

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

**ANDRÉ LUIZ SALVIO SARAIVA**

**AUTOMAÇÃO: PRINCÍPIOS E FUNÇÕES**

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**ANDRÉ LUIZ SALVIO SARAIVA**

**AUTOMAÇÃO: PRINCÍPIOS E FUNÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: MSc. Eng. Paulo Roberto Batista

Pinto

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**ANDRÉ LUIZ SALVIO SARAIVA**

**AUTOMAÇÃO: PRINCÍPIOS E FUNÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: MSc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

“O medo de ser diferente impede que muitas pessoas busquem novas formas de resolver seus problemas.”  
(autor desconhecido)

## **Agradecimentos**

Aos familiares, amigos e mestres.

## RESUMO

Diante da imensa utilização da automação nos mais variados setores da Marinha Mercante nos dias de hoje achamos oportuno estudar particularidades e seus principais elementos, explicitando como eles atuam e o que eles representam. Devido a suas relevantes utilizações, destacaremos aqui os sensores, o C.L.P. e o sistema supervisor, instrumentos e sistemas cada vez mais modernos que permitem um melhor controle e uma monitoração mais eficiente. Serão apresentadas ainda algumas aplicações marítimas, com intuito único de ilustrar a importância da automação a bordo, e o modo como ela torna os mais variados sistemas mais simples e seguros.

Palavras-chaves: Automação, marinha mercante, instrumentos.

## **ABSTRACT**

Given the great use of automation in various sectors of merchant navy today it is appropriate to clarify to whom we find it convenient to its peculiarities and its main elements, explaining how they act, and what they represent. Due to their relevant uses outline here the sensors, the PLC and the supervisory system, instruments and increasingly modern methods allowing better control and a more efficient monitoring. Still some marine applications, with the sole purpose of illustrating the importance of automation on board, and how she makes the most varied simples and secure systems will be presented.

Keywords: Automation, merchant navy, instruments,

## **Lista de Figuras**

**Figura 1** – Controle em malha aberta

**Figura 2** – Controle em malha fechada

**Figura 3** – Termoresistencia pt100

**Figura 4** – Funcionamento de um sensor indutivo

**Figura 5** – Sensor Fotoelétrico

**Figura 6** – Sensor Capacitivo

**Figura 7** – Funcionamento de um sensor ultrassônico e sensor ultrassônico

**Figura 8** – Funcionamento medidor de nível tipo boia

**Figura 9** – Funcionamento medidor de nível tipo borbulhador

**Figura 10** – Placa de orifício

**Figura 11** – Medidor de vazão de Venturi

**Figura 12** – Tubo de Pitot

**Figura 13** – Rotâmetro

**Figura 14** – Disco Nutante

**Figura 15** – Modelo commercial de um medidor de vazão tipo turbina

**Figura 16** – Modelo commercial de um medidor de vazão tipo eletromagnético

**Figura 17** – Medidor de vazão ultrassônico

**Figura 18** – Funcionamento medidor de vazão tipo vortex

**Figura 19** - Diferença resposta linear x resposta não-linear

**Figura 20** – Gráfico da diferença do sinal de entrada e saída



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>SISTEMAS DE CONTROLE</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Sistema de malha aberta</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Sistema de malha fechada</b>	<b>10</b>
<b>2.3</b>	<b>Elementos finais de controle</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Sensores</b>	<b>11</b>
<b>2.5</b>	<b>Conversores</b>	<b>14</b>
<b>2.6</b>	<b>Transdutores</b>	<b>15</b>
<b>2.7</b>	<b>Comparadores</b>	<b>15</b>
<b>2.8</b>	<b>Transmissores</b>	<b>15</b>
<b>2.9</b>	<b>Amplificadores de sinal</b>	<b>16</b>
<b>2.10</b>	<b>Inversor de frequência</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>Medidores de nível</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Medidores de vazão</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Classificação dos instrumentos de medição</b>	<b>29</b>
<b>5.1</b>	<b>Características técnicas dos instrumentos de medição</b>	<b>29</b>
<b>5.2</b>	<b>Características dinâmicas dos instrumentos de medição</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Sistema Supervisório</b>	<b>33</b>
<b>6.1</b>	<b>C.L.P.</b>	<b>35</b>
	<b>Considerações finais</b>	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a pré-história, o homem sempre buscou mecanizar as atividades manuais, a fim de minimizar seu esforço físico. Depois, descobriu que pode substituir o seu esforço físico pela máquina, permanecendo o comando a cargo do ser humano.

A automação só ganhou destaque na sociedade quando o sistema de produção agrário e artesanal transformou-se em industrial. Os sistemas inteiramente automáticos surgiram apenas na segunda metade do século XX, os quais substituíram os esforços físicos e mentais do ser humano pela máquina. A tomada de dados, a análise do erro, a decisão e a ação são executadas pela máquina, dispensando a constante presença do ser humano. No século XX a tecnologia da automação começou a contar com computadores, servomecanismos e controladores programáveis. Os computadores foram e ainda são os alicerces de toda tecnologia da automação. A automação de bordo é, em outras palavras, uma moderna extensão da aplicação já existente em aplicações de terra.

Os primeiros equipamentos automatizados para navios surgiram durante a segunda guerra mundial. Esses equipamentos proporcionavam uma automação isolada de cada processo ou de determinado sistema. Fundamentalmente estavam ligados ao controle de propulsão. No entanto, foi na década de 1960 que começaram a surgir os navios com sistemas de propulsão automatizados, com semicondutores e miniaturizações de equipamentos eletrônicos para melhor atender as necessidades operacionais navais e assim substituindo o homem de algumas tarefas de análise de decisão através de um sistema computadorizado.

Hoje em dia, a automação teve uma evolução considerável e conta com diversos sistemas complexos interconexos, procurando o controle da embarcação de forma centralizada. Vem estabelecendo assim um progresso cada vez mais rápido no âmbito marítimo, acarretando um conseqüente aumento do número das condições de segurança para todos os trabalhadores, buscando principalmente uma redução ao máximo dos custos, esforços e mão de obra.

## 2 SISTEMAS DE CONTROLE

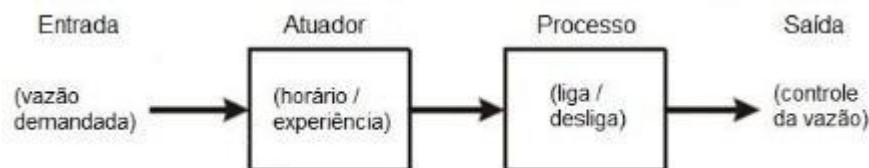
O sistema a ser controlado é, em geral, chamado de processo ou planta. O processo é um sistema dinâmico, ou seja, seu comportamento é descrito matematicamente por um conjunto de equações diferenciais. A entrada do processo é chamada de variável de controle ou variável manipulada (MV) e a saída do processo é chamada de variável controlada ou variável de processo (PV). A filosofia básica de um sistema de controle consiste em aplicar sinais adequados na entrada do processo com o intuito de fazer com que o sinal de saída satisfaça certas especificações e/ou apresente um comportamento particular.

### 2.1 Controle em malha aberta

O controle em malha aberta consiste em aplicar um sinal de controle pré-determinado, esperando-se que ao final de um determinado tempo a variável controlada atinja um determinado valor ou apresente um determinado comportamento. Neste tipo de sistema de controle não são utilizadas informações sobre a evolução do processo para determinar o sinal de controle a ser aplicado em um determinado instante. Mais especificamente, o sinal de controle não é calculado a partir de uma medição do sinal de saída.

As características básicas de um sistema de controle que opera em malha aberta são imprecisão, nenhuma adaptação a perturbações, dependência do julgamento e da estimativa humana. A vantagem desse tipo de sistema, é que em geral, são simples e baratos, pois não envolvem equipamentos sofisticados para a medição e/ou determinação do sinal de controle.

