



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC**  
**Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial**

**LUIZ GUSTAVO SANTOS DE LACERDA**

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO  
DE PETRÓLEO E DERIVADOS**

**LUIZ GUSTAVO SANTOS DE LACERDA**

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO DE  
PETRÓLEO E DERIVADOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec como requisito final para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.

Orientador: Prof. Msc. Milton Bastos

Co-Orientador: Prof. Msc. Gilney Tosta

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI - CIMATEC

L131s Lacerda, Luiz Gustavo Santos de

Sistema de automação para transporte e armazenamento de petróleo e derivados / Luiz Gustavo Santos de Lacerda - Salvador, 2014.

68 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Milton Bastos dos Santos.

Coorientador: Prof. Me. Gilney Tosta.

Monografia (Graduação em Mecatrônica Industrial) – Faculdade de Tecnologia Senai - CIMATEC, Salvador, 2014.

1. Automação. 2. Transporte. 3. Armazenamento. 4. Petróleo. I. Faculdade de Tecnologia Senai - CIMATEC II. Santos, Milton Bastos dos. III. Tosta, Gilnei. IV. Título.

CDD 629.8

## AGRADECIMENTO

- À minha esposa Viviane pela disposição, desprendimento, compreensão e força.
- À minha família, filha, pais, irmãos, sogra, cunhado e cunhadas pelo sempre presente apoio.
- O professor Milton Bastos pela orientação técnica, que permitiu o desenvolvimento deste trabalho e forneceu subsídios para o sucesso do mesmo.
- O professor Gilney Tosta pela disponibilidade e apoio incondicional nas orientações com a estruturação do trabalho.
- O professor Oberdan Pinheiro pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.
- Aos meus colegas da Transpetro S.A. pela presteza, companheirismo e esclarecimentos sobre as especificidades de operações no transporte e armazenamento de petróleo e derivados, que permitiram a realização deste trabalho.
- E a todos aqueles, que de uma forma direta ou indireta contribuíram para a realização e sucesso deste trabalho.

## RESUMO

Sistemas de automação são definidos como sistemas ativos que atuam com eficiência ótima, utilizando as informações que recebem do ambiente onde estão presentes. Utilizam um conjunto de técnicas de automação comportando-se como um operador humano, que recebe informações de sensores calculando e executando a ação mais apropriada (SANTOS, 1995).

Atualmente com o avanço tecnológico e o aumento da concorrência com os mercados externos, proporcionado pela globalização dos mercados, as empresas foram obrigadas a acompanhar estas mudanças na dinâmica do mercado.

Diante deste contexto as indústrias tiveram que procurar novas tecnologias para melhorar seus processos produtivos, no primeiro momento para sobrevivência da empresa. Mas com o passar do tempo foi comprovado que a aplicação correta de tecnologia dentro das indústrias, pode trazer muitas vantagens para estas. Uma das tecnologias utilizadas nas indústrias é a automação de processos, que no seu início tinha o custo muito elevado, e seus resultados poucos conhecidos, devido a isto, sua aplicação era restrita. Mas atualmente a automação está disseminada dentro das indústrias, e trazendo grandes resultados com um menor custo de aplicação.

Atualmente a automação dos processos industriais tornou-se fundamental para a permanência das empresas no mercado. Esta aplicação faz com que os processos produtivos sejam transferidos do homem para a máquina, sendo que estes podem trazer grandes benefícios para a empresa, tais como: melhoria na produtividade, alcançada através de processos mais rápidos e contínuos, evitando variabilidades de mão-de-obra direta e resultando em um maior volume de produção por hora. Além de um menor custo de produção, neste caso conseguido com um menor índice de retrabalho e de desperdício de peças, e também na diminuição da quantidade de mão de obra por volume de produto produzido.

Dessa forma, o projeto descrito neste trabalho descreve, detalhadamente, a automação da informação e controles de um processo contínuo de transporte e armazenamento de petróleo e derivados, atingindo todas as camadas da pirâmide de automação, desde o chão da fábrica até sua gestão. Para uma introdução será dada uma visão generalizada do projeto. Posteriormente, no desenvolvimento, será explicado cada parte que compõe toda a estrutura com um devido embasamento teórico, tomando-se como referência o sistema de transporte e armazenamento de óleo combustível do Terminal Aquaviário de Madre de Deus na Bahia pelo fato de ser considerado, este terminal, o que opera a maior variedade de derivados de petróleo do Brasil. (Fonte: Transpetro S/A 2013).

O sistema de automação desenvolvido, poderá ser implementado em qualquer sistema de transporte e armazenamento de petróleo e derivados da indústria petrolífera, desde que sejam

devidamente redimensionados os volumes de produção e as características específicas de cada unidade de produção.

O desenvolvimento deste projeto buscará soluções que forneçam as melhores características de desempenho e atendam às necessidades da indústria petrolífera, com a melhor relação custo-benefício possível. Sendo assim, o conhecimento de diferentes tecnologias de automação disponíveis no mercado será de fundamental importância para uma implementação bem sucedida.

Dessa forma, será necessário uma completa avaliação das principais tecnologias e metodologias aplicáveis em sistemas de automação, principalmente no que diz respeito aos controladores lógicos programáveis (CLPs), programação de CLPs, arquiteturas de controle, sistemas de informação e as redes de comunicação para automação.

**Palavras-chave:** Armazenamento, Transporte, Petróleo, Automação, Informação.

## **ABSTRACT**

Automation systems are defined as active systems that operate with optimal efficiency, using the information they receive from the environment where they are present. Use a set of automation techniques behaving like a human operator, who receives information from sensors calculating and executing the most appropriate action (SANTOS, 1995).

