pressão medida em qualquer ponto, menos no ponto zero de referência da pressão atmosférica.

Pressão total

É a pressão resultante da somatória das pressões estáticas e dinâmicas exercidas por um fluido que se encontra em movimento.

ESCALAS DE PRESSÃO



- Pressão Relativa
(ou P. Efetiva ou Pressão)
- Pressão Absoluta
(ou Zero Absoluto ou Vácuo Perfeito)

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{rel}} + P_{\text{atm}}$$



UNIDADES DE PRESSÃO

Sistemas CGS (dina/cm²) e MKS (Newton/m²) são raramente utilizados nas indústrias.

Sistema Métrico (kg*cm²).

Países de L. Inglesa " PSI " (pound/square in).

Conversão: 01 libra = 0,4516 kg e 01 polegada = 2,54 cm portanto, 1 kg/cm² = 14,223 PSI.

Unidades + utilizadas:

1 atm=760 mmhg(0°C)=762,4 mmhg(20°C)=10.332mmca=10.351mmca(20°C)=10,332kgf/m²=1,033kgf/cm²=14,696PSI=101,325 kpa(N/m²)=1,01325 bar=407,2 "H2O.

	PSI	KPA	Polegadas H ₂ O	mm H ₂ O	Polegadas Hg	mm Hg	Bars	m Bars	kg/cm ²
PSI	1	6,8947	27,705	703,07	2,036	51,7148	0,0689	68,947	0,0703
KPA	0,14504	1	4,01832	101,9716	0,2953	7,50062	0,01	10,0	0,0102
Polegadas H ₂ O	0,03609	0,24886	1	25,4	0,07307	1,8719	0,00249	2,491	0,00254
mm H ₂ O	0,0014	0,0098	0,03937	1	0,00289	0,07307	0,00009	0,09806	0,00001
Polegadas Hg	0,4912	3,3867	13,62	345,94	1	25,4	0,0339	33,864	0,0345
mm Hg	0,0193	0,1331	0,5362	13,62	0,03937	1	0,0013	1,3332	0,0014
Bars	14,504	100,0	401,5	10.215,0	29,53	750,06	1	1.000	1,0197
m Bars	0,0145	0,1	0,4022	10,215	0,0295	0,7501	0,001	1	0,001
kg/cm ²	14,223	97,9047	394,06	10.018,0	28,959	735,56	0,9807	980,7	1
g/cm ²	0,0142	0,0979	0,3941	10,018	0,02988	0,7356	0,00098	0,9807	0,001

TABELA 2 CONVERSÃO DE UNIDADES DE PRESSÃO.

Composição dos Medidores de Pressão

Elemento de recepção:

Aquele que recebe a pressão a ser medida e a transforma em deslocamento ou força (ex:bourdon, fole, diafragma).

Elemento de transferência:

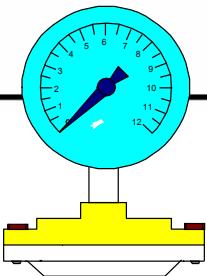
Aquele que amplia o deslocamento ou a força do elemento de recepção ou que transforma o mesmo em um sinal único de transmissão do tipo elétrica ou pneumática, que é enviada ao elemento de indicação (ex: links mecânicos, relé piloto, amplificadores operacionais).

Elemento de indicação:

Aquele que recebe o sinal do elemento de transferência e indica ou registra a pressão medida (ex: ponteiros, displays) .

Tipos de Manômetros

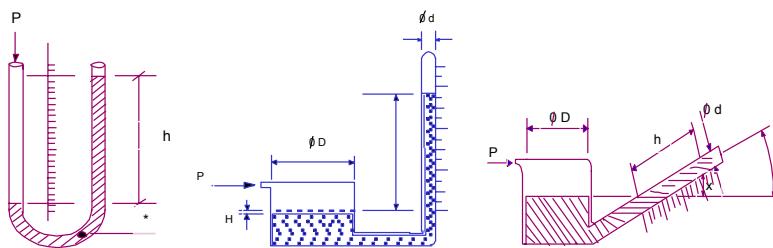
TIPOS DE MANÔMETRO	ELEMENTOS DE RECEPÇÃO
MANÔMETROS DE LÍQUIDOS	TIPO TUBO EM "U" TIPO TUBO RETO TIPO TUBO INCLINADO
MANÔMETRO ELÁSTICO	TIPO TUBO DE BOURDON TIPO DIAFRAGMA TIPO FOLE TIPO CAPSULA



* Medidores especiais

1. MEDIDORES POR COLUNA LÍQUIDA

Tipos: Coluna em U; Coluna reta vertical e Coluna inclinada



Vantagens e Desvantagens:

- medem pressões baixas, com boa precisão, custo baixo e simples construção, de fácil manutenção.
- exigem tubos calibrados, nivelamento, líq.s não viscosos e não permite vibrações.

Líquidos de enchimento

A princípio qualquer líquido com baixa viscosidade, e não volátil nas condições de medição, pode ser utilizado como líquido de enchimento. Entretanto, na prática, a água destilada e o mercúrio são os líquidos mais utilizados nesses manômetros.

Faixa de medição

Em função do peso específico do líquido de enchimento e também da fragilidade do tubo de vidro que limita seu tamanho, esse instrumento é utilizado somente para medição de baixas pressões.

Manômetro tipo Coluna Reta Vertical

$$P_1 - P_2 = \delta(h_2 + h_1)$$

$$A.h_1 = a.h_2 \therefore h_1 = \frac{a}{A}h_2$$

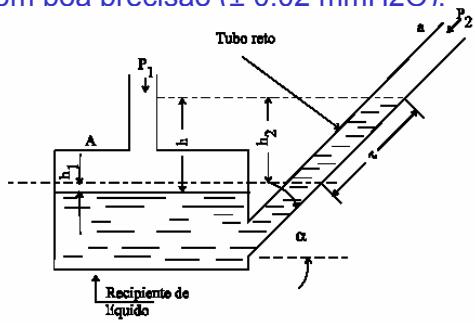
$$P_1 - P_2 = \delta.h_2 \left(1 + \frac{a}{A}\right)$$

$$P_1 - P_2 = \delta.h_2$$

Manômetro tipo Coluna Inclinada

Este Manômetro é utilizado para medir baixas pressões na ordem de 50 mmH₂O.

A vantagem é a de expandir a escala de leitura o que é muitas vezes conveniente para medições de pequenas pressões com boa precisão (± 0.02 mmH₂O).

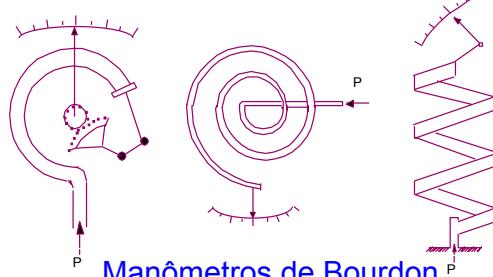


2. MEDIDORES POR ELEMENTOS ELÁSTICOS

Este tipo de instrumento de medição de pressão baseia-se na lei de Hooke sobre elasticidade dos materiais.

“O módulo da força aplicada em um corpo é proporcional à deformação provocada”.

Tipos:
Manômetros de Bourdon, de Fole e de Diafragma



Essa deformação pode ser dividida em elástica (determinada pelo limite de elasticidade), e plástica ou permanente.

Os medidores de pressão tipo elástico são submetidos a valores de pressão sempre abaixo do limite de elasticidade, pois assim cessada a força a ele submetida o medidor retorna a sua posição inicial sem perder suas características.

ELEMENTO RECEPÇÃO DE PRESSÃO	APLICAÇÃO / RESTRIÇÃO	FAIXA DE PRESSÃO (MÁX)
Tubo de Bourdon	Não apropriado para micropressão	~ 1000 kgf/cm ²
Diaphragma	Baixa pressão	~ 3 kgf/cm ²
Fole	Baixa e média pressão	~ 10 kgf/cm ²
Cápsula	Micropressão	~ 300 mmH ₂ O

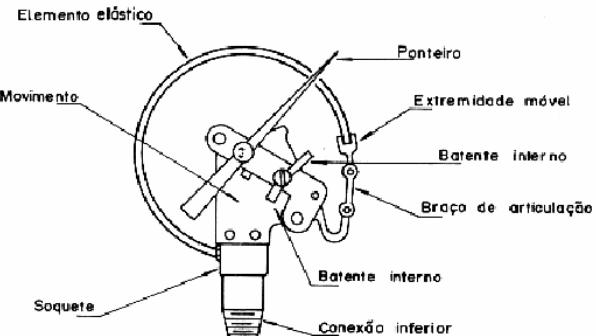


Fig. 12 - Mecanismo interno



Fig. 13 - Seção de Bourdon



Material de Bourdon

De acordo com a faixa de pressão a ser medida e a compatibilidade com o fluido é que determinamos o tipo de material a ser utilizado na confecção de Bourdon. A tabela a seguir indica os materiais mais utilizados na confecção do tubo de Bourdon.

MATERIAL	COMPOSIÇÃO	COEFICIENTE DE ELASTICIDADE	FAIXA DE UTILIZAÇÃO
Bronze	Cu 60 ~ 71 e Zn	1.1×10^8 kgf/cm ²	~ 50 kgf/cm ²
Alumibras	Cu 76, Zn 22, Al 12	1.1×10^4	~ 50
Aço Inox	Ni 10 ~ 14, Cr 16 ~ 18 e Fe	1.8×10^4	~ 700
Bronze Fosforoso	Cu 92, Sn 8, P 0.03	1.4×10^4	~ 50
Cobre berílio	Be 1 ~ 2, Co 0,35 e Cu	1.3×10^4	~ 700
Liga de Aço	Cr 0.9 ~ 1.2, Mo 0.15 ~ 30 e Fe	2.1×10^4	700 ~

Quanto a classe de precisão, essa classificação pode ser obtida através das tabelas de Manômetro / vacuômetro e Manômetro composto, a seguir.

Manômetro e Vacuômetro

Classe	ERRO TOLERÁVEL	
	Acima de 1/10 e abaixo de 9/10 da escala	Outra faixa da escala
0.5	± 0.5%	± 0.5%
1.0	± 1.0%	± 1.5%
1.5	± 1.5%	± 2.0%
3.0	± 3.0%	± 4.0%

Manômetro composto

Classe	ERRO TOLERÁVEL	
	Para pressão acima da atmosfera, acima de 1/10 e abaixo de 9/10 da escala. E parte de vácuo acima de 1.10 e abaixo de 9.10 da escala.	Outra faixa da escala
1.5	± 1.5%	± 2.0%
3.0	± 3.0%	± 4.0%

Faixa de operação recomendável

Com exceção dos manômetros utilizados como padrão, a pressão normal medida deve estar próxima a 75% da escala máxima quando essa variável for estática e próxima a 60% da escala máxima para o caso de medição de pressão variável.

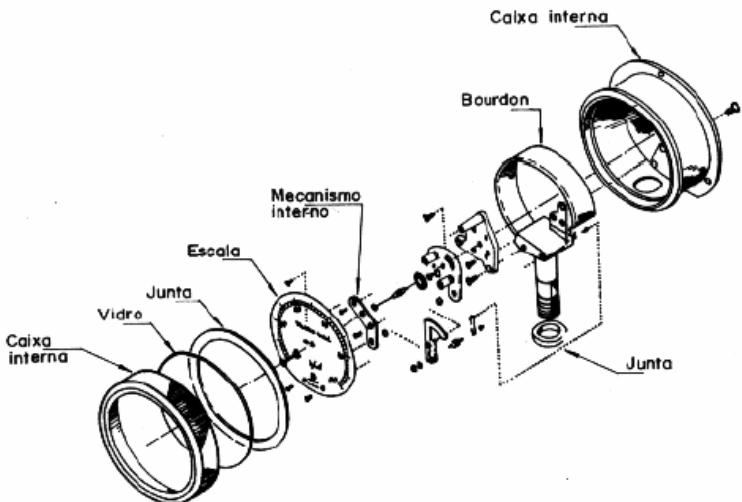
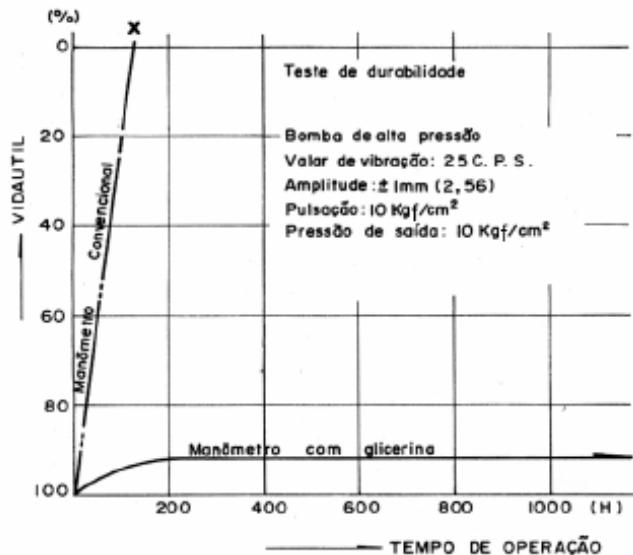


Fig. 15 - Manômetro tipo fechado



Manômetro de pressão diferencial

Este tipo construtivo é adequado para medir a diferença de pressão entre dois pontos quaisquer do processo. É composto de dois tubos de Bourdon dispostos em oposição e interligados por articulações mecânicas.

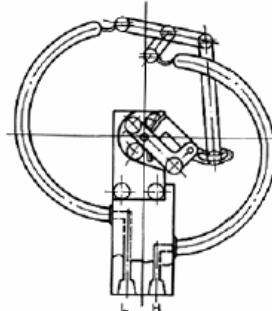
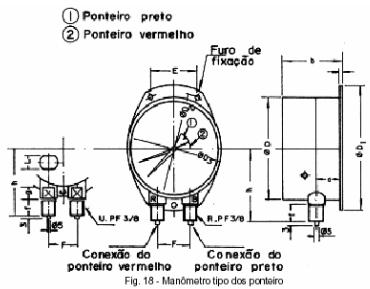


Fig. 17 - Manômetro de pressão diferencial

Manômetro duplo

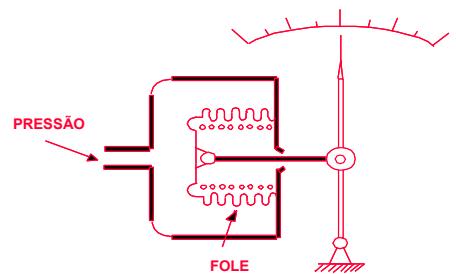
São manômetros com dois Bourdons e mecanismos independentes e utilizados para medir duas pressões distintas, porém com mesma faixa de trabalho. A vantagem deste tipo está no fato de se utilizar uma única caixa e um único mostrador.



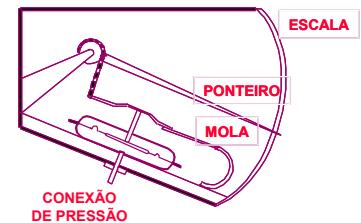
105

Nelson Moreira Junior

Manômetro de Fole



Manômetro de Diafragma



106

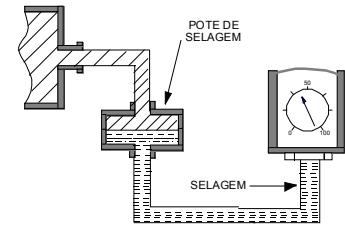
Nelson Moreira Junior

SISTEMAS DE SELAGEM

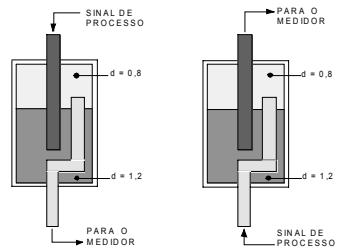
Aplicação:

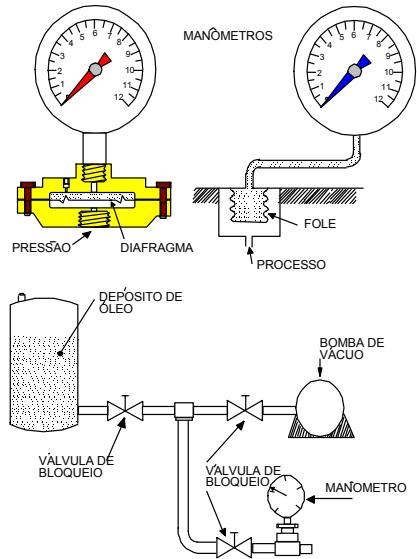
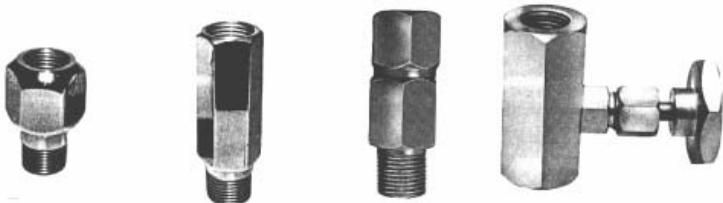
- a) O fluido do processo for corrosivo ao dispositivo de medição;
- b) O fluido for um gás com possibilidade de condensação por diminuição de temperatura, quando for aplicado ao dispositivo de medição, ex: vapor d'água;
- c) O fluido for um líquido com sólidos em suspensão;
- d) O fluido for um líquido pastoso;
- e) O fluido tender a cristalizar-se com variações de temperatura ao ser aplicado ao dispositivo de medição, ex: óleo APF;
- f) O fluido não poder permanecer parado no dispositivo de medição, ex: medicamentos, leite etc;
- g) O fluido for perigoso.

Selo Líquido com Pote de Selagem



Densidade do Líquido de Selo



Selo Volumétrico**Selagem de manômetro petroquímico****Amortecedores de pulsação**

Sifões



Supressor de pressão

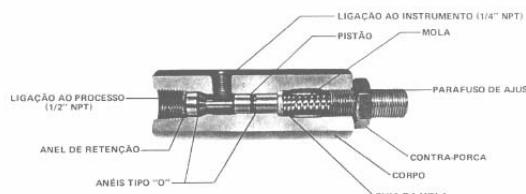


Fig. 23 - Supressor de Pressão

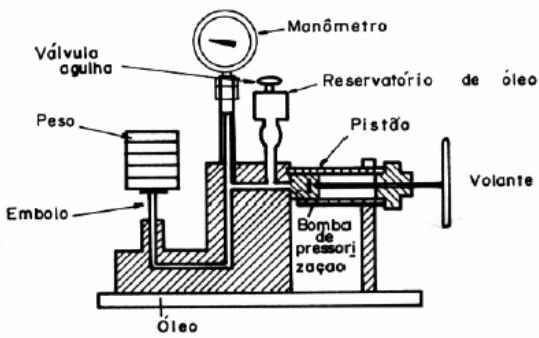
MANÔMETRO PADRÃO

Os manômetros utilizados como padrão devem ter precisão superior em relação aos manômetros que serão calibrados.

De acordo com as normas de medição, obriga-se a utilizar instrumentos padrões que foram aprovados em inspeção.

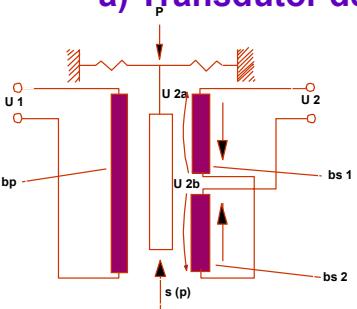
Dois tipos de manômetros foram aprovados como padrão: manômetro tipo coluna, e manômetro tipo peso morto (peso estático).

O manômetro tipo peso morto, também denominado de manômetro de peso estático, é utilizado para calibrar medidores de pressão tipo elástico, tais como tubo de bourdon, etc., e como manômetro padrão de altas pressões.



MEDIDORES ESPECIAIS DE PRESSÃO

a) Transdutor de Pressão Indutivo(LVDT)



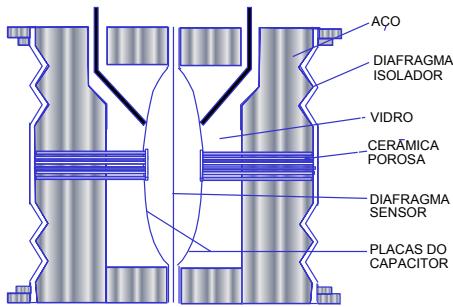
$$\varepsilon_L = -L \frac{di}{dt} \quad \Phi_m = \int \frac{b}{a} B.dA$$

$$\Phi_m = \frac{\mu_0 IL}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

onde:

$$U_2 = U_{2a} - U_{2b} = k \cdot U_1 \cdot s \cdot P$$

U = tensão elétrica
 s = curso da mola
 k = grau de acoplamento
 P = pressão aplicada

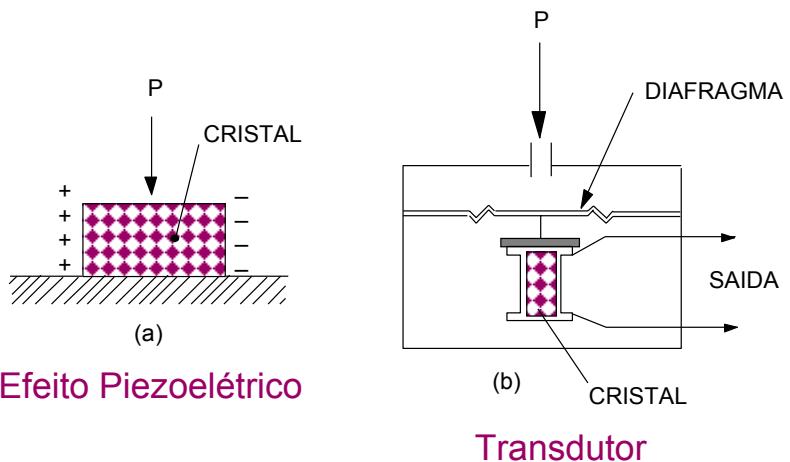
b) Transdutor de Pressão Capacitivo

$$C = K \frac{A}{d}$$

Sensor Capacitivo (Célula Capacitiva)

É o sensor mais utilizado em transmissores de pressão. Nele um diafragma de medição se move entre dois diafragmas fixos. Entre os diafragmas fixos e o móvel, existe um líquido de enchimento que funciona como um dielétrico. Como um capacitor de placas paralelas é constituído por duas placas paralelas separadas por um meio dielétrico, ao sofrer o esforço de pressão, o diafragma móvel (que vem a ser uma das placas do capacitor) tem sua distância em relação ao diafragma modificado. Isso provoca modificação na capacidade de um circuito de medição, e então tem-se a medição de pressão.

c) Transdutor Piezoelétrico

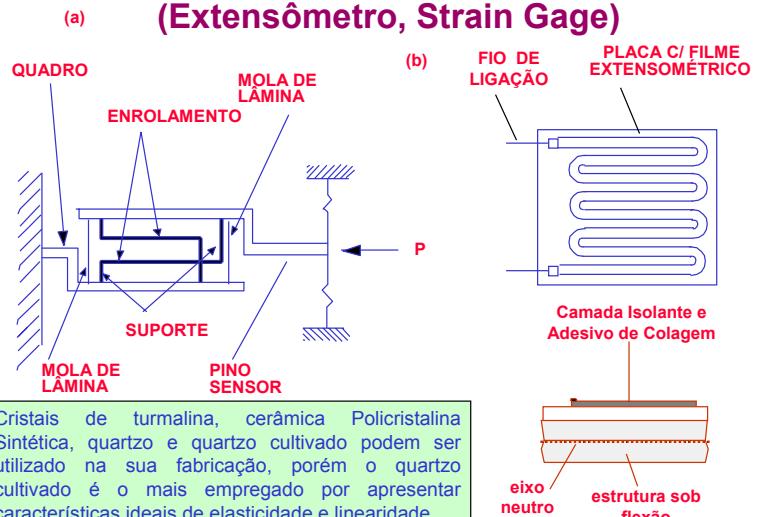


Sensor Piezoelétrico

A medição de pressão utilizando este tipo de sensor se baseia no fato dos cristais assimétricos ao sofrerem uma deformação elástica ao longo do seu eixo axial, produzirem internamente um *potencial elétrico* causando um fluxo de carga elétrica em um circuito externo.

