

## Automação da Medição na Indústria do Petróleo

Luiz Affonso Guedes  
www.dca.ufrn.br/~affonso  
affonso@dca.ufrn.br



Luiz Affonso Guedes 1

## Apresentação

- Disciplina da ênfase de Automação
- Carga-horária: 60h teóricas
  - Automação da Medição (affonso)
  - Processamento e transmissão de sinais (Adrião)
  - Teoria de Controle (Maitelli)
- Horário e Local:
  - 23456M1234
  - LAMP - Auditório
- Avaliação:
  - A definir

Luiz Affonso Guedes 2

## Objetivo da Disciplina

- Apresentar os conceitos associados com os procedimentos de automação na indústria de petróleo e gás

Luiz Affonso Guedes 3

## Ementa da Disciplina

- Definição de automação.
- Sensores e Atuadores.
- Condicionamento e transmissão de sinais
- Teoria de controle
- Redes Industriais
- Gerência de Informação

Luiz Affonso Guedes 4

## Referências Bibliográfica

Instrumentação Industrial, Egídio Alberto Bega e Allí, Eitora Interciência, 2003.

Luiz Affonso Guedes 5

## Automação da Medição

### Conteúdo desta Fase

- Definição de automação
- Instrumentação industrial
  - Sensores e atuadores
  - Hardware e software de controle
- Redes Industriais
- Inter-travamento e Sistema de Segurança
- Gerência de Informação

Luiz Affonso Guedes 6

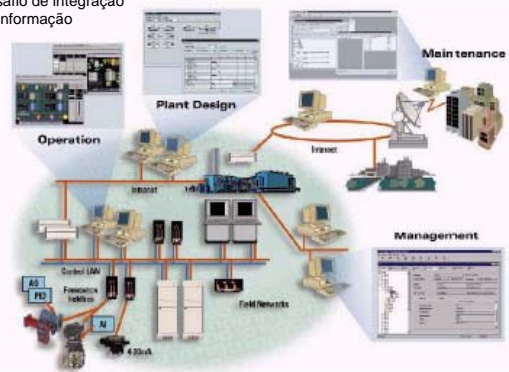
## Automação - Visão Geral

- Estudo sistêmico de sistemas de automação industrial.
- Caracterização dos elementos constituintes da automação industrial.
- Evolução da automação industrial.
- Caracterizar os requisitos demandados pelas aplicações em Automação Industrial.

Luiz Affonso Guedes 7

## Visão Geral da Automação Industrial

Desafio de integração de informação



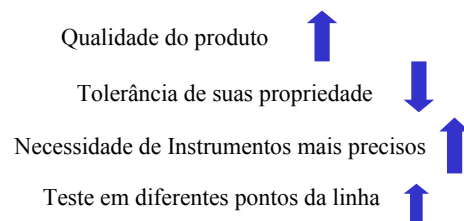
## Objetivos da Automação Industrial

- Aumento da segurança
- Diminuição dos custos operacionais
- Melhoria das condições de operação
- Simplificação das instalações
- Aumento dos níveis de controle
- Aumento dos níveis de acompanhamento

Luiz Affonso Guedes 9

## Vantagens da Automação

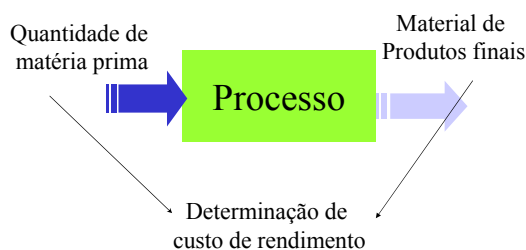
### Qualidade do Produto



Luiz Affonso Guedes 10

## Vantagens da Automação

### Qualidade do Produto



Luiz Affonso Guedes 11

## Vantagens da Automação

### Economia do Processo

Controlando a temperatura de fornos e secadores

Utilizando sensores de temperatura tais como Termopares ou Termistores

Luiz Affonso Guedes 12

## Vantagens da Automação

### Ecologia

A maioria de processos industriais geram produtos Nocivos ao médio ambiente.  
Devem ser utilizados agentes que neutralizem estes Produtos. Para isto são utilizados controladores e Medidores de PH

Luiz Affonso Guedes 13

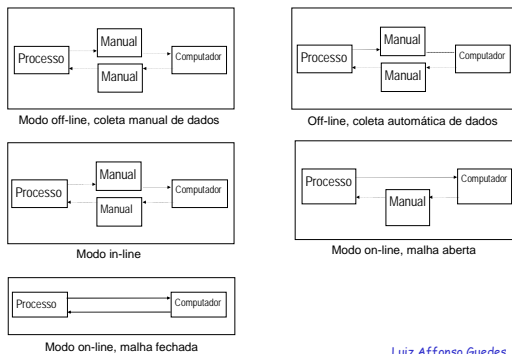
## Vantagens da Automação

### Proteção do Processo

São utilizados alarmes e procedimentos de segurança Instrumentos com contatos acionando alarmes  
Antigamente eram utilizados relés, controladores, Temporizadores e integradores.  
Atualmente são utilizados CLP's microprocessados.

Luiz Affonso Guedes 14

## Níveis de Automação Industrial



Luiz Affonso Guedes 15

## Níveis de Automação - Exemplo

- ❑ Processo não automatizado :  
Controle de nível local através de válvula com volante
- ❑ Processo semi-automatizado :  
Controle de nível através de válvula com atuador para acionamento remoto
- ❑ Processo totalmente automatizado :  
Controle de nível através de válvula com atuador e controlador automático

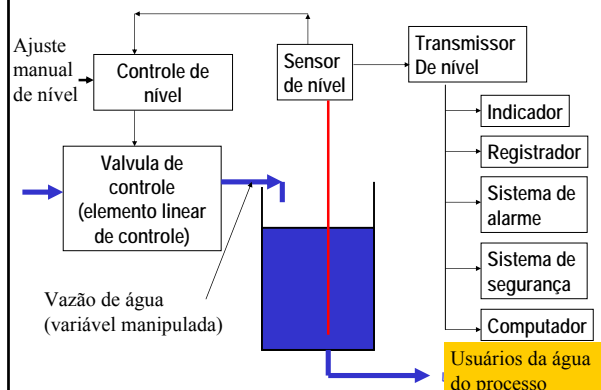
Luiz Affonso Guedes 16

## Áreas de Atuação da Automação

- Projetos de novas unidades de operação
- Modernização da planta industrial
- Integração de procedimentos e equipamentos em unidades de produção já existentes

Luiz Affonso Guedes 17

## Exemplo de Processo Automatizado

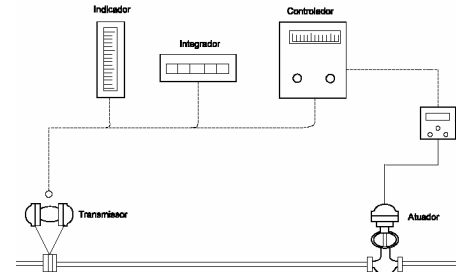


## Exemplo de Processo Automatizado

- Sub-sistema envolvidos
  - Elemento sensor
  - Condicionador de sinal
  - Transmissor
  - Indicador
  - Registrador
  - Computador de vazão
  - Válvula de controle

Luiz Affonso Guedes 19

## Exemplo de Processo Automatizado



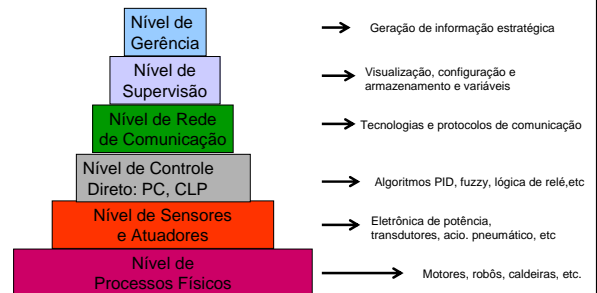
Luiz Affonso Guedes 20

## Disciplinas Envolvidas

- Sistemas de Controle
- Instrumentação
- Informática
- Processo
- Comunicações

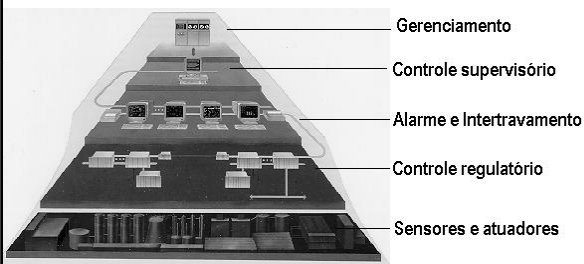
Luiz Affonso Guedes 21

## Níveis de Abstração do Problema



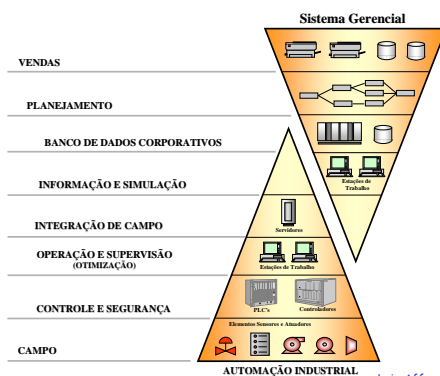
Luiz Affonso Guedes 22

## Níveis de Tecnologias do Problema



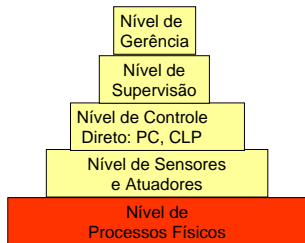
Luiz Affonso Guedes 23

## Automação: Industrial + Gerencial



Luiz Affonso Guedes 24

## O Nível de Processos Físicos



Luiz Affonso Guedes 25

## Elementos Básicos

- Processos
- Sensores
- Atuadores
  - Calibração
  - Segurança
  - Economia de energia
- Condicionamento de sinais
- Conversão de sinais
- Hardware computacional
- Sistemas operacionais
- Linguagem de programação
- Estratégias de controle
- Estratégias de segurança: inter-tratamento
- Estratégias de supervisão

