

UEMG-Universidade do Estado de Minas Gerais

Artigo apresentado na disciplina de Engenharia de Automação de Processos Industriais II do Curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado de Minas Gerais – Campos Divinópolis

Caroline Aparecida Ferreira ¹

Edivânia das Graças de Lélis ²

Gabriela Rodrigues de Faria ³

Henrique Martins Guimarães ⁴

Juliano Gontijo Duca ⁵

Kênia Mayara Cintra ⁶

Paulo Renato Ordones Bueno Lemos ⁷

Paulo Henrique Mitre de Sousa ⁸

¹Graduando do Curso de Engenharia de Produção. E- mail: carolineferreira.eng@gmail.com

²Graduando do Curso de Engenharia de Produção. E-mail: edvanialelis@yahoo.com.br

³Graduando do Curso de Engenharia de Produção. E-mail: gabrielafaria@hotmail.com

⁴Graduando do Curso de Engenharia de Produção. E- mail: henriquemartins_g@hotmail.com

⁵Graduando do Curso de Engenharia de Produção. E- mail: julianoduca@gmail.com

⁶Graduando do Curso de Engenharia de Produção. E- mail: keniacintra@gmail.com

⁷Graduando do Curso de Engenharia de Produção. E- mail: paulokarpov@hotmail.com

⁸Graduando do Curso de Engenharia de Produção. E- mail: phsmitre@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho aborda o tema pirâmide da instalação industrial e seus níveis, propagação de erros, malhas de controle, componentes do sistema de controle, classificação e simbologia dos medidores. Tem por objetivo ampliar o conhecimento dos alunos através do método de pesquisa e elaboração sintaxe, com a finalidade de reduzir custos operacionais na indústria aumentando a lucratividade, qualidade dos produtos e otimização dos processos.

Palavra-chave: Controle, Níveis, Pirâmide, Medidores.

ABSTRACT

This paper discusses the topics industrial automation pyramid and its levels, error propagation, control loops, the control system components, classification and instrumentation symbols and identification. It aims to expand students' knowledge through the research method and syntax development, aiming to reduce operating costs in the industry, increasing profitability and product quality and the process optimization.

Keyword: Automation, Control, Levels, Pyramid, Sensors.

1. INTRODUÇÃO

Automação do Latim *automatus* que significa mover-se por si, consiste em conjunto de técnicas computadorizadas ou mecânicas com o objetivo de otimizar o processo produtivo, controlando os mecanismos para o seu próprio funcionamento.

Embora não seja possível afirmar uma data exata para o surgimento da automação industrial, um dos fatores que contribuíram para que ela acontecesse foi a criação da máquina a vapor em 1770 por James Watt. Esta invenção além de impulsionar o aumento da produção de artigos manufaturados da época movimentou, o

aperfeiçoamento das máquinas. Com a chegada da energia elétrica surgiu no mercado um dispositivo mecânico chamado “relé” fruto do estudo Michael Faraday sobre o fenômeno da indução eletromagnética, creditada por Joseph Henry.

Com a necessidade de produzir mais veículos Henry Ford estabeleceu a primeira linha de montagem móvel, onde inicialmente os operários tinham que se movimentar para produzir, com o novo modelo de produção de Ford os operários eram fixos em seus postos e as peças percorriam uma trajetória mecanizada.

A primeira e segunda Guerra Mundial contribuíram de forma significativa para o avanço da automação. As tecnologias utilizadas nesse período foram aprimoradas para a indústria, e os estudos de Alan Turing e seu grupo de cientistas, levou a criação do computador na segunda Guerra Mundial, isso permitiu com os avanços tecnológicos o maior controle e programação da automação industrial.

2. PIRÂMIDE DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Com a globalização a competitividade industrial se tornou mais acirrada. Produzir com qualidade, segurança e agilidade tornou se meio de sobrevivência dentro das organizações. A automação veio como resposta para a alta demanda de produtos e conseqüentemente qualidade. Baseada em máquinas que tem a capacidade de agir voluntariamente através de software programáveis, a automação industrial tem como função gerar maior controle dos processos produtivos, com resultados satisfatórios em um intervalo de tempo mais curto, aumentando assim a velocidade de produção e conseqüentemente diminuindo custos.

A evolução da automação industrial criou uma logística para definir papéis da automação dentro da planta fabril, pois, o mesmo afeta todas as etapas do processo produtivo. Composta por cinco níveis, surge então na década de oitenta a pirâmide de automação industrial.

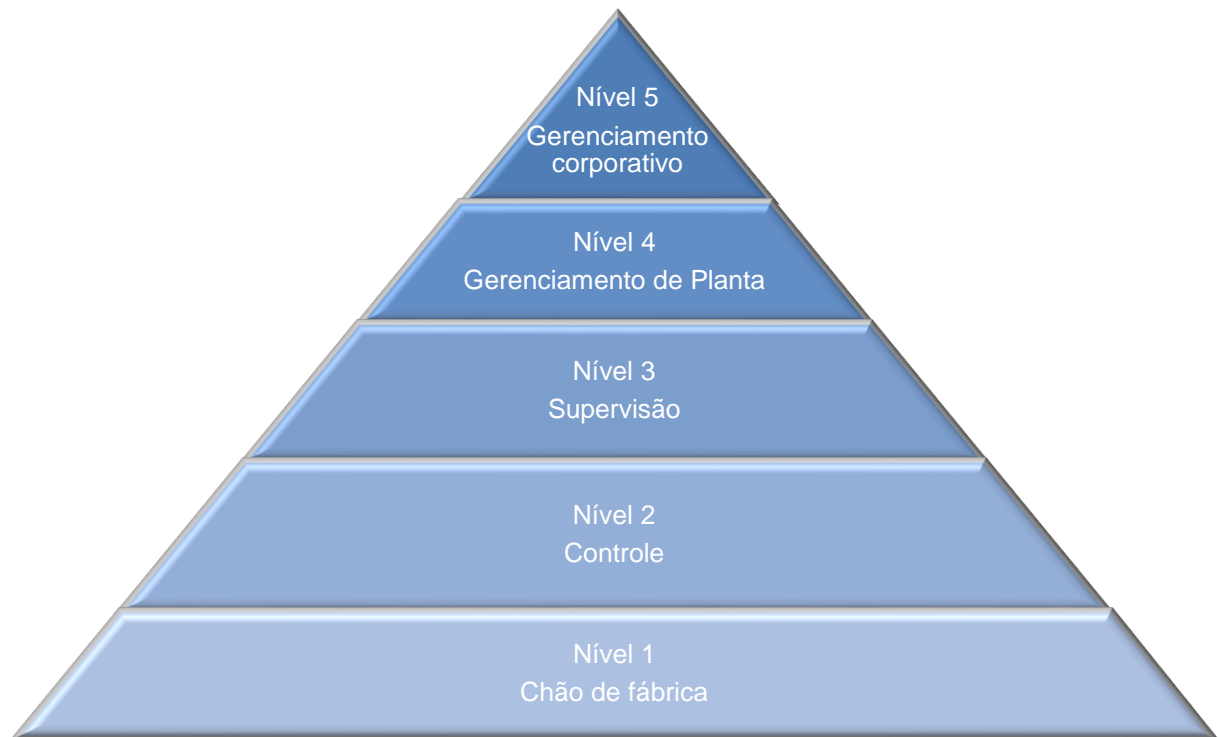


Figura 1- Pirâmide da automação
Fonte: Ferreira, (2016)