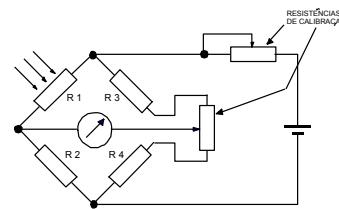
A quantidade elétrica produzida é proporcional a pressão aplicada, sendo então essa relação linear o que facilita sua utilização. Outro fator importante para sua utilização está no fato de se utilizar o efeito piezoelétrico de semicondutores, reduzindo assim o tamanho e peso do transmissor, sem perda de precisão.

d) Transdutor Piezoresistivo (Extensômetro, Strain Gage)



Circuitos de Medição / Sensores

Ponte de Wheatstone

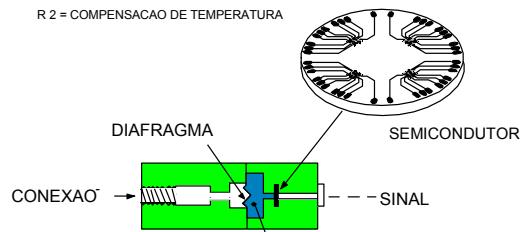


EQUILÍBRIO:
 $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$

R_1 = EXTENSÔMETRO

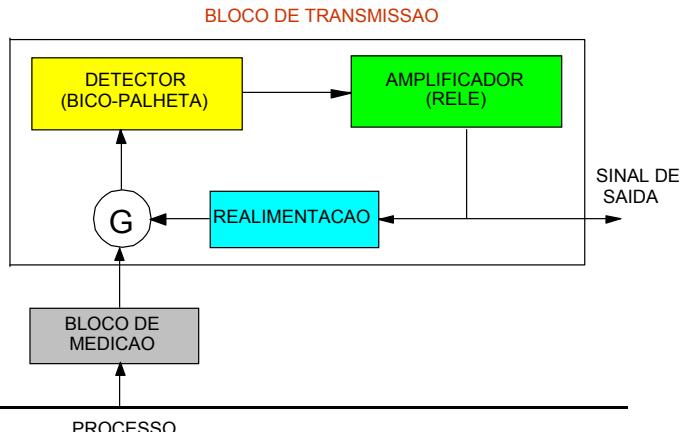
R_2 = COMPENSACAO DE TEMPERATURA

Sensor a semicondutor

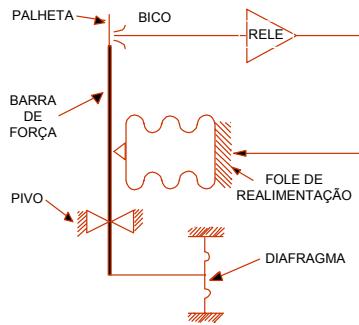


TRANSMISSORES DE PRESSÃO

Diagrama em blocos do TRM Pneumático



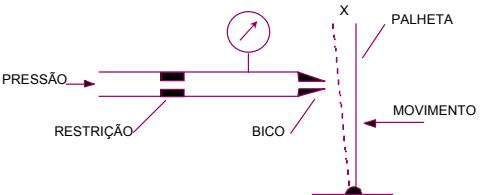
ESTRUTURA DO TRM



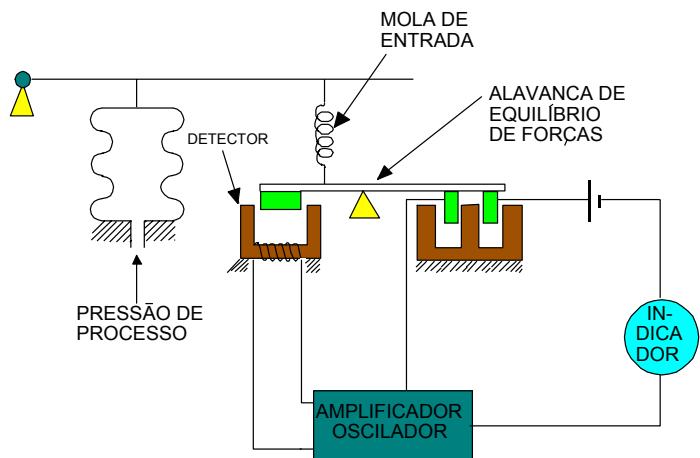
Equilíbrio de Forças

No método de equilíbrio de força o bico se mantém fixo e somente a palheta se afasta ou se aproxima do mesmo para ganhar uma contrapressão proporcional à detectada, contrapressão essa que será amplificada pelo relé piloto.

Detector
variação de pressão x
distância bico-palheta

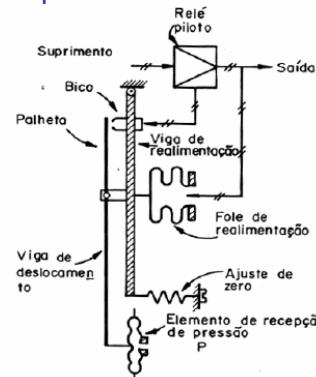


Transmissor Eletrônico (Equil.Forças)

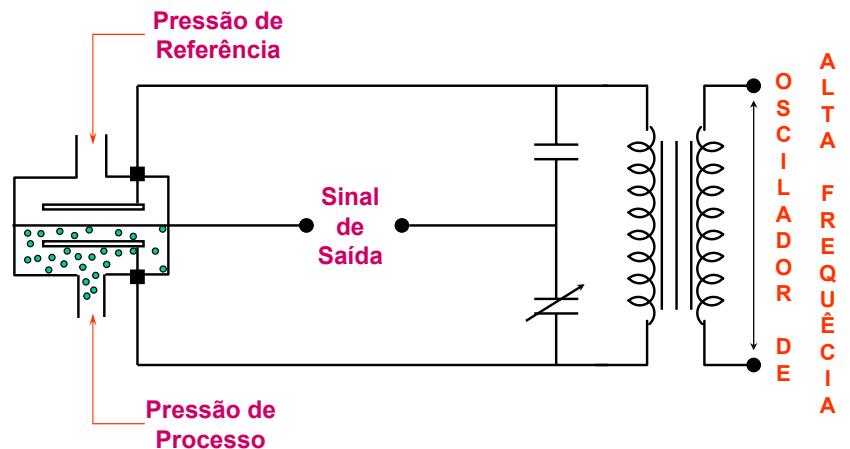


Método de equilíbrio de movimento

No método de equilíbrio de movimento tanto o bico quanto a palheta se movimentam para obter a contrapressão correspondente à pressão detectada.



TRANSMISSOR DE PRESSÃO CAPACITIVO



INSTRUMENTOS PARA ALARME E INTERTRAVAMENTO

A variável pressão quando aplicada em um processo industrial qualquer, submete os equipamentos a ela sujeito, a esforços de deformação que devem estar sempre abaixo de limites de segurança para que não ocorra ruptura e consequentemente acidentes.

A garantia da permanência dos valores de pressão sempre abaixo dos limites de segurança deve ser feito de forma automática através de instrumentos de proteção.

Pressostato

É um instrumento de medição de pressão utilizado como componente do sistema de proteção de equipamento ou processos industriais. Sua função básica é de proteger a integridade de equipamentos contra sobrepressão ou subpressão aplicada aos mesmos durante o seu funcionamento.

É constituído em geral por um sensor, um mecanismo de ajuste de set-point e uma chave de duas posições (aberto ou fechado).

Tipos de Pressostatos

Diferencial fixo ou ajustável - Quanto ao intervalo entre atuação e desarme os pressostato podem ser fornecidos com diferencial fixo e diferencial ajustável.

O tipo fixo só oferece um ponto de ajuste, o de set-point, sendo o intervalo entre o ponto de atuação e desarme fixo.

O tipo ajustável permite ajuste de set-point e também alteração do intervalo entre o ponto de atuação e desarme do pressostato.

Contato SPDT e DPDT

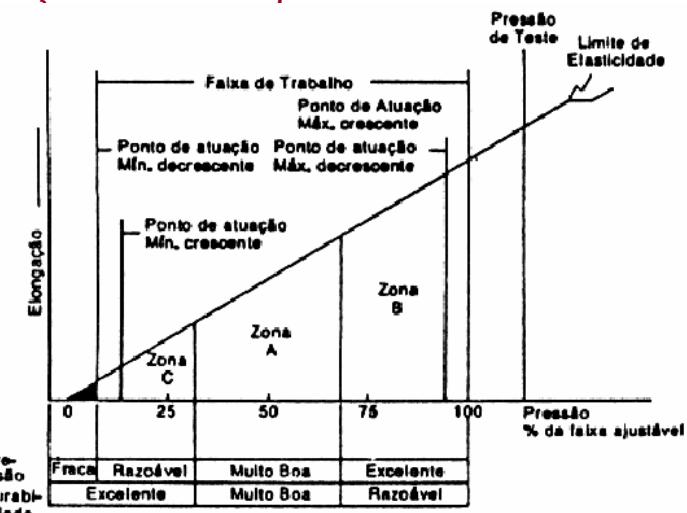
Quanto ao tipo de contato disponível no microinterruptor pode-se selecionar o do tipo SPDT que é composto basicamente por um terminal comum, um contato normal aberto (NA) e um contato normal fechado (NF), ou selecionar o tipo DPDT que é composto de duplo contato, ou seja, dois comuns, dois NA e dos NF sendo um reserva do outro.

Tipos de caixa disponíveis

Pressostato com caixa à prova de tempo IP65. Podem ser fornecidos também com um bloco de terminais interno para conexões elétricas, evitando a instalação de um bloco de terminais externo para a ligação dos cabos.

À prova de explosão - construídos dentro de rígidos padrões de segurança, isolando os contatos e cabos de atmosferas explosivas.

Seleção da faixa ajustável



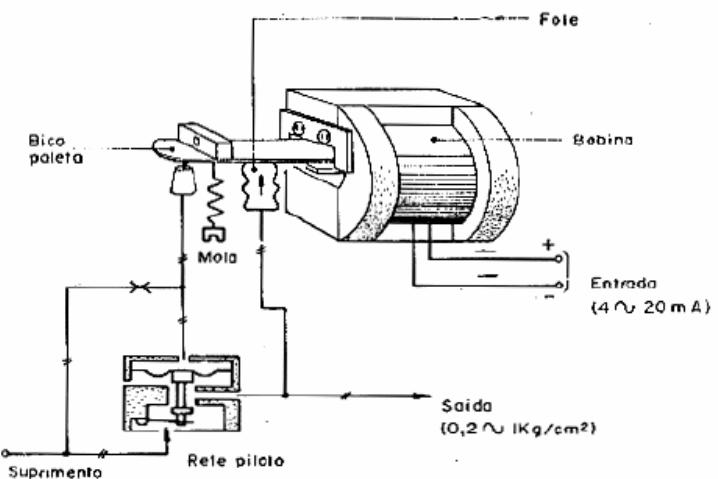
INSTRUMENTOS CONVERSORES DE SINAIS

Os conversores tem como função básica modificar a natureza ou amplitude de um sinal para permitir a interligação de instrumento que trabalham com sinais diferentes.

Conversores eletro-pneumáticos e pneumáticos-elétricos

Esses conversores, também conhecidos como I/P e P/I, tem como função interfacear a instrumentação pneumática com a elétrica, bem como permitir a utilização de atuadores pneumáticos na instrumentação eletrônica analógica ou digital.

Conversores eletro-pneumáticos (I/P)



3.2 - MEDIÇÃO DE NÍVEL

* Principais métodos de medição:

- Tipo régua ou gabarito,
- Tipo visor de nível,
- Tipo bóia ou flutuador,
- Tipo deslocador,
- Tipo pressão hidrostática,
- Tipo borbulhador,
- Tipo célula de carga(pesagem),
- Tipo radioativo,
- Tipo capacitivo.

TIPO DE INSTRUMENTO	CHAVE DE NÍVEL	MEDIÇÃO CONTÍNUA							
		INDICAÇÃO		TRANSMISSÃO/CONTROLE					
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Visor de Nível	R	E	R	B	R	B	R	R	R
Bóia/Flutuador	E	R	R	B	R	B	R	R	R
Deslocador	E	B				E	B		
Pressão Hidros.	B	R	R	R	B	R	R	R	R
Burbulhador	R	R	B	R	B	R	B	R	R
Cél. Carga		R	B		R	B	R	B	R
Ultra-Sônico	B	R	B	B		B	R	R	E
Radiação	B	B	E	R	E	B	R	B	R
Capacitivo	B	B	R	B	R	R	R	B	R
Condutividade	R		R	R		B	B	R	B
Pás Rotativas			B						
Lâminas Vibrat.	B	B	E	B					
Detecção Térm.	B	R	R	R		B	R	R	R

1 - Líquidos limpos

E - Excelente (sem restrições de uso)

2 - Líquidos com espuma

B - Bom (com restrições de uso)

3 - Interface

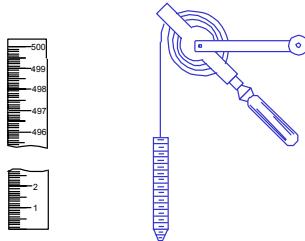
R - Regular (poucas aplicações)

4 - Polpas

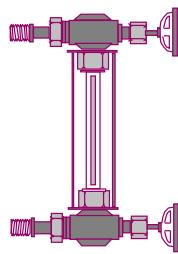
5 - Sólidos

MEDIÇÃO DE NÍVEL DIRETA

A) Régua ou Gabarito

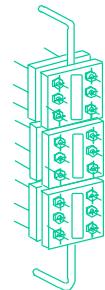


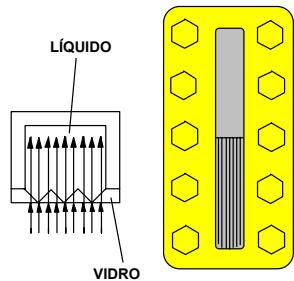
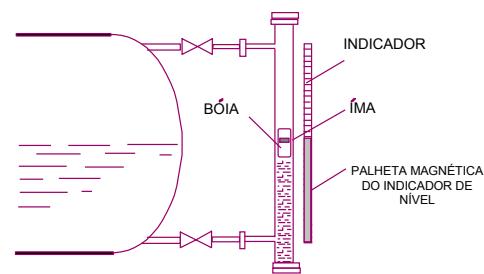
B) Visores de Nível(vidro)



Tipo Tubular

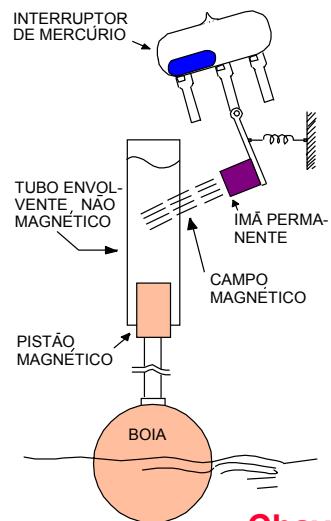
Plano
(transparente)



Blindado
(Magnético)

137

Nelson Moreira Junior

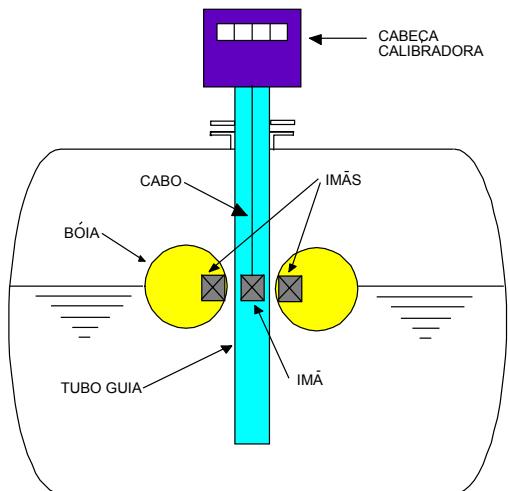


Chave de Nível

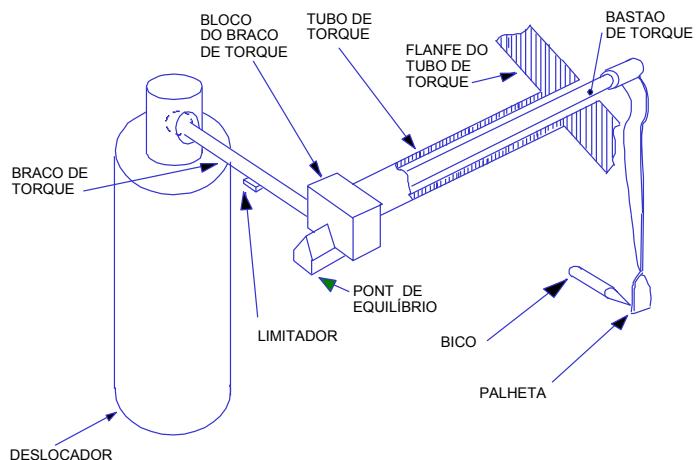
138

Nelson Moreira Junior

Medidor Contínuo - tipo Flutuador Magnético



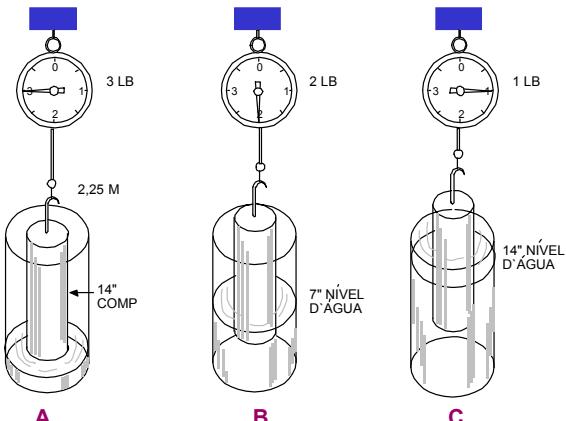
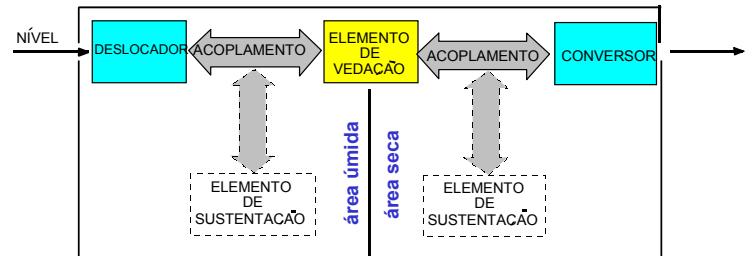
A) Medição por deslocador (displacer) - Empuxo



Princípio de Archimedes

Variação do Pap. no Medidor Contínuo

$$P_{ap} = W - E$$

**ESTRUTURA DO TRM Tipo - Deslocador**

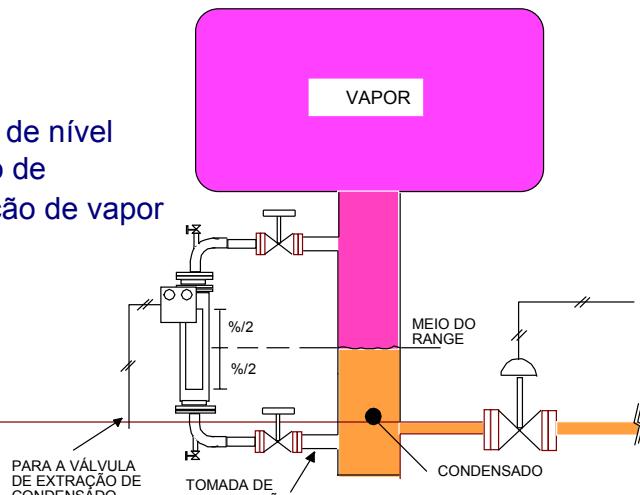
* Classificação dos TRM's, conforme o elemento de vedação e o tipo de acoplamento usado:

- Tubo de torque
- Mola balanceadora
- Dp Cell adaptado
- Disco Flexível

MONTAGEM DOS MEDIDORES DE NÍVEL

Tipo Deslocador

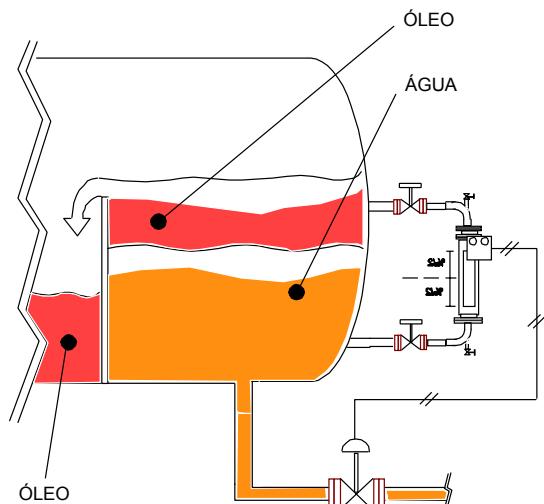
Controle de nível
em vaso de
distribuição de vapor



143

Nelson Moreira Junior

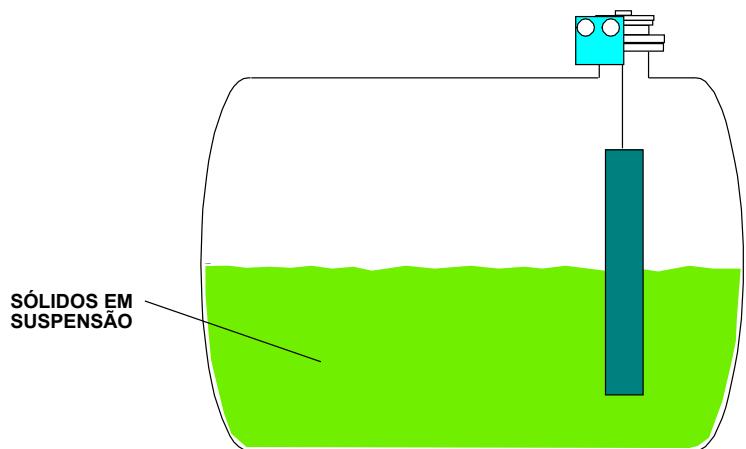
Medição de nível de interface de 2 líquidos



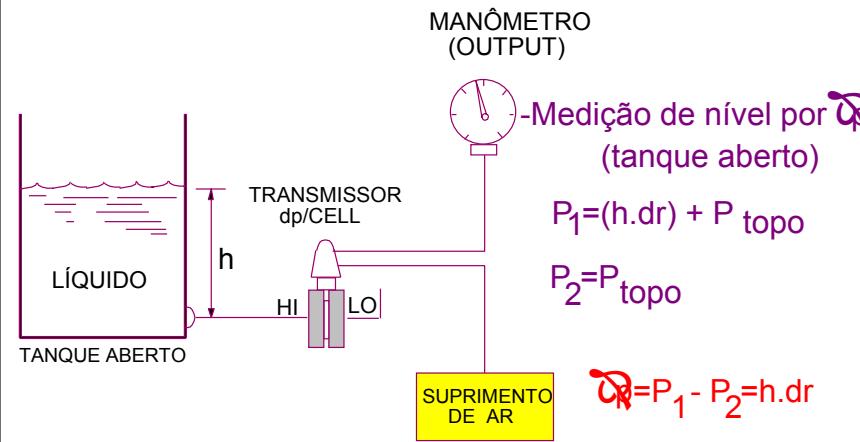
144

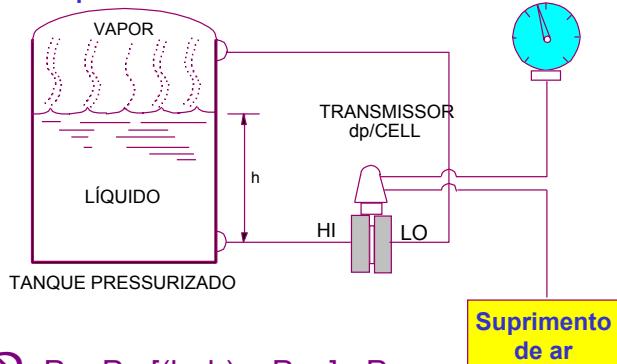
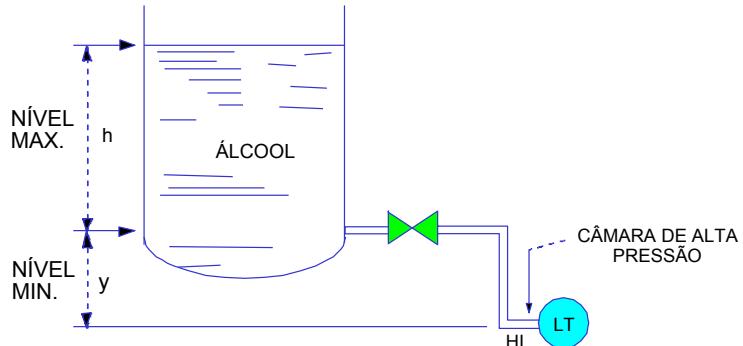
Nelson Moreira Junior

Medição de nível por deslocador s/ câmara

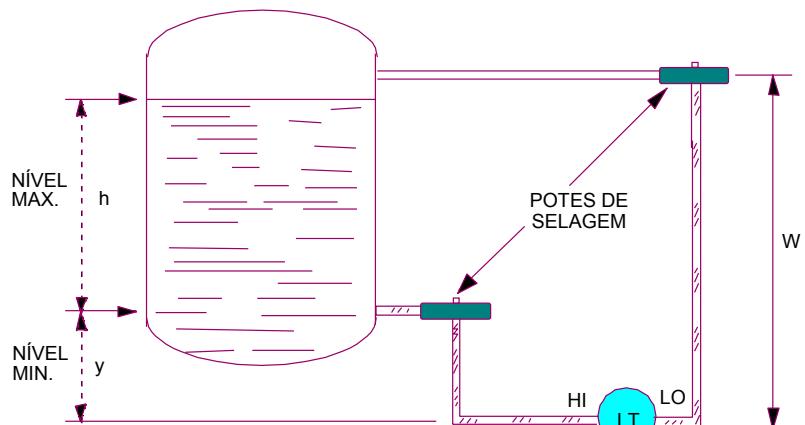


B) MEDAÇÃO TIPO PRESSÃO HIDROSTÁTICA

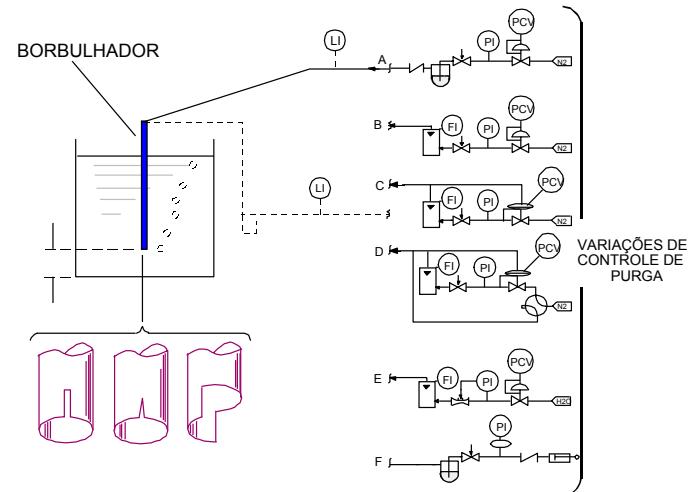


B) MEDAÇÃO TIPO PRESSÃO HIDROSTÁTICA**Tanque Fechado****MEDAÇÃO COM ELEVAÇÃO**

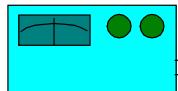
MEDIÇÃO COM SUPRESSÃO



MEDIÇÃO POR BORBULHADOR



MEDIÇÃO TIPO ULTRASSOM



$$h = H - \frac{(v \cdot t)}{2}$$

onde:

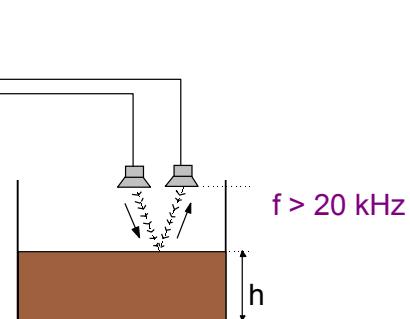
H=dist. do emissor/receptor ao fundo do tanque

h=nível

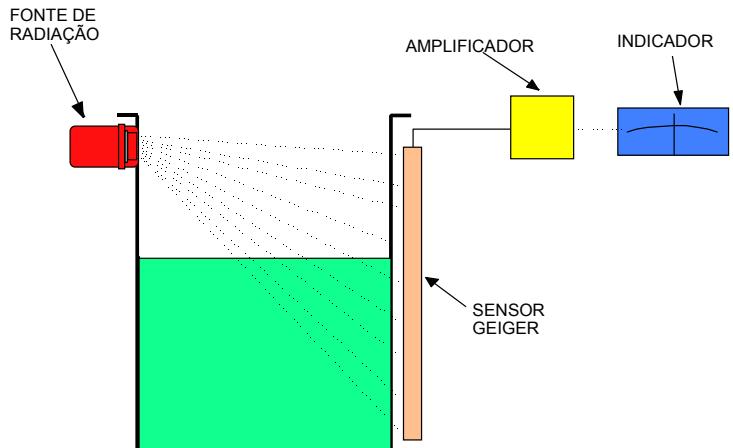
v=veloc. do som no ar ou gás da parte superior do tanque

t=tempo medido

$H - h = (v \cdot t) / 2$ =parte vazia do tanque

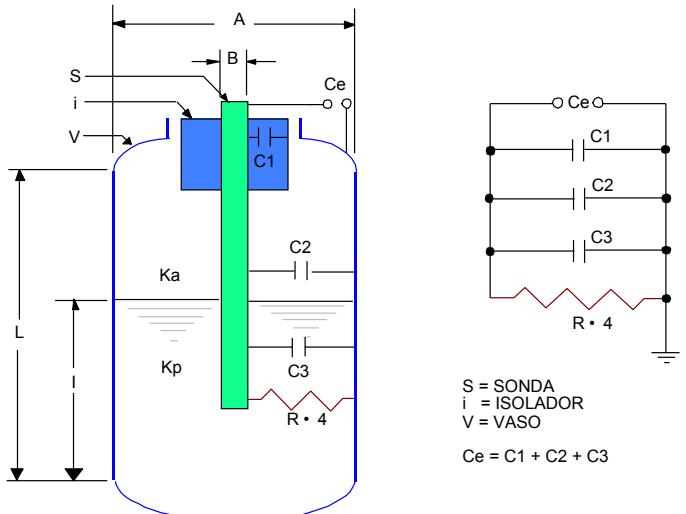


MEDIÇÃO POR RADIAÇÃO



Medidor de nível por Raios-Gama

MEDIÇÃO DE NÍVEL - CAPACITIVO



MEDIÇÃO DE VAZÃO

Na maioria das operações realizadas nos processos industriais é muito importante efetuar a medição e o controle da quantidade de fluxo de líquidos, gases e até sólidos granulados, não só para fins contábeis, como também para a verificação do rendimento do processo.

Assim, estão disponíveis no mercado diversas tecnologias de medição de vazão cada uma tendo sua aplicação mais adequada conforme as condições impostas pelo processo.

"Vazão pode ser definida como sendo a quantidade volumétrica, mássica ou gravitacional de um fluido que passa através de uma seção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo."

Vazão Volumétrica

É definida como sendo a quantidade em volume que escoa através de uma certa seção em um intervalo de tempo considerado. É representado pela letra Q e expressa pela seguinte equação:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Na medição de vazão volumétrica é importante referenciar as condições básicas de pressão e temperatura, principalmente para gases e vapor pois o volume de uma substância depende da pressão e temperatura.

Vazão Mássica

É definida como sendo a quantidade em massa de um fluido que atravessa a seção de uma tubulação por unidade de tempo. É representada pela letra Q_m e expressa pela seguinte equação:

$$Q_m = \frac{m}{t}$$

Relação Entre Unidades:

A relação entre as unidades de medição de vazão volumétrica e mássica pode ser obtida pela seguinte expressão:

$$Q_m = \rho \cdot Qv$$

Vazão Gravitacional

É a quantidade em peso que passa por uma certa seção por unidade de tempo. É representada pela letra Q_p e expressa pela seguinte equação:

$$Q_p = \frac{W}{t}$$

CONCEITOS FÍSICOS BÁSICOS PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO

Calor Específico

Define-se calor específico como o quociente da quantidade infinitesimal de calor fornecido a uma unidade de massa dumha substância pela variação infinitesimal de temperatura resultante deste aquecimento.

É necessário que se conheça a relação “ k ” do calor específico do gás a ser medido, para podermos calcular o seu coeficiente de correção da expansão térmica, e posteriormente dimensionar a placa de orifício. Esta relação do calor específico K é a relação do calor específico de um volume constante CV relativo ao calor específico da pressão constante CP do gás.

$$K = \frac{C_p}{C_v}$$

Viscosidade

É definida como sendo a resistência ao escoamento de um fluido em um duto qualquer.

Esta resistência provocará uma perda de carga adicional que deverá ser considerada na medição de vazão.

Viscosidade absoluta ou dinâmica

Define-se como sendo o atrito interno num fluido, que se opõe ao movimento relativo de suas moléculas e ao movimento de corpos sólidos que nele estejam. É representada pela letra grega μ (mi).

Unidade absoluta ou dinâmica

Pa . S, Poise e centipoise

Viscosidade cinemática

É a relação entre a viscosidade absoluta e a massa específica de um fluido, tomados à mesma temperatura. É representada pela letra v (ni).

Unidade de Viscosidade Cinemática

As unidades de viscosidade cinemática mais utilizadas na indústria são:

m²/s, stoke (cm²/s) e centistoke.

Tipos de Escoamento

Regime Laminar

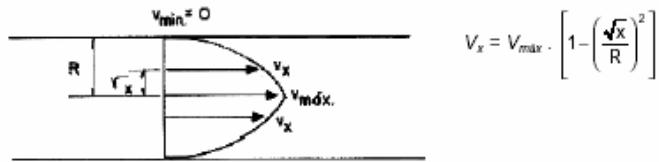
Se caracteriza por um escoamento em camadas planas ou concêntricas, dependendo da forma do duto, sem passagens das partículas do fluido de uma camada para outra e sem variação de velocidade, para determinada vazão.

Regime Turbulento

Se caracteriza por uma mistura intensa do líquido e oscilações de velocidade e pressão. O movimento das partículas é desordenado e sem trajetória definida.

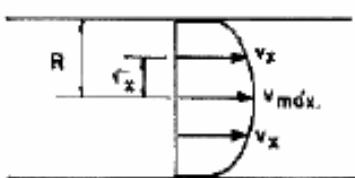
Regime Laminar

É caracterizado por um perfil de velocidade mais acentuado, onde as diferenças de velocidades são maiores.



Regime Turbulento

É caracterizado por um perfil de velocidade mais uniforme que o perfil laminar. Suas diferenças de velocidade são menores.

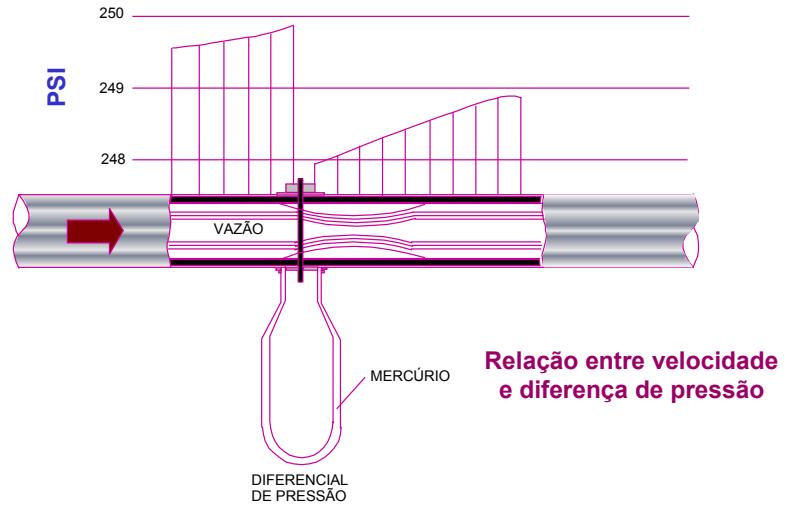


$$v_x = V_{\max} \cdot \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{\frac{1}{n}} \right]$$

MEDIÇÃO DE VAZÃO

- 1 - Medição por Pressão Diferencial (Elementos Deprimogênicos)
Placa de Orifício, Tubo Venturi, Tubo Pitot, Bocal, etc.
- 2 - Medição por Área Variável
Rotâmetro
- 3 - Medição através de Velocidade
Turbina
- 4 - Medição através de Força
Placa de Impacto
- 5 - Medição por Tensão Induzida
Medidor Magnético
- 6 - Medição em Canais Abertos
Calha Parchall
Vertedores

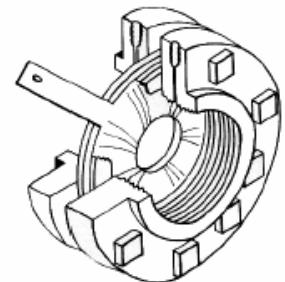
MEDIÇÃO POR ELEMENTOS DEPRIMOGÊNIOS



Placa de Orifício

De todos os elementos primários inseridos em uma tubulação para gerar uma pressão diferencial e assim efetuar medição de vazão, a placa de orifício é a mais simples, de menor custo e portanto a mais empregada.

O diâmetro do orifício é calculado de modo que seja o mais preciso possível, e suas dimensões sejam suficientes para produzir à máxima vazão uma pressão diferencial máxima adequada.

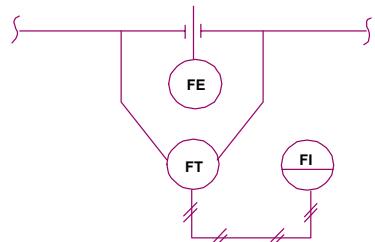
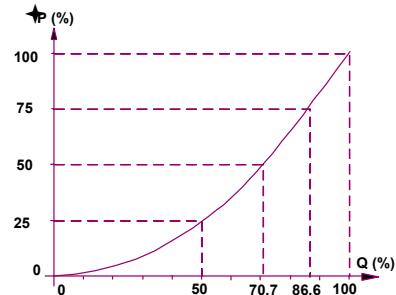


Equação básica p/ Elementos Deprimogêniros

$$Q = S_1 \cdot E \cdot C \cdot \sqrt{P_1 - P_2} \cdot \sqrt{2g} \cdot (1/\sqrt{\frac{P}{\rho}})$$

como: $C = f(D \cdot R_d)$

$$Q = K \cdot \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$



PLACAS DE ORIFÍCIO

* Tipos de orifícios:

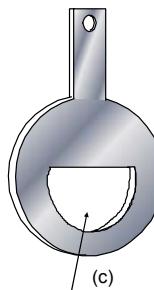
1. Orifício concêntrico.
2. Orifício excêntrico.
3. Orifício segmental.



Este tipo de placa de orifício é utilizado para fluido contendo sólidos em suspensão, os quais possam ser retidos e acumulados na base da placa;



Este tipo de orifício é utilizado em fluido contendo sólidos em suspensão, os quais possam ser retidos e acumulados na base da placa;

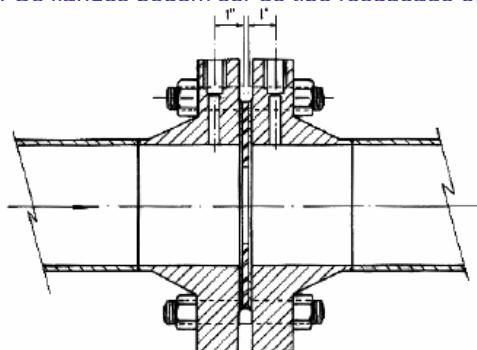


A placa de orifício segmental é destinada para uso em fluidos em regime laminar e com alta porcentagem de sólidos em suspensão.

Tomadas de Impulso em Placas de Orifício

Tomas de Flange

As tomadas de flange são de longe as mais populares. Os flanges para placas de orifício, já são feitos com os furos das tomadas, perfurados e com rosca. Os flanges podem ser do tipo rosqueado ou soldado.



Vantagens da tomada de flange

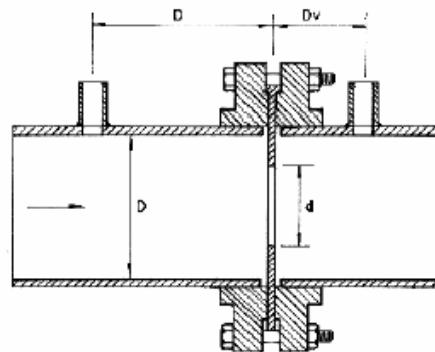
1. Podem ser facilmente inspecionadas, dada sua localização próxima à face do flange.
2. Os flanges podem ser adquiridos prontos, dentro de normas com grandes precisão.
3. As tomadas são simétricas, podendo ser utilizadas para fluxo nos dois sentidos.
4. Esse tipo de tomada apresenta excelente precisão.

Desvantagens da tomada de flange

1. Os flanges utilizados são especiais, portanto são caros.
2. Não se recomenda o uso desse tipo de tomada para casos em que a relação entre o diâmetro do orifício e o diâmetro da tubulação é grande e em tubulações menores que 2", devido ao fato de que a tomada de baixa pressão se situa numa região altamente instável da curva de recuperação de pressão.

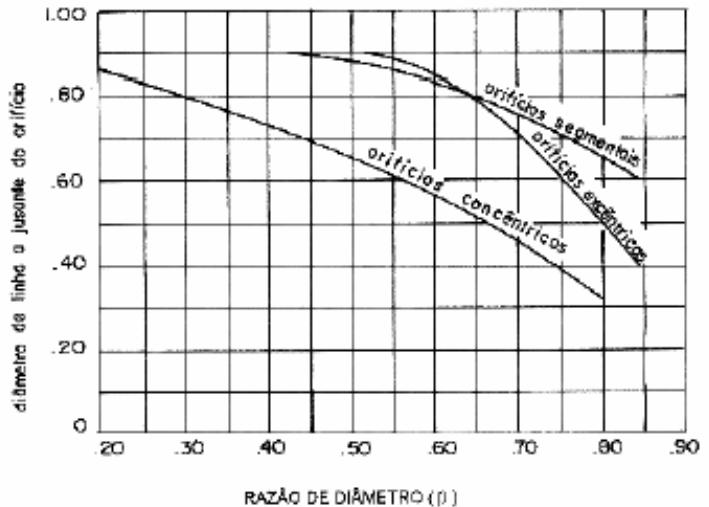
Tomadas de Vena Contracta

As tomadas de Vena Contracta permitem o uso de flanges comuns, pois são normalmente acopladas diretamente na tubulação, podendo ser também soldadas ao tubo.