**Figura 1** – Controle em malha aberta



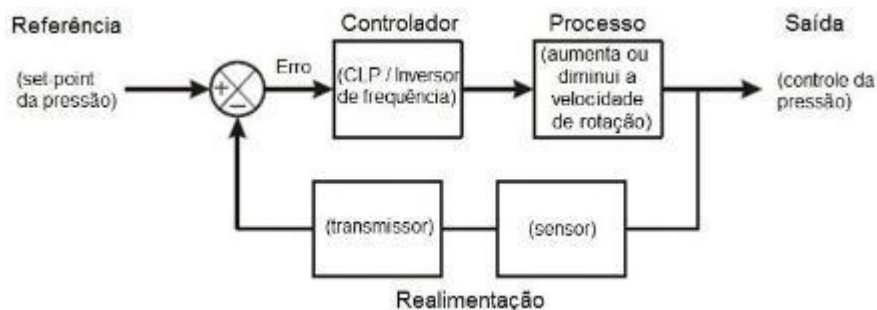
**Fonte:** [www.ebah.com.br](http://www.ebah.com.br)

## 2.2 Controle em malha fechada

No controle em malha fechada, informações sobre como a saída do processo está evoluindo são utilizadas para determinar o sinal de controle que deve ser aplicado ao processo em um instante específico. Isto é feito a partir de uma realimentação da saída para a entrada, normalmente negativa. Em geral, a fim de tornar o sistema mais preciso e de fazer com que ele reaja a perturbações externas, o sinal de saída é comparado com um sinal de referência (set-point) e o desvio (erro) entre estes dois sinais é utilizado para determinar o sinal de controle que deve efetivamente ser aplicado ao processo. Assim, o sinal de controle é determinado de forma a corrigir este desvio entre a saída e o sinal de referência. O dispositivo que utiliza o sinal de erro para determinar ou calcular o sinal de controle a ser aplicado à planta é chamado de controlador ou compensador, sendo o mais utilizado hoje o controle PID (proporcional, integrador e diferenciador).

As características de um sistema de controle em malha fechada são a elevada precisão do sistema, adaptação ao efeito de perturbações e melhora da dinâmica do sistema.

**Figura 2** – Controle em malha fechada



**Fonte:** [www.ebah.com.br](http://www.ebah.com.br)

## 2.3 Elementos finais de controle

São divididos em três grupos: Elementos primários, elementos secundários e elementos finais de controle.

-Elementos primários são dispositivos com os quais se consegue medir alterações nas variáveis de processo. Exemplo: Sensores de pressão, indicadores de temperatura.

-Elementos secundários são dispositivos que tratam e recebem o sinal do elemento

primário. Exemplo: transmissores, controladores.

-Os elementos finais de controle atuam na variável manipulada em função de um sinal de controle recebido. Geralmente é uma válvula comandada eletricamente na maioria dos processos industriais.

## 2.4 Sensores

Sensores são dispositivos que correspondem a um estímulo físico ou químico de maneira específica e mensurável analogicamente e detectam o valor da variável a ser controlada. São dispositivos eletroeletrônicos que tem a propriedade de transformar em sinal elétrico a transformação de uma grandeza física que está relacionada a uma ou mais propriedades do material de que é feito o sensor. São compostos por um transdutor e uma parte que converte a energia resultante em sinal elétrico e podem ser de indicação direta ou em conjunto com um indicador que torne legível o valor detectado para o homem. A informação é enviada ao comparador do controlador e o sinal emitido, às vezes, precisa ser amplificado ou convertido.

Podem ter duas classificações distintas:

1) Analógicos: Fornecem um sinal de saída contínuo, que é proporcional à variável que está sendo acompanhada. Este sinal pode ser dado em forma de variação de tensão ou corrente elétrica. São termômetros, manômetros etc.

2) Digitais: São contatos ou similares que se abrem, quando são normalmente fechados (normally closed-NC), ou se fecham quando é do tipo normalmente aberto (normally open-NO), quando determinada variável atinge uma determinada condição limite. São pressostatos e termostatos.

Quanto à construção, podem ser normais ou intrinsecamente seguros, que são instalados em áreas consideradas de risco. Esses sensores são reconhecidos facilmente, pois estão conectados a fios de cor azul. Como enviam sinais de baixa energia é necessário que, já na área considerada de segurança, eles sejam amplificados, para sua posterior utilização.

Existem sensores para medir diversas variáveis, com diferentes princípios de funcionamento a fim de melhorar a precisão e exatidão do valor da variável que se deseja medir. Podemos citar alguns diferentes tipos de sensores:

A) Sensores de temperatura: É possível a medição da temperatura de muitas formas diferentes que variam em custo do modelo do equipamento e precisão. Os mais comuns são os termopares, RTD e termistores.

O princípio das termoresistências explora a mudança de resistência elétrica de certos tipos de materiais com a variação da temperatura. O dispositivo sensível a mudança de temperatura é colocado em contato com o ambiente. Assim, a medida da sua resistência indica a temperatura do material e conseqüentemente, do ambiente. Há dois tipos de termorresistências: os termistores e o detector RTD.

Os RTD's são termorresistências de metal com coeficiente de resistividade positivo, ou seja, a resistência elétrica aumenta com o aumento de temperatura. O metal mais usado é a platina, pois possui uma ampla faixa fixa de temperatura. a termorresistencia pt-100 significa que ela é feita de platina e que possui uma resistência de 100 ohms a 0C°, com uma resposta linear a variação de temperatura.

**Figura 3** – Termoresistência pt100



**Fonte:** [www.ecr-sc.com.br](http://www.ecr-sc.com.br)

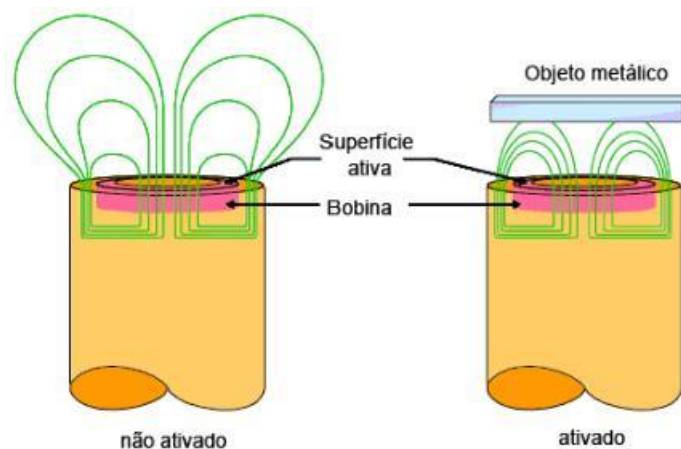
Os termistores são termorresistências de material semi condutor com coeficiente de

resistividade negativo, ou seja, a resistência elétrica diminui com o aumento de temperatura. Os termistores tem como vantagem a ausência de desgastes mecânicos e maior velocidade de resposta a variações de temperatura, e apresentam como desvantagens a falta de acompanhamento contínuo do processo de aquecimento.

B) Sensores indutivos: Estes dispositivos exploram o princípio de variação da impedância de uma bobina, que ao ser percorrida por uma corrente alternada tem esta alterada quando um objeto metálico (ou uma corrente elétrica) é posicionado dentro do fluxo do campo magnético radiante.

Possuem grande utilização na automação industrial, sendo utilizados em máquinas para cortar peças, medir velocidade e detectar materiais de baixa resistência mecânica.

**Figura 4** – Funcionamento de um sensor indutivo



**Fonte:** [www.ebah.com.br](http://www.ebah.com.br)

C) Sensores fotoelétricos: A finalidade do sensor fotoelétrico é converter um sinal luminoso (luz ou sombra) num sinal elétrico que possa ser processado por um circuito eletrônico. Podem ser do tipo foto resistores, fotocélulas, fotodiodos, etc.