2.1. Nível 1

O nível 1 da pirâmide da automação é o chamado chão de fábrica, pois é o nível em que estão as máquinas diretamente responsáveis pela produção. Relés, sensores digitais e analógicos, inversores de frequência, conversores, sistemas de partida e Centro de Controle de Motores (CCMs). São os principais componentes deste setor:

- **Sensores em Geral:** 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. Existem diversos tipos de sensores, destacando-se entre eles os

fotodiodos (conversão elétrico/luminosa), os microfones (conversão elétrico/sonora) e os termistores (conversão elétrico/térmica).

- **Soft-starters (Partida Suave):** Soft-starters são utilizados basicamente para partidas de motores de indução CA (corrente alternada) tipo gaiola, em substituição aos métodos estrela-triângulo, chave compensadora ou partida direta. Tem a vantagem de não provocar trancos no sistema, limitar a corrente de partida, evitar picos de corrente e ainda incorporar parada suave e proteções.
- **Inversores de Frequência:** No caso específico o inversor de frequência é utilizado para controlar a rotação de um motor assíncrono. Isto é alcançado através do controle micro processado de um circuito típico para alimentação do motor composto de transístores de potência que chaveiam rapidamente uma tensão CC, modificando o valor RMS e o período. Ao controlar a rotação o motor, flexibilizamos a produção da máquina que é acionada pelo motor de indução.
- **Motores:** Máquinas destinadas a converter energia elétrica em energia mecânica. É um dos equipamentos mais utilizados pelo homem em sua caminhada em busca do progresso, pois praticamente todas as máquinas dependem dele.
- **Válvulas:** A função da válvula de controle é efetuar o controle final no processo, de acordo com a malha de controle e seu ajuste. Assim, a válvula manipula uma variável para mantê-la controlada dentro do seu set point. Uma válvula de controle é formada por três partes: Atuador; Corpo e internos; Castelo e engaxamento.
- **Bombas:** No circuito hidráulico, as bombas são equipamentos rotativos utilizados para converter energia mecânica em energia hidráulica (vazão) em fluidos pressurizados, podendo aumentar sua velocidade (energia cinética) com o objetivo de efetuar ou manter o deslocamento de um líquido por escoamento.

- Compressores: O compressor é basicamente um equipamento eletromecânico, capaz de captar o ar que está no meio ambiente e armazená-lo sob alta pressão num reservatório próprio do mesmo, ou seja, eles são utilizados para proporcionar a elevação da pressão do ar.
- Conhecimentos Técnicos: São necessários conhecimentos técnicos em várias áreas como elétrica, eletrônica, mecânica e a instrumentação que compreende o controle de processos no nível de chão de fábrica.
- Conhecimentos Gerenciais: Nesse nível não há necessidade de grandes conhecimentos gerenciais nem possuir um perfil de liderança. Normalmente os superiores são supervisores que possuem um conhecimento técnico mais avançado e mais experiência que os demais técnicos.

2.1.1. Instrumentação

A instrumentação na indústria é uma tentativa de atender a necessidade de um estudo específico de medição e controle com instrumentos e sistemas associados, é destinada a engenheiros e pessoal da manutenção como um manual de consultas e uma introdução a instrumentação de controle automático.

Para se estabelecer e manter os padrões de qualidade que identificam um produto a ser fabricado, os instrumentos são indispensáveis. Necessários para controlar as variáveis em um processo ou sistemas.

O sistema de instrumentação pode ser mecânico, pneumático, hidráulico, elétrico, eletrônico, ou uma combinação de quaisquer duas ou mais formas básicas, como o eletromecânico.

As principais grandezas responsáveis pela transferência de energia no processo são: nível, vazão, temperatura e pressão.

Cada instrumento ou sistema possui três dispositivos básicos:

- Detector
- Dispositivo de transferência intermediário (transdutor)
- Dispositivo de saída

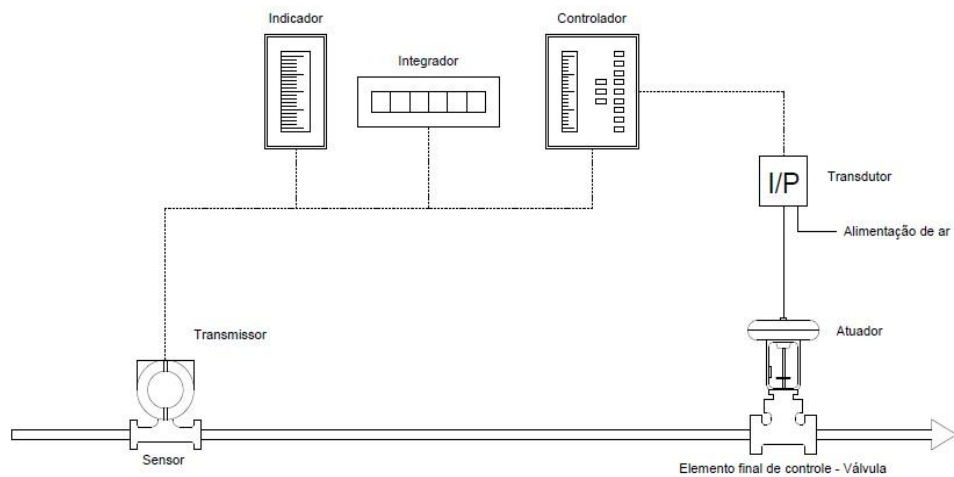


Figura 2- Dispositivos básicos sistemas

INSTRUMENTAÇÃO	DEFINIÇÃO
Detetor	São dispositivos com os quais conseguimos detectar alterações na variável do processo. Pode ser ou não parte do transmissor.
Transmissor	Instrumento que tem a função de converter sinais do detetor em outra forma capaz de ser enviada à distância para um instrumento receptor, normalmente localizado no painel.
Indicador	Instrumento que indica o valor da quantidade medida enviado pelo detetor, transmissor, etc.
Registrador	Instrumento que registra graficamente valores instantâneos medidos ao longo do tempo, valores estes enviados pelo detetor, transmissor, Controlador etc.
Conversor	Instrumento cuja função é a de receber uma informação na forma de um sinal, alterar esta forma e a emitir como um sinal de saída proporcional ao de entrada.
Unidade Aritmética	Instrumento que realiza operações nos sinais de valores de entrada de acordo com uma determinada expressão e fornece uma saída resultante da operação.