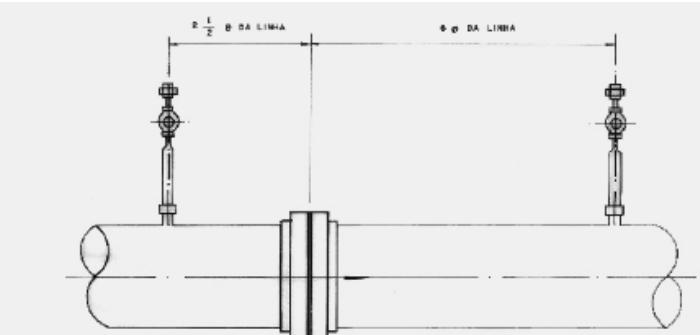
Este tipo de tomadas são mais indicados para tubos de diâmetros acima de 4 polegadas. O centro da tomada de alta pressão deverá estar localizado entre $\frac{1}{2}$ e 2D do plano de entrada da placa.

O centro da tomada de baixa pressão estará colocado no ponto em que a pressão é mínima “Vena Contracta”. Essa distância depende da relação d/D.



Para relações d/D menores que 0,72 a tomada de baixa pressão poderá ser feita a uma distância D/2 após a placa com um erro desprezível. Porém, quando tivermos tubulações com diâmetros menores que 6" a tomada de baixa pressão deverá ser feita no próprio flange o que poderá ser um inconveniente.

Tomadas de Tubulações (Pipe Taps)



As tomadas de tubulação (montante: 2,5 diâmetro do tubo distante da placa, jusante; 8 diâmetros de distância), permitem a medição direta da perda de carga permanente atual. O diferencial é menor que em outros tipos de tomada, para a mesma vazão.

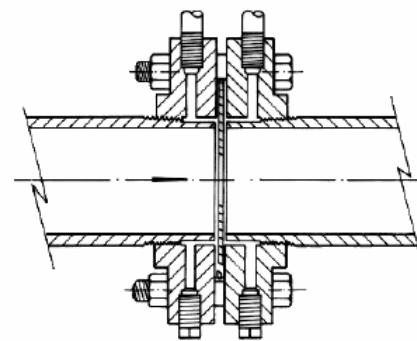
**Não são necessários flanges especiais
Não podemos utilizar para fluxos bidirecionais.**

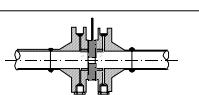
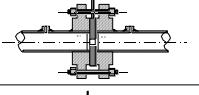
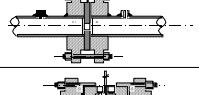
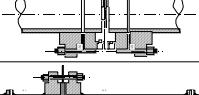
Tomada de Canto (CORNER TAPS)

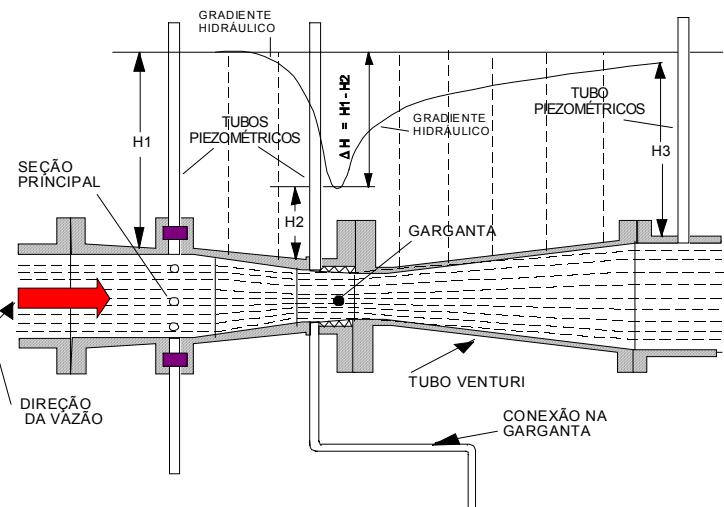
As tomadas de canto são constituídas nas flanges de placa e são usadas principalmente para tubos abaixo de 2 polegadas de diâmetro. A placa de orifício situa-se numa reentrância dos flanges. A tomada de pressão feita através de uma estreita passagem concêntrica num anel piezométrico entalhado na face do flange.

Suas vantagens são as mesmas das tomadas nos flanges, porém são mais sujeitas a entupimentos que as tomadas de flanges.

Tomada de Canto (CORNER TAPS)



DENOMINAÇÃO NA LITERATURA INGLESA	DENOMINAÇÃO SUGERIDA EM PORTUGUÊS	DISTÂNCIA DA TOMADA A FACE MONTANTE K ₁	DISTÂNCIA DA TOMADA A JUSTANTE K ₂	
FLANGE TAPS	TOMADA EM FLANGES	1"	1" (J)	
RADIUS TAPS	TOMADAS A DE 1/2 D	1 D	1/2 D (M)	
VENA CONTRACTA TAPS	TOMADAS EM VENA CONTRACTA	1/2 D A 2 D	VER TABELA III.1b	
CORNER TAPS	TOMADAS EM CANTO	JUNTO	JUNTO	
PIPE TAPS	TOMADAS A 2 1/2 D E 8 D	2 1/2 D	8 D (M)	 2.4 - 16

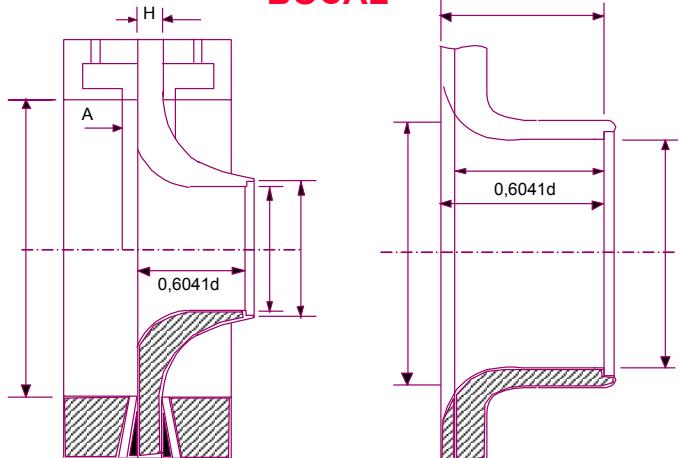
TUBO VENTURI

O tubo VENTURI apresenta algumas vantagens em relação a outros medidores de perda de carga variável como:

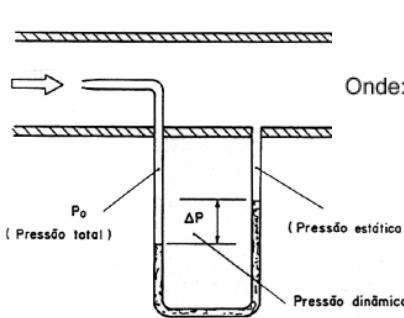
- boa precisão (0,75%);
- resistência a abrasão e ao acúmulo de poeira ou sedimentos;
- capacidade de medição de grandes escoamentos de líquidos em grandes tubulações;
- Permite medição de vazão 60% superiores à placa de orifício nas mesmas condições de serviço, porém com perda de carga de no máximo 20% do .P.

Desvantagens

- custo elevado (20 vezes mais caros que uma placa de orifício);
- dimensões grandes e incômodas;
- dificuldade de troca uma vez instalado.

BOCALMedição de Vazão através do Tubo de Pitot

É um dispositivo utilizado para medição de vazão através da velocidade detectada em um determinado ponto de tubulação.



$$PD = \frac{\partial V^2}{2g} \text{ ou } V^2 = \frac{PD \times 2g}{\delta}$$

Onde:

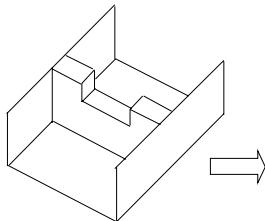
PD = pressão dinâmica em kgf/cm^2
 δ = peso específico do fluido em kgf/m^3
 V = velocidade do fluido em m/s
 g = aceleração da gravidade m/s^2

O tubo de Pitot mede apenas a velocidade do ponto de impacto e não a velocidade média do fluxo. Assim sendo, a indicação da vazão não será correta se o tubo de impacto não for colocado no ponto onde se encontra a velocidade média do fluxo.

Pesquisadores, concluíram que o valor da velocidade média seria 0,8 da velocidade máxima do duto.

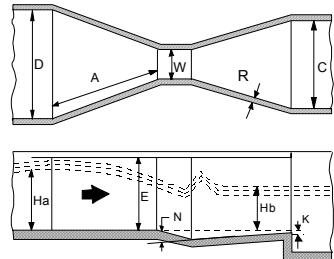
Em termos práticos, para se determinar a velocidade média do fluido no interior de um duto, utiliza-se a tomada de impacto do tubo de pitot entre $0,25 \times D$ e $0,29D$ em relação a parede do duto, pois nesta posição a velocidade do fluido se iguala à velocidade média do fluido.

MEDIÇÃO DE VAZÃO EM CANAIS ABERTOS

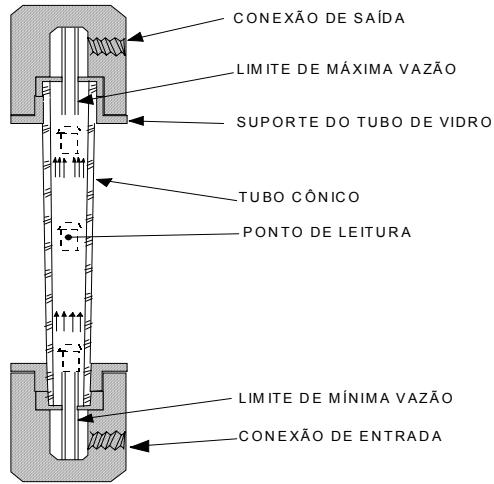


**Calha
Parshall**

Vertedor Retangular



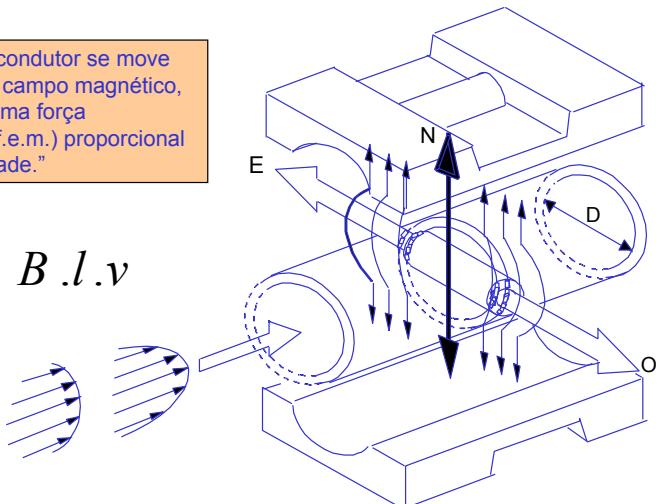
ROTÂMETRO



MEDIDOR MAGNÉTICO DE VAZÃO

"Quando um condutor se move dentro de um campo magnético, é produzida uma força eletromotriz (f.e.m.) proporcional a sua velocidade."

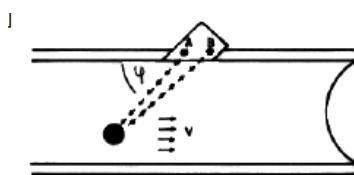
$$E = B \cdot l \cdot v$$



Medidores a efeito DOPPLER

A freqüência de uma onda sofre alterações quando existe movimento relativo entre a fonte emissora e um receptor. A variação da freqüência em função da velocidade é chamada de efeito DOPPLER.

Quando uma partícula refletora se movimenta em relação a um receptor igualmente estacionário, a variação da freqüência é proporcional a velocidade relativa entre emissor e o receptor, ou seja, entre a partícula refletora e o receptor



$$\Delta f = 2 f_0 \cdot \frac{\cos \varphi}{C_0} \cdot V$$

Onde:

f_0 = freqüência de emissão

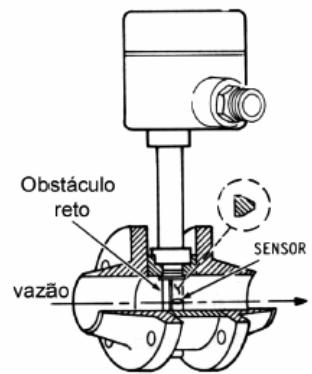
φ = ângulo de entrada do feixe

C_0 = velocidade do som no fluido medido

V = velocidade média do fluxo

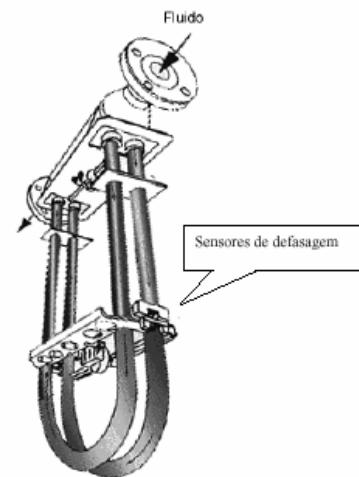
Medidores tipo VORTEX

O efeito vortex pode ser observado no vibrar de fios ou cordas ao vento, ou ainda em uma bandeira que tremula. Os vortex gerados repetem-se num tempo inversamente proporcional à vazão.

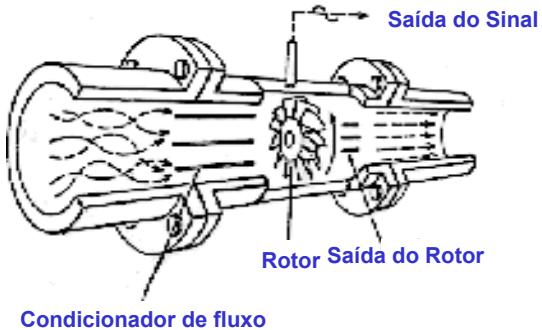


Nas aplicações industriais pode-se medir a vazão de gases , líquidos incorporando ao obstáculo reto sensores que percebam as ondas dos vortex e gerem um sinal em frequência proporcional à vazão.

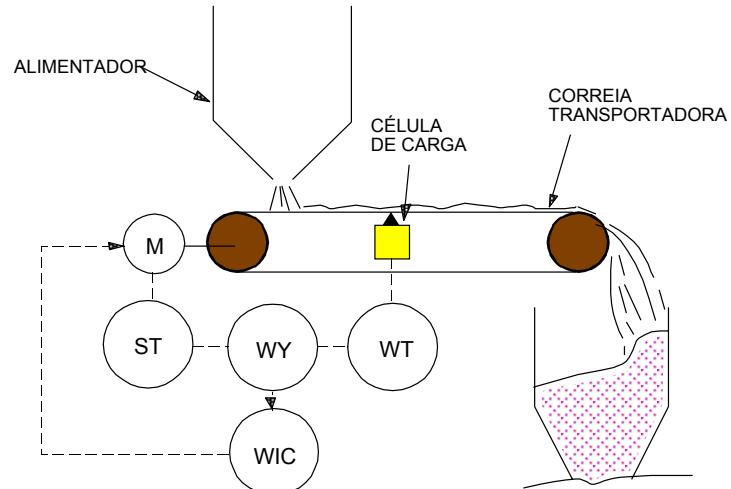
Medidor tipo Coriolis



MEDIDOR TIPO TURBINA



MEDIÇÃO DE VAZÃO DE SÓLIDOS



MEDIDA DE TEMPERATURA

Definições

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

CRIONETRIA: medição de baixas temperaturas, ou seja, aquelas próximas do zero absoluto.

TERMOMETRIA: termo mais abrangente que incluiria tanto a Pirometria como a Criometria.

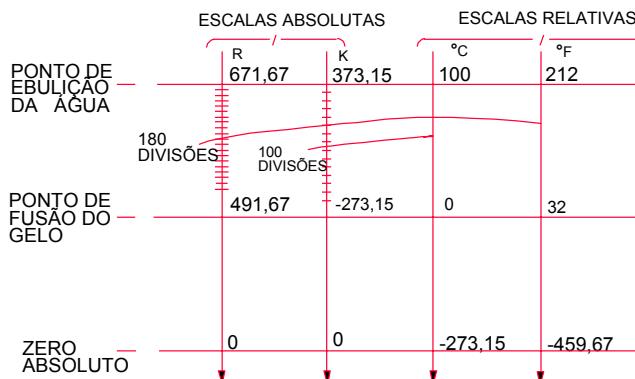
Conceitos Básicos

TEMPERATURA: grau de agitação térmica das moléculas.

ENERGIA TÉRMICA: é a somatória das energias cinéticas dos seus átomos.

CALOR: é a energia em trânsito.

ESCALAS DE TEMPERATURA



Conversão de

Escalas:

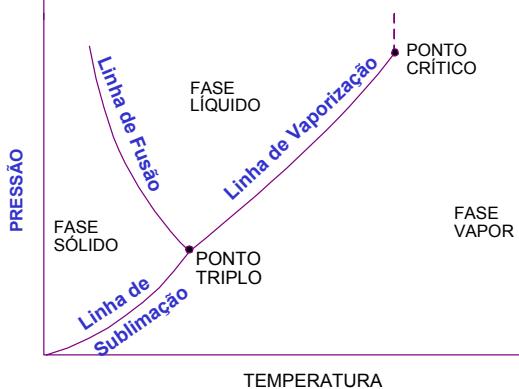
$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{9}$$

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

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

$$K = R \cdot \frac{5}{9}$$

Pontos Fixos de Temperatura (Escala Prática Internacional de Temperatura)



* ITS - 90

* Normas e Padronização (ISA, DIN, JIS, BS, UNI...)

* IEC, ABNT.

Principais Pontos Fixos	T (°C)
1) Ponto triplo (equilíbrio entre fases sólida, líquida e vapor) do hidrogênio	- 259,34
2) Ponto de vaporização (equilíbrio entre fases líquida e vapor) do hidrogênio à pressão de 250 mmHg	- 256,108
3) Ponto de vaporização normal (pressão de 1 atm) do hidrogênio	- 252,87
4) Ponto de vaporização normal de neon	- 246,048
5) Ponto triplo do oxigênio	- 218,789
6) Ponto de vaporização normal do oxigênio	- 182,962
7) Ponto triplo da água	0,01
8) Ponto de vaporização normal da água	100
9) Ponto de solidificação normal (equilíbrio entre as fases sólida e líquida à pressão de 1 atm) do zinco	419,58
10) Ponto de solidificação normal da prata	961,93
11) Ponto de solidificação normal do ouro	1.064,43

MEDIDORES DE TEMPERATURA

1. Instrumentos de transferência de calor por condução

- * Termômetro à dilatação de líquido,
- * Termômetro à dilatação de gás,
- * Termômetro à tensão de vapor saturante,
- * Termômetro à dilatação de sólido,
- * Termômetro à resistência elétrica,
- * Termômetro à par termo-elétrico.

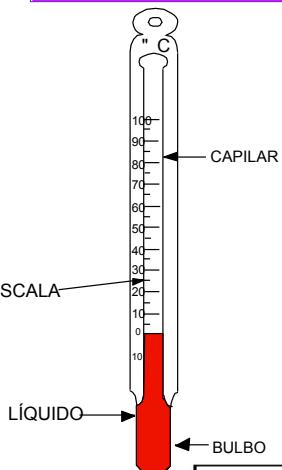
2. Instrumentos de transferência de calor por radiação

- * Pirômetros à radiação e
- * Pirômetros ópticos.

OBS: o uso dependerá da faixa de medição, tempo de resposta, precisão, etc.

	DIRETO	INDIRETO
Condição necessária para medir com precisão	1) Estar em contato com o objeto a ser medido. 2) Praticamente não mudar a temperatura do objeto devido ao contato do detector.	1) A radiação do objeto medido tem que chegar até o detector.
Característica	1) É difícil medir a temperatura de um objeto pequeno, porque este tem tendência de mudança de temperatura quando em contato com um objeto cuja temperatura é diferente. 2) É difícil medir o objeto que está em movimento	1) Não muda a temperatura do objeto porque o detector não está em contato direto com o mesmo. 2) Pode medir o objeto que está em movimento. 3) Geralmente mede a temperatura da superfície. 4) Depende da emissividade
Faixa de Temperatura	É indicado para medir temperaturas menores que 1600°C.	É adequado para medir temperaturas elevadas (> -50 °C).
Precisão	Geralmente, $\pm 1\%$ da faixa	Geralmente 3 a 10 °C
Tempo de Resposta	Geralmente grande (> 5min)	Geralmente pequeno (0,3 ~ 3 s)

TERMÔMETRO DE VIDRO



* Precisão:

0,5 à 3% term.comum
0,1 à 0,5% term.padrão

* Sensibilidade:

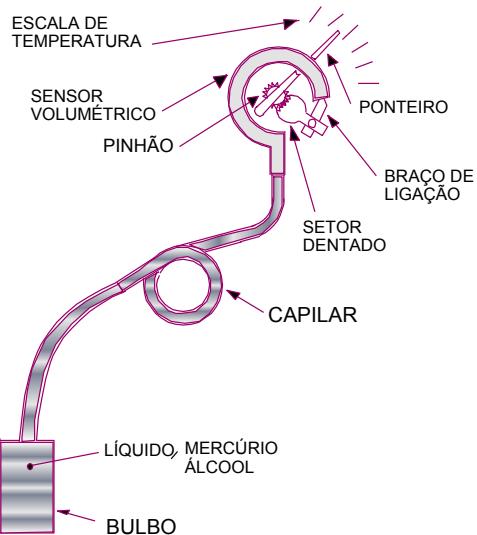
função de vários fatores.