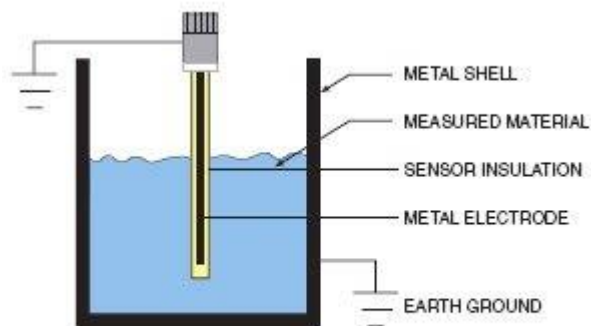
**Figura 5** – Sensor fotoelétrico



**Fonte:** [www.intereng.com.br](http://www.intereng.com.br)

D) Sensores capacitivos: Dispositivo eletrônico para controle de nível de líquidos, massas ou granulados. O sensor capacitivo opera detectando a variação da capacitância do meio, logo a frente da sua face.

**Figura 6** – Sensor capacitivo



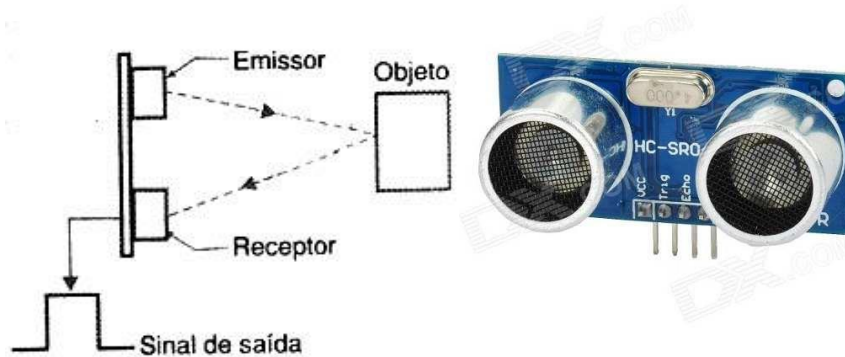
**Figure 1- Capacitive Measurement  
In Non-Conductive Media**

**Fonte:** [www.medicioni2007.blogspot.com](http://www.medicioni2007.blogspot.com)

F) Sensores ultrassônicos: São dispositivos de detecção sem contato utilizados em muitas áreas da automação. São precisos e flexíveis e podem medir nível, vazão, separações, diâmetros de bobinas e para contagem de objetos materiais transparentes. Os sensores emitem pulsos ultrassônicos ciclicamente, o objeto reflete estes pulsos e o eco resultado é recebido. O intervalo entre os pulsos emitidos e o eco são medidos e convertidos em um sinal elétrico.



**Figura 7** – Funcionamento de um sensor ultrassônico e sensor ultrassônico



**Fonte:** decom.ufop.br

## 2.5 Conversor

Tem a função de converter o sinal recebido. Pode converter sinal elétrico em pneumático; elétrico em hidráulico; analógico em digital e vice-versa. Normalmente são instalados entre o sensor e o comparador ou entre o controlador e o elemento final de controle.

## 2.6 Transdutores

Instrumento que recebe informações na forma de uma ou mais grandezas físicas, modifica essas informações, caso necessário, e fornece um sinal de saída resultante, geralmente elétrico. O transdutor pode ser um elemento primário, um transmissor ou outro dispositivo.

## 2.7 Comparadores e controladores

A função de um comparador é comparar o valor medido com o valor desejado, gerando um sinal de erro, cuja amplitude é proporcional à diferença algébrica entre o sinal de referencia (set-point) e o sinal de realimentação (feedback).

**Controladores** - Sua função é gerar um sinal de controle, o qual irá posicionar o elemento final de controle a fim de manter a variável controlada dentro do valor desejado. Esse sinal varia de amplitude em função do sinal de erro enviado pelo comparador.

## 2.8 Transmissores de sinal

Em muitos casos os sensores e transdutores de medida estão afastados dos elementos de controle. A solução habitual consiste na concentração de elementos de controle (controladores ou computadores) ou de leitura de registro numa única sala (sala de controle). É então necessário transmitir sinais analógicos e, em certos casos, digitais representativos dos valores das grandezas medidas. É necessário então fazer esta transmissão com instrumentos designados como Transmissores, que medem uma variável do processo e a transmitem, à distância, a um instrumento receptor, indicador, registrador, controlador ou uma combinação desses.

#### A) Transmissores pneumáticos

Neste tipo de transmissores, é utilizado o ar comprimido cuja pressão é alterada conforme o valor que se deseja representar. Neste caso a variação de pressão do ar é linearmente manipulada em uma faixa específica de 3 a 15 psi (libras força por polegada ao quadrado), padronizada internacionalmente para representar a variação da grandeza medida entre o seu valor mínimo e o seu valor máximo. A grande vantagem em utilizar os transmissores pneumáticos está no fato de poder opera-los com segurança em áreas em que existe risco de explosão. A desvantagem do uso da instrumentação pneumática é a necessidade de uma tubulação de ar comprimido para seu suprimento e funcionamento; necessita de equipamentos auxiliares como compressores, filtros, desumidificadores etc. para fornecer aos instrumentos ar seco, sem partículas sólidas. Normalmente a transmissão é limitada a 100 metros.

#### B) Transmissores eletrônicos

O sinal de saída pneumático (3 a 15 psi) dos transmissores, não pode ser transmitido a distâncias muito grandes, pois podem ocorrer atrasos na transmissão. Para transmissão a longas distâncias, são recomendados os transmissores eletrônicos, que geram sinais, normalmente entre 4 a 20 mA e 1 a 5V, que estão na mesma relação do sinal. Pneumático de 3 a 15 psi. O sinal eletrônico permite transmissão para longas distancias, sem perdas, e que o mesmo sinal seja reconhecido por mais de um instrumento. Porém exige utilização de instrumentos e cuidados especiais em áreas de risco, além de cuidados especiais na escolha do encaminhamento de cabos ou fios de sinais.

### C) Transmissores hidráulicos

O transmissor hidráulico utiliza a pressão exercida por óleos hidráulicos para transmissão de sinal. É especialmente utilizado em aplicações onde o torque elevado é necessário ou quando o processo envolve pressões elevadas. A pressão de trabalho desses equipamentos é na faixa de 150 a 210 bar de pressão, podendo o óleo gerar grandes forças para acionar equipamentos de grande peso e dimensão, com uma resposta rápida. No entanto, é necessário tubulações de óleo para suprimento e transmissão, inspeção periódica do nível de óleo assim como sua troca e necessita de equipamentos auxiliares, tais como reservatórios, filtros, bombas, etc.

### **2.9 Amplificadores de sinal**

Os amplificadores de sinal tem a função de amplificar o sinal do sensor ou do controlador, quando o sinal está enfraquecido devido à necessidade de dividi-los por diversos pontos, garantindo uma informação precisa. Podem ser pneumáticos, elétricos e eletrônicos.

### **2.10 Inversores de frequência**

São dispositivos eletrônicos que convertem a tensão da rede alternada senoidal, em tensão contínua de amplitude e frequência constantes e depois, em tensão de amplitude e frequência variáveis. Os inversores de frequência têm como principal função, alterar a frequência da rede que alimenta o motor, fazendo com que o motor siga frequências diferentes das fornecidas pela rede, que é sempre constante. O uso do inversor de frequência é responsável por uma série de vantagens, como a capacidade de controlar a velocidade do motor, proporcionando além da flexibilidade de controle sem perda de torque, aceleração suave, frenagem direta do motor sem a necessidade de freios mecânicos, tudo com excelente precisão de movimentos. O inversor é composto por um bloco retificador e um circuito intermediário, composto por um banco de capacitores eletrolíticos, circuitos de filtragem de alta frequência e o bloco inversor.

## **3 MEDIDORES DE NÍVEL**

A medição da variável nível consiste em quantificar referenciais por meio de

monitoramento contínuo ou discreto com o objetivo de avaliar e controlar volumes de estocagens de materiais sólidos ou líquidos em tanques ou recipientes de armazenamento abertos ou fechados. É possível medir o nível de forma direta ou indireta, com diversas técnicas, sendo os princípios básicos para a construção dos medidores de nível: vasos comunicantes, capacitância, tempo de propagação de ondas, pressão hidrostática e pressão diferencial. É comum indicar o nível de produto em um tanque em valores percentuais, entre 0% e 100%.