Quadro 1: Definição dispositivos

2.2. Nível 2

O nível 2 é o local onde situam-se os equipamentos responsáveis pelo controle automático/autômato das atividades industriais. Este setor é incumbido de monitorar todos os equipamentos de automação do nível 1 e inclui os controladores digitais, dinâmicos e lógicos (CLPs) e de supervisão aliada ao processo fabril. Esses dispositivos, inclusive, são responsáveis por repassar os comandos dos níveis superiores para o maquinário da fábrica, nível 1.

Equipamentos / Dispositivos - Nível 2:

CLP: Criado para controlar processos na indústria. Possui pequeno porte, é robusto e autocontido. Além de conter microprocessador programado que consegue dirigir os sinais de saída de forma eficaz, baseados nos valores dos terminais de entrada.

IHM - Interface Homem Máquina: É uma máquina que possua algum tipo de display ou dispositivo que corrobore para a interação entre equipamentos e pessoas.

PC: Utiliza de hardwares próprios para a automação. São computadores com sua utilização voltada para a indústria que podem ser inseridos em painéis de controle.

CNC - Controle Numérico Computadorizado: É o controle de máquinas ferramenta programáveis por computador.

SDCD - Sistema Digital de Controle Distribuído: Baseado em computadores digitais que desempenham funções de controle em processos industriais.

Conhecimentos Técnicos: Por mais sistematizado que esteja o processo, ainda há bastante interação com o sistema. Os supervisores possuem uma visão mais sistêmica que os supervisores do nível 1.

2.3. Nível 3

O nível três é responsável pela supervisão e controle da produção, gerenciamento de recursos produtivos, otimização do processo e geração de relatórios para os níveis quatro e cinco.

Este nível utiliza sistemas como:

- MRP (material requirement planning) ou planejamento das necessidades de materiais. O MRP usa uma filosofia de planejamento. A ênfase está na elaboração de um plano de suprimentos de materiais, seja interna ou externamente.
- MRP II (manufacturing resource planning) ou planejamento dos recursos de manufatura onde é definido por APICS (Association for Operations Management) como um método para o efetivo planejamento de todos os recursos de manufatura de uma companhia industrial. Ele contempla o planejamento operacional em unidades, o planejamento financeiro na moeda

do país e extensão do ciclo fechado do “Planejamento de Necessidades de Materiais” MRP.

- Just in time é um conjunto de técnicas para a administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora certa.
- Esses três sistemas não são exclusivamente uma aplicação de software, mas um casamento de competências pessoais, dedicação à exatidão da base de dados e recursos computacionais. Ele é um conceito de gerenciamento total de uma companhia para utilizar os recursos mais produtivamente.
- Este nível da pirâmide também conta com sistemas como MES, LIMS, PIMS.
- MES classe de sistemas de informações se localizam em software entre os sistemas de automação no chão de fábrica e os sistemas corporativos da companhia nível quatro e cinco da pirâmide. Suas funcionalidades são importação de dado do sistema ERP, importação de parâmetros para a produção, como pedidos e prioridade de manufatura. Armazenamento e divulgação dos dados de qualidade, monitoramento da produção em tempo real, ajustes em todas as etapas conforme seja necessário, e análise de métricas e desempenho da produção.
- LIMS (Laboratory Information Management Systems) sistema de automação e gestão de laboratórios possibilita atividades como: integração com outros sistemas para registro automático de amostras e retorno de resultados; controle de planos de amostragem e agendas de coletas; registro das amostras e atribuição das análises a serem realizadas; recebimento e distribuição automática das tarefas analíticas aos laboratórios ou grupos de trabalho; registro; cálculo e revisão dos resultados encontrados; interpretação de resultados; emissão de relatórios ou laudos de análises; controle de limites de especificação e controle de acordo com o tipo de amostra (produtos, matérias primas, pontos de processo, etc.); controle de insumos; geração de indicadores e relatórios gerenciais.

- PIMS IMS (Process Information Management Systems) são sistemas que adquirem dados de processo de diversas fontes, os armazenam num banco de dados históricos e os disponibilizam através de diversas formas de representação. Numa primeira fase, o PIMS passa a se constituir na ferramenta fundamental para o engenheiro de processos. A partir de uma estação ele pode visualizar tanto os dados de tempo real como históricos da planta. Pode mostra tabelas, gráficos de tendência e sinópticos e eliminar as ilhas de informação, concentrando em uma única base de dados informação sobre todos os aspectos de uma planta. A capacidade de gerar outros dados através de cálculos e de armazená-los por longo períodos de tempo sem ter que enviá-los a um mainframe constitui um grande ganho para o analista de processos. Ele deixa de depender do departamento de informática e passa a gerar relatórios sem ter que se preocupar se os dados se originam num CLP, num sistema SCADA ou SDCD.

Outra ferramenta utilizada neste nível é o IHM (Interface Homem-Máquina) ou Interação Homem-Máquina. IHM é um equipamento com algum tipo de visor ou tela que serve para facilitar a comunicação entre pessoas e máquinas.

Com os sistemas de supervisão o terceiro nível da pirâmide da automação é implementado. Através dessa camada é permitida a supervisão e otimização dos processos. Normalmente, este nível é o responsável pelos bancos de dados com informações relativas ao processo. Ethernet, TCP/IP, OPC, DDE e DCOM que são redes de comunicação que geram informação para ser utilizada pelo o nível posterior da pirâmide.

2.4. Nível 4:

O nível 4 é responsável pelo planejamento e programação da produção. E realiza tanto o controle de processos industriais quanto a logística de suprimentos. É

conhecido também pelo termo Gerenciamento da Planta. A administração dos recursos da empresa estão no nível 5, na qual gerencia todo o sistema de automação. O nível 4 só é possível realiza-lo realizado através da consolidação dos dados coletados e armazenados no nível 3, que geram relatórios mais avançados que os disponibilizados pelas ferramentas de supervisão.

Neste nível também ocorre à junção entre as estratégias e diretrizes da empresa com a capacidade produtiva, nível de tecnologia avançados e tipos de processos. Por isso, os computadores devem ser restritos para manter a segurança do processo, também devem ser de alta tecnologia, confiáveis e possuir muita memória para armazenagem de dados e capacidade de processamento. Dessa forma utiliza a ferramenta Workstation, ou estação de trabalho, é o computador com capacidade de processamento de cálculos e gráficos superior aos comuns.

2.5. Nível 5:

O quinto e último nível da pirâmide da automação industrial se encarrega da administração dos recursos da empresa e designa o desempenho de tarefa de gestão dos assuntos de um grupo.