LIQUIDO	PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO (°C)	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)	FAIXA DE UTILIZAÇÃO (°C)
Mercúrio	- 39	357	- 38 a 550
Álcool etílico	- 115	78	- 100 a 70
Tolueno	- 92	110	- 80 a 100

Para o caso do mercúrio, cuja faixa normal é de - 38 a 357°C, pode-se elevar este limite até 550°C mediante emprego de vidro adequado e injeção de um gás inerte sob pressão, pois isto faz com que se evite a vaporização do mercúrio.

Por se tratar de um medidor barato, o termômetro de vidro industrial é utilizado na indicação de temperatura de pequena flutuação, no processo em que a leitura da temperatura no próprio local não se constitui problema, bem como para os casos em que precisão abaixo de $\pm 1\%$ e resposta rápida não se fizerem necessárias.

Termômetros c/ Sistema de Enchimento



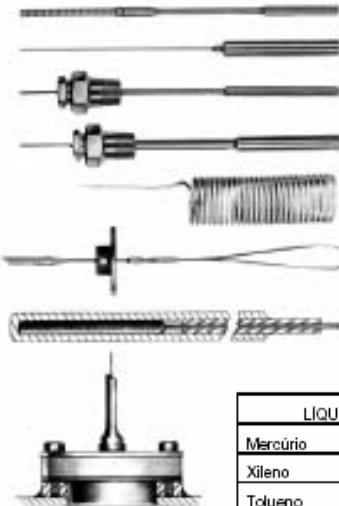
Este termômetro consta de um bulbo de metal ligado a um capilar metálico e um elemento sensor. Neste caso, o líquido preenche todo o instrumento e com uma variação da temperatura se dilata deformando elasticamente o elemento sensor.

A este elemento sensor é acoplado um ponteiro que pode girar livremente sobre uma escala graduada. Como a relação entre a deformação do elemento sensor e a temperatura é proporcional, este instrumento nos fornece uma leitura linear.

Bulbo - Suas dimensões variam de acordo com a sensibilidade desejada e também com o tipo de líquido utilizado na aplicação. Os materiais mais usados para sua confecção são: aço inoxidável, chumbo, monel e cobre.

Capilar - Suas dimensões são também variáveis, sendo que o seu comprimento máximo é de 60 metros para líquidos orgânicos e de 15 metros para enchimento com mercúrio. Normalmente é confeccionado em aço, chumbo ou cobre.

Elemento sensor - Os materiais mais usados para sua confecção são: aço inoxidável e bronze fosforoso.



No caso de utilizar o mercúrio como líquido de enchimento, o material do bulbo capilar e sensor não pode ser de cobre ou liga do mesmo.

A faixa de utilização dos líquidos ultrapassa os limites do ponto de ebulação porque o recipiente é preenchido sob pressão elevada (aproximadamente 40 atm).

LÍQUIDO	FAIXA DE UTILIZAÇÃO (°C)
Mercúrio	- 38 à 550
Xileno	- 40 à 400
Tolueno	- 80 à 100



Helicoidal

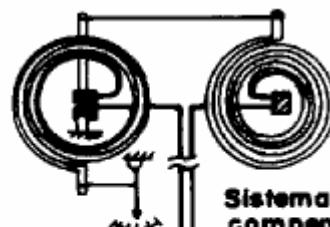


C



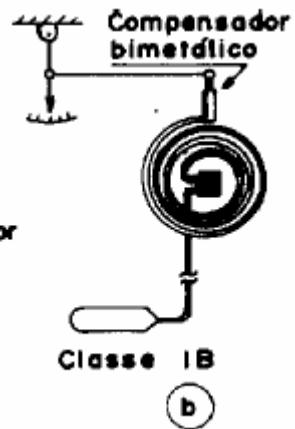
Espiral

Tipos de sensores usados em sistemas termais



Classe I A

(a)



Classe I B

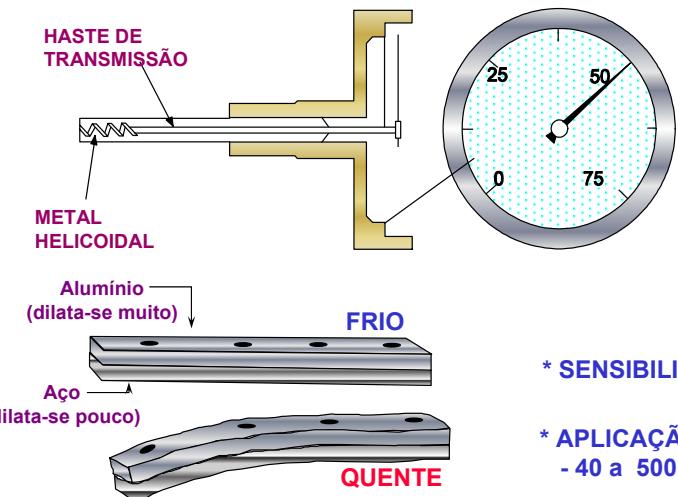
(b)

Pelo fato deste sistema utilizar líquido inserido num recipiente e da distância entre o elemento sensor e o bulbo ser considerável, as variações na temperatura ambiente afetam não somente o líquido no bulbo, mas todo o sistema (bulbo, capilar e sensor), causando erro de indicação ou registro. Este efeito da temperatura ambiente é compensado de duas maneiras que são denominadas classe IA e classe IB.

Na classe IB a compensação é feita somente na caixa do sensor através de uma lâmina bimetálica ou um espiral de compensação

Quando a distância entre o bulbo e o instrumento é muito grande, ou se deseja alta precisão, utilizam-se instrumentos da classe IA onde a compensação é feita na caixa e no capilar

Termômetro Bimetálico



* SENSIBILIDADE

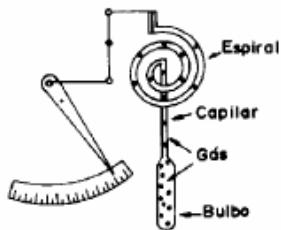
* APLICAÇÃO
- 40 a 500 C

Termômetros à pressão de gás

Os termômetros à pressão de gás baseiam-se na lei de Charles e Gay-Lussac que diz:

“A pressão de um gás é proporcional à temperatura, se mantivesse constante o volume do gás”.

Sua construção é praticamente idêntica à dos termômetros de líquido com capilares metálicos, porém o bulbo é geralmente grande, a fim de obter maior força.



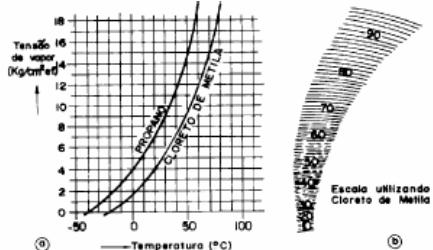
Tipos de gás de enchimento

Como gás de enchimento, utilizam-se normalmente Nitrogênio, Hélio, Neônio ou Dióxido de Carbono (CO_2). Porém, por ser inerte e mais barato, o Nitrogênio é o gás mais utilizado. A faixa de medição varia de acordo com o gás de enchimento, sendo o seu limite inferior determinado pela temperatura crítica do gás, e o limite superior pelo tipo de capilar.

GÁS DE ENCHIMENTO	TEMPERATURA CRÍTICA (°C)	FAIXA DE UTILIZAÇÃO (°C)
Nitrogênio (N_2)	- 147,1	- 130 à 550
Hélio	- 267,8	- 260 à 550
Dióxido de Carbono (CO_2)	31,1	30 à 550

Termômetros à pressão de vapor

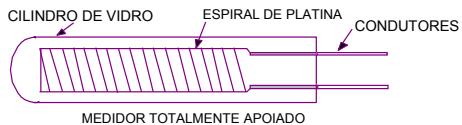
"A pressão de um vapor saturado depende única e exclusivamente de sua temperatura e não da sua mudança de volume".



Líquidos de enchimento para termômetros à pressão de vapor

LIQUIDO	PONTO DE FUSÃO (°C)	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)
Cloreto de metila	- 139	- 24
Butano	- 135	- 0,5
Éter etílico	- 119	34
Tolueno	- 95	110
Dióxido de enxofre	- 73	- 10
Propano	- 190	- 42

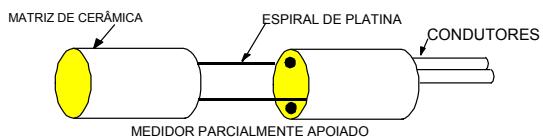
TERMORESISTÊNCIAS



Materiais + utilizados: Pt, Cu ou Ni

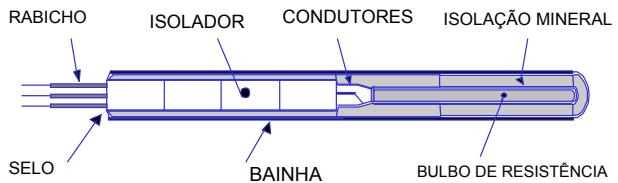
- * Alta resistividade, melhor sensibilidade,
- * Alto coeficiente de variação ($R \cdot T$),
- * Ter rigidez e dutibilidade: fios finos.

Ni/Cu : isolação: esmalte, seda, algodão ou fibra de vidro. ($T < 300^\circ\text{C}$)



Características da Pt100(à 0°C)

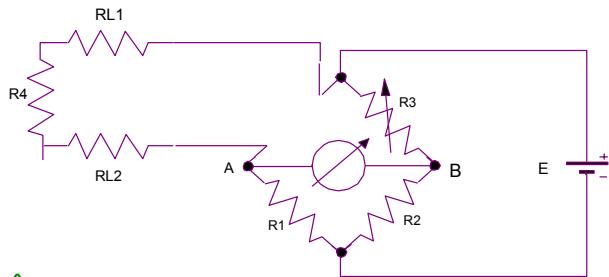
- * Padrão de Temperatura: (- 270 à 660°C),
- * Alta estabilidade e repetibilidade,
- * Tempo de resposta.



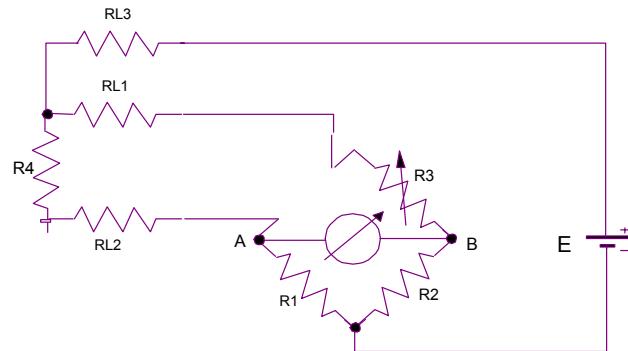
Vantagens / Desvantagens

PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO

1. Ligação à 2 fios: (utilização: dist. < 3m)



2. Ligação à 3 fios:



$$\hat{V}_{ab} = E \cdot [(R_{\text{sens}} - R_{,3}) / R_1]$$

Obs: variação linear em função da temperatura.

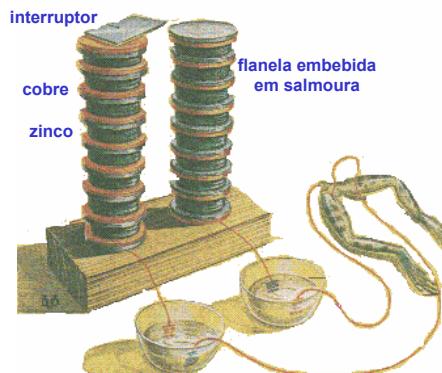


LUIGI GALVANI

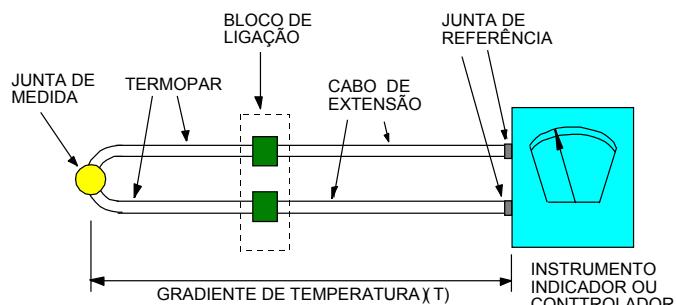
... cada relâmpago causava uma contração na pata da rã. Para conduzir corrente elétrica, Galvani utilizada grandes objetos metálicos, por exemplo, bastava colocar o músculo da pata da rã em contato com a grade metálica, unindo o nervo a um anzol de bronze ...

CONDE ALESSANDRO VOLTA

As pilhas de Volta eram simples células eletrolíticas aclopadas uma sobre a outra. Ao fechar o circuito, a corrente que circulava estimulava o músculo das pernas da rã que se contraíam.



TERMOPARES



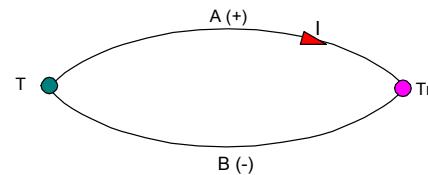
Efeitos Termoelétricos:

Seebeck, Peltier, Thomson

Efeito Seebeck

Num circuito fechado formado por dois fios de metais diferentes ocorre uma circulação de corrente enquanto existir uma diferença de temperatura entre suas junções.

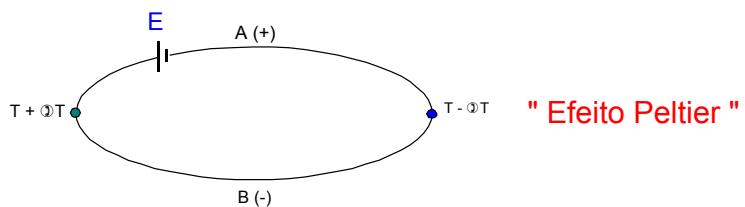
Sua intensidade é proporcional à diferença de temperatura e à natureza dos metais utilizados.



"Efeito Seebeck"

Efeito Peltier

Dado um par termoelétrico com ambas as junções à mesma temperatura, se, mediante uma fonte externa, produz-se uma corrente no termopar, as temperaturas das junções variam em uma quantidade não inteiramente devido ao efeito Joule. A esse acréscimo de temperatura foi denominado efeito Peltier.



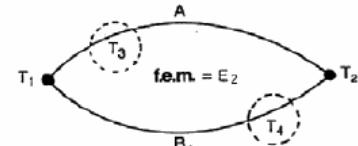
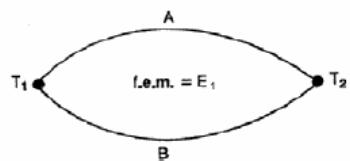
Efeito Thomson

Thomson concluiu, que a condução de calor ao longo dos fios metálicos de um termopar, que não transporta corrente, origina uma distribuição uniforme de temperatura em cada fio e, quando existe corrente, modifica-se em cada fio a distribuição da temperatura em uma quantidade não somente devido ao efeito Joule. A essa variação adicional na distribuição da temperatura denominou-se efeito Thomson.

Leis Fundamentais dos Circuitos Termoelétricos

Lei do Circuito Homogêneo

A força eletromotriz (f.e.m.) termal desenvolvida em um circuito termoelétrico formado por dois metais homogêneos mas de naturezas diferentes, depende única e exclusivamente da diferença de temperatura entre as junções e de suas composições químicas, não sendo assim interferida pelo gradiente de temperatura e nem de sua distribuição ao longo dos fios.

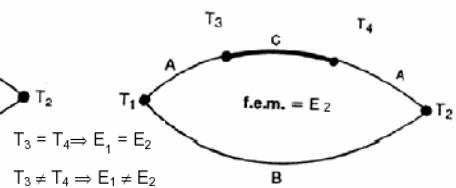
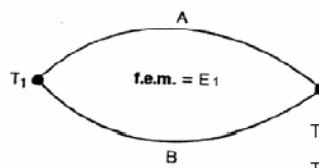


225

Nelson Moreira Junior

Leis dos metais intermediários

Num circuito constituído por condutores de vários metais diferentes, a força termoeletromotriz total será zero (0) se todo o circuito estiver à mesma temperatura. Quando um circuito formado de dois fios de natureza diferentes com suas junções em temperaturas diferentes, corta-se um dos fios e introduz-se em terceiro fio de outra natureza, a f.e.m. criada originalmente não é modificada, desde que as duas junções criadas pelo terceiro fio estejam à mesma temperatura.

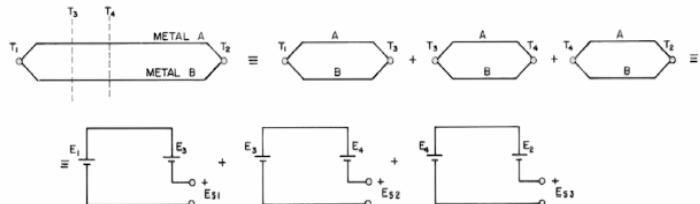


226

Nelson Moreira Junior

Lei da Temperatura Intermediária

A f.e.m. gerada num termopar de metais homogêneos, com suas junções a temperaturas T_1 e T_2 , é igual a soma algébrica da f.e.m. do termopar com uma junção na temperatura T_1 e a outra numa temperatura qualquer T com a f.e.m. do mesmo termopar com suas junções a T e T_2 . Assim, a f.e.m. gerada depende somente da diferença entre a junta fria, independente de qualquer temperatura intermediária f.e.m.

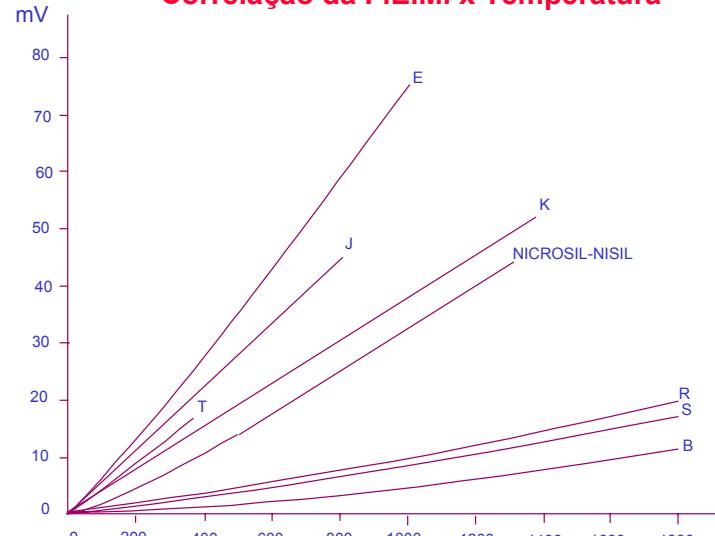


CARACTERÍSTICAS/TIPOS DOS TERMOPARES

" Existem várias combinações de 2 metais condutores:
 - devem possuir relação razoável/ linear entre Temp.
 * fem e também desenvolver uma fem por grau de mudança de Temperatura, que seja detectável pelos equipamentos normais."

Grupos : * Termopares Básicos.
 * Termopares Nobres.
 * Termopares Especiais.

Correlação da F.E.M. x Temperatura



TERMOPARES BÁSICOS

Maior uso industrial, custo baixo, maior limite de erro

Tipo T : Cu-Co (Cobre-Constantan)

Liga: (+) Cu(99,9%) (-) Co(Cu-58%;Ni-42%)

Faixa: - 184 à 370°C=(- 5,38 à 19,03 mv) e 5,14 mv / 100°C (T+)

Identificação de polaridade: O Cobre (+) é avemelhado :

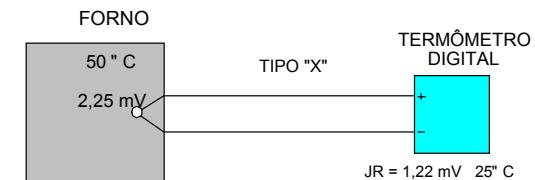
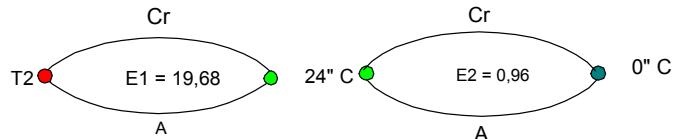
Tipo J : Fe-Co (Ferro – Constantan)

Liga: (+) Fe(99,5%) (-) Co

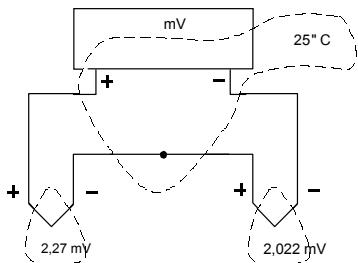
Faixa: 0 à 760°C = (0 à 49,92 mV) e 5,65 mV / 100°C

Identificação de polaridade : o pos.(Fe) é magnético

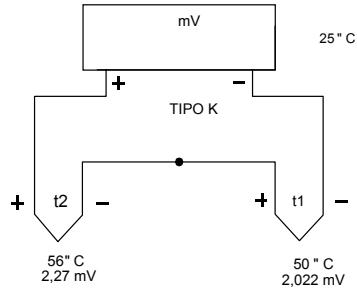
Correção da Junta de Referência



ASSOCIAÇÃO DE TERMOPARES



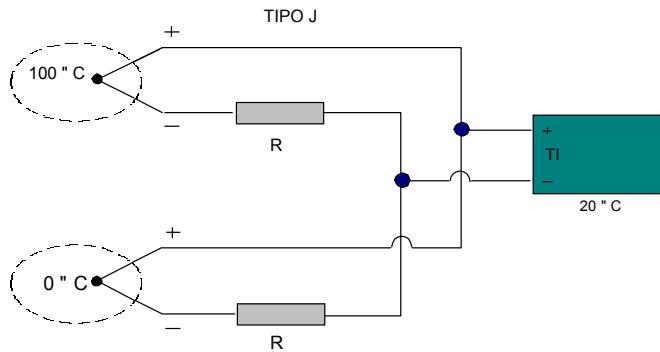
1. - Associação Série



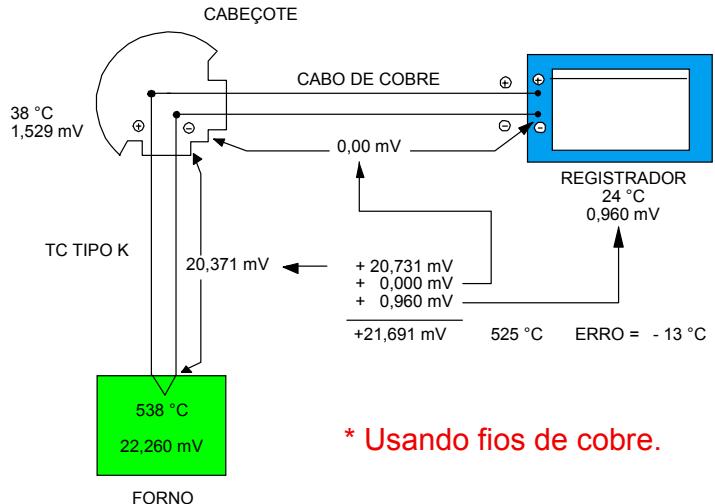
2. - Associação Série-oposta

ASSOCIAÇÃO DE TERMOPARES

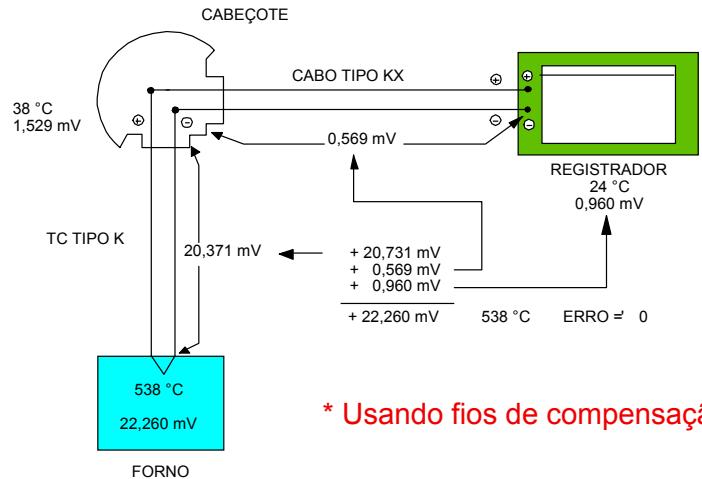
3. - Em Paralelo



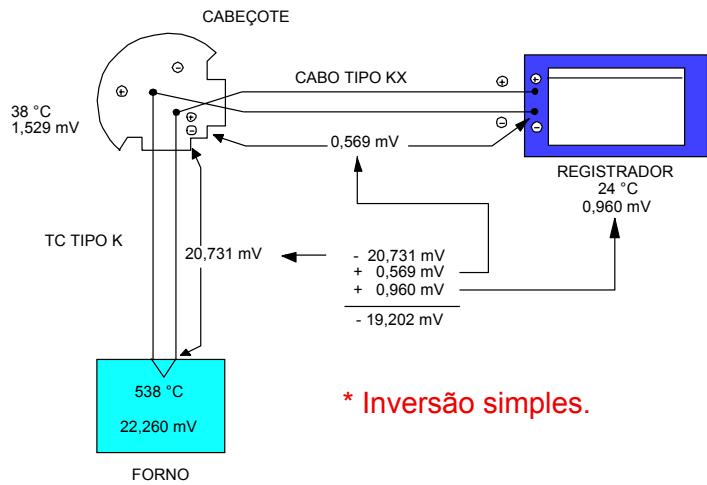
ERROS DE LIGAÇÃO



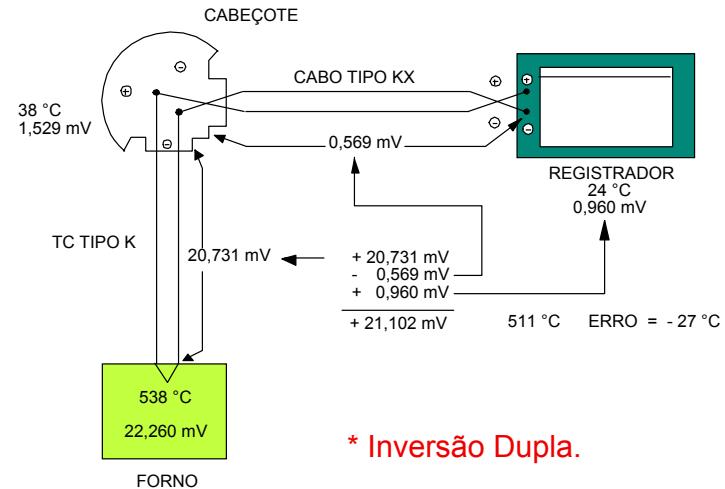
ERROS DE LIGAÇÃO



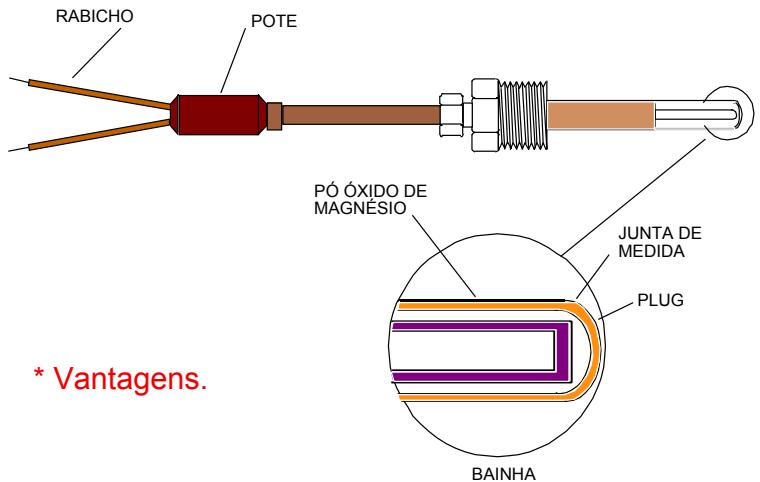
ERROS DE LIGAÇÃO



ERROS DE LIGAÇÃO

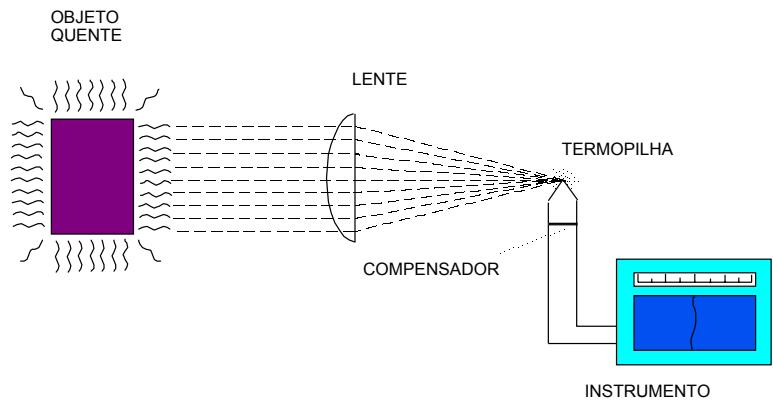


Termopar de Isolação Mineral

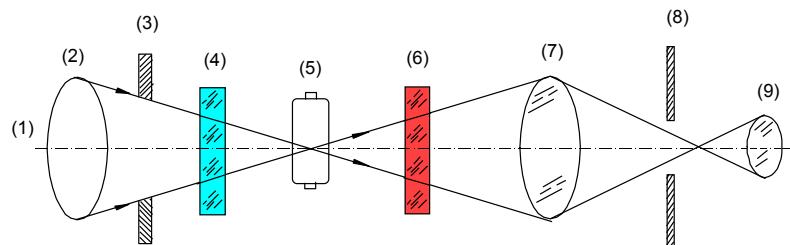


* Vantagens.

PIRÔMETRO DE RADIAÇÃO

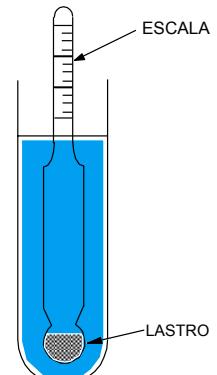


PIRÔMETRO ÓPTICO

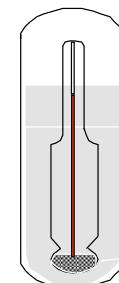


- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. - Alvo | 5. - Lâmpada |
| 2. - Lente objetiva | 6. - Filtro vermelho |
| 3. - Diafragma | 7. - Lente objetiva |
| 4. - Filtro absorvente | 8. - Diafragma |

MEDIÇÃO DE DENSIDADE

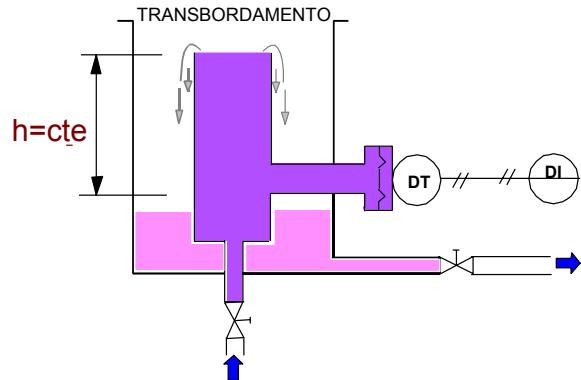


Densímetro



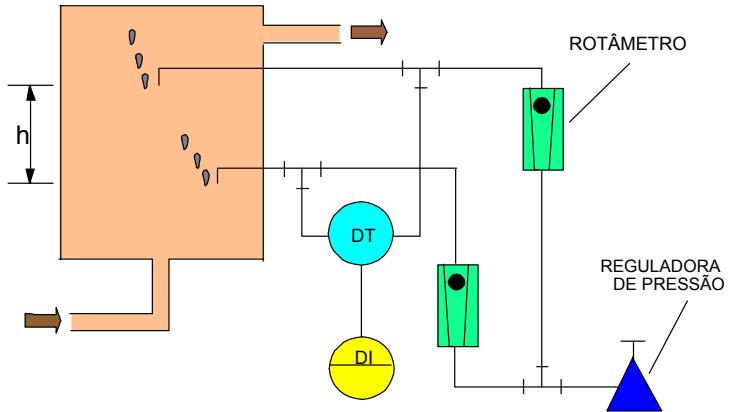
Densímetro
Autocompensado

MEDIÇÃO DE DENSIDADE



Pressão Hidrostática ($P=h \cdot \rho$)

MEDIÇÃO DE DENSIDADE - Sist. de Purga



Range do TD: $h_{\text{mín.}} \text{ à } h_{\text{máx.}}$

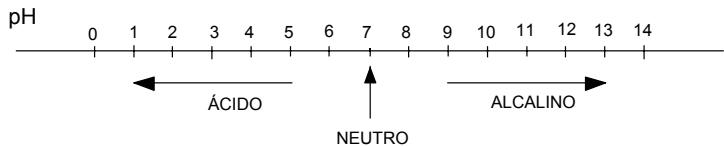
MEDIDA DE pH

* dissociação eletrolítica $\rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O} + \text{OH}^-$
exp. da água :

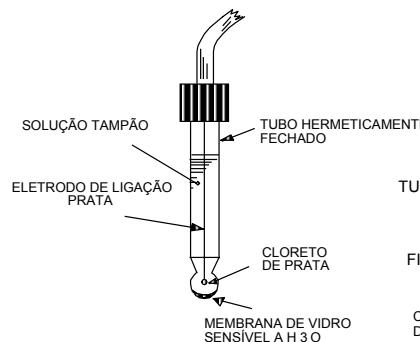
* solução neutra = não ácida e não alcalina

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] \quad \text{e} \quad [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

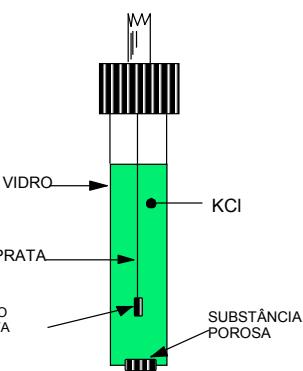
$$\textcircled{8} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7} \quad \text{e} \quad \text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$



Elementos de Medição

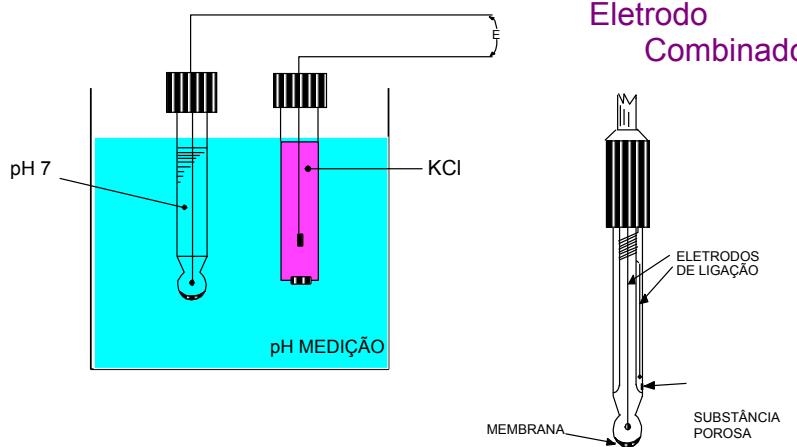


Eletrodo de medição



Eletrodo de referência

SISTEMA DE MEDIÇÃO



AGENDA

Índice

Conceitos Básicos

Telemetria

Variáveis de Processo:- Pressão, Nível, Vazão, Temperatura, Densidade e pH.

Controle de Processo

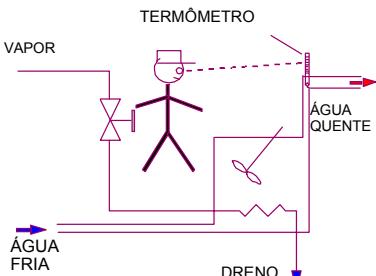
Elementos Finais de Controle

Técnicas de Segurança Operacional

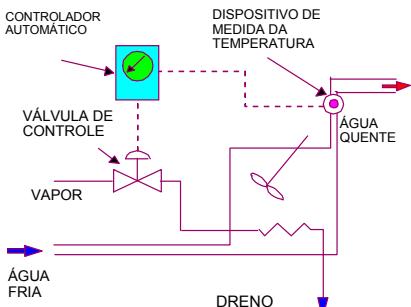
Segurança Intrínseca

CONTROLE DE PROCESSO

Sistema de Controle em Malha Fechada



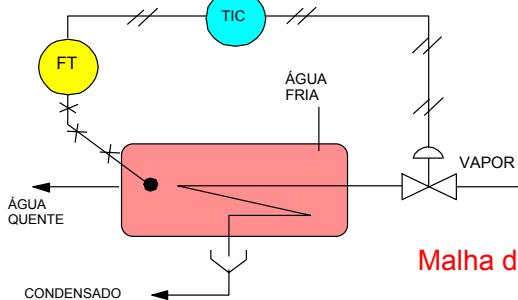
Controle realimentado manualmente



Controle realimentado automaticamente

Definições

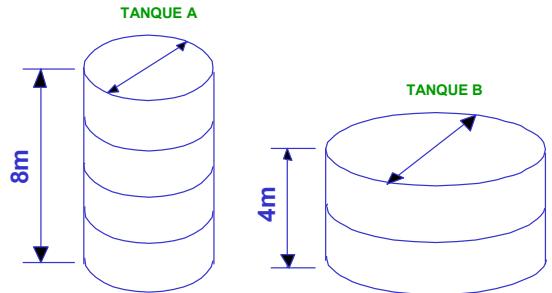
Processo, Variável controlada, Set-point, Elemento de realimentação, Variável de realimentação, Desvio (Erro), Controlador, Variável manipulada, Elemento Final de Controle e Pertubações.



Malha de Controle

ATRASOS DE TEMPO DO PROCESSO

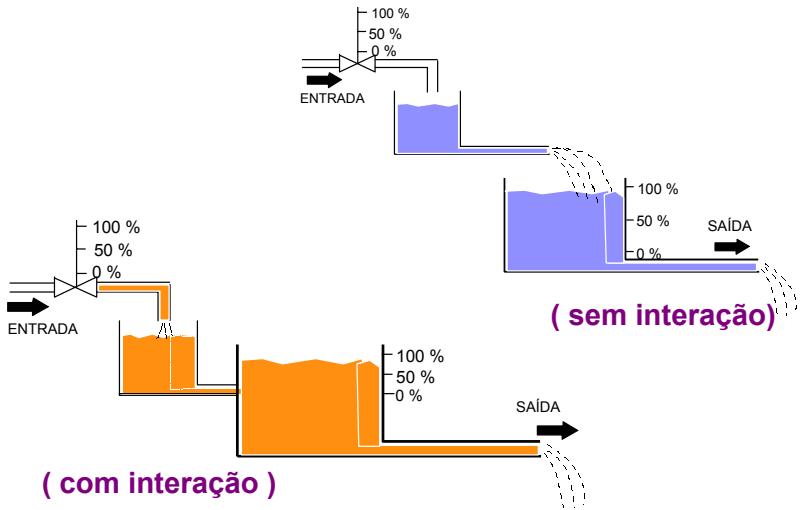
1. - Capacitância / Capacidade (volume)



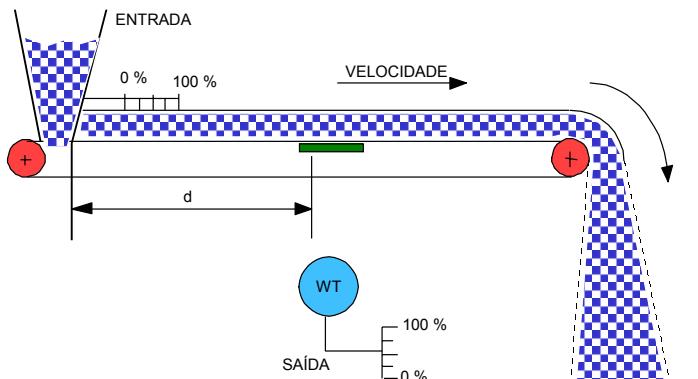
tanque A:
vol.= 100 m³
capac.= $100/8=12,5 \text{ m}^3$

tanque B:
vol.=100 m³
capac.= $100/4=25 \text{ m}^3$

Resistência (Atrasos de Tempo)

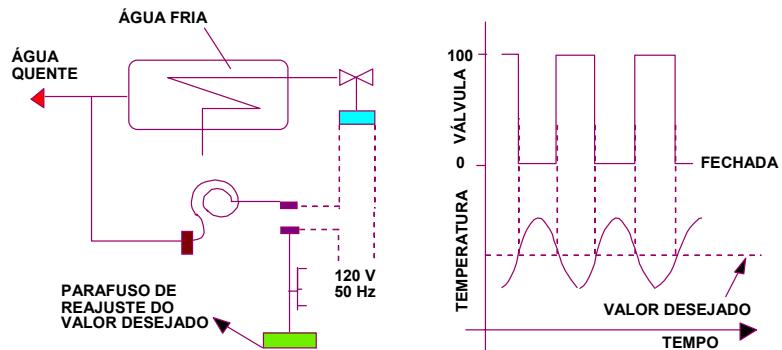


Tempo de Transporte (Tempo Morto)



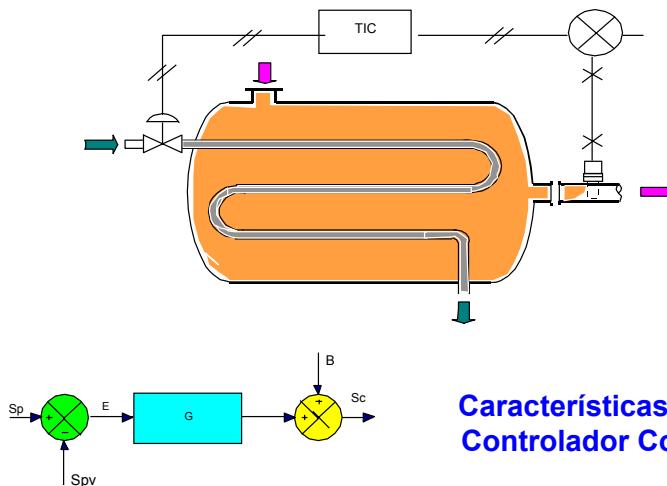
MODOS DE CONTROLE

Sistemas de C.A. Descontínuo
(2 posições - Tudo ou Nada)



Controle liga - desliga (sem histerese)

Sistemas de Controle Automático Contínuo



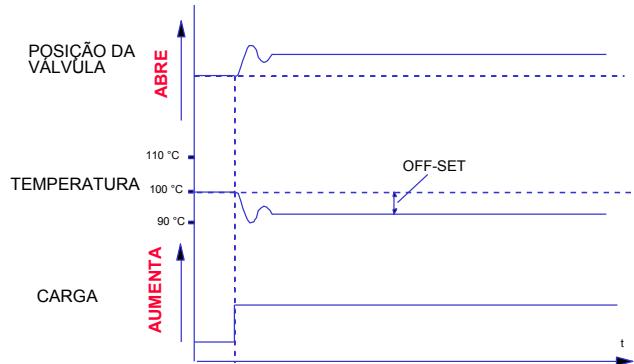
255

Nelson Moreira Junior

AÇÃO PROPORCIONAL

$$Sc = (G \cdot E) + B$$

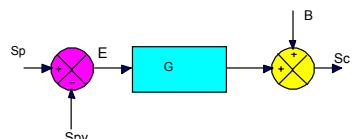
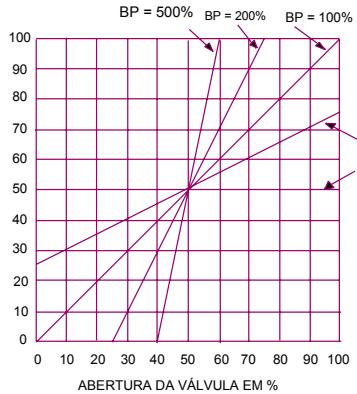
" A amplitude de correção é proporcional a amplitude do desvio(erro)."



256

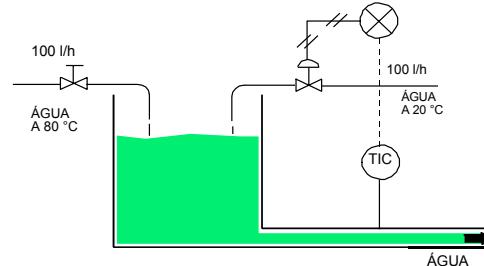
Nelson Moreira Junior

Banda Proporcional e Ganho

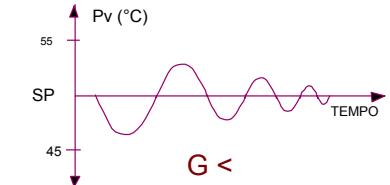
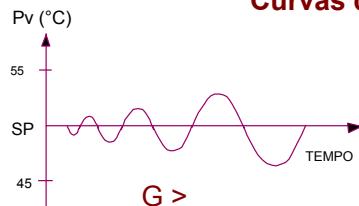


$$\begin{aligned} Sc &= G.E + B = \\ &= G.(Sp - Pv) + B \quad (\text{D}) \\ &= G.(Pv - Sp) + B \quad (\text{R}) \end{aligned}$$

SISTEMA DE CONTROLE

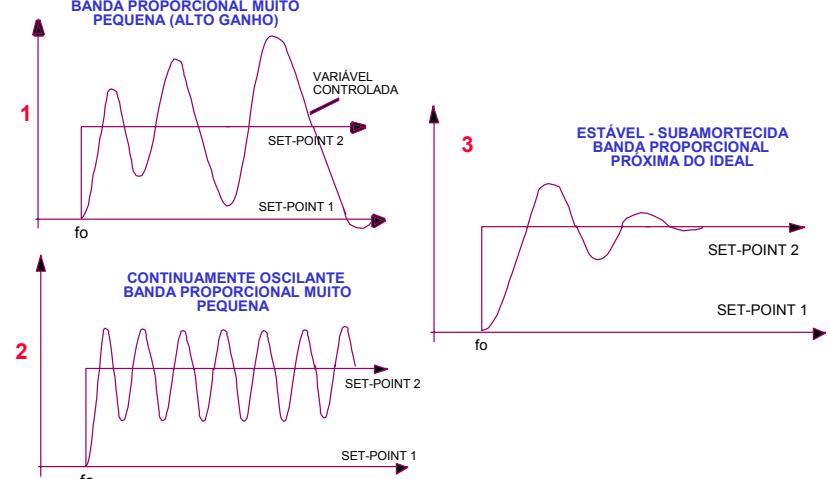


Curvas de reação



RESPOSTAS DO CONTROLADOR

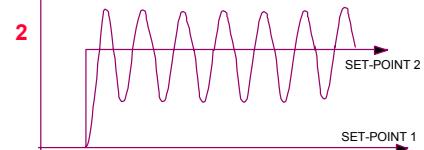
INSTÁVEL
BANDA PROPORCIONAL MUITO PEQUENA (ALTO GANHO)



ESTÁVEL - SUBAMORTECIDA BANDA PROPORCIONAL PRÓXIMA DO IDEAL



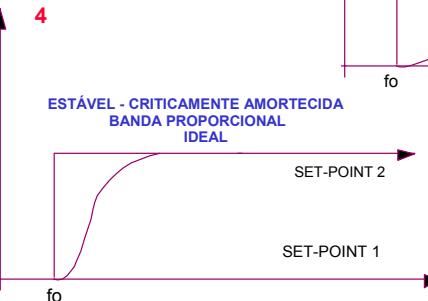
CONTINUAMENTE OSCILANTE BANDA PROPORCIONAL MUITO PEQUENA



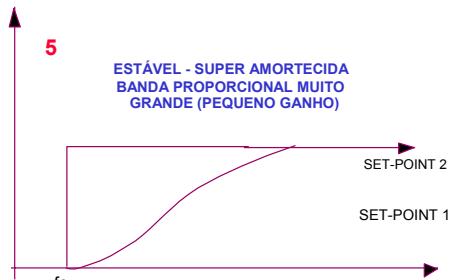
RESPOSTAS DO CONTROLADOR

Ação Proporcional

"boa estabilização,... carac. indesejável no off - set."



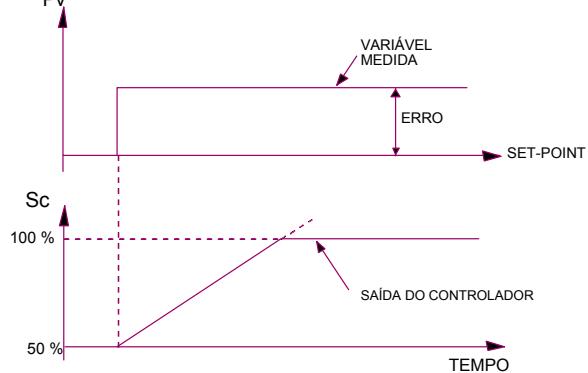
ESTÁVEL - SUPER AMORTECIDA BANDA PROPORCIONAL MUITO GRANDE (PEQUENO GANHO)



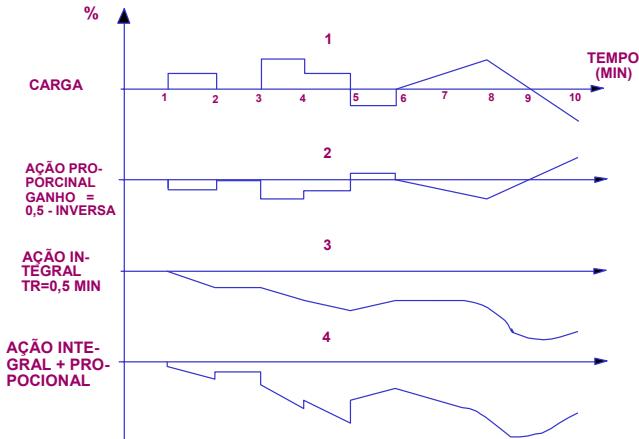
AÇÃO INTEGRAL (RESET)

$$Sc = G/Ti \cdot \int_{t_0}^t dt + B$$

Ti = tempo de integral(min.)
 $1/Ti = t$ taxa de reajuste



Respostas das ações : P , I , PI.

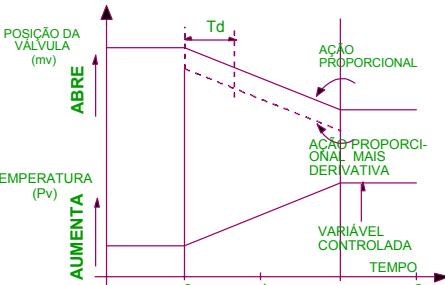
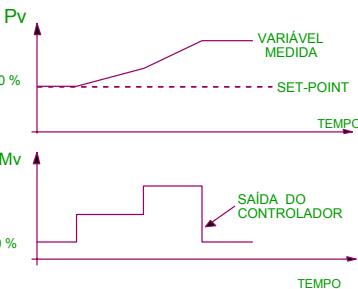


AÇÃO DERIVATIVA

$$Sc = Td \cdot de/dt + B$$

Td =tempo derivativo
 de/dt =derivada do erro
 em rel. ao tempo

Respostas do Controlador

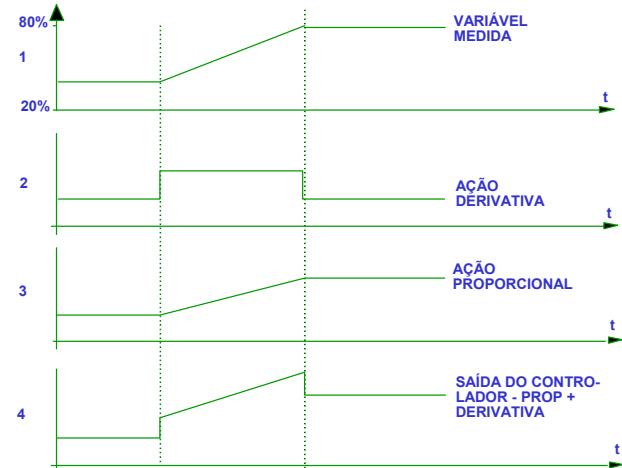


Características das ações ($P+D$)

263

Nelson Moreira Junior

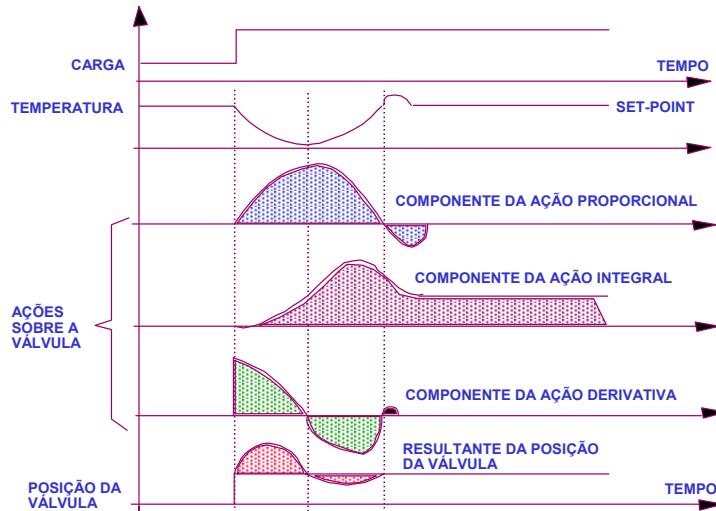
Controlador Proporcional+Derivativa



264

Nelson Moreira Junior

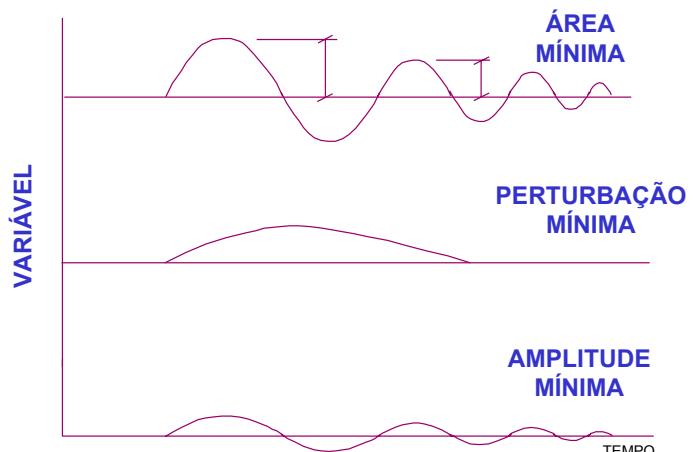
Curvas resultantes das Ações de controle(PID)



265

Nelson Moreira Junior

SINTONIA DOS CONTROLADORES



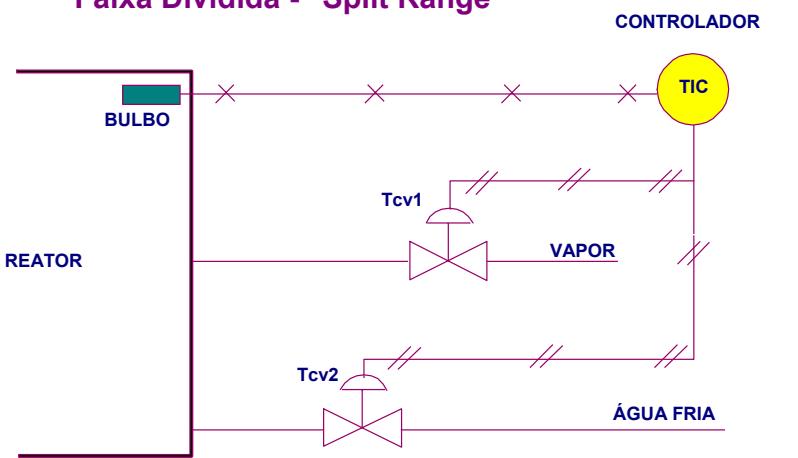
Critérios e Estabilidade

266

Nelson Moreira Junior

SISTEMAS DE CONTROLE

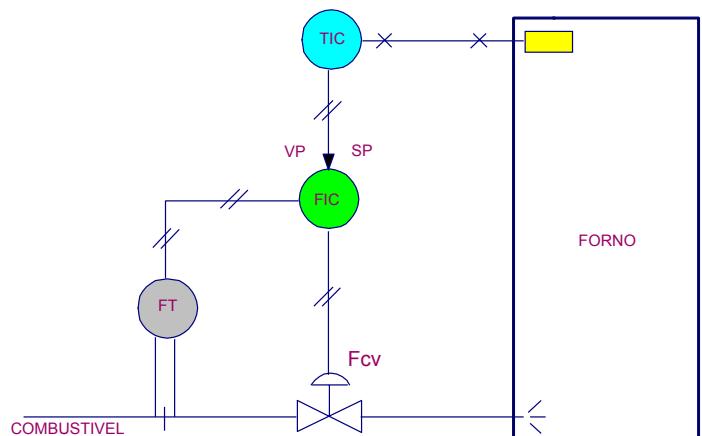
Faixa Dividida - "Split Range"



267

Nelson Moreira Junior

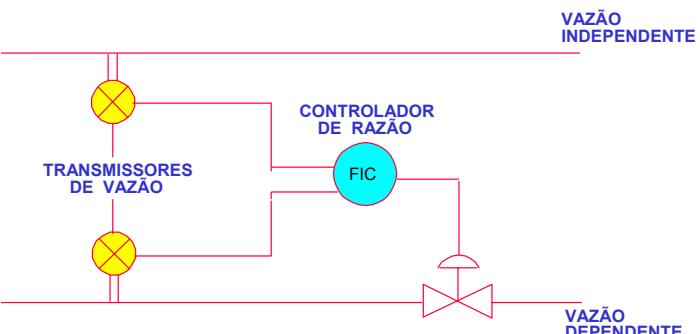
Controle Cascata



268

Nelson Moreira Junior

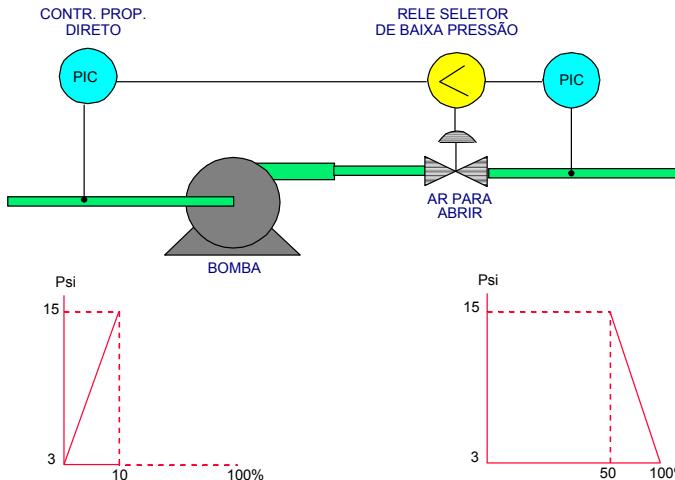
Controle de Razão (Relação)



269

Nelson Moreira Junior

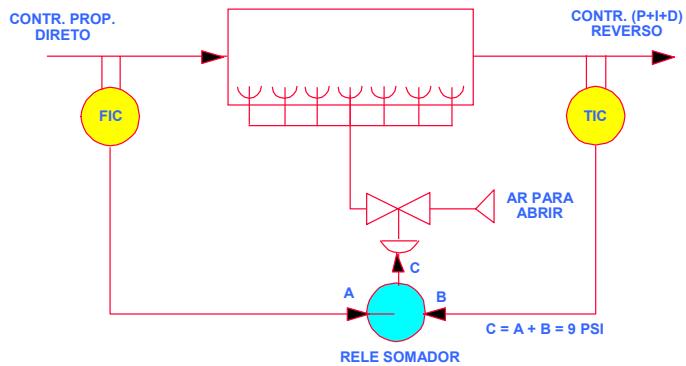
Controle Seletivo (Override)



270

Nelson Moreira Junior

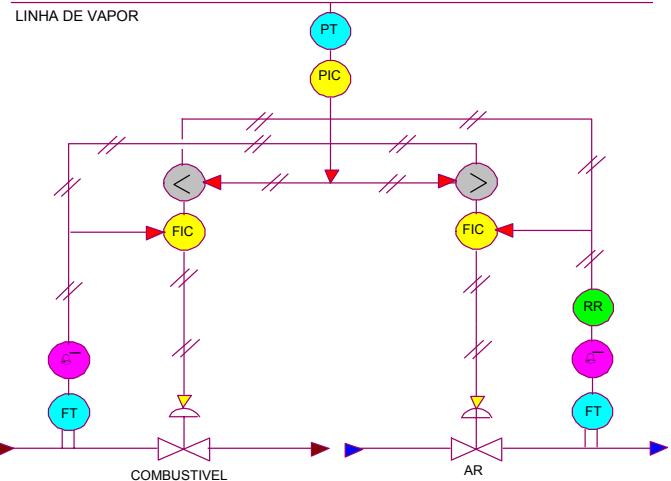
Controle Feedforward (Antecipatório)



271

Nelson Moreira Junior

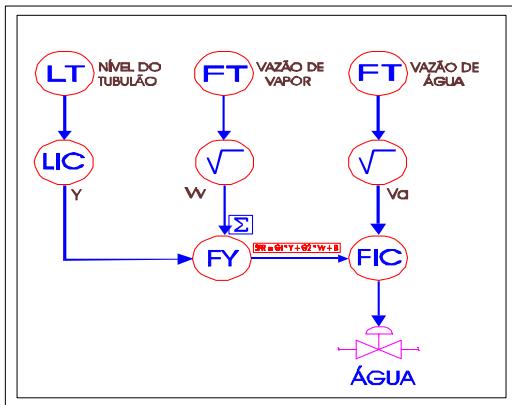
Controle de Limites Cruzados



272

Nelson Moreira Junior

Controle de Nível a 3 Elementos



AGENDA

Índice

Conceitos Básicos

Telemetria

Variáveis de Processo:- Pressão, Nível, Vazão, Temperatura, Densidade e pH.

Controle de Processo

Elementos Finais de Controle

Técnicas de Segurança Operacional

Segurança Intrínseca

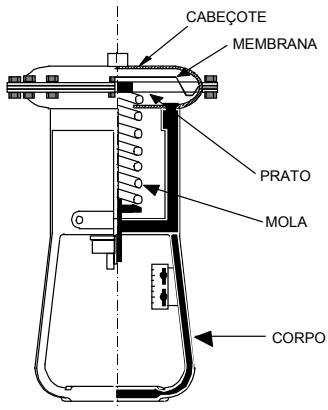
ELEMENTOS FINAIS DE CONTROLE

Tipos

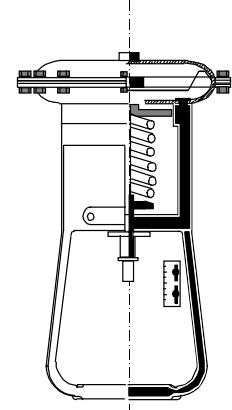
- * Damper ou Abafador,
- * Bomba,
- * Motor, resistências elétricas, variadores eletromagnéticos,
- * Chaves de posição
(fim de curso)
- * Válvulas de Controle

Componentes da Válvula de Controle

A) Atuador

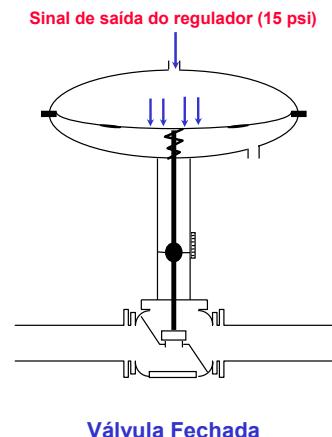
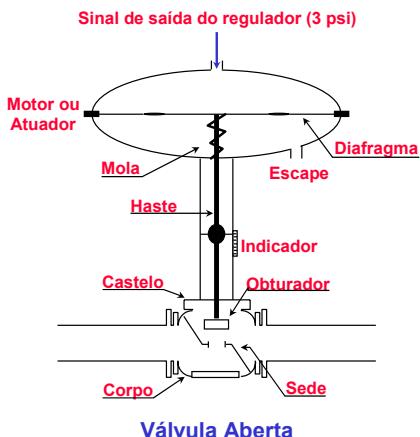


Ação Direta



Ação Reversa

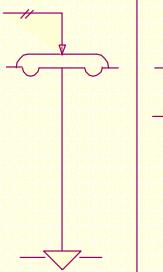
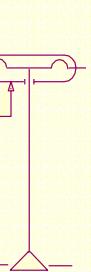
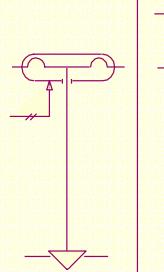
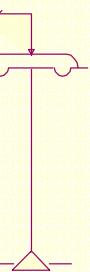
VÁLVULAS DE CONTROLE



Modos de Acionamento

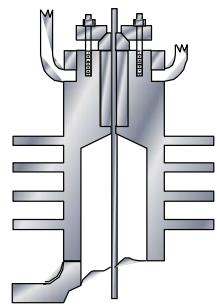
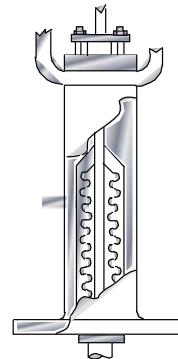
- **Acionamento Manual**
 - Volante
 - Haste Roscada
 - Alavanca
- **Acoplamento por Motor Elétrico**

Posição de Segurança por Falhas (AFA ou FFA)

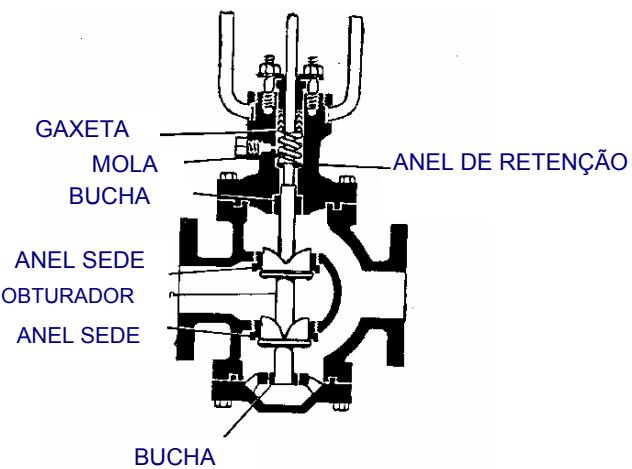
POSIÇÃO DE FALHA DA VÁLVULA	ABERTA (AFA)		FECHADA (FFA)	
	DIRETO ATUADOR OBTURADOR (tipo de montagem)	INVERSO POR CIMA	INVERSO POR BAIXO	DIRETO POR CIMA
ESQUEMA				

CASTELO

- Normal
- Aletado
- Alongado
- Com foles de vedação



INTERNOS

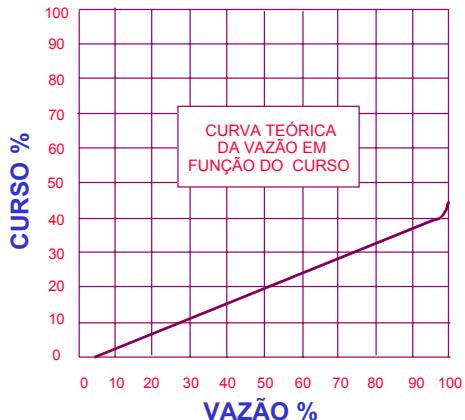


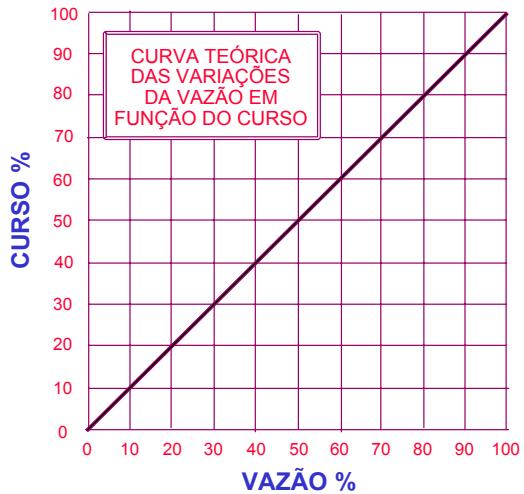
Obturador

" Controla a passagem do fluido, através da(s) sede(s) e dele depende a caracterização final de controle da válvula".

* Obturador de
característica

" Tudo ou Nada"





Característica do obturador linear



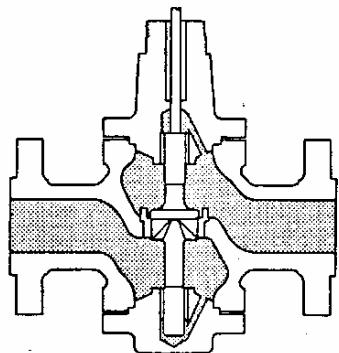
Característica do obtur.
- igual porcentagem"



Classificação das Válvulas quanto ao deslocamento da haste

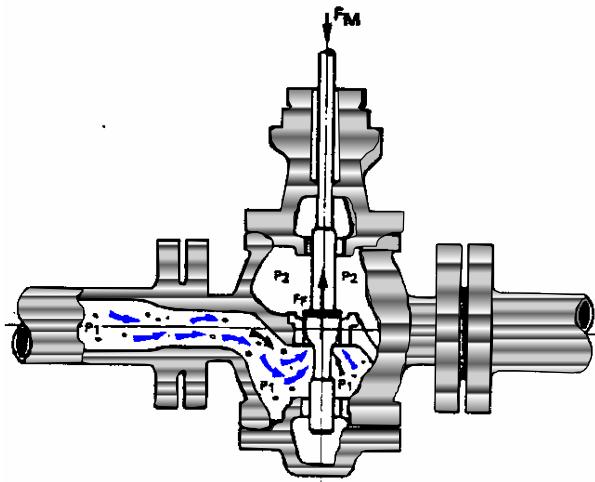
A)- Deslocamento
Linear.

B)- Deslocamento
Rotativo.

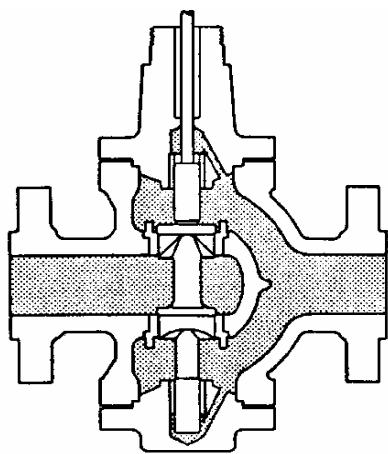


Globo sede simples. (Corpo Reversível)

Força Hidrodinâmica sobre o Obturador Simples



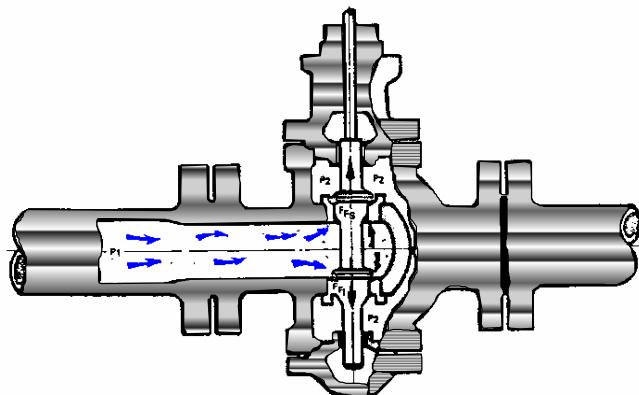
**Globo sede dupla
(Corpo Reversível)**



287

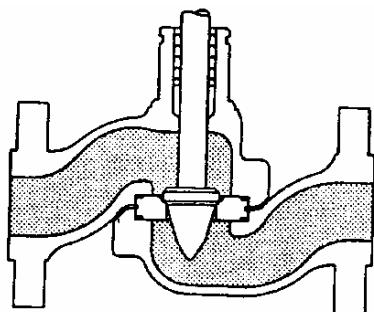
Nelson Moreira Junior

Força Hidrodinâmica sobre o Obturador Duplo



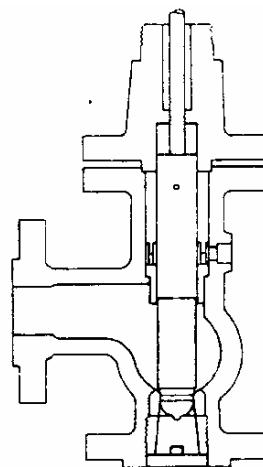
288

Nelson Moreira Junior

Válvula de corpo bipartido(Split Body)

289

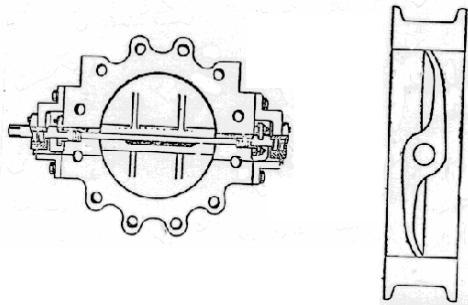
Nelson Moreira Junior

VÁLVULA ANGULAR

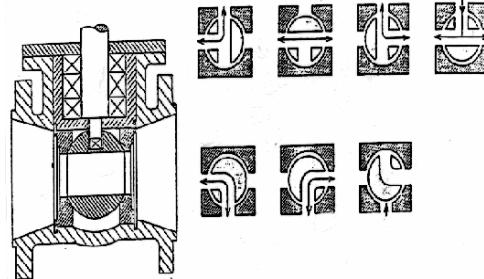
290

Nelson Moreira Junior

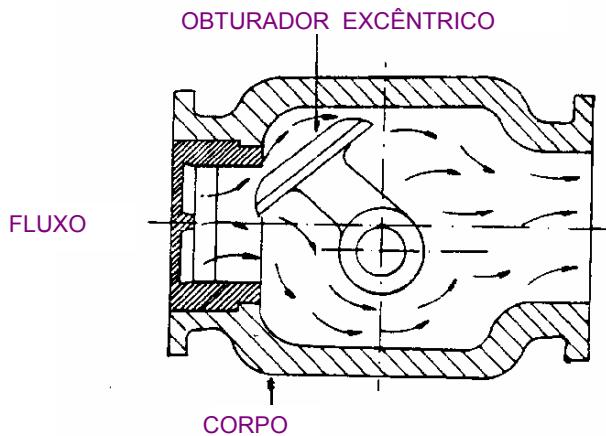
Válvula Borboleta (deslocamento rotativo da haste)



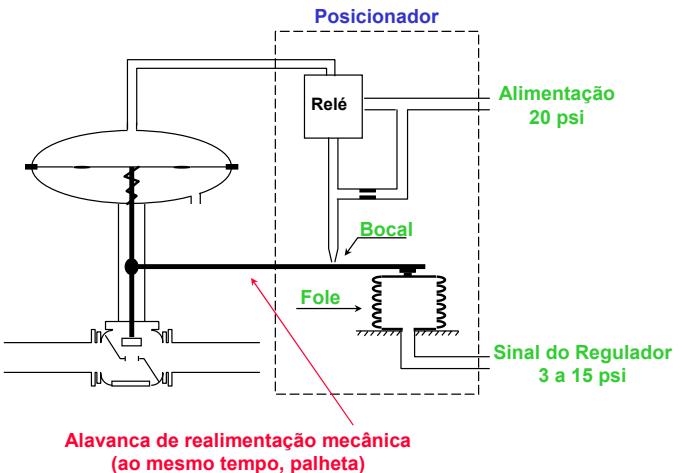
Válvula tipo Esfera

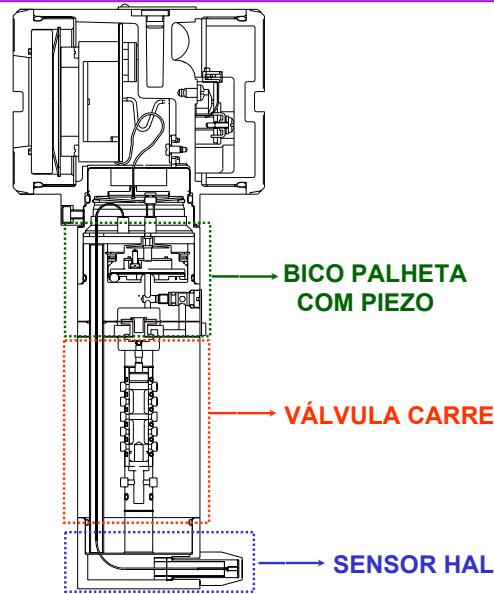
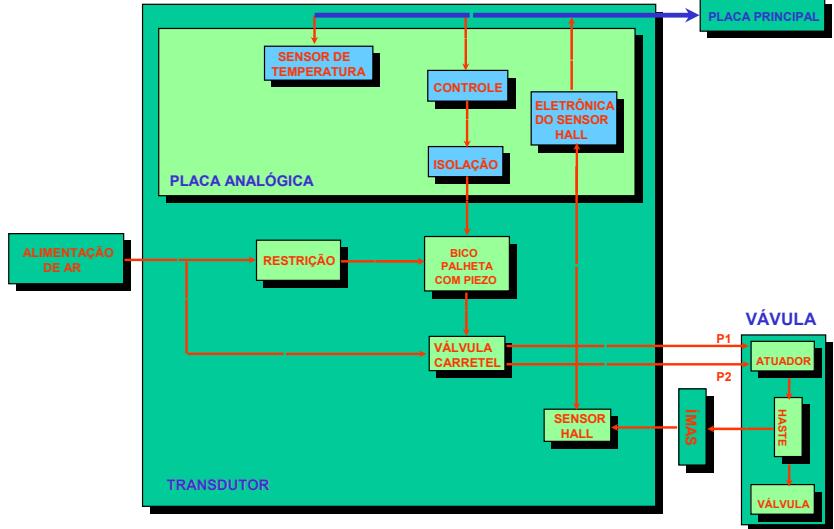


VÁLVULA CAMFLEX



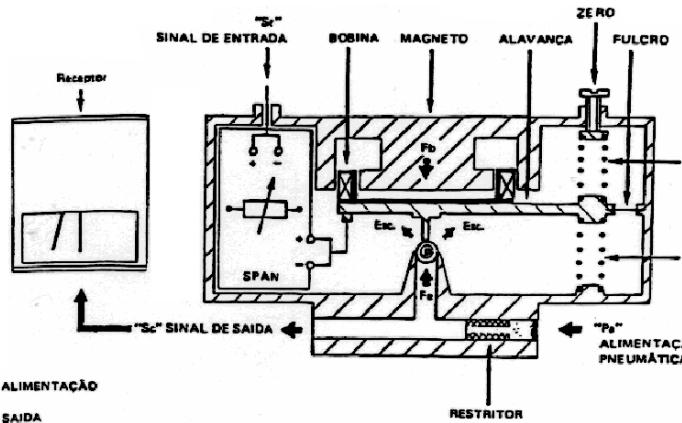
POSICIONADOR PNEUMÁTICO



**CONHECENDO O POSICIONADOR**

CONVERSOR OU TRANSDUTOR - I / P

DIAGRAMA FUNCIONAL



AGENDA

Índice

Conceitos Básicos

Telemetria

Variáveis de Processo:- Pressão, Nível, Vazão, Temperatura, Densidade e pH.

Controle de Processo

Elementos Finais de Controle

Técnicas de Segurança Operacional

Segurança Intrínseca

TABELA DE SEQUÊNCIA DE ALARMES - ISA

CÓDIGO ISA	CONDIÇÃO DO ANUNCIADOR	CONDIÇÃO DA VARIÁVEL DE PROCESSO	INDICADOR VISUAL	SINAL AUDIVEL	FREQUÊNCIA DE USO
1B	NORMAL	NORMAL	OFF	OFF	55%
	ALERTA	ANORMAL	PISCANDO	ON	
	RECONHECIMENTO	ANORMAL	ON	OFF	
	RETORNO NORMAL	NORMAL	OFF	OFF	
	TESTE	NORMAL	ON	OFF	
1D	NORMAL	NORMAL	FRACO	OFF	1%
	ALERTA	ANORMAL	PISCANDO	ON	
	RECONHECIMENTO	ANORMAL	ON	OFF	
	RETORNO NORMAL	NORMAL	FRACO	OFF	
2A	NORMAL	NORMAL	OFF	OFF	4%
	ALERTA	ANORMAL	PISCANDO	ON	
	RECONHECIMENTO	ANORMAL	ON	OFF	
	RETORNO NORMAL	NORMAL	PISCA FRACO	OFF	
	RESET	NORMAL	OFF	OFF	
	TESTE	NORMAL	ON	OFF	
2C	NORMAL	NORMAL	OFF	OFF	5%
	ALERTA	ANORMAL	PISCANDO	ON	
	RECONHECIMENTO	ANORMAL	ON	OFF	
	RETORNO NORMAL	NORMAL	ON	OFF	
	RESET	NORMAL	OFF	OFF	
	TESTE	NORMAL	ON	OFF	
4A	NORMAL	NORMAL	OFF	OFF	28%
	ALERTA	ANORMAL			
	INICIAL		PISCANDO	ON	
	SUBSEQUENTE		ON	OFF	
	RECOLHIMENTO	ANORMAL			
	INICIAL		ON	OFF	
	SUBSEQUENTE		ON	OFF	
	RETORNO NORMAL	NORMAL	OFF	OFF	
TESTE		NORMAL	ON	OFF	7%
OUTROS					

AGENDA

Índice

Conceitos Básicos

Telemetria

Variáveis de Processo:- Pressão, Nível, Vazão, Temperatura, Densidade e pH.

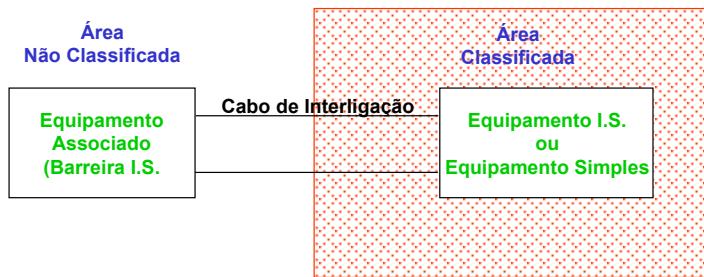
Controle de Processo

Elementos Finais de Controle

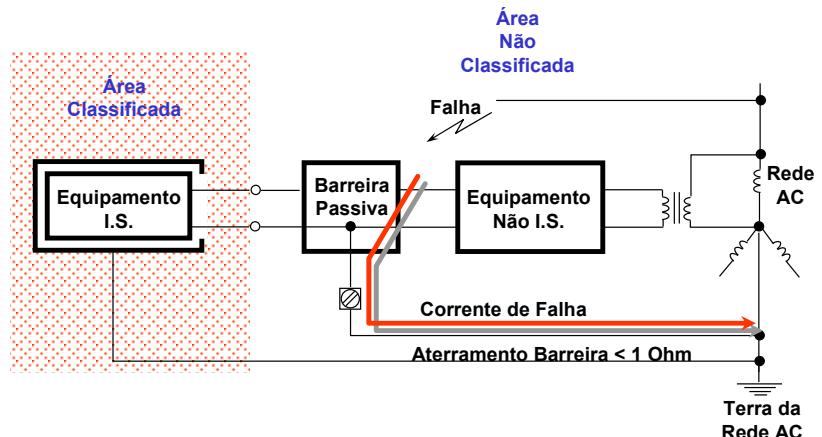
Técnicas de Segurança Operacional

Segurança Intrínseca

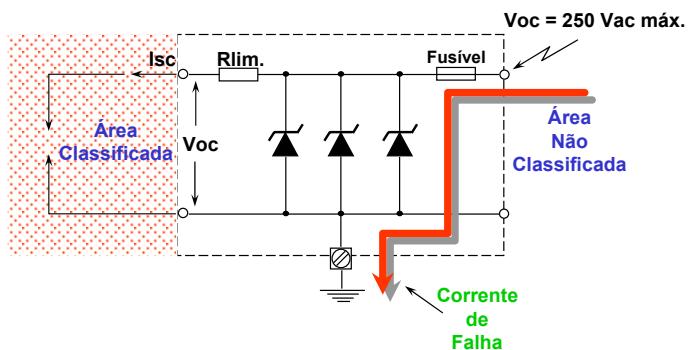
Fundamentos de Sistemas Intrínsecamente Seguros



BARREIRAS ZENER



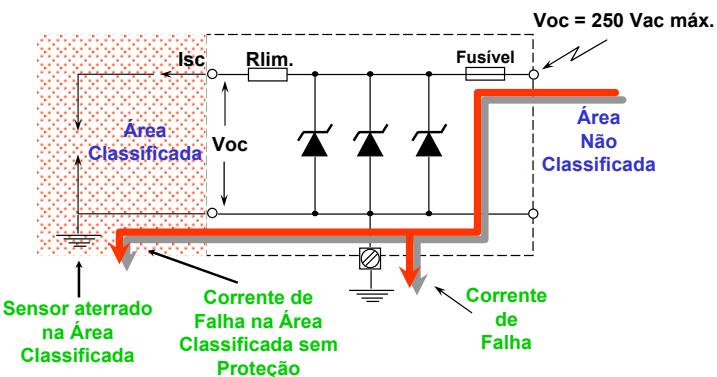
ATERRAMENTO



303

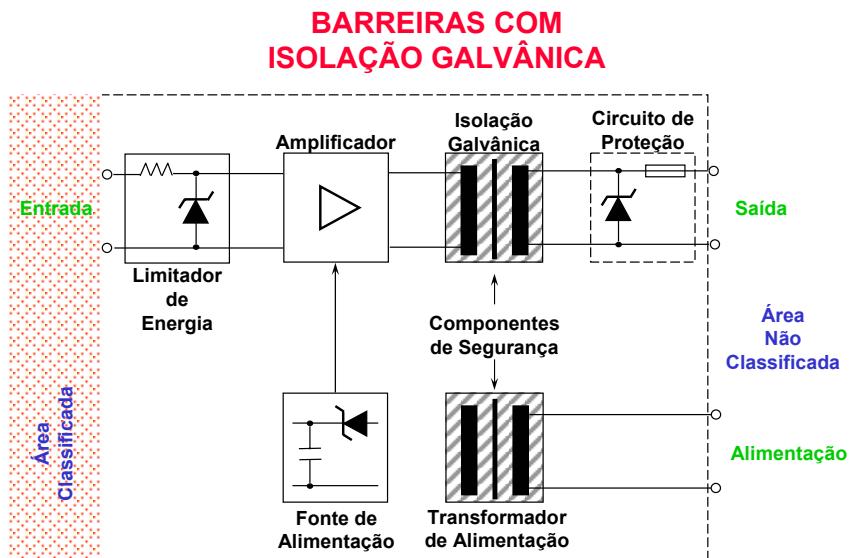
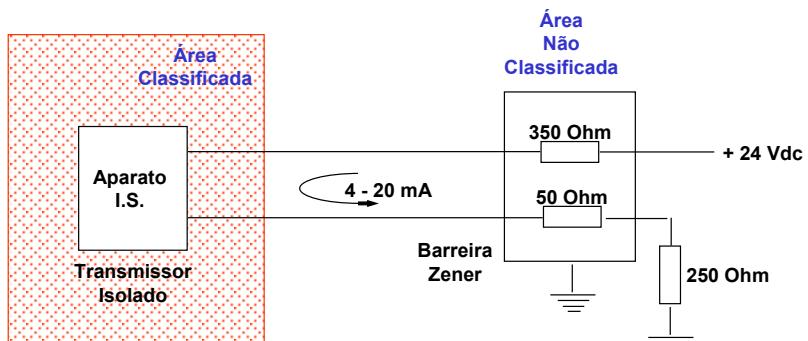
Nelson Moreira Junior

ATERRAMENTO

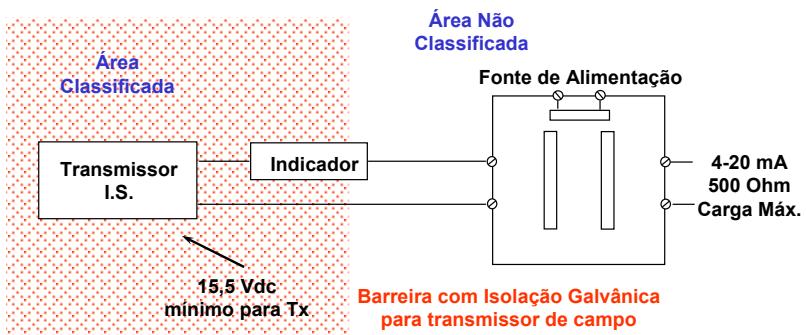


304

Nelson Moreira Junior



BARREIRAS COM ISOLAÇÃO GALVÂNICA



Área Não Classificada