Os medidores de nível podem ser divididos entre indicadores e transmissores de nível, como podemos citar com alguns exemplos abaixo:

#### A) Indicadores de nível com visor de vidro

Esse tipo de medidor de nível é utilizado quando não há necessidade de se transmitir a distância as indicações de nível. É uma medição exata e segura por meio de tubos transparentes lisos ou com escala graduada. A estrutura do material e da armadura dos visores depende da pressão e da temperatura do líquido cujo nível se deseja medir, e da altura do tanque. Esse método é visual e deve ser aplicado em líquidos não corrosivos, não oxidantes e não viscosos.

O princípio de funcionamento dos indicadores de nível com visor de vidro é o princípio dos vasos comunicantes. São elementos de fácil construção que podem, ainda, possuir algum mecanismo capaz de deslocar um ponteiro indicador instalado externamente ao tubo, a fim de facilitar a visualização do nível.

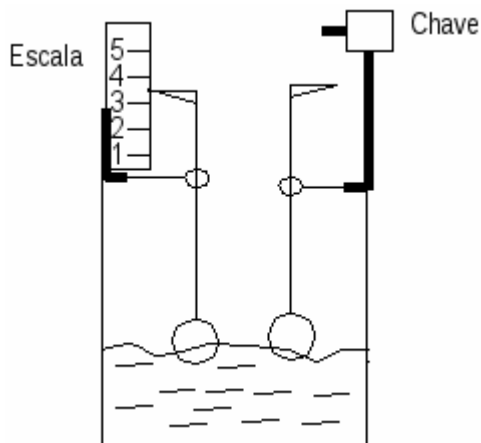
#### B) Medidores de nível tipo boia

É uma técnica utilizada principalmente para medida de líquidos, que utiliza uma boia que se move para cima ou para baixo com a mudança de nível, acionando mecanicamente, através de um contrapeso um contato elétrico normalmente aberto (NA) ou normalmente fechado (NF) o qual pode ser utilizado para transmitir um sinal elétrico para indicação ou controle de nível mínimo ou máximo.

A boia ainda pode ser acoplada a um tubo metálico fechado em sua extremidade inferior. Em locais específicos dentro deste tubo, podem ser instaladas uma, duas, ou mais

chaves magnéticas. A boia deve possuir um ímã interno e quando a boia estiver na mesma posição onde a chave magnética foi instalada, esta será acionada pela ação do campo magnético da boia, transmitindo um sinal elétrico para controlar ou indicar o nível.

**Figura 8** – Funcionamento medidor de nível tipo boia



**Fonte:** [www.ebah.com.br](http://www.ebah.com.br)

#### C) Medidores de nível tipo eletrodo

Este medidor de nível é utilizado na medição de líquidos condutivos, não corrosivos e livres de partículas em suspensão. O elemento de detecção é formado por um, dois ou até três eletrodos cilíndricos que são montados na lateral ou no topo do tanque. O sistema é alimentado com tensão alternada de baixo valor (10VAC) ou com tensão contínua (24VAC).

As medições podem ser contínuas ou discretas. Em medições contínuas os eletrodos devem ser instalados verticalmente para dentro do tanque na sua parte superior e o comprimento do eletrodo deve possuir comprimento igual à altura do tanque. Para medições discretas, a sonda deve ser instalada para dentro do tanque em sua parte lateral e o comprimento do eletrodo é reduzido.

#### D) Medidores de nível por capacitância

Este tipo de medidor de nível pode ser utilizado para medição de nível discreta ou contínua. O medidor consiste em dois cilindros instalados de forma concêntrica e

posicionados de tal forma que o produto preencha parcialmente o espaço entre os dois cilindros e o restante desse espaço fica preenchido com ar. Um dos cilindros é polarizado positivamente e o outro cilindro é polarizado negativamente por uma fonte de alimentação, formando dois capacitores em paralelo sendo um deles preenchido com ar e o outro com o produto medido. As duas capacitâncias serão alteradas à medida que o nível de produto dentro do tanque aumente ou diminua. A variação de capacitância pode ser facilmente transformada em variação de tensão ou de corrente elétrica e, então, amplificada e transmitida para dispositivos de indicação, registro ou controle.

#### F) Medidores de nível tipo RADAR

Nesse tipo de medidor de nível, impulsos de micro-ondas extremamente curtos e de baixa potência de emissão são irradiados pelo sistema de antena sobre o produto a ser medido, refletidos pela superfície do mesmo e novamente captados pelo sistema de antena. A velocidade de propagação desse sinal é aproximadamente igual à velocidade da luz. O tempo de envio e recebimento dos sinais é proporcional ao nível do reservatório. Na indústria naval tem grande aplicação em tanque de transporte de combustível dos navios.

#### G) Medidor de nível tipo ultrassônico

Esses medidores funcionam de maneira similar aos medidores do tipo RADAR, também não possuem nenhuma parte física em contato com o produto medido e determinam o nível através do tempo de propagação de onda, porém os sinais utilizados são pulsos ultrassônicos. Outra grande diferença de funcionamento em relação ao medidor de nível tipo RADAR está na velocidade de propagação do sinal ultrassônico que é de 330 metros por segundo (velocidade sônica).

#### H) Medidor de nível por pressão hidrostática

Esse método de medição é baseado na relação entre a pressão na base de um reservatório e a altura do líquido. Esta pressão depende apenas da altura e da densidade do líquido. Através de um sensor de pressão colocado na base de um reservatório, pode-se medir o nível do líquido com o uso da seguinte equação:

$$P=DGH$$

Onde: P é a pressão em pascal (Pa); D é a densidade do líquido

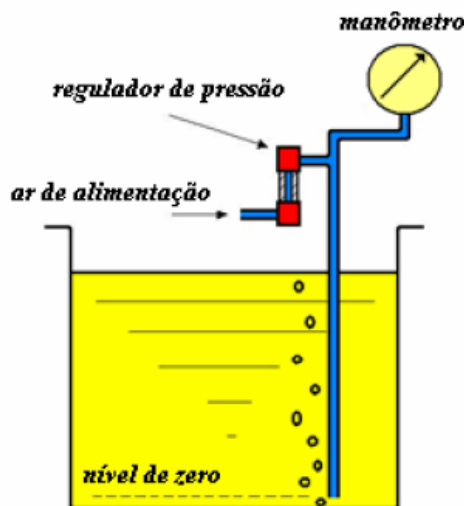
G é a aceleração da gravidade ( $9,8\text{m/s}^2$ ); H é a altura do líquido em metros.

#### I) Medidor de nível tipo borbulhador

Esse tipo de medidor também utiliza a pressão hidrostática para determinar o nível de líquidos em tanques abertos. O elemento de detecção é formado por um tubo inserido no líquido, na parte superior do tubo é inserido ar comprimido devidamente regulado e também é conectado um manômetro ou outro dispositivo de medição para transmissão do sinal de pressão. Parte do ar de entrada aciona o manômetro e outra parte é deslocada para o interior do tubo mergulhado escapando através de sua extremidade inferior. Ajusta-se a vazão de ar ou gás até que se observe a formação de bolhas em pequenas quantidades no líquido. Um tubo levará esta vazão de ar ou de gás até o fundo do recipiente onde se deseja medir o nível. Dessa forma tem-se um aborbulhamento bem sensível de ar ou gás no líquido.

Com esse sistema de borbulhador, é possível detectar o nível de líquidos viscosos, corrosivos, bem como de quaisquer líquidos e transmitir essa informação à distância.

**Figura 9** – Funcionamento medidor de nível tipo borbulhador



**Fonte:** Anotações das aulas de automação ministradas pelo prof. Henrique Iglesias Paes no Ciaga

#### 4 MEDIDORES DE VAZÃO

Define-se por vazão como sendo o volume por unidade de tempo, que se escoar através de uma determinada seção transversal de um conduto livre ou de um conduto forçado. Isto significa que a vazão é a rapidez com a qual um volume escoar. Portanto, podemos calcular a vazão através da relação entre a velocidade do volume pela unidade de tempo, dada pela seguinte equação:

$$Q = V \cdot S$$

Onde: Q é a vazão, que pode ser calculada em: M<sup>3</sup>/S; M<sup>3</sup>/H; L/H; L/S.