No contexto de empreendimentos e grupos empresariais, representando uma prática adicional e complementar, é a função administrativa responsável pelo estudo e desenvolvimento de técnicas de gestão da produção de bens e serviços.

Neste nível estão os recursos de automação que auxiliam nas tomadas estratégicas de decisão. Exemplo: Softwares ERPS - O ERP vem do inglês Enterprise Resource Planning, ou Planejamento dos Recursos da Empresa e representa uma série de atividades gerenciadas por um software ou por pessoas, que ajudam na gestão de processos dentro de uma empresa, portanto, ERP é um sistema de gestão

empresarial e sua principal finalidade é a organização das informações para melhor gerenciamento da empresa e diminuição de tempo e custos gastos nos processos.

2.5.1. Classes de instrumentos

Podemos classificar os instrumentos e dispositivos utilizados em instrumentação de acordo com a função que desempenham no processo:

- Instrumento de medição indicador;
- Instrumento de medição registrador;
- Transmissor;
- Transdutor;
- Controlador;
- Elemento final de controle.

2.5.1.1. Instrumento de medição indicador

Instrumento de medição que apresenta uma indicação. A indicação pode ser analógica (contínua ou descontínua) ou digital. Os valores de mais de uma grandeza podem ser apresentados simultaneamente. Um instrumento de medição indicador pode também fornecer um registro.

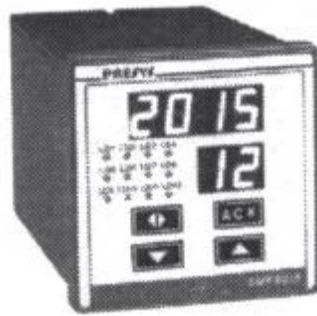


Figura 3- Indicador

Fonte: (SENAI. ES, 1999, p.8)

São exemplos deste tipo de instrumento:

- Voltímetro analógico;
- Amperímetro analógico;
- Frequencímetro digital;
- Micrometro.

2.5.1.2. Instrumento de medição registrador

Instrumento de medição que fornece um registro da indicação. O registro pode ser analógico (linha contínua ou descontínua) ou digital. Os valores de mais de uma grandeza podem ser registrados simultaneamente. Um instrumento registrador pode também apresentar uma indicação.

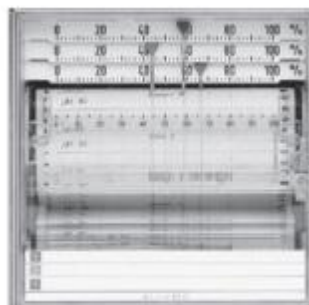


Figura 4- Registrador

Fonte: (SENAI. ES, 1999, p.8)

Exemplos desse tipo de instrumento:

- Barógrafo;
- Dosímetro termo luminescente;
- Espectrômetro registrador.

2.5.1.3. Transmissor

São instrumentos que detectam as variações na variável medida/controlada através do elemento primário e transmitem-na a distância. O elemento primário pode ou não fazer parte integrante do transmissor.

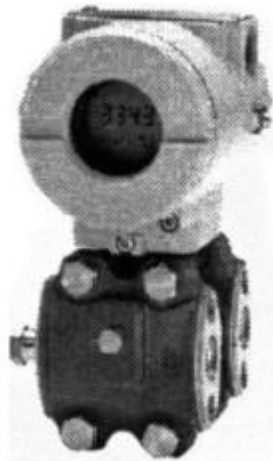


Figura 5- Transmissor

Fonte: (Instrumentação MBR, 1999, p.9)

Alguns tipos desses instrumentos são citados a seguir:

- Transmissor de temperatura;
- Transmissor de pressão;
- Transmissor de vazão.

2.5.1.4. Transdutor

Instrumento que recebe informações na forma de uma ou mais quantidades físicas, modifica, caso necessário, essas informações e fornece um sinal de saída resultante. Dependendo da aplicação, o transdutor pode ser um elemento primário, um transmissor ou outro dispositivo.



Figura 6- Transdutor

Fonte: (Instrumentação MBR, 1999, p.10)

2.5.1.5. Controlador

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

Figura X –



Figura 7- Controlador

Fonte: (SENAI. ES, 1999, p.10)

Podemos citar como exemplos de controladores:

- Controlador single loop;
- Controlador multi loop.

2.5.1.6. Elemento final de controle

Os elementos finais de controle são mecanismos que variam a quantidade de material ou de energia em resposta ao sinal enviado pelo controlador, a fim de manter a variável controlada em um valor (ou faixa de valores) predeterminado.

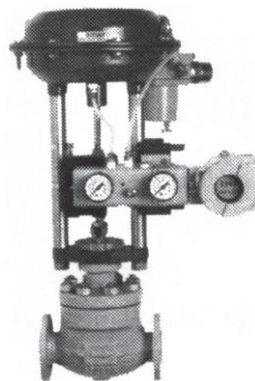


Figura 8- Válvula de controle

Fonte: (SENAI. ES, 1999, p.10)

Alguns exemplos de elementos finais de controle:

- Válvula proporcional;
- Inversores de frequência;
- Válvulas solenoide.

Após conhecer a classificação dos instrumentos, é necessário lembrar que eles podem ser identificados por meio de símbolos em diagramas. A seguir, vamos estudar este assunto.

2.5.1.7. Identificação de instrumentos

As normas de instrumentação estabelecem símbolos, gráficos e codificação para identificação alfanumérica de instrumentos ou funções programadas que deverão ser utilizadas nos diagramas e malhas de controle de projetos de instrumentação. Eles também são conhecidos como TAG.

De acordo com a norma ISA-S5 e a norma NBR-8190 da ABNT (figura a seguir), cada instrumento ou função programada deverá ser identificado por um conjunto de letras que o classifica funcionalmente e um conjunto de algarismos que indica a malha a qual o instrumento ou função programada pertence.

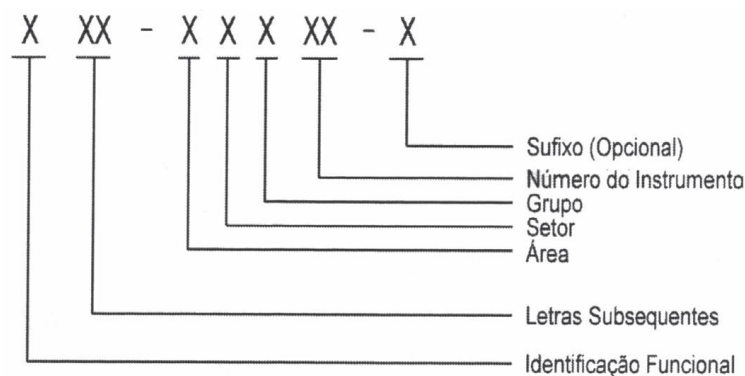


Figura 9- Padrão de Identificação e Instrumentos

Fonte: (SENAI. ES, 1999, p.11)

Eventualmente, para completar a identificação, poderá ser acrescentado um sufixo. A primeira letra identifica qual a variável medida, indicada ou iniciadora. Assim, um controle de temperatura inicia com a letra “T”, de pressão com “P”, de nível com “L”, etc. Outras letras identificadoras são mostradas na primeira coluna do Quadro 3, apresentado adiante, e seu significado na coluna 1ª letra (1ª posição).