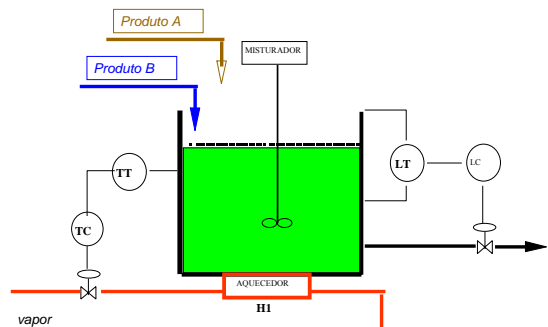
Luiz Affonso Guedes 26

## Processos

- Sistemas físicos a serem monitorados, controlados, supervisionados, gerenciados
- Processos Contínuos
  - As variáveis manipuladas têm natureza contínua
  - Processos químicos e robótica
- Processos Discretos
  - As variáveis manipuladas têm natureza discreta
  - Políticas de inter-tratamento e manufatura
- Sistemas Híbridos
  - Variáveis contínuas + Variáveis discretas

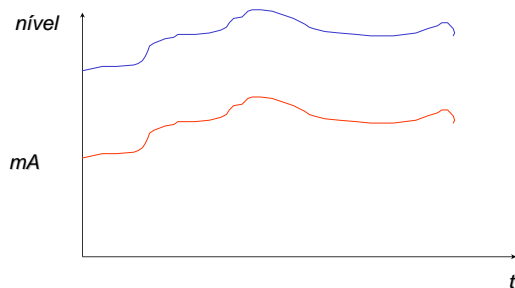
Luiz Affonso Guedes 27

## Processo Contínuo



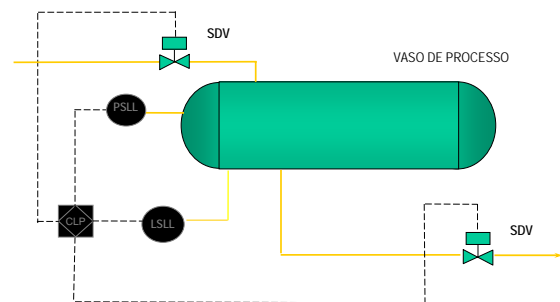
Luiz Affonso Guedes 28

## Processos contínuos: variáveis analógicas



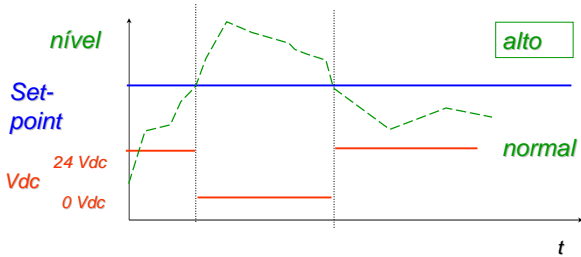
Luiz Affonso Guedes 29

## Processo Discreto



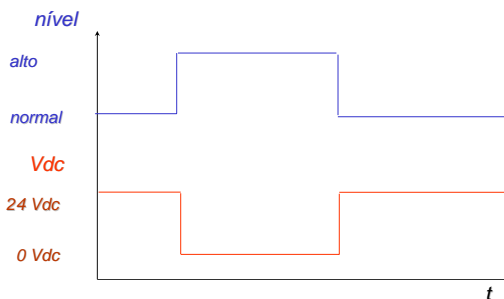
Luiz Affonso Guedes 30

## Variáveis Discretas



Luiz Affonso Guedes 31

## Variáveis Discretas



Luiz Affonso Guedes 32

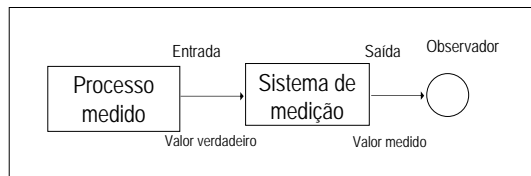
## O Nível de Sensores e Atuadores



Luiz Affonso Guedes 33

## Sistemas de medição: Sensores

- Componentes transdutores de sinais
- Condicionamento de sinais
- Calibração de sensores
- Sistemas de proteção



Luiz Affonso Guedes 34

## Exemplo de Sensores Típicos

- Termopares
- Encoders
- Barômetros
- Potenciômetros
- Fibras ópticas
- Ultra-som

Luiz Affonso Guedes 35

## Elemento Sensor

- O elemento sensor não é um instrumento, mas faz parte integrante da maioria absoluta dos instrumentos.
- O elemento sensor é o componente do instrumento que converte a variável física de entrada para outra forma mais usável.
  - A grandeza física da entrada geralmente é diferente grandeza da saída.
  - O elemento sensor depende fundamentalmente da variável sendo medida.
  - O elemento sensor geralmente está em contato direto com o processo e dá a saída que depende da variável a ser medida.
- Se há mais de um elemento sensor no sistema, o elemento em contato com o processo é chamado de *elemento sensor primário*, os outros, de *elementos sensores secundários*.

Luiz Affonso Guedes 36

## Terminologias de Sensores

A norma ISA 37.1 (1982): *Electrical Transducer Nomenclature and Terminology* padroniza a terminologia e recomenda o seguinte:

**elemento sensor ou elemento transdutor** para o dispositivo onde a entrada e a saída são ambas não-padronizadas e de naturezas iguais ou diferentes.

**transmissor** para o instrumento onde a entrada é não-padronizada e a saída é padronizada e de naturezas iguais ou diferentes.

**transdutor** para o instrumento onde a entrada e a saída são ambas padronizadas e de naturezas diferentes.

**conversor** para o instrumento onde a entrada e a saída são ambas de natureza elétrica, mas com características diferentes, como o conversor A/D (análogo para digital), D/A (digital para analógico), conversor I/F (corrente para frequência), conversor i/v (corrente para voltagem).

Luiz Affonso Guedes 37

Embora as principais variáveis de processo sejam nível, pressão, temperatura e vazão, as possíveis variáveis medidas são:

1. Aceleração
2. Análise (composição, pH)
3. Atitude
4. Condutividade elétrica
5. Corrente elétrica
6. Deslocamento
7. Densidade
8. Força (peso)
9. Fluxo de calor
10. Frequência
11. Luz
12. Nível de líquido
13. Número de Mach (velocidade relativa)
14. Posição
15. Potência
16. Pressão e vácuo
17. Queima (combustão)
18. Radiação nuclear
19. Temperatura
20. Tempo
21. Tensão elétrica
22. Torque
23. Umidade
24. Vazão
25. Velocidade
26. Vibração
27. Viscosidade

Luiz Affonso Guedes 38

## Sensores - Princípios de Transdução

Conforme a natureza do sinal de saída, os sensores podem ser classificados como:

1. Mecânicos
2. Eletrônicos

Praticamente, toda variável de processo pode ser medida eletronicamente, porém nem toda variável pode ser medida mecanicamente.

Por exemplo, o pH só pode ser medido por meio elétrico. As principais vantagens do sinal eletrônico sobre o mecânico são:

- não há efeitos de inércia e atrito
- a amplificação é mais fácil de ser obtida
- a indicação e o registro à distância são mais fáceis.

Luiz Affonso Guedes 39

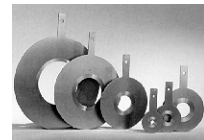
## Sensores Mecânicos

O elemento sensor mecânico recebe na entrada a variável de processo e gera na saída uma grandeza mecânica, como movimento, força ou deslocamento, proporcional à variável medida.

O elemento sensor mecânico não necessita de nenhuma fonte de alimentação externa para funcionar; ele é acionado pela própria energia do processo ao qual está ligado.