V é a velocidade média do fluido através da seção transversal

S é a área da seção transversal da tubulação onde o volume é deslocado

Há uma grande variedade dos tipos de medidores de vazão, simples e sofisticados, para as mais diversas aplicações. A forma de utilizá-los depende do tipo de fluido, do seu estado físico, das características de precisão e confiabilidade desejadas.

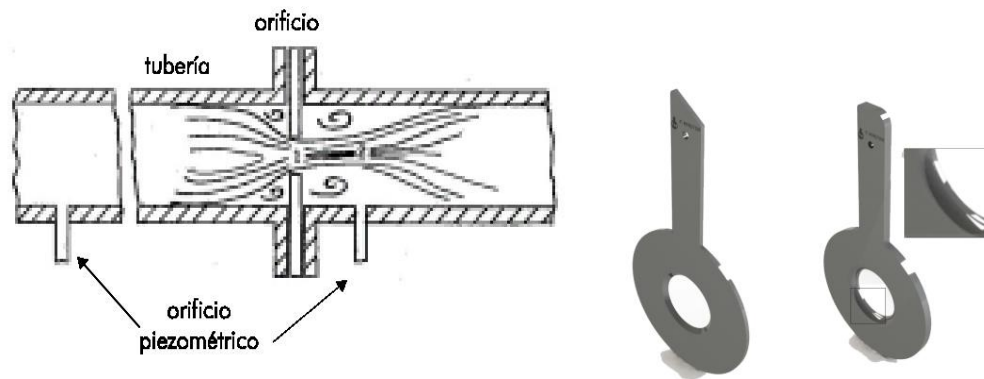
##### A) Medidor de vazão do tipo placa de orifício

São elementos primários utilizados na medição de vazão do fluido. Quando apropriadamente dimensionados, a sua instalação em uma tubulação cria um diferencial de pressão.

As placas de orifício são montadas dentro da tubulação e perpendicularmente à direção do fluido cuja vazão se deseja medir. Elas são indicadas para medir vazão de líquidos, gases e vapores e podem ser dos tipos concêntricos, excêntricos ou segmentais.

As placas de orifício concêntricas são utilizadas na medição de vazão de fluidos limpos (fluidos sem partículas sólidas em suspensão); por outro lado as placas de orifício excêntricas e segmentais são utilizadas na medição de vazão de fluidos sujos (partículas sólidas em suspensão).



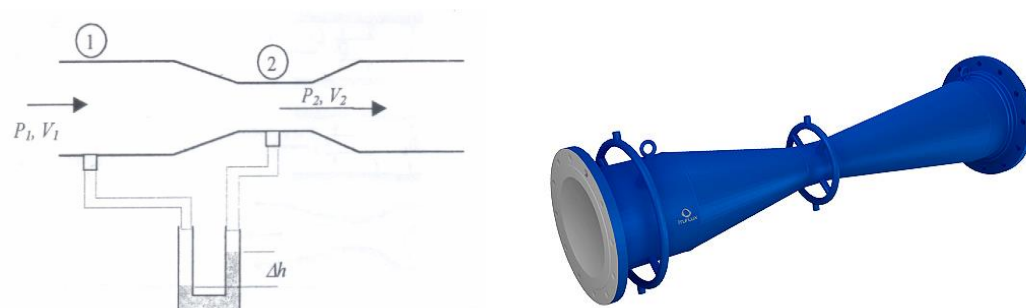
**Figura 10** – Placa de orifício**Fig. 1** Medidor de Orifício

**Fonte:** [www.flowmaster.com.br](http://www.flowmaster.com.br)

### B) Medidor de vazão do tipo tubo Venturi

Esses medidores de vazão também pertencem à categoria dos elementos primários geradores de pressão diferencial e podem operar com líquidos, gases e vapores. São instalados em série com a tubulação.

Podem ser do tipo retangular, na medição de dutos de ar, e do tipo excêntrico para medição de líquidos com sólidos em suspensão, evitando o acúmulo de sólidos à montante; São indicados para medição de vazão para grandes medições; Possuem baixa perda de carga residual e boa resistência para fluídos abrasivos.

**Figura 11** – Medidor de vazão de venturi

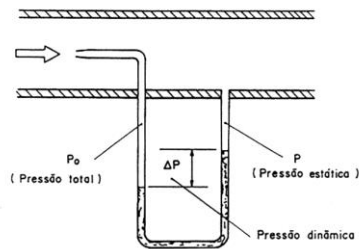
**Fonte:** [www.ebah.com.br](http://www.ebah.com.br)

### C) Medidores de vazão do tipo tubo de pitot

Esses instrumentos de medição também usam o princípio da pressão diferencial para determinar a vazão. São bastante utilizados a bordo para medir a velocidade dos ventos. Deve ser montado na direção do fluxo cuja velocidade se deseja medir.

**Figura 12** – Tubo de pitot

#### *Tubo de Pitot*



**Fonte:** [www.slideplayer.com.br](http://www.slideplayer.com.br)

### D) Medidor de vazão tipo rotâmetro

Esses medidores de vazão possuem um tubo cônico por onde o fluido escoa na vertical. Esse tubo pode ser de plástico, vidro ou metal, dependendo da aplicação. Dentro do tubo há um flutuador que sobe ou desce de acordo com a intensidade de vazão do fluido. Como o peso do flutuador é constante, o aumento da vazão requer o aumento da área livre de escoamento uma vez que a perda de carga no flutuador permanece constante. Desta forma, a posição de equilíbrio do flutuador indica a vazão.

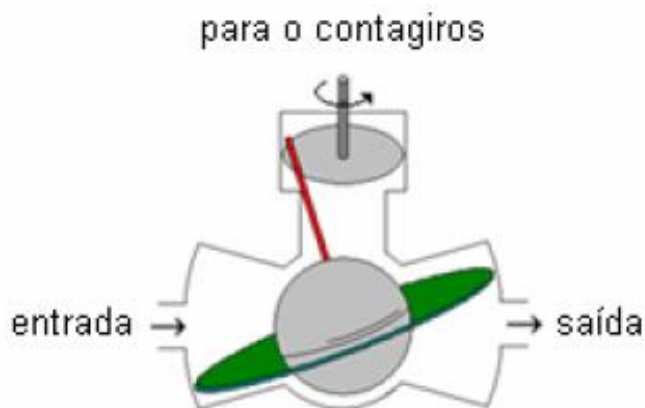
Os rotâmetros são indicados para medição de baixas vazões, onde apresentam uma excelente relação entre desempenho e custo. Não são afetados por variações do perfil de velocidade na entrada, não necessitando, portanto, de trechos retos a montante.

**Figura 13** – Rotâmetro

**Fonte:** [www.bwds.com.br](http://www.bwds.com.br)

#### E) Medidor de vazão do tipo disco nutante

Esse medidor de vazão é formado por um disco preso a uma esfera a qual possui uma haste que movimenta uma engrenagem responsável por acionar um dispositivo de contador de rotações o qual converte essa rotação em vazão volumétrica. É geralmente utilizado para medir baixas vazões de fluidos limpos.

**Figura 14** – Disco nutante

**Fonte:** Anotações das aulas de automação ministradas pelo prof. Iglesias Henrique Iglesias Paes no Ciaga

#### F) Medidor de vazão do tipo turbina

Nesse medidor de vazão, o fluido atravessa uma turbina e faz girar um rotor. A velocidade rotacional do rotor se relaciona com a velocidade do fluido. A rotação é captada por dispositivos de captação de relutância, indutância, capacitância, de efeito hall ou por meio de sensores mecânicos. Multiplicando a velocidade pela área da seção transversal da turbina, obtém-se a vazão volumétrica. São muito utilizados na indústria de petróleo e nas petroquímicas.