As letras subsequentes indicam a função do instrumento na malha de controle, podendo apresentar:

- Função ativa – que intervém no processo com um controlador ou
- Função passiva – como indicação, sinalização, etc.

Por exemplo, um instrumento identificado como TE significa que ele é um elemento primário de temperatura, pois a primeira letra T identifica a variável temperatura e a segunda letra E, chamada de subsequente, informa a função de sensor ou elemento primário de medição de temperatura, não importando o princípio de medição.

Outro exemplo é um instrumento FI = Indicador de Vazão, em que a primeira letra mostra a variável medida (F = vazão) e a segunda a função do instrumento: indicador. Ao acrescentarmos a letra Q, como modificadora, esta altera o nome original do FI para FQI, pois acrescenta ao instrumento a atribuição de totalização.

A primeira letra da identificação funcional é selecionada de acordo com a variável medida e não com a variável manipulada. A variável manipulada é a variável controlada em função da variável medida. Logo, uma válvula de controle que varia a vazão para controlar um nível, comandada por um controlador de nível, é identificada como LV e não FV. As letras subsequentes identificam as funções do instrumento, podendo ser:

Tipos de funções dos instrumentos	
Funções passivas	Elemento primário, orifício de restrição, poço.
Funções de informação	Indicador, registrador, visor.
Funções ativas ou de saída	Controlador, transmissor, chave e outros.
Funções modificadoras	Alarmes ou indicação de instrumento multifunção.

Quadro 2: Classificação das funções dos instrumentos

Fonte: (SENAI. ES, 1999, p.14)

Quadro 3 –

Letras	1º grupo de letras		2º grupo de letras		
	Variável medida ou iniciadora		Passiva ou de informação	Função	
	1ª letra	Modificadora		Ativa ou de saída	Modificadora
A	Análise		Alarme		
B	Chama				
C	Escolha do usuário			Controlador	
D	Escolha do usuário	Diferencial			
E	Tensão		Sensor (elemento primário)		
F	Vazão	Razão			
G	Escolha do usuário		Visor		
H	Comando manual				Alto
I	Corrente elétrica		Indicador		
J	Potência	Varredura ou seleção manual			
K	Tempo ou temporização	Taxa de variação com o tempo		Estação de controle	
L	Nível		Lâmpada piloto		Baixo
M	Escolha do usuário	Instantâneo			Médio ou intermediário
N	Escolha do usuário		Escolha do usuário	Escolha do usuário	Escolha do usuário
O	Escolha do usuário		Orifício de restrição		
P	Pressão, vácuo		Conexão para ponto de teste		
Q	Quantidade ou evento	Integração ou totalização			
R	Radiação		Registradora ou impressora		
S	Velocidade ou frequência	Segurança		Chave	
T	Temperatura			Transmissor	
U	Multivariável		Multifunção	Multifunção	Multifunção
V	Vibração, análise mecânica			Válvula ou defletor (damper ou louver)	
W	Peso ou força		Poço ou ponta de prova		
X	Não classificada	Eixo X	Não classificada	Não classificada	Não classificada
Y	Estado, presença ou seqüência de eventos	Eixo Y		Relé, relé de computação, conversor ou solenóides	
Z	Posição	Eixo Z		Elemento final de controle não classificado	

Quadro 3: Identificação funcional dos instrumentos

Fonte: (SENAI. ES, 1999, p.14)

As letras subsequentes usadas com modificadoras podem atuar ou complementar o significado da letra precedente. Como no caso de um LILL, em que se deseja explicar que o instrumento está indicando um nível muito baixo, utiliza-se uma quarta

letra, um “L” de low. Se o instrumento indicasse apenas um alarme de nível baixo, teríamos: LIL. O caso citado mostra que é possível incluir uma quarta letra na identificação funcional do instrumento, sendo que esta opção deve ser apenas utilizada em casos de extrema necessidade. A sequência de formação da identificação funcional de um instrumento e a seguinte:

- A primeira letra deve sempre indicar a variável medida. Veja a coluna “letra da variável controlada” no Quadro 3. Se a primeira letra possui sua função modificada, veja a coluna “2a posição”, do referido quadro.
- As letras subsequentes indicam as funções do instrumento na seguinte ordem:
- Letras que designam funções passivas ou de informação, veja a coluna “3ª posição”, no Quadro 3;
- Letras que designam funções ativas ou saídas, veja a coluna “4a posição”, no quadro citado anteriormente.
- Se houver letras modificadoras, estas devem ser colocadas imediatamente após a letra que modificam.

No caso de um instrumento com indicação e registro da mesma variável, a letra “L” pode ser omitida. Um instrumento complexo, com diversas medições ou funções, pode ser designado por mais de uma identificação funcional. Assim, um transmissor registrador de razão de vazões, com uma chave atuada pela razão, em fluxogramas, pode ser identificado por dois círculos tangenciais, contendo as identificações FFRT e FFS. Em outros documentos, em que são usados símbolos gráficos, o instrumento pode ser identificado por FFRT/FFS. Todas as letras da identificação funcional devem ser maiúsculas. Eventualmente, para completar a identificação, poderá ser acrescentado um sufixo.

O Quadro 4, mostra um exemplo de instrumento identificado de acordo com a norma preestabelecida. O Quadro 5 apresenta a simbologia geral usada em instrumentação.

P	RC	001	02	A
Variável	Função	Área de atividade	Nº. seqüencial da malha	S u f i x o
Identificação funcional		Identificação da malha		
Identificação do instrumento				

Quadro 4 Identificação de instrumentos de acordo com a norma ISA-S5

Fonte: (SENAI. ES, 1999, p.13)

Onde:

P = Variável medida – Pressão;

R = Função passiva ou de informação – Registrador;

C = Função ativa ou de saída – Controlador;

001 = Área de atividade, onde o instrumento atua;

02 = Número sequencial da malha;

A = Sufixo.

	Localização em painel normalmente acessível ao operador	Montado no campo	Painel auxiliar normalmente acessível ao operador	Painel auxiliar normalmente não acessível ao operador
Instrumentos discretos				
Instrumentos compartilhados				
Computador de processo				
Controlador lógico programável (CLP)				

Quadro 5 Simbologia geral em instrumentação

Fonte: (SENAI. ES, 1999, p.15)

2.5.1.8. Instrumentos analógicos x digitais

Os instrumentos também podem ser classificados com relação ao sinal que eles entregam em sua saída, em dois tipos de categorias: instrumentos analógicos e instrumentos digitais.