Currently with technological advances and increased competition with foreign markets, provided by the globalization of markets, companies were required to monitor these changes in market dynamics.

Given this context the industries had to look for new technologies to improve their production processes, at first for survival. But with the passage of time has proven that the correct application of technology within industries, can bring many advantages to this. One of the technologies used in industry is the automation of processes, which at the beginning had the very high cost, and its few known results due to this, their application was restricted. But automation is currently disseminated within industries, and bringing great results with a lower cost of implementation.

Currently the automation of industrial processes has become critical for companies to stay in the market. This application makes the production processes are transferred from man to machine, and these can bring great benefits to the company, such as improved productivity, achieved through more rapid and continuous processes, avoiding variability of labor-direct labor and resulting in a greater volume of output per hour. In addition to a lower cost of production, in this case achieved with a lower rate of rework and wasted parts, and also in reducing the amount of labor per volume of product produced.

Thus, the project described in this paper describes in detail the information and automation of a continuous process of transportation and storage of oil and oil controls, affecting all layers of the automation pyramid, from the factory floor to management. For an introduction will be given a general overview of the project. Later in development, will be explained each part that makes up the entire structure with an appropriate theoretical framework, taking as reference the system of transporting and storing fuel oil waterway terminal of Madre de Deus in Bahia because it is considered, this terminal, which operates the largest variety of derivatives petróleo of Brazil. (Source: Transpetro S / A 2013).

The automation system developed can be implemented in any system of transportation and storage of oil and the oil industry, provided they are properly scaled production volumes and the specific characteristics of each production unit.

The development of this project will seek solutions that provide the best performance characteristics and meet the needs of the oil industry, with the best cost-benefit ratio possible. Thus, knowledge of different automation technologies available in the market will be critical to successful implementation.

Thus, a thorough evaluation of the leading technologies and methodologies applied in automation systems, especially with regard to programmable logic controllers (PLCs), PLC programming, control architectures, information systems and communication networks will be needed for automation .

**Keywords:** Storage, Transportation, Oil, Automation, Information.

## ÍNDICE DE TABELAS

- TABELA 01: Instrumentação..... 38
- TABELA 02: Tags Supervisão..... 41
- TABELA 03: Base de dados temporal..... 43
- TABELA 04: Indicadores de operação..... 44
- TABELA 05: Tags Base de Dados..... 45
- TABELA 06: Tags Firewalls..... 53

## ÍNDICE DE FIGURAS

• FIGURA 1: Pirâmide de automação.....	4
• FIGURA 2: Medidor Vortex.....	7
• FIGURA 3: Manômetro.....	8
• FIGURA 4: Medidor de Nível radar.....	9
• FIGURA 5: Válvula de controle modulante.....	10
• FIGURA 6: Válvula ON OFF unidirecional.....	11
• FIGURA 7: Válvula Motorizada.....	12
• FIGURA 8: CLP Allen Bradley Rockwell .....	13
• FIGURA 9: Rede chão-de-fábrica.....	16
• FIGURA 10: Rede camada de Supervisão.....	19
• FIGURA 11: Rede camada de Controle.....	23
• FIGURA 12: Gráfico ERP.....	24
• FIGURA 13: Rede Camada Planejamento.....	25
• FIGURA 14: Rede camada de Gestão.....	27
• FIGURA 15: Política de Firewalls.....	30
• FIGURA 16: Rede completa com firewalls.....	31

## SUMÁRIO

1.	OBJETIVOS.....	1
1.1	Objetivo Geral .....	1
1.2	Objetivos Específicos .....	1
2.	INTRODUÇÃO .....	1
3.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	2
3.1	Automação e sua pirâmide .....	2
3.2	Instrumentação Industrial.....	4
3.2.1	Pressão.....	5
3.2.1.1	Pressão Absoluta .....	6
3.2.1.2	Pressão Manométrica .....	6
3.2.1.3	Pressão Diferencial.....	6
3.2.1.4	Classificação dos Elementos de Pressão .....	6
3.2.1.5	Elementos Mecânicos para Medição de Pressão.....	7
3.2.1.5.1	Elementos mecânicos de medição direta de pressão.....	7
3.2.1.5.2	Elementos mecânicos elásticos de medição de pressão (deformação de sólidos) ...	7
3.2.1.6	Transmissores de Pressão.....	8
3.2.1.6.1	Transmissores pneumáticos de pressão .....	8
3.2.1.6.2	Transmissores eletrônicos de pressão .....	8
3.2.2	Vazão.....	9
3.2.2.1	Características dos fluidos.....	9
3.2.2.1.1	Líquidos .....	10
3.2.2.1.2	Gases .....	10
3.2.2.1.3	Vapor d'água.....	10
3.2.2.1	Medidores Deprimogênios .....	11
3.2.2.1.1	Placas de Orifício Clássicas .....	11
3.2.2.1.2	Bocais de vazão.....	11
3.2.2.1.3	Venturis.....	12
3.2.2.2	Medidores Diferenciais de Inserção .....	12
3.2.2.2.1	Tubo de Pitot.....	12

3.2.2.3 Medidores Especiais por Diferença de Pressão.....	12
3.2.2.3.1 Medidores Centrifugos.....	12
3.2.2.3.2 Medidores Capilares .....	13
3.2.2.4 Medidores Lineares .....	13
3.2.2.4.1 Medidores de Área Variável .....	13
3.2.2.4.2 Medidores a Efeito Coriolis