Para os líquidos, a forma do rotor poderá depender da viscosidade do produto medido e não se prevê sistema de lubrificação para o sistema de rotação. Para gases, o medidor poderá ser provido de um sistema de lubrificação. Esses medidores são geralmente precisos e podem ter ranges elevados.

**Figura 15** – Modelo comercial de um medidor de vazão tipo turbina



**Fonte:** [www.maxus.com.br](http://www.maxus.com.br)

#### G) Medidores de vazão do tipo eletromagnético

Esse tipo de medidor de vazão utiliza a lei de Faraday (quando um condutor elétrico se move através de um campo magnético, cortando as suas linhas de campo, forma-se uma força eletromotriz induzida no condutor proporcional à velocidade do condutor) para determinar a vazão do fluido. Os medidores de vazão eletromagnéticos não possuem partes móveis como rotores e engrenagens; por isso, tem a vantagem da ausência da perda de pressão ao longo da linha de transmissão do fluido. Porém só podem ser utilizados com líquidos condutores de eletricidade.

**Figura 16** – Modelo comercial de um medidor de vazão eletromagnético

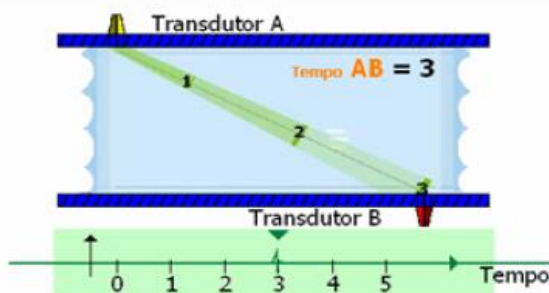


**Fonte:** [www.manutencaoesuprimentos.com.br](http://www.manutencaoesuprimentos.com.br)

#### H) Medidor de vazão ultrassônico

Esse tipo de medidor de vazão baseia sua medição no princípio do tempo de trânsito de uma onda sonora. Para realizar essa medição, pelo menos dois transdutores são acoplados na parede externa do tubo que forma o medidor. Esses transdutores emitem e recebem pulsos de ultrassom. O tempo de trajeto destes pulsos é analisado por um circuito eletrônico que efetua o cálculo da vazão instantânea do fluido. Esses medidores permitem medir a vazão de líquidos e gases em tubulações fechadas sem que ocorra qualquer contato físico entre o medidor e o meio medido. A instalação do aparelho é efetuada de modo fácil e simples, uma vez que dispensa qualquer tipo de serviço na tubulação como seccionamento ou furação, por isso, esses medidores apresentam baixas perdas de carga.

**Figura 17** – Medidor de vazão ultrassônico



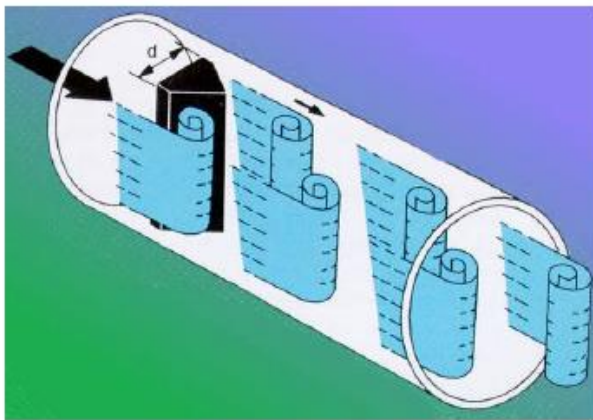
**Fonte:** Anotações das aulas de automação ministradas pelo prof. Henrique Iglesias Paes no Ciaga

#### I) Medidores de vazão do tipo vortex

Esses medidores são utilizados na medição de vazão de líquidos de baixa viscosidade, gases e vapor (saturado e superaquecido). Caracterizam-se pela ausência de partes móveis em contato com o fluido, baixa perda de carga e boa exatidão. São geralmente utilizados para medidas de vazão de vapor, pois podem fazer a medição em temperaturas elevadas, acima das exigidas em muitas aplicações.

Seu funcionamento é baseado na medição de velocidade do fluido a partir da quantidade de vórtices formados quando o líquido passa por um pequeno objeto estático que cruza o interior do tubo. Um sensor localizado após esse objeto monitora continuamente os vórtices gerados enviando um sinal que será processado por um circuito eletrônico microprocessador. Uma vez que se conhece a secção transversal do tubo e tendo-se o valor da velocidade, a vazão pode ser determinada.

**Figura 18** – funcionamento medidor de vazão tipo vortex



**Fonte:** Anotações das aulas de automação ministradas pelo prof. Henrique Iglesias Paes no Ciaga

## 5 CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

As características dos instrumentos de medição e dos demais dispositivos de instrumentação e controle de processos podem ser classificadas de acordo com características técnicas e dinâmicas. São exemplos de características técnicas de medição: faixa de medição ou range, alcance ou largura da faixa de medição ou span, sensibilidade, linearidade, erro de medida do instrumento, exatidão, precisão e repetitividade. E como exemplos de características dinâmicas dos instrumentos: zona morta, supressão de zero, elevação de zero, tempo morto e histerese.

### 5.1 Características técnicas dos instrumentos de medição

#### 5.1.1 Faixa de medição ou range

Denomina-se o range de um sensor ao conjunto de valores da variável de processo compreendidos entre os limites (superior e inferior) da capacidade de medida, transmissão ou controle do instrumento, sendo expresso pelos seus valores extremos. Temos como exemplo um medidor de temperatura capaz de medir valores de temperatura entre -20 e 120°C, ou seja, esse sensor possui um range entre -20 e 120°C.

Quanto maior for o valor do range de um instrumento de medição, menor será a sua precisão. Por isso deve-se escolher um sensor com range adequado para as medições que se pretende efetuar.

#### 5.1.2 Alcance ou largura de faixa ou span.

Este parâmetro é determinado pela diferença algébrica entre os limites superiores e inferior do range do instrumento. Ou seja, a largura da faixa ou span de um instrumento, é dada pela seguinte equação:

Span = limite superior – limite inferior.

Por exemplo: para o mesmo medidor de temperatura do item anterior com range entre -20 e 120°C, o cálculo do seu valor de span seria  $120 - (-20) = 140^\circ\text{C}$

### 5.1.3 Sensibilidade

Um instrumento de medição sempre possui duas regiões de trabalho. A primeira região é formada pelos limites do sinal medido e é denominada de range do instrumento. A segunda região é formada pelos limites do sinal transmitido pelo sensor e é denominada de faixa transmitida. Portanto, podemos afirmar que um sensor possui um span de entrada e um span de saída, correspondentes aos sinais medidos e transmitidos, respectivamente, pelo instrumento.

A sensibilidade de um instrumento é determinada pela razão entre a variação do valor indicado ou transmitido e a variação da variável que acionou o instrumento. Ou seja, a sensibilidade é determinada pela seguinte equação:

$$S = \text{SPAN DE SAÍDA} / \text{SPAN DE ENTRADA}$$

Por exemplo: seja o mesmo medidor de temperatura dos exemplos dos itens anteriores, sabendo-se que o mesmo transmite um sinal de 4 a 20mA. O cálculo do valor de sua sensibilidade é feito da seguinte maneira:

$$S = (20-4)\text{mA} / [120 - (-20)]^\circ\text{C} = 0,1143\text{mA}/^\circ\text{C}$$

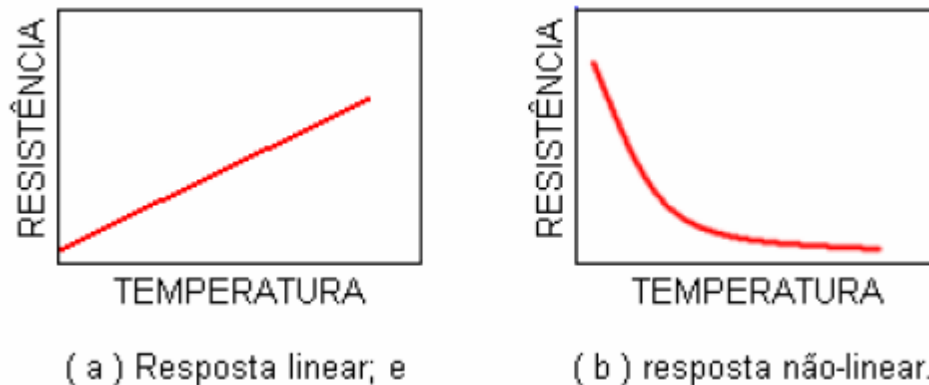
Neste exemplo, o valor encontrado para a sensibilidade determina que para cada 1°C de variação do sinal medido pelo sensor, o sinal transmitido varia 0,1143mA.