Os instrumentos digitais possuem em suas saídas apenas dois valores distintos de tensão elétrica. Um valor representa o bit 1, e o outro valor representa o bit 0. Sendo assim quando, por exemplo, estivermos utilizando um termostato, teremos um contato abrindo ou fechando (normalmente fechado ou aberto, respectivamente) que representa a ação da temperatura sobre o seu elemento sensor. Este contato exerce, então, um comando sobre o circuito em que o termostato está inserido, acionando uma carga (bit 1) ou desligando-a (bit 0).

No caso de instrumentos analógicos, existe uma gama de valores de tensão elétrica (ou corrente elétrica) que o sinal de saída poderá assumir. Esta gama pode variar de 0 a 10 volts, por exemplo. Isto quer dizer, então, que em um termômetro teremos uma faixa de temperatura, ao qual o nosso instrumento é capaz de medir (0 a 100°C). Esta faixa é proporcional ao sinal que será apresentado em sua saída, sendo que 0°C equivalera a 0 volts e 100°C a 10 volts. Qualquer outro valor de temperatura que esteja dentro da faixa será apresentado na saída do instrumento em volts.

Todos os instrumentos classificados como analógicos necessitam de ter seus sinais de saída entregues em valores de tensão ou corrente padrões, de forma que os sistemas de controle possam fazer a leitura destes sinais. Se não for padrão o valor entregue, os equipamentos necessitarão de conversores adicionais para deixar os níveis de tensão e corrente em valores aceitáveis.

Podemos destacar, então, uma série de valores padrões para a saída dos instrumentos analógicos:

- Tensões padronizadas:
- -10 a 10 volts (V);
- -5 a 5 volts (V);

- 0 a 10 volts (V);
- 0 a 5 volts (V).
- 1 a 5 volts (V).
- Correntes padronizadas:
- -20 a 20 miliamperes (mA);
- 0 a 20 miliamperes (mA);
- 4 a 20 miliamperes (mA);
- 0 a 21 miliamperes (mA).

2.6. TIPOS E PROPAGAÇÃO DE ERROS E MALHAS DE CONTROLE

2.6.1. Grandezas Físicas

Grandezas físicas são aquelas grandezas que podem ser medidas, ou seja, que descrevem qualitativamente e quantitativamente as relações entre as propriedades observadas no estudo dos fenômenos físicos. Grandeza escalar é aquela que precisa somente de um valor numérico e uma unidade para determinar uma grandeza física, um exemplo é a nossa massa corporal. Já as grandezas vetoriais necessitam, para sua perfeita caracterização, de uma representação mais precisa. Assim sendo, elas necessitam, além do valor numérico, que mostra a intensidade, de uma representação espacial que determine a direção e o sentido como exemplo velocidade e força.

2.6.2. Algarismos Significativos

Quando há concordância com os algarismos em alguma medida de valores, ou seja, estes são iguais, um consenso é que eles são verdadeiros ou exatos. Dessa forma nesta mesma medida há algarismo com valores diferentes os mesmo são duvidosos. Como exemplo três medidas: 27,3 cm; 27,4 cm; 27,5 cm.

O valor 27 repete nas três medidas portanto são verdadeiros, e os algarismos 3;4;5 são duvidosos por serem diferentes, dessa forma são algarismos significativos. Neste exemplo os três algarismos de cada medição são significativos exatos, mas os últimos algarismos de cada medição são significativos duvidosos. O termo duvidoso vem pelo fato que o mesmo apresenta incerteza na medida, que pode ser por causa da sensibilidade do instrumento ou por causa da avaliação do observador.

2.6.3. Medições

A metrologia é a ciência que trata das medições é a metrologia. A metrologia abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, em quaisquer campos da ciência ou da tecnologia.

Medir é comparar uma grandeza com uma outra, de mesma natureza, tomada como padrão. Medição é, portanto, o conjunto de operações que tem por objetivo determinar o valor de uma grandeza. A grandeza pode ser definida como atributo físico de um corpo que pode ser qualitativamente distinguido e quantitativamente determinado, como exemplo o comprimento.

A unidade de medição para determinar o valor numérico de uma grandeza, é necessário que se disponha de outra grandeza de mesma natureza, definida e adotada por convenção, como exemplo o comprimento definido pelo SI é o Metro, seus múltiplos e submúltiplos, sendo este definido como sendo o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de $1/299.792.458$ de segundos.

2.6.4. Teoria dos erros e tipos de erros.

O erro é o resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando. Isto é, a diferença entre o resultado de uma medição e o valor verdadeiro dessa grandeza. Uma vez que o valor verdadeiro é uma quantidade desconhecida, resulta que o erro também o é uma quantidade desconhecida, ou ao menos um princípio de erro.

A incerteza de medição é o parâmetro associado ao resultado de uma medição e que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos ao mensurando. Sendo que a repetitividade é o Grau de concordância entre resultados de sucessivas medições de um mesmo mensurando, efetuadas sob as mesmas condições de medições.

Define-se reprodutibilidade como o grau de concordância entre resultados de medições de um mesmo mensurando, efetuadas sob condições de medições diferentes e o valor médio verdadeiro ou médio limite como o valor médio que seria obtido de um número infinito de medições em condições de repetitividade.

Pode-se haver exatidão que significa ser o grau de concordância entre o resultado de uma medição e o valor verdadeiro do mensurando. Porém pode-se haver também precisão que é um conceito qualitativo para indicar o grau de concordância entre os diversos resultados experimentais obtidos em condições de repetitividade. Assim, boa precisão significa erro estatístico pequeno, de forma que os resultados apresentam boa repetitividade, mas, entretanto, mesmo que com boa precisão a exatidão ou acurácia pode ser ruim caso exista erro sistemático grande.

A incerteza padrão é a incerteza em resultado final dada na forma de um desvio padrão. Geralmente, ocorrem erros de vários tipos numa mesma medição. Estes erros podem ser agrupados em dois grandes grupos que são: os erros sistemáticos e erros estatísticos (ou aleatórios).

O erro Estatístico é o resultado de uma medição menos o Valor Médio Verdadeiro. Erros estatísticos (ou aleatórios) resultam de variações aleatórias nas medições,

provenientes de fatores que não podem ser controlados ou que, por algum motivo, não foram controlados. Por exemplo, na medição de massa com balança, correntes de ar ou vibrações (atores aleatórios) podem introduzir erros estatísticos na medição.

O erro Sistemático é a diferença entre o Valor Médio Verdadeiro e o Valor verdadeiro. Sendo este erro afeta igualmente todas as n medições. Pode-se classificar o erro sistemático em instrumental que é o erro que resulta da calibração do instrumento, o ambiental que ocorre devido a erros do ambiente tais como temperatura, pressão e umidade e o erro observacional devido a limitações do observador como erros de procedimento e paralaxe na leitura da escala.