Exemplos de elementos sensores mecânicos:

Espiral, para a medição de pressão;  
Enchimento termal, para temperatura;  
Placa de orifício, para a vazão



## Sensores de Pressão



Luiz Affonso Guedes 41

## Medição de Nível



Luiz Affonso Guedes 42

## Variável Nível

- Altura da coluna líquida ou de sólidos granulados em um tanque ou reservatório
- Unidades
  - %;
  - comprimento;
  - volume; ou
  - massa.
- Símbolos: **LG, LI, LR, LSL, LSH, LSL, LSHH**

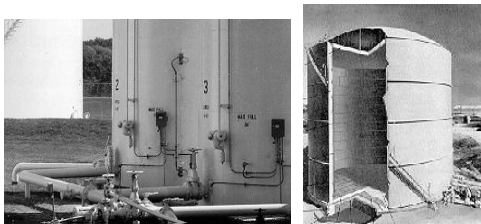
Luiz Affonso Guedes 43

## Medidores de Nível

- Medição Direta
  - Visor
  - Bóia
  - Fita
  - Trena
- Medição Indireta
  - Pressão diferencial
  - Borbulhamento,
  - Deslocamento
  - Radar
  - Ultra-sônico
  - Eletrodos (condutividade)

Luiz Affonso Guedes 44

## Cilindro Vertical



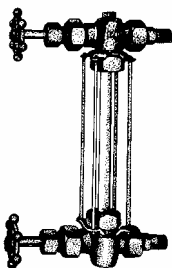
Luiz Affonso Guedes 45

## Medição de Nível por Visor

- O visor de nível é uma parede de vidro ou outro material transparente com uma escala graduada
- É frágil, por ser construído de vidro
- Pode-se usar armaduras e proteção metálicas, para aumentar a resistência mecânica do visor
- Pode-se usar paredes mais grossas ou materiais transparentes mais resistentes, como fibra de vidro e plásticos

Luiz Affonso Guedes 46

## Visor de Nível



Luiz Affonso Guedes 47

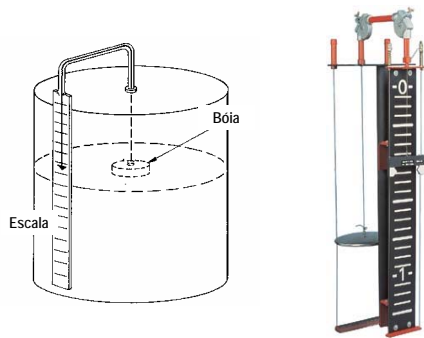
## Medição de Nível por Bóia

- Sistema de medição direta de nível; extremamente simples, usado em tanque aberto para a atmosfera;
- Requer manutenção freqüente, por se tratar de sistema mecânico;
- A bóia, ou flutuador, fica em contato direto com o líquido do processo, sendo ligado por um sistema de polias e contrapesos.

Luiz Affonso Guedes 48



### Medição de Nível com Fita



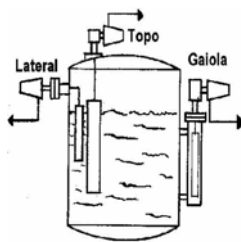
Luiz Affonso Guedes 49

### Medição de Nível por Deslocador

- ❑ Consiste na medição da variação do peso de uma massa conhecida parcialmente submersa no líquido cujo nível deve ser medido;
- ❑ O empuxo, que fará diminuir o peso da massa, é proporcional ao volume submerso.

Luiz Affonso Guedes 50

### Medição de Nível com Deslocador



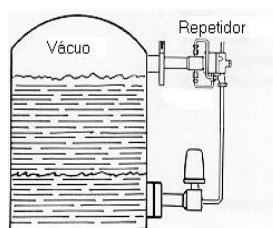
Luiz Affonso Guedes 51

### Medição de Nível por $\Delta P$

- ❑ A pressão diferencial medida é proporcional
  - à altura (nível);
  - à densidade do fluido - deve ser constante;
  - à aceleração da gravidade.
- ❑ Tomadas da pressão:
  - Convencionais (rosca);
  - Flange;
  - Flange com pescoço;
  - Flange com capilar .

Luiz Affonso Guedes 52

### Medição de Nível por $\Delta P$



Luiz Affonso Guedes 53

### Medição de Nível por $\Delta P$

#### ➤ **Vantagens**

- o sinal pode ser transmitido, pneumática ou eletronicamente, para indicação, registro ou controle remotos
- são disponíveis grandes variedades de materiais de cápsulas, para uso em aplicações corrosivas

#### ➤ **Desvantagens**

- variações na densidade causam erros na medição
- não pode ser usado com líquido volátil, que requer selagem

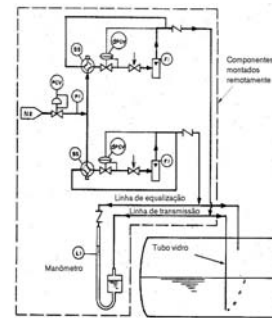
Luiz Affonso Guedes 54

### Medição de Nível por Borbulhamento

- Também se baseia na pressão diferencial medida;
- Injeta-se ar ou gás inerte (nitrogênio) através de tubo de vidro;
- Aumenta-se lenta e continuamente a pressão de suprimento do gás, até que se comece a borbulhar o gás
- No momento limite que começa o borbulhamento, a pressão aplicada é exatamente igual à pressão exercida pela coluna líquida.
- A pressão aplicada para borbulhar o gás é proporcional ao nível que se quer medir

Luiz Affonso Guedes 55

### Sistema de Nível com Borbulhamento



Luiz Affonso Guedes 56

### Medição de Nível por Borbulhamento

#### ➤ **Vantagens**

- pode medir nível de fluidos sujos e corrosivos
- a temperatura do processo é limitada apenas pelo material do vidro

#### ➤ **Desvantagens**

- dificuldade de medição de nível em tanque fechado pressurizado
- sistema é frágil e exige muito cuidado de manuseio

Luiz Affonso Guedes 57

### Medição de Nível por Radar

- O tempo de propagação do sinal refletido é medido pelo controle do oscilador (sensor);
- Ele envia um sinal em uma frequência fixa;
- O detector radar é exposto simultaneamente à varredura enviada pelo radar e ao sinal de retorno refletido;
- A saída do detector é um sinal de frequência que é igual à diferença entre os sinais enviado e o refletido.

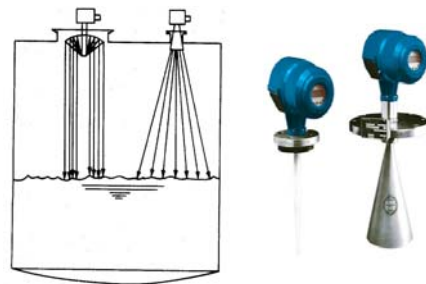
Luiz Affonso Guedes 58

### Medição de Nível por Radar

- Esta diferença de frequência é diretamente proporcional ao tempo de propagação e à distância entre o sensor e o nível do líquido;
- O sinal de frequência modulada (FM) varia entre 0 e 200 Hz, quando a distância varia 0 e 60 m;
- Uma vantagem desta técnica é que a informação da variável de processo está no domínio da frequência em vez do domínio da amplitude modulada ou da diferença de tempo, o que permite uma conversão mais precisa.

Luiz Affonso Guedes 59

### Medidor de Nível por Radar



Luiz Affonso Guedes 60

## Medição de Nível por Ultra-som

- Sistema de detecção de nível sônico (9500 Hz) e ultra-sônico operam pela absorção da energia acústica, quando ela se propaga da fonte para o receptor, ou pela atenuação (mudança de frequência) de um dispositivo vibrante, oscilando em 35 a 40 kHz;
- O transmissor de nível ultra-sônico opera gerando um pulso e medindo o tempo que o eco leva para voltar.

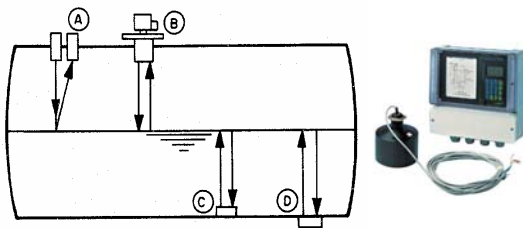
Luiz Affonso Guedes 61

## Medição de Nível por Ultra-som

- Transmissor pode ser montado no
  - topo do tanque e o tempo de propagação é uma indicação do espaço vazio acima do nível do líquido no tanque;
  - fundo do tanque, o tempo de propagação reflete a altura de líquido no tanque e a velocidade do pulso é função deste líquido.

Luiz Affonso Guedes 62

## Medidor de Nível Ultra-sônico



Luiz Affonso Guedes 63

## Transmissor de Nível



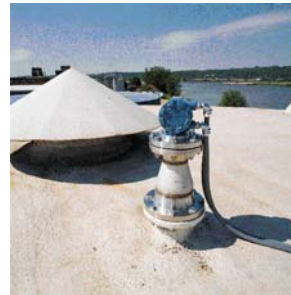
Luiz Affonso Guedes 64

## Sistema de Nível Tomada Lateral



Luiz Affonso Guedes 65

## Sistema de Nível Tomada de Topo



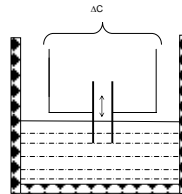
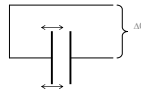
Luiz Affonso Guedes 66

## Tecnologias de Sensores Eletrônicos

- 1. capacitivo
- 2. indutivo
- 3. relutivo
- 4. eletromagnético
- 5. piezoelétrico
- 6. resistivo
- 7. potenciométrico
- 8. strain-gage
- 9. fotocondutivo
- 10. fotovoltaico
- 11. termelétrico
- 12. ionizante

Luiz Affonso Guedes 67

## Sensor Capacitivo



- Converte a variável de processo medida em uma variação da capacitância elétrica.

Um capacitor consiste de duas placas condutoras de área  $A$  separadas por um dielétrico ( $\epsilon$ ), pela distância  $d$ , conforme a expressão matemática seguinte:

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

A variação de capacitância pode ser causada:

- pelo movimento de um dos eletrodo (placas), alterando a distância  $d$
- pela variação da área das placas
- pela variação do dielétrico

Atualmente, a maioria dos transmissores eletrônicos usa cápsulas capacitivas para a medição de pressão manométrica, absoluta ou diferencial.

Luiz Affonso Guedes 68

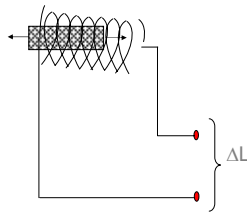
## Sensor Indutivo

O sensor indutivo converte a variável de processo medida em uma variação da auto-indutância elétrica de uma bobina.

As variações da indutância podem ser causadas:

- pelo movimento de um núcleo ferromagnético dentro da bobina
- pelas variações de fluxo introduzidas externamente na bobina com núcleo fixo.

Há transmissores eletrônicos que utilizam (ou utilizavam) bobinas detectoras para a medição da pressão.



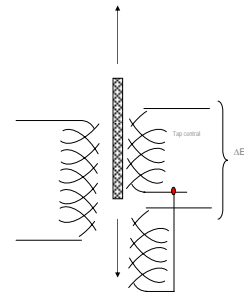
Luiz Affonso Guedes 69

## Sensor Relutivo

O sensor relutivo converte a variável de processo medida em uma variação da voltagem devida a uma variação na relutância entre duas ou mais bobinas separadas e excitadas por tensão alternada (ou de duas porções separadas de uma mesma bobina).

Esta categoria de sensores inclui relutância variável, transformador diferencial e ponte de indutâncias.

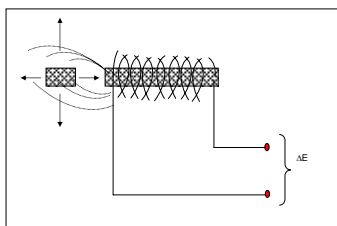
A variação na trajetória da relutância é usualmente feita pelo movimento de um núcleo magnético dentro da bobina.



Luiz Affonso Guedes 70

## Sensor Eletromagnético

□ O sensor eletromagnético converte a variável de processo medida em uma força eletromotriz induzida em um condutor pela variação no fluxo magnético, na ausência de excitação. A variação no fluxo é feita usualmente pelo movimento relativo entre um eletromagneto e um magneto ou porção de material magnético.

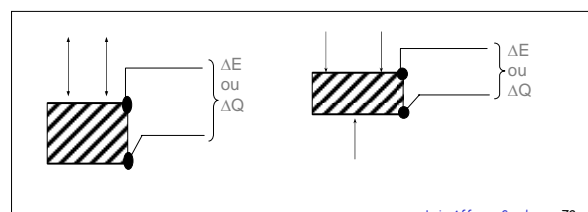


Luiz Affonso Guedes 71

## Sensor Piezoelétrico

O sensor piezoelétrico converte uma variável de processo medida em uma variação de carga eletrostática ( $Q$ ) ou voltagem ( $E$ ) gerada por certos materiais quando mecanicamente estressados.

O stress é tipicamente de forças de compressão ou tração ou por forças de entortamento exercida no cristal diretamente por um elemento sensor ou por um elo mecânico ligado ao elemento sensor.

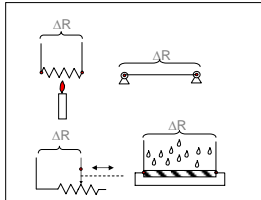


Luiz Affonso Guedes 72

## Sensor Resistivo

O sensor resistivo converte a variável de processo medida em uma variação de resistência elétrica.

As variações de resistência podem ser causadas em condutores ou semicondutores (termistores) por meio de aquecimento, resfriamento, aplicação de tensão mecânica, molhação, secagem de certos sais eletrolíticos ou pelo movimento de um braço de reostato.

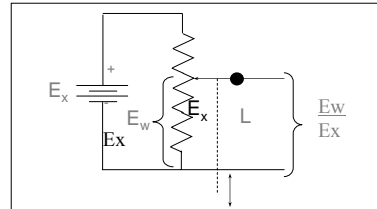


Luiz Affonso Guedes 73

## Sensor Potenciométrico

O sensor potenciométrico converte a variável de processo medida em uma variação de relação de voltagens pela variação da posição de um contato móvel (wiper) em um elemento resistivo, através do qual é aplicada uma excitação.

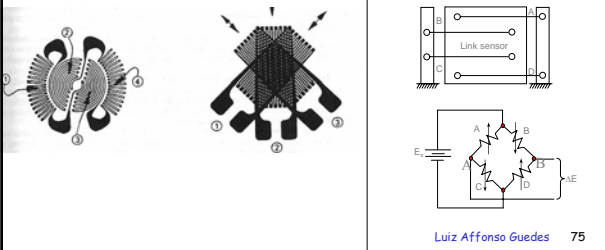
A relação dada pela posição do elemento móvel é basicamente uma relação de resistências



Luiz Affonso Guedes 74

## Sensor Strain-gage

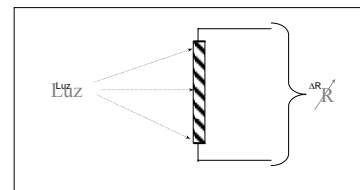
O sensor strain-gage converte a variável de processo medida em uma variação de resistência em dois ou quatro braços da ponte de Wheatstone.



Luiz Affonso Guedes 75

## Sensor Fotocondutivo

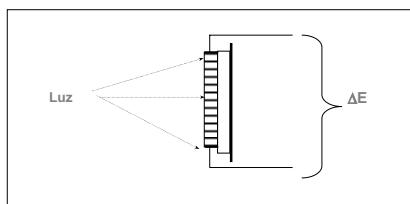
O sensor fotocondutivo converte a variável de processo medida em uma variação de resistência elétrica (ou condutância) de um material semicondutor devido à variação da quantidade de luz incidente neste material



Luiz Affonso Guedes 76

## Sensor Fotovoltáico

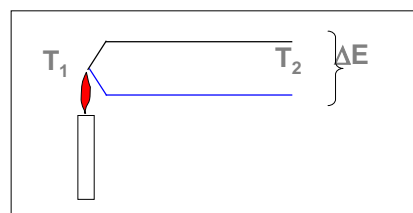
O sensor fotovoltáico converte a variável de processo medida em uma variação de tensão elétrica de um material semicondutor devido à variação da quantidade de luz incidente em junções de certos materiais semicondutores



Luiz Affonso Guedes 77

## Sensor Termoelétrico

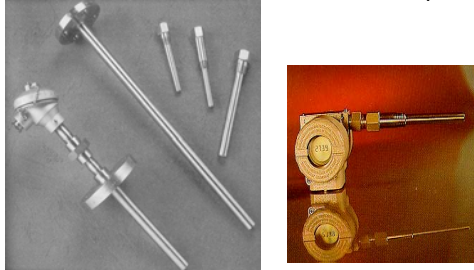
O sensor termoelétrico converte a variável de processo medida em uma variação de força eletromotriz gerada pela diferença de temperatura entre duas junções de dois materiais diferentes, devido ao efeito Seebeck → termopar



Luiz Affonso Guedes 78

## Sensores de Temperatura

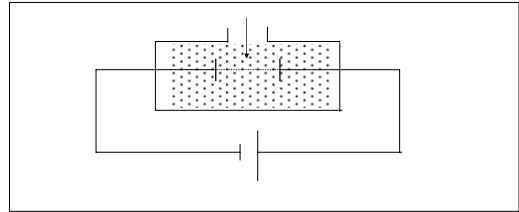
### Termopares



Luiz Affonso Guedes 79

## Sensor Iônico

O sensor iônico converte a variável de processo medida em uma variação da corrente de ionização existente entre dois eletrodos.



Luiz Affonso Guedes 80

## Escolha do Sensor

- É muito importante entender os princípios físicos que permitem o sensor converter a variável do processo em uma grandeza elétrica ou mecânica.
- É fundamental estabelecer a exatidão, precisão, resolução, linearidade, repetibilidade e tempo de resposta do sensor para as necessidades do sistema.
- É fundamental se ater ao limites físicos de operação do sensor.
- Um sensor especificado com precisão insuficiente pode comprometer o desempenho de todo o sistema.

Luiz Affonso Guedes 81

## Características Desejáveis do Sensor

- I. **insensível aos outros sinais** presentes na medição.
- II. o sensor **não deve alterar a variável a ser medida**.
- III. o sinal do sensor deve **ser facilmente modificado**
- IV. deve ter **boa exatidão**, conseguida por fácil calibração.
- V. deve ter linearidade, repetibilidade e reprodutibilidade.
- VI. deve ter linearidade de amplitude
- VII. deve ter boa resposta dinâmica,
- VIII. não deve induzir atraso entre os sinais entrada/saída,
- IX. **deve suportar o ambiente hostil** do processo sem se danificar e manter suas características.
- X. deve ser facilmente disponível e de preço razoável.

Luiz Affonso Guedes 82

## Instrumentos de Leitura



Luiz Affonso Guedes 83

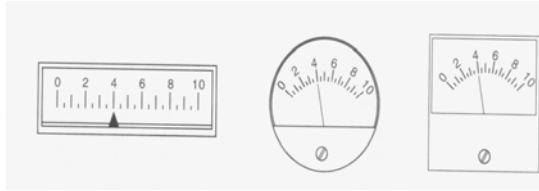
## Indicadores

### Indicador

- Instrumento que sente a variável e apresenta o seu valor instantâneo
  - Analógico: escala + ponteiro (um móvel, outro fixo)
  - Digital: números em LED, LCD
- Precisão (resolução)
  - Maior escala e número de divisões
  - Maior número de dígitos.

Luiz Affonso Guedes 84

## Indicador analógico



Luiz Affonso Guedes 85

## Visualizadores digitais

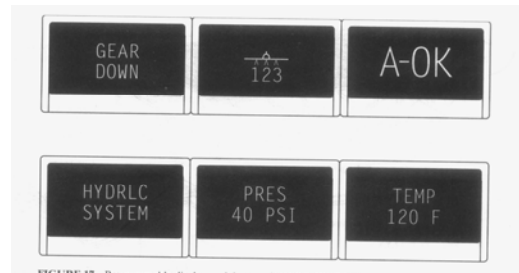


FIGURE 17 Programmable digital read heads (DAD/DCI systems)

Luiz Affonso Guedes 86

## Numero de Dígitos e Precisão

### ➤ Número de dígitos e precisão

- 3 dígitos
  - 0 a 9,99      0 a 10,0      

9	9	9
---	---	---
- 3 ½ dígitos
  - 0 a 10,00      0 a 19,00      

1	9	9	9
---	---	---	---
  - 0 a 20,00
- 4 dígitos
  - 0 a 9,999      0 a 10,00      

9	9	9	9
---	---	---	---
  - 0 a 20,00

Luiz Affonso Guedes 87

## Erros de Leitura

### • Analógico erro de paralaxe



### • Digital : Erro de quantificação

9	9	9
---	---	---

 ± 1 dígito

Luiz Affonso Guedes 88

## Especificação do Indicador

- Variável do processo indicado
- Faixa calibrada de medição
- Elemento sensor
- Escala
  - Formato, 0 a 100%, Unidade de Engenharia
- Plaqueta gravada (para o operador)
- Identificação da malha (tag)
- Tipo de montagem
- Local de montagem
  - Classificação mecânica do invólucro
  - Classificação elétrica do instrumento
- Opções extras
  - Alarme , acabamento especial, proteção

Luiz Affonso Guedes 89

## Exemplos de Indicadores



Luiz Affonso Guedes 90

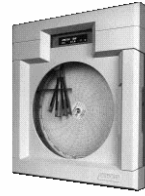
## Registrador

- Instrumento que sente a variável e imprime valor histórico ou de tendência da variável em um gráfico através de uma “pena”
- Especificações
  - Numero de penas
  - Registro contínuo ou ponto
  - Enrolamento do gráfico
  - Tipo de pena
  - Acionamento do gráfico

Luiz Affonso Guedes 91

## Registrador Eletrônico e Mecânico

740R



The 740R Digital Circular Chart Recorder indicates and continuously records up to four electronic analog signals on a 12-inch circular chart. This microprocessor-based unit also offers a wide variety of user-configurable process supporting functions such as alarms, totalizers, cut cutouts, and curve characterizers.

### 740R SERIES DIGITAL CIRCULAR CHART RECORDER

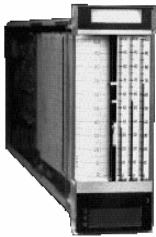
- Brilliant, 40-character dot matrix display
- Wide range of standard inputs including mA, mV, Thermocouple, and RTD
- Completely watertight and dusttight. Conforms to NEMA Type 4 requirements
- Completely self-contained. Separate configurators are not required
- Compatible with Model 40 Series mechanical recorders
- Fully isolated inputs and outputs
- Four independent timers for logic or event-driven activities

For complete specifications, refer to Product Specification Sheet PSS 2C-1A8 A.

Luiz Affonso Guedes 92

## Registrador Eletrônico e Mecânico

E27R



The E27R Series Electronic Indicating Recorder continuously indicates and records up to three separate electronic analog signals.

### E27R SERIES ELECTRONIC INDICATING RECORDERS

- **Integral Power Supply for Three Transmitters**
  - provides power for 2-wire 4 to 20 mA dc transmitters.
- **Bold, Readable Displays**
  - highly visible red, green, and blue ribbon indicators.
- **Quick, Easy Replacement of Charts and Pens**
  - chart spool and snap-in pen cartridges readily accessible.
- **Simple Maintenance and Adjustment**
  - modular components.
  - disassembly not required.
  - may be adjusted while instrument is in operation.

For complete specifications, refer to Product Specification Sheet PSS 2A-3A1 D.

Luiz Affonso Guedes 93

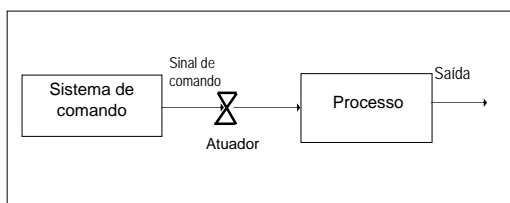
## Telemetria

- Os sistemas conforme o tipo de energia podem ser:
  - Transmissão pneumática (3-15PSI)
  - Transmissão eletrônica (4-20mA, 1-5Vcc)
  - Transmissão digital (RS-485 protocolo modbus, RS-232 protocolo HART, RS-422, "Foundation™ Fieldbus".
  - Transmissão hidráulica

Luiz Affonso Guedes 94

## Sistemas de Comandos: Atuadores

- Amplificadores de energia
- Transformadores de energia elétrica (sinal de controle) em outras formas de energia



Luiz Affonso Guedes 95

## Exemplos de Atuadores

- Válvulas
- Pistões
- Inversores (eletrônica de potência)
- Resistências

Luiz Affonso Guedes 96



## Exemplos de Atuadores

Válvula de controle (Fisher)



Transmissor eletrônico



Luiz Affonso Guedes 97

## Exemplos de Atuadores

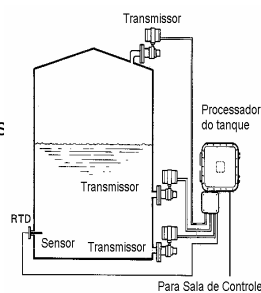


Luiz Affonso Guedes 98

## Transmissor

Rigorosamente, o transmissor não é necessário.

A transmissão serve somente como uma conveniência de operação para tornar disponíveis os dados do processo em uma sala de controle centralizada, num formato padronizado.



Luiz Affonso Guedes 99

## Justificativas Para o Uso do Transmissor

1. eliminam a presença de fluidos inflamáveis, corrosivos, tóxicos mal cheirosos e de alta pressão na sala de controle.
2. as salas de controle tornam-se mais práticas
3. padronização dos instrumentos receptores do painel; os indicadores, os registradores e os controladores recebem o mesmo sinal padrão dos transmissores de campo



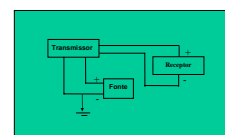
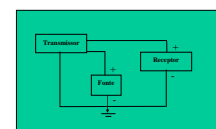
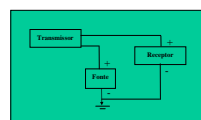
Luiz Affonso Guedes 100

## Transmissão de Sinal

Em conformidade com a norma ANSI/ISA SP 50.1 - 1982 (*Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments*)

1. a faixa de 4 a 20 mA, corrente contínua, com largura de faixa de 16 mA, que corresponde a uma tensão de 1 a 5 V cc, com largura de faixa de 4 V
2. a impedância de carga deve estar entre 0 e um mínimo de 600 Ω.
3. o número de fios de transmissão de 2, 3 ou 4.
4. a instalação elétrica
5. o conteúdo de ruído e ripple
6. as características do resistor de conversão de corrente para tensão, que deve ser de  $(250,00 \pm 0,25) \Omega$
7. quando a entrada for de 10 V ou de 40 mA.

Luiz Affonso Guedes 101



Consideração do tipo de transmissor

Luiz Affonso Guedes 102

## Sinais Padrões de Transmissão

### □ Sinal Pneumático

SI é 20 a 100 kPa (kilopascal)  
ou 3 a 15 psig  
ou 0,2 a 1,0 kgf/cm<sup>2</sup>.

- Em hidrelétricas onde se tem válvulas enormes, é comum o sinal de 40 a 200 kPa (6 a 30 psi).

Luiz Affonso Guedes 103

## Sinais Padrões de Transmissão

### □ Sinal Eletrônico

- O sinal padrão de transmissão eletrônico é o de 4 a 20 mA cc, recomendado pela International Electromechanical Commission (IEC), em maio de 1975.
- No início da instrumentação eletrônica (1950), o primeiro sinal padrão de transmissão foi o de 10 a 50 mA cc, porque os circuitos eram pouco sensíveis e este nível de sinal não necessitava de amplificador para acionar certos mecanismos; hoje ele é raramente utilizado, por questão de segurança.
- Atualmente, há uma tendência em padronizar sinais de baixo nível, para que se possa usar a tensão de polarização de 5 V comum aos circuitos digitais.

Luiz Affonso Guedes 104

## Sinais Padrões de Transmissão

- Todos os sinais de transmissão, pneumático e eletrônicos, mantém a mesma proporcionalidade entre os valores máximo e mínimo da faixa de 5:1, ou seja

$$\frac{100 \text{ kPa}}{20 \text{ kPa}} = \frac{20 \text{ mA}}{4 \text{ mA}} = \frac{15 \text{ psi}}{3 \text{ psi}} = \frac{5 \text{ V}}{1 \text{ V}} = 5$$

**Zero vivo** ← Por quê?

Luiz Affonso Guedes 105

## Natureza do Transmissor

Como há dois sinais padrão na instrumentação, também há dois tipos de transmissores padrões:

pneumático e eletrônico

Luiz Affonso Guedes 106

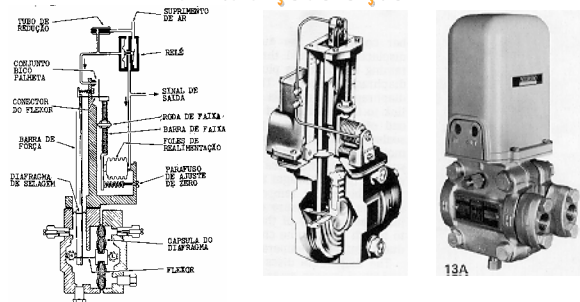
## Transmissor Pneumático

Mede a variável do processo e transmite o sinal padrão de 20 a 100 kPa (3 a 15 psig), proporcional ao valor da medição. A sua alimentação é a pressão típica de 140 kPa (20 psig). O mecanismo básico para a geração do sinal pneumático é o conjunto bico-palhetas, estabilizado pelo fole de realimentação.

Luiz Affonso Guedes 107

## Tipos de Transmissores

### a - balanço de forças



Luiz Affonso Guedes 108

As principais vantagens são:

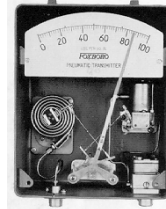
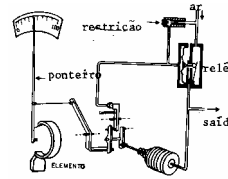
1. a robustez e a precisão da operação, praticamente sem movimento e desgaste das peças,
2. a opção da supressão ou da elevação do zero, necessária medições de nível.

As suas desvantagens são:

1. não há indicação local da variável transmitida,
2. a velocidade da resposta é lenta

Luiz Affonso Guedes 109

## Balanco de Movimento



As principais vantagens do transmissor a balanço de movimentos são:

- apresenta a indicação da medida, no local de transmissão
- opera com grande variedade de elementos primários, pois a força necessária para atua-lo é pequena (cerca de 2 gramas).

As suas desvantagens são:

- não apresenta a opção de abaixamento e elevação de zero.
- sua operação é mais delicada e sua calibração é mais difícil e menos estável, por causa dos elos mecânicos e das partes moveis .

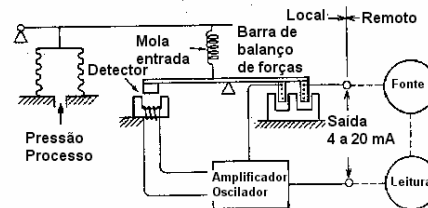
Luiz Affonso Guedes 110

## Transmissor Eletrônico

- O transmissor eletrônico mede a variável do processo e transmite o sinal padrão de corrente de 4 a 20 mA cc proporcional ao valor da medição.
- Ele requer a alimentação, geralmente a tensão contínua. Normalmente esta alimentação é feita da sala de controle, através do instrumento receptor (indicador, controlador ou registrador), onde está a fonte de alimentação.
- A alimentação é feita pelo mesmo fio que porta o sinal transmitido de 4 a 20 mA.

Luiz Affonso Guedes 111

## Transmissor Indutivo



Luiz Affonso Guedes 112

## Transmissor Capacitivo

- No início dos anos 80, a Rosemount lançou o transmissor eletrônico capacitivo, que se tornou um dos tipos de instrumentos mais vendidos na instrumentação.
- O elemento elástico mais usado é um diafragma de aço inoxidável ou de Inconel, ou Ni-Span C. Dependendo da referência, pode-se medir pressão absoluta (vácuo), manométrica (atmosférica) ou diferencial.
- A capacitância de um capacitor de placas paralelas, é dada simplificada por:

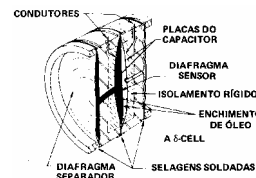
$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

□ Sendo:

- C → capacitância
- ε → constante dielétrica do isolante entre as placas
- A → área das placas
- d → distância entre as placas.
- Como a pressão pode provocar um deslocamento, ela pode ser inferida através da capacitância, que também depende de um deslocamento.

Luiz Affonso Guedes 113

## Transmissor Capacitivo



- O sensor capacitivo tem precisão típica de 0,1 a 0,2% da largura de faixa e com a seleção de diafragmas, pode medir faixas de 0,08 kPa a 35 MPa (3 in H2O a 5000 psi).

Luiz Affonso Guedes 114

## Transmissor Capacitivo

### vantagens

- alta robustez
- grande estabilidade
- excelente linearidade
- resposta rápida
- deslocamento volumétrico menor que 0,16 cm<sup>3</sup> elimina a necessidade de câmaras de condensação e potes de nível

### Limitações:

- sensibilidade à temperatura
- alta impedância de saída
- sensibilidade à capacitância parasita
- sensibilidade a vibração
- pequena capacidade de resistir à sobre pressão

Luiz Affonso Guedes 115

## Simbologia

<b>TIC 103</b>	Identificação do instrumento ou tag do instrumento
<b>T 103</b>	Identificação da malha (malha de temperatura, número 103)
<b>TIC</b>	Identificação funcional (Controlador Indicador de temperatura)
<b>T</b>	Primeira letra (variável da malha)
<b>IC</b>	Letras subsequentes (função do instrumento na malha)

Luiz Affonso Guedes 116

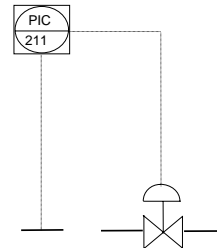
## Simbologia

TE-301 sensor de temperatura  
 TT – 301 transmissor de temperatura  
 TIC-301 controlador de temperatura  
 TCV-301 válvula controladora de temperatura

Luiz Affonso Guedes 117

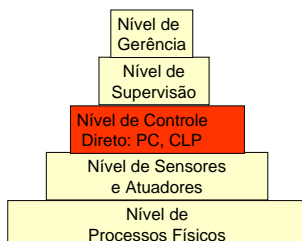
## Simbologia

Exemplo de uma malha de controle de Pressão



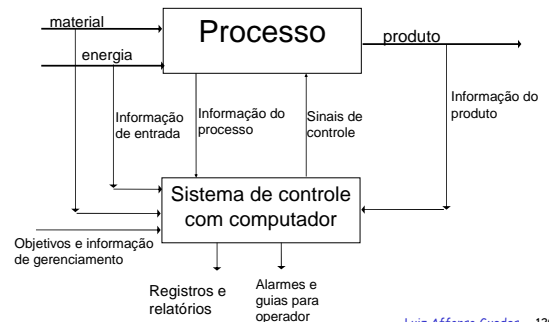
Luiz Affonso Guedes 118

## Nível de Controle Direto



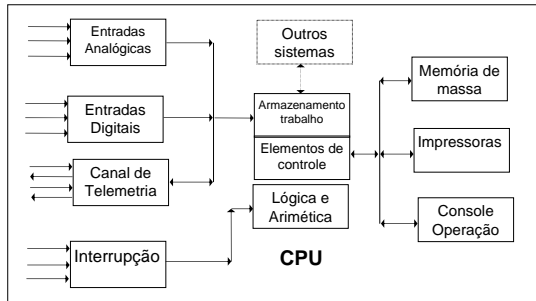
Luiz Affonso Guedes 119

## Esquema de Controle Automático



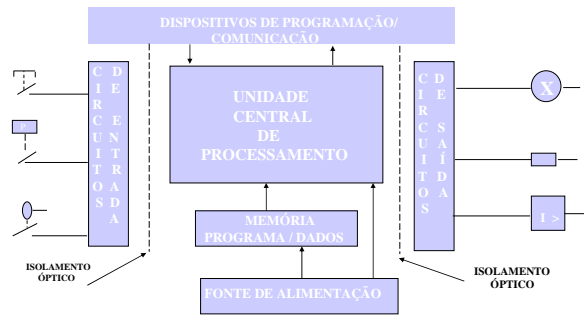
Luiz Affonso Guedes 120

## Estrutura do Hardware de Controle

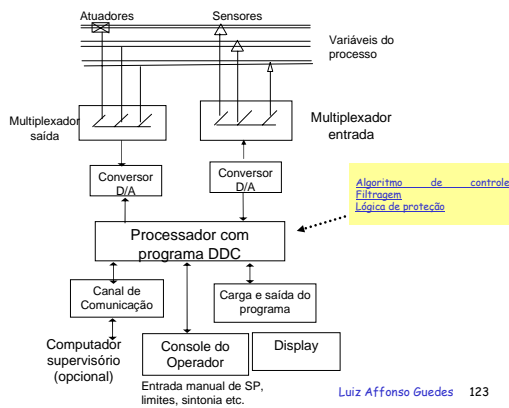


Luiz Affonso Guedes 121

## Estrutura do Hardware do CLP



Luiz Affonso Guedes 122



Luiz Affonso Guedes 123

## Atividades do Controlador

- Instrumento que:
- Recebe a medição de uma variável
- Recebe um ponto de ajuste,
- Compara-os e
- Gera automaticamente um sinal de saída para atuar o elemento final, para manter a medição igual ou em torno do ponto de ajuste.

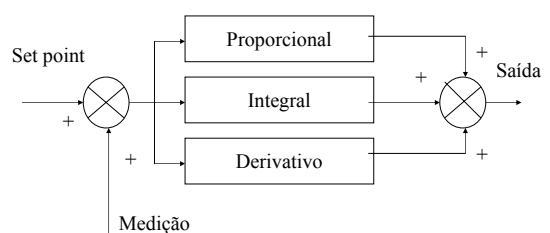
Luiz Affonso Guedes 124

## Tipos de Controles

- Controle contínuo - variáveis analógicas - Controle PID
- Controle Discreto - variáveis discretas - Inter-travamento

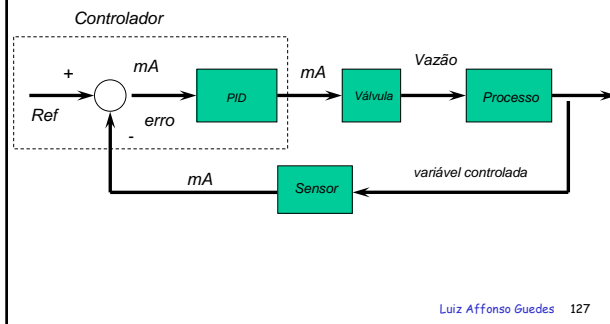
Luiz Affonso Guedes 125

## Ações de Controle

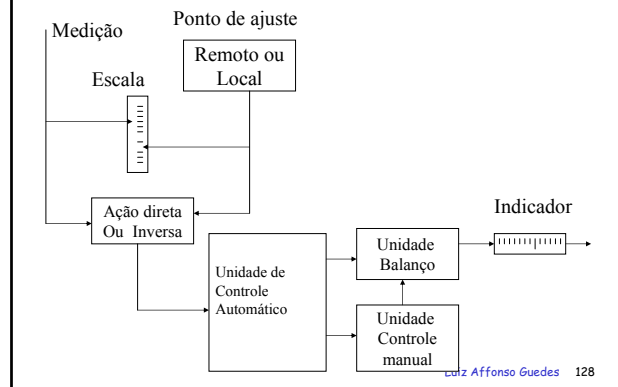


Luiz Affonso Guedes 126

## Controle de Variáveis Contínuas - Estratégia PID



## Componentes do Controlador



## Especificação do Controlador

- ❑ Variável do processo controlada
- ❑ Faixa calibrada de medição
- ❑ Escalas (principal, saída)
- ❑ Tipo do ponto de ajuste (manual, auto)
- ❑ Ações de controle (P, I, D, on-off)
- ❑ Ação direta ou inversa
- ❑ Tipo do Local de montagem
- ❑ Classificação mecânica do invólucro
- ❑ Classificação elétrica do instrumento.

Luiz Affonso Guedes 129

## Controle de Processos Discretos

A mudança do Estado das variáveis de entrada provoca a mudança das variáveis de saída.

Ex: Pressão alta -> abrir válvula de alívio

Luiz Affonso Guedes 130

## Controle de Processos Discretos

Controle de processos discretos é a implementação de uma Operação Lógica e/ou Sequência de Eventos através do qual o processo é levado a um estado desejado.

Ex:

- ❑ nível alto -> fecha válvula e aciona alarme
- ❑ botoeira acionada -> liga bomba e acende lâmpada
- ❑ temperatura ou pressão alta -> abre válvula e desliga aquecedor

Luiz Affonso Guedes 131

## Estratégia de Controle Discreto

- Sentenças narrativas
- Tabela de Causa e Efeito
- Diagrama Lógico Binário
- Diagrama Ladder
- Diagrama de Blocos Funcionais

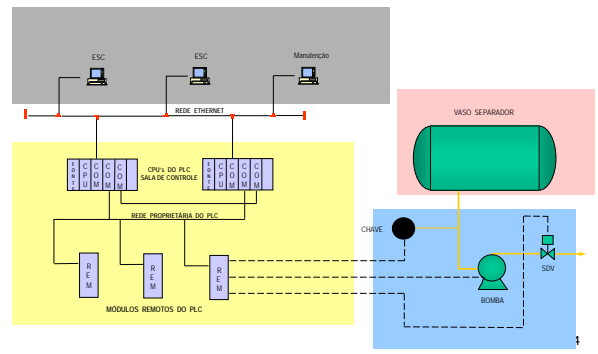
Luiz Affonso Guedes 132

## Controlador Lógico Programável

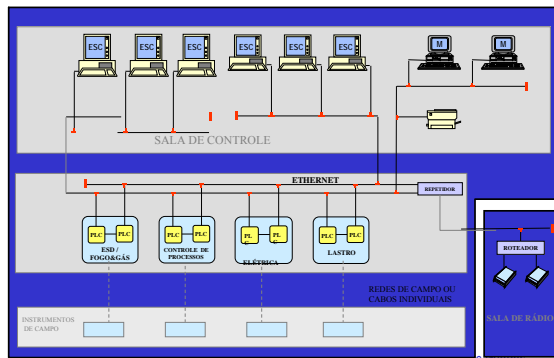


Luiz Affonso Guedes 133

## PLC na Estrutura de Automação

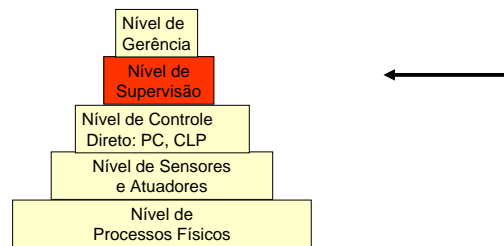


## Arquitetura de Automação Atual



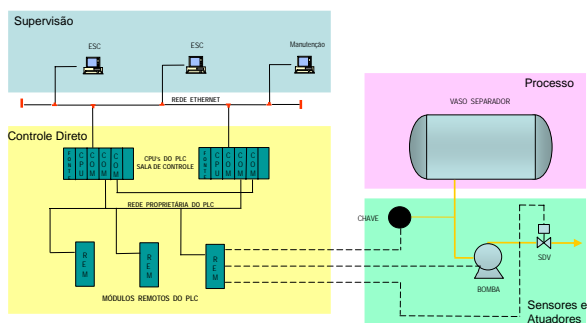
Luiz Affonso Guedes

## O Nível de Supervisão



Luiz Affonso Guedes 136

## PLC na estrutura de automação



LUIZ AFFONSO GUEDES 137

## O que é um Sistema de Supervisão?

É um conjunto de Hardware e software que permite ao operador ter acesso a informações de um processo, tais como:

- Estado operacional de equipamentos
- Valores de variáveis de processo
- Alarmes
- Relatórios

Luiz Affonso Guedes 138

## Principal função de um sistema de supervisão

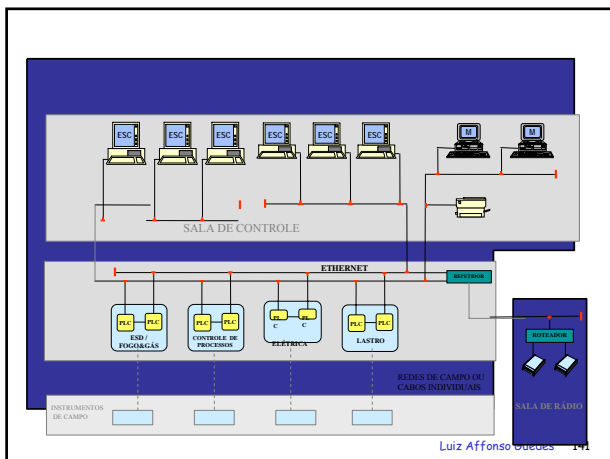
Coletar dados dos vários dispositivos de campo, e apresentá-los em formato padronizado e amigável, permitindo uma eficiente interação com o processo.

Luiz Affonso Guedes 139

## HARDWARE DO SISTEMA DE SUPERVISÃO

- Estações de Supervisão
- Redes de Comunicação
- Impressoras
- Equipamentos de Telecomunicações
- CLP's

Luiz Affonso Guedes 140



Luiz Affonso Guedes 141

## SUPERVISÓRIO

- Registro de eventos
  - operação de BY-PASS
  - operação de OVERRIDE
  - acionamento de equipamentos
- Registro de Alarmes
  - pré-almes
  - alarmes

Luiz Affonso Guedes 142

## HARDWARE DO SUPERVISÓRIO Telecomunicações

- Repeater
  - Faz o isolamento elétrico entre diferentes redes, filtrando sinais indesejáveis.
- Roteador
  - Permite a interconectividade da rede local com a rede corporativa.

Luiz Affonso Guedes 143

## SISTEMA SUPERVISÓRIO PRINCIPAIS FUNÇÕES

- Apresentação de valores de variáveis de processo em tempo real;
- Geração de gráficos de tendência de variáveis de processo;
- Anunciação e Reconhecimento de alarmes;
- Sinalização de estado operacional de equipamentos;
- Ligar e Desligar equipamentos;
- Registro de eventos;

Luiz Affonso Guedes 144



## SISTEMA SUPERVISÓRIO

### PRINCIPAIS FUNÇÕES

- ❑ Alteração de parâmetros de operação :
  - "By-pass" de pontos de entrada;
  - "Override" de pontos de saída;
  - Parametrização de instrumentos;
- ❑ Registro histórico de variáveis de processo;
- ❑ Armazenamento, recuperação de dados de equipamentos;
- ❑ Emissão de relatórios.

Luiz Affonso Guedes 145

## SISTEMA SUPERVISÓRIO

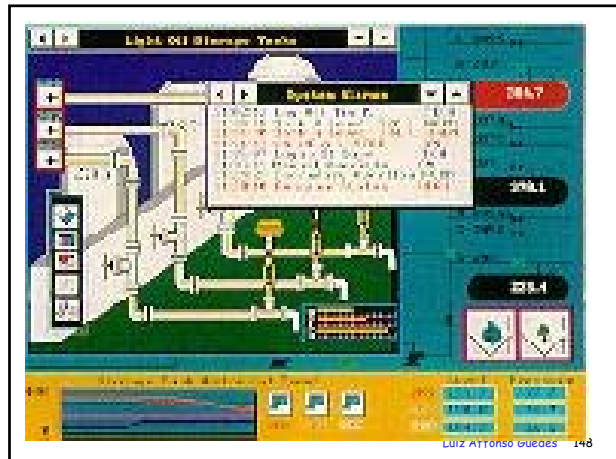
- ❑ O sistema está estruturado através de uma série de telas e janelas;
- ❑ Tela: Exibem os diversos dados disponibilizados pelo sistema, ocupando todo o espaço disponível do monitor.
- ❑ Janela: Idem à tela, porém ocupando apenas uma parte do espaço disponível do monitor.

Luiz Affonso Guedes 146

## CLASSIFICAÇÃO DE TELAS

- ❑ Telas e janelas são classificadas segundo o tipo de informação apresentada:
  - processo/utilidades;
  - segurança;
  - instrumentação;
  - alarmes.

Luiz Affonso Guedes 147



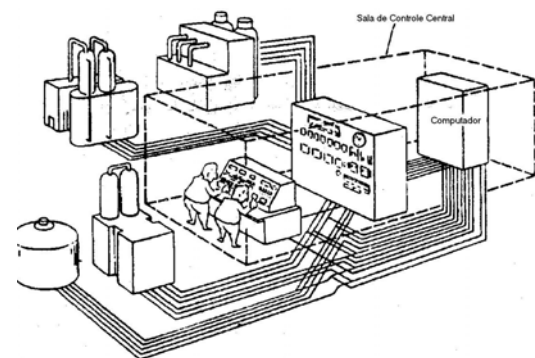
LUIZ AFFONSO GUEDES 148

## Evolução da Estrutura de Automação

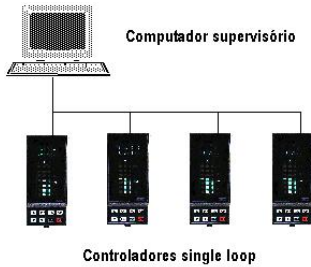
- ❑ Controle de set-point
- ❑ Controle Direto
- ❑ Controle Ponto-a-Ponto
- ❑ SDCD (sistemas Digitais de Controle Distribuídos)
- ❑ Redes de Campo

Luiz Affonso Guedes 149

## Estratégia de Controle Direto

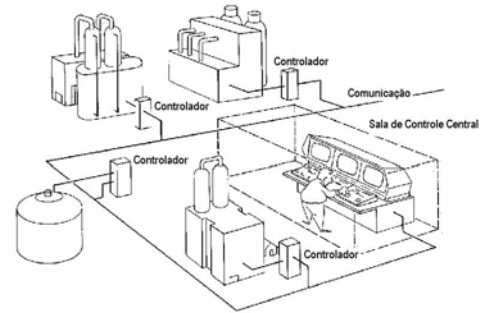


## Estratégia Ponto-Ponto



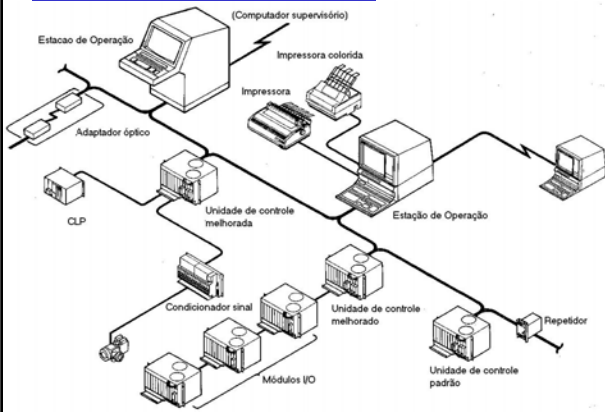
Luiz Affonso Guedes 151

## SDCD - Visão Geral



Luiz Affonso Guedes 152

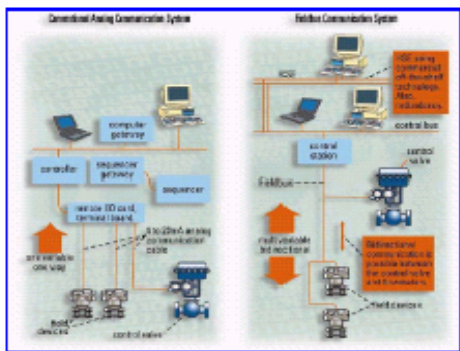
## SDCD - Visão Técnica



## SDCD - Estação de Operação



## Redes de Barramento de Campo



Luiz Affonso Guedes 155

## Evolução da Automação Industrial