### 5.1.4 Linearidade

A linearidade de um instrumento é determinada pelo grau de proporcionalidade entre o sinal transmitido e a grandeza física medida. Quanto maior, mais fiel é a resposta do sensor ao estímulo, mais linear é o sensor. Os sensores mais usados são os mais lineares, conferindo mais precisão ao sistema de controle. Os sensores não lineares são usados em faixas limitadas, onde os desvios são aceitáveis, ou com adaptadores especiais, que corrigem o sinal.



**Figura 19** – Diferença resposta linear x resposta não-linear



**Fonte:** Anotações das aulas de automação ministradas pelo prof. Henrique Iglesias Paes no Ciaga

#### 5.1.5 Exatidão

Esta característica do instrumento de medição exprime o afastamento entre a medida por ele efetuada do valor de referencia aceito como verdadeiro. Quanto mais próxima estiver a leitura realizada pelo instrumento do valor aceito como verdadeiro, mais exato será o instrumento de medida. Nos instrumentos de medição, a exatidão é indicada como “classe de exatidão”, que restringe seu uso.

#### 5.1.6 Precisão

Esta característica exprime o grau de reprodução nas indicações de um instrumento de uma mesma medida sob as mesmas condições de funcionamento do instrumento. A precisão, não é indicada nos instrumentos, pois resulta de uma análise estatística. A alta precisão implica em repetição de um mesmo valor para várias leituras realizadas sob as mesmas condições. A precisão é um pré-requisito para a exatidão, mas não garante a mesma.

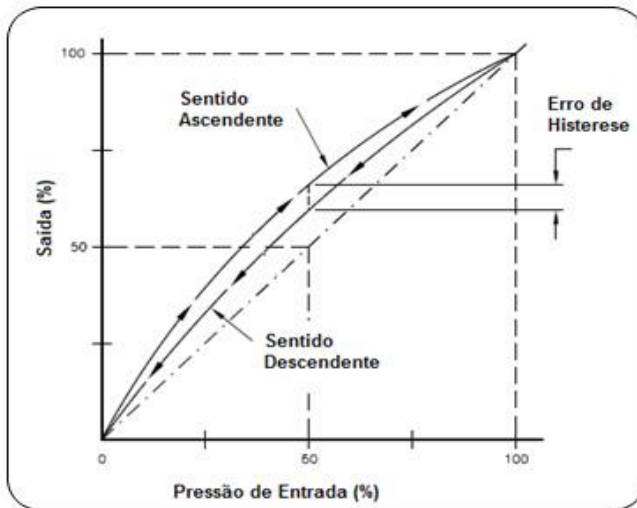
## 5.2 CARACTERÍSTICAS DINÂMICAS DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÕES

### 5.2.1 Histerese

É a diferença observada entre a medição de uma grandeza física quando esta percorre a faixa de medição do instrumento no sentido crescente e no decrescente. A

histerese é um parâmetro expresso em porcentagem do span do instrumento de medição

**Figura 20** – Gráfico da diferença do sinal de entrada e saída



**Fonte:** Anotações das aulas de automação ministradas pelo prof. Henrique Iglesias Paes no Ciaga

#### 5.2.2 Zona morta (dead zone)

Esta característica determina a faixa de valores da grandeza física medida que não provoca variação da indicação ou no sinal transmitido pelo instrumento de medição.

#### 5.2.3 Tempo morto (dead time)

É o valor de tempo que determina o atraso verificado entre a ocorrência de uma alteração da grandeza física medida e a sua percepção pelo instrumento. Também pode ser denominado de “atraso de transporte”.

#### 5.2.4 Supressão de zero ou escala de zero suprimido

Este parâmetro determina a quantidade com que o valor inferior da faixa de medida (range) do instrumento supera o valor de zero ou valor mínimo da grandeza física medida. O valor de supressão de zero por ser expresso em unidades da grandeza medida ou em porcentagem do span do instrumento de medição.

#### 5.2.5 Elevação de zero ou escala de zero elevado

Esta característica determina o valor da grandeza física medida que determina a

quantidade com que o valor zero ou valor inferior da faixa medida do instrumento de medição é superado.

## **6 SISTEMA SUPERVISÓRIO**

Os sistemas supervisórios permitem que sejam monitoradas e rastreadas informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipuladas, analisadas, armazenadas e posteriormente, apresentadas ao usuário. Estes sistemas também são chamados de supervisory control and data acquisition (SCADA)

Os primeiros sistemas SCADA, basicamente telemétricos, permitiam informar periodicamente o estado corrente do processo industrial, monitorando sinais representativos de medidas e estados de dispositivos, através de um painel de lâmpadas e indicadores, sem que houvesse qualquer interface aplicacional com o operador.

Atualmente, os sistemas de automação industrial utilizam tecnologias de computação e comunicação para automatizar a monitoração e controle dos processos industriais, efetuando coleta de dados em ambientes complexos, eventualmente dispersos geograficamente, e a respectiva apresentação de modo amigável para o operador, com recursos gráficos elaborados (interface homem-máquina - IHM) e conteúdo multimídia.

Para permitir isso, os sistemas SCADA identificam os tags, que são todas as variáveis numéricas ou alfanuméricas envolvidas na aplicação, podendo executar funções computacionais (operações matemáticas, lógicas, com vetores) ou representar pontos de entrada/saída de dados do processo que está sendo controlado. Neste caso, correspondem às variáveis do processo real, se comportando como a ligação entre o controlador e o sistema. É com base nos valores das tags que os dados coletados são apresentados ao usuário.

Os sistemas SCADA podem também verificar condições de alarmes, identificadas quando o valor da tag ultrapassa uma faixa ou condição pré-estabelecida, sendo possível programar a gravação de registros em bancos de dados, ativação de som, mensagem, mudança de cores e envios de mensagens.

Os componentes físicos de um sistema de supervisão podem ser resumidos em sensores e atuadores, rede de comunicação, estações remotas e de monitoração central. Os

sensores são conectados aos equipamentos controlados e monitorados pelos sistemas SCADA que convertem parâmetros físicos tais como velocidade, nível de água e temperatura, para sinais analógicos e digitais legíveis pela estação remota. Os atuadores são utilizados para atuar sobre o sistema, ligando e desligando determinados equipamentos.

O processo de controle e aquisição de dados se inicia nas estações remotas, em controladores lógico programáveis (C.L.P), com a leitura dos valores atuais dos dispositivos que a ele estão associados e seu respectivo controle. Os C.L.P.s são unidades computacionais específicas, utilizadas em navios, ou qualquer outro tipo de instalação que se deseje monitorar com a função de ler entradas, realizar cálculos ou controles, e atualizar saídas.

As estações de monitoração central são as unidades principais dos sistemas SCADA, sendo responsáveis, por recolher a informação gerada pelas estações remotas e agir em conformidade com os eventos detectados podendo ser centralizadas num único computador ou distribuídas por uma rede de computadores, de modo a permitir o compartilhamento das informações coletadas. Internamente, os sistemas SCADA geralmente dividem suas principais tarefas em blocos ou módulos, que vão permitir maior ou menor flexibilidade e robustez de acordo com a solução desejada.