2.6.5. Incerteza e propagação da incerteza

Nenhum procedimento experimental é completamente confiável e sempre há alguma incerteza associada aos valores das grandezas experimentais. Assim, todas as grandezas de entrada, desde que sejam obtidas experimentalmente, possuem alguma incerteza. Portanto, a grandeza de saída deve possuir alguma incerteza também. Essa repercussão da incerteza das grandezas de entrada sobre a incerteza da grandeza de saída é chamada propagação da incerteza.

2.6.6. Erros instrumentos analógicos

Os instrumentos analógicos, a medição é realizada a partir do posicionamento de um ponteiro que se move sobre uma escala fixa. Tendo como fundamentação básica a medida de corrente (amperímetro), os medidores analógicos podem ser usados para a medida de outras grandezas, como tensão e resistência. Estes são sensíveis a campos elétricos ou magnéticos externos, por isso na maioria das vezes é necessário blindá-los contra esses campos. Isso ocorre porque sua operação se dá basicamente por algum tipo de fenômeno eletromagnético ou eletrostático, como a ação de um campo magnético sobre uma espira percorrida por corrente elétrica ou a repulsão entre duas superfícies carregadas com cargas elétricas de mesmo sinal. O

mecanismo de suspensão que é a parte mais delicada de um instrumento analógico promove a fixação do ponteiro e proporciona um movimento com baixo atrito.

Os instrumentos analógicos por possuírem uma resistência interna, quando esses equipamentos são inseridos em um circuito, ocorre uma mudança em sua configuração original (carregam o circuito). Quanto maior a sensibilidade do instrumento, melhor este será. Os aparelhos de bobina móvel possuem mais sensibilidade dentre os medidores analógicos, pois atingem valores da ordem de 100 K Ω /V.

A posição dos Instrumentos de painel usualmente é projetada para funcionamento na posição vertical, porém outras posições podem ser viáveis. O uso de um instrumento em posição diferente daquela para a qual foi projetado pode ocasionar erros grosseiros de leitura. Sendo esta posição vertical, horizontal ou inclinada.

A classe de exatidão de um instrumento fornece o erro admissível entre o valor indicado pelo instrumento e o fiducial, levando-se em consideração o valor do fundo de escala. É indicada no painel do instrumento por um número expresso em algarismos arábicos. Por exemplo, se amperímetro de classe 0,5 tem amplitude de escala de 0 a 200 mA, isto significa que o erro máximo admissível em qualquer ponto da escala é: Portanto, se o aparelho indicar 50mA, a variação admissível será 50 ± 1 mA; se estiver indicando 150 mA, a variação será igualmente 150 ± 1 mA.

2.6.7. Erros em instrumentos digitais

Os instrumentos digitais têm como fundamento a medida de tensão (voltímetro), enquanto que os instrumentos analógicos que abordamos no último post têm como modelo básico o amperímetro. Essa alteração de configuração inicial torna possível que outras grandezas sejam medidas, como resistência, corrente, frequência, capacitância e temperatura.

A conversão de sinais analógicos de entrada por circuitos eletrônicos é a característica básica dos instrumentos digitais, chama-se conversão análogo-digital

ou **A-D**. Pode-se ser encontrados dois tipos de visores dentre eles os **de LEDs** (Light emitting diodes = diodos emissores de luz): Possuem um fundo escuro para proporcionar mais destaque para os LEDs, que emitem luz quando percorridos por corrente elétrica, E os **de Cristal líquido LCD** (Liquid crystal display = visor de cristal líquido): Os LCDs são constituídos por duas lâminas transparentes que possuem uma solução de cristal líquido, cujas moléculas podem se alinhar sob a ação da corrente elétrica, impedindo a passagem da luz. Essas lâminas são de um material polarizador de luz, com eixos alinhados perpendicularmente entre si.

O instrumento digital tem uma característica relacionada à capacidade de diferenciar grandezas com valores aproximados. No caso dos instrumentos digitais, a resolução é dada pelo número de dígitos ou contagens do seu display.

Um instrumento com $3\frac{1}{2}$ dígitos tem 3 dígitos “completos” (isto é, capazes de mostrar os algarismos de 0 até 9) e 1 “meio dígito”, que só pode apresentar 2 valores: 0 (nesse caso o algarismo está “apagado”) ou 1; portanto, este instrumento pode contar até 1999. Outro instrumento de $4\frac{1}{2}$ dígitos tem maior resolução, pois pode apresentar 19999 contagens. Instrumentos com contagem de 3000 ($3\frac{3}{4}$ dígitos), 4000 ($3\frac{4}{5}$ dígitos) ou 6000 ($3\frac{6}{7}$ dígitos) também são fabricados, até com resoluções maiores.

A exatidão dos medidores digitais informa o maior erro possível em determinada condição de medição. É expresso através de percentual da leitura do instrumento. Por exemplo, se um instrumento digital com 1% de exatidão está apresentando uma medida de 100 unidades em seu display, o valor verdadeiro estará na faixa de 99 a 101 unidades. A especificação da exatidão de alguns instrumentos inclui o número de contagens que o dígito mais à direita pode variar. Assim, se um voltímetro tem exatidão de $\pm (1\% + 2)$ e seu display mede 220 V, o valor real pode estar entre 217,78 e 222,22 V.

2.6.8. Sistemas de controle

Um sistema de controle é um dispositivo ou conjunto de dispositivos que comandam o comportamento de outros dispositivos. Na era da modernidade, o seu uso é disseminado: desde uma simples bóia que controla o nível de um tanque d'água até os sistemas digitais das aeronaves mais sofisticadas. Esse conceito é amplo, não necessariamente limitado a equipamentos de Engenharia. Exemplo: a redução da população de uma praga por meio da criação de predadores é um sistema biológico de controle.

2.6.9. Componentes do sistema de controle

Os blocos de um sistema de controle são dispositivos que exercem determinadas funções. Os equipamentos são os dispositivos principais, aqueles cujo comportamento se deseja controlar. Sensores são elementos que convertem uma grandeza física em outra que possa ser adequadamente processada. Exemplo: um termopar converte temperatura em uma tensão elétrica. Controladores são dispositivos que processam os valores reais e desejados para o sistema. Exemplo: no caso do termopar, o circuito elétrico ou eletrônico que compara os valores de tensão do termopar com uma de referência para controle. Atuadores são dispositivos que produzem uma saída para o equipamento como resposta a um sinal do controlador. Exemplo: motores elétricos, pistões hidráulicos ou pneumáticos, etc. Vale lembrar que sistemas práticos podem sofrer, conforme figuram, ações de distúrbios e ruídos, isto é variações que não podem ser controladas, mas afetam a operação e, por isso, precisam muitas vezes ser minimizadas através de dispositivos de compensação, filtragem, etc. Exemplo: vibrações, interferências eletromagnéticas, etc.

2.6.10. Sistema de malha aberta

Em um sistema de malha aberta, a ação de controle independe da saída. A Figura 01 dá um exemplo simples: a alimentação de água para um reservatório é comandada por uma válvula manual. Desde que as vazões de suprimento e de processo costumam variar, esse sistema exige a periódica intervenção de um operador para manter o nível de água acima do mínimo necessário e abaixo do máximo (evitar transbordamento).

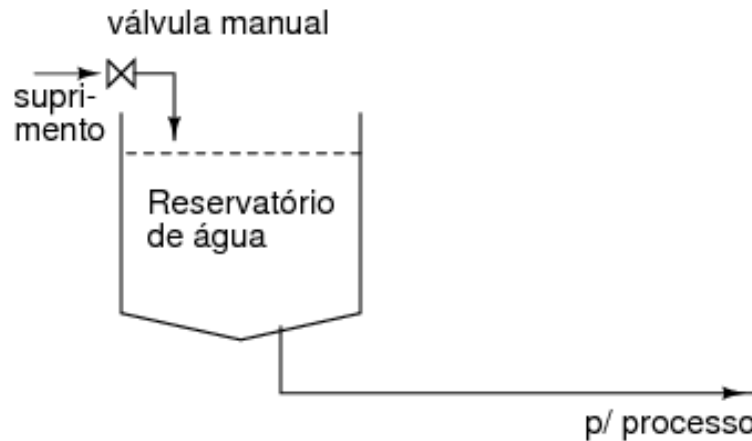


Figura 10– Sistema de malha aberta

2.6.11. SISTEMA DE MALHA FECHADA

Em um sistema de malha fechada, a ação de controle é dependente da saída. No exemplo da Figura 02, o controle manual anterior é substituído por um automático: o sinal de um sensor de nível é enviado a um dispositivo controlador que abre ou fecha a válvula de controle de acordo com valores pré-ajustados de níveis mínimo e máximo. Desde que a variação de nível depende da vazão do processo, essa saída comanda indiretamente a entrada de água no reservatório. Realimentação é a informação que um sistema de malha fechada usa para controlar a saída.

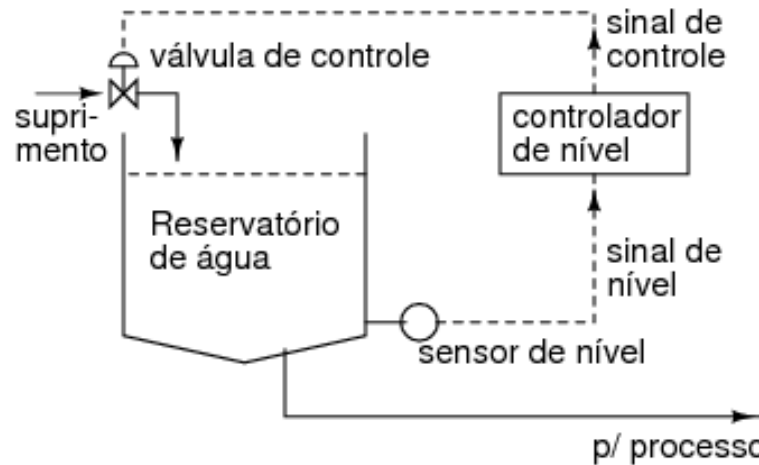


Figura 11– Sistema de malha fechada

3. CONCLUSÃO

A aplicação da automação industrial é de extrema importância no mercado contemporâneo, principalmente com o objetivo de criar uma vantagem competitiva que permita a sobrevivência do empreendimento em mercados acirrados. Principalmente em indústrias como siderurgia, mineração, borracha e plástico, equipamentos eletrônicos, automotiva, petróleo e gás que tem maior demanda dessa tecnologia. Este trabalho permitiu amplo conhecimento da pirâmide da automação industrial, seus respectivos níveis e fatores de atuação na planta industrial.

4. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Lorencini. **Instrumentos analógicos**. Disponível em: <<http://www.lorencinibrasil.com.br/blog/instrumentos-analogicos-de-medidas-eletricas/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

BRASIL, Lorencini. **Instrumentos digitais**. Disponível em:
<<http://www.lorencinibrasil.com.br/blog/instrumentos-digitais-de-medidas-eletricas/>>.
Acesso em: 25 ago. 2016.

CARRILHO, A .Controladores Lógicos Programáveis. Aula de Automação Industrial.
Instituto Militar de Engenharia -IME.

EDUCAÇÃO, Mundo. **As grandezas Físicas**. Disponível em:
<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/grandezas-fisicas.htm>>. Acesso em: 25
ago. 2016.

GROOVER, M.P.Automação Industrial e Sistemas de Manufatura.3ª Edição.
Pearson Prentice Hall.

GROOVER, M.P. Automação Industrial e Sistemas de Manufatura.3ª Edição.
Pearson Prentice Hall.
www.ajaautomação.com

ITA. **Algarismos Significativos**. Disponível em:
<<http://www.fis.ita.br/labfis24/erros/errostextos/erros1.htm>>. Acesso em: 25 ago.
2016.

IPEM. **Conceitos Básicos sobre Medição**. Disponível em:
<http://www.ipem.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=258>. Acesso em: 25 ago. 2016.

ITA. **Introdução a Teoria dos Erros**. Disponível em:
<<http://www.fis.ita.br/labfis24/erros/errostextos/erros2.htm>>. Acesso em: 25 ago.
2016.

Instrumentação e controle: guia básico/Eletróbrás [et. al.]. Brasília : IEL/NC, 2008.

218p.:il.

ISBN 978-85-87257-36-9

1. Instrumentação industrial 2. Sistemas de controle I. Eletrobrás II. CNI – Confederação Nacional da industrial. III. IEL – Núcleo Central IV. Título.

Lima Junior, P. et al. **O laboratório de mecânica**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2012.

MSPC. **Sistemas de controle**. Disponível em:
<http://www.mspc.eng.br/contr/ctrl_0110.shtml>. Acesso em: 25 ago. 2016.

ROCHA, Jordão Silva da. **O que é IHM**. 2015. Disponível em:
<<http://www.ajautomacao.com/o-que-e-ihm/#gsc.tab=0>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

YAMAGUSHI, Marcos Yukio. **Sincronização das bases de tempo de CLPs distribuídos numa rede de automação de processo industrial**. 2016. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Energia e Automação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SOISSON, Harold E.. **INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL**. Curitiba: Hemus, 2002. 687 p.

SIGHIERI, Luciano; NISHINARI, Akiyoshi. **Controle Automático de Processos Industriais: Instrumentação**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1973. 234 p.

SILVEIRA, L. e LIMA, W.Q. Um Breve Histórico Conceitual da Automação e Redes de Automação Industrial. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.