Em linhas gerais, podemos dividir essas tarefas em: núcleo de processamento; comunicação com CLP; gerenciamento de alarmes; históricos e banco de dados; lógica de programação interna ou controle; interface gráfica; relatórios; comunicação com outras estações SCADA; comunicação com sistemas externos e corporativos.

A regra geral para o funcionamento de um sistema SCADA parte dos processos de comunicação com os equipamentos de campo, cujas informações são enviadas para o núcleo principal do software. O núcleo é responsável por distribuir e coordenar o fluxo dessas informações para os demais módulos, até chegarem na forma esperada para o operador do sistema, na interface gráfica ou console de operação com o processo, geralmente acompanhada de gráficos, animações, relatórios, de modo a exibir a evolução do estado dos dispositivos e do processo controlado, permitindo informar anomalias, sugerir medidas a serem tomadas ou reagir automaticamente.

## 6.1 C.L.P.

Entende-se por C.L.P. um dispositivo eletrônico que controla máquinas e processos utilizando memória programável para armazenar instruções específicas. É um equipamento de controle industrial microprocessado, criado inicialmente para efetuar especificamente o controle lógico de variáveis discretas, e atualmente usado para praticamente todos os tipos de controle.

O C.L.P. foi inventado para substituir os relés de um circuito lógico sequencial para controle industrial, por alguma coisa menor, mais confiável e principalmente mais flexível, quanto à facilidade de se alterar a programação. O CLP funciona sequencialmente, olhando o estado dos dispositivos ligados às suas entradas, operando a lógica de seu programa interno e determinando o estado dos dispositivos ligados às suas saídas. É o usuário quem carrega o programa, geralmente via software, que produz os resultados desejados. Internamente, ele é composto por um sistema microprocessado, um programa monitor, uma memória de programa, uma memória de dados, uma ou mais interfaces de entradas, uma ou mais interfaces de saída e circuitos auxiliares.

Sua primeira aplicação foi na G.M, na linha de fabricação de automóveis, em testes para cablagem de automóveis. Quando a aplicação industrial mudava, o “programa” precisava mudar também. Como novos modelos eram introduzidos todo ano, o “programa” do teste de cablagem também era refeito anualmente. A alteração do “programa” através da religação da fiação que interligava os relés era extremamente trabalhosa, cara, e sobretudo demorada. Além disto, como os relés eram todos eletromecânicos, sua vida útil era limitada, havia um programa de manutenção periódica, e cada vez que surgia um defeito, era necessário interromper o uso da giga de teste para um procedimento elaborado e difícil de localização e eliminação da falha. Os CLPs deveriam ser facilmente reprogramados, usando uma linguagem conhecida pelo pessoal da engenharia e da manutenção elétrica, inicialmente a Ladder. A vida útil deveria ser grande e as mudanças de programa teriam que ser feitas rapidamente, bem como era necessário incorporar ferramentas de diagnóstico para facilitar e tornar mais ágeis as localizações de defeitos.

As melhorias na tecnologia de microprocessadores tiveram um grande impacto na

evolução dos CLPs, melhorando a interface com o operador, capacidade computacional aritmética, manipulação de dados, e comunicação com computadores, dando uma nova função aos CLPs no chão de fábrica. A adição das funções aritméticas e conjuntos de instruções avançadas expandiram as aplicações dos CLPs permitindo que funcionassem em conjunto com outros instrumentos que forneciam dados numéricos. As tarefas lógicas e sequencias então poderiam ser ampliadas para acomodar em seu interior cálculos baseados em dados medidos, e a partir destes, tomar medidas corretivas, controle de bateladas por outras variáveis que não apenas o tempo. Outras melhorias foram relativas à capacidade de memória, controle sobre entradas e saídas remotas, controle de variáveis analógicas e de posicionamento. Estas características tornaram o CLP adequado para uma gama de aplicações ainda maior, e contribuíram muito para a redução de custos de fiação e de instalação. Outro desenvolvimento importante foi dos módulos de controle de posição, controlando motores de passo (step-motors) na saída e usando realimentação a partir de encoders na entrada. A interface de entrada conta um trem de pulsos vindo de um transdutor externo, e transforma este num valor numérico que a unidade central de processamento (UCP) usa como verificação da amplitude do movimento pretendido. A partir então do comando da UCP, o módulo de saída e controle do motor de passo gera o trem de pulsos que comanda o motor. Posição, velocidade, aceleração, tudo ficou sobre controle.

Toda essa evolução tecnológica fez com que o CLP assumisse muitas funções que anteriormente não lhe eram destinadas, como o controle de variáveis analógicas, tráfego de informações do chão de fábrica às linhas de comunicação de alta velocidade para disponibilizar dados de produção para outras unidades de produção, geração de relatórios, preparação de dados para interface-homem-máquina, e para atingir os níveis hierárquicos superiores dentro da empresa. Apesar de amplamente empregado em processos industriais contínuos, é particularmente importante sua aplicação nos processos em bateladas e onde as formulações da produção precisam ser modificadas com frequência, bem como nos processos com elevado número de variáveis discretas, tais como se encontra nos segmentos industriais de manufatura. Nos navios atuais é fundamental no controle de todos os equipamentos de bordo, sendo interligado ao supervisor e permitindo até o uso de praça de máquina desguarnecida.

### **Considerações finais**

O desenvolvimento tecnológico ao longo da história buscou trazer cada vez mais facilidades e conforto ao homem. Assim surgiu a automação, e nesse contexto as recentes inovações seguem como tendência a ligação a ela.

Conforme visto neste trabalho, através da mudança nos meios de produção, ao surgimento da automação, o desenvolvimento de tecnologias como o CLP e os sistemas de automação mostram evidentes benefícios trazidos nas últimas décadas.

A questão da automação e a máquina substituindo o homem é complexa. Deve-se compreender que o homem é insubstituível, e que a tecnologia vem em seu favor, para dar auxílio, e não para tomar seu lugar. Numa embarcação automatizada por exemplo, caso o sistema dê o fora, caberá ao operador a função de reparo.

Sendo assim, cabe ao profissional a função de estar em constante aprendizado, qualificando-se para o mercado. Da mesma forma, as empresas têm a missão de desenvolver programas de atualização e reciclagem da mão-de-obra.

## REFERÊNCIAS

Bega, Egídio Alberto. Instrumentação Industrial. Rio de Janeiro 2011.

**Sensores.** Disponível em:

< <http://pt.slideshare.net/luisvaroli/sensores-na-automao-industrial-o-completo>>. Acesso em 6 de julho de 2015.

**Inversor de frequência.** Disponível em: < <http://www.digel.com.br> > acesso em: 13 de julho de 2015.

**Transmissores.** Disponível em:< [http:// instrumentacaoecontrole.blogspot.com.br](http://instrumentacaoecontrole.blogspot.com.br) > <http://instrumentacaoecontrole.blogspot.com.br/>. Acesso em: 20 de julho de 2015.

**Elementos da automação.** Disponível em:< <http://www.ebah.com.br> > Acesso em: 21 de julho de 2015.

VIANA, Ulisses Barcelos. Instrumentação Básica I - Pressão e Nível. ES, 1999.

Bolton, William. Instrumentação & controle. Rio de Janeiro 2002

Anotações das aulas de automação ministradas pelo prof. Henrique Iglesias Paes no Ciaga

**Medidor de vazão eletromagnético.** Disponível em:

< [www.manutencaoesuprimentos.com.br](http://www.manutencaoesuprimentos.com.br)>. Acesso em: 18 de agosto de 2015

**Medidor de vazão tipo turbina.** Disponível em: < [www.maxus.com.br](http://www.maxus.com.br)>. Acesso em: 18 de agosto de 2015

**Placa de orifício.** Disponível em: < [www.flowmaster.com.br](http://www.flowmaster.com.br)>. Acesso em: 18 de agosto de 2015

**Rotâmetro.** Disponível em: < [www.bwds.com.br](http://www.bwds.com.br)>. Acesso em: 18 de agosto de 2015

**Sensor ultrassônico.** Disponível em: < [decom.ufop.br](http://decom.ufop.br)>. Acesso em: 18 de agosto de 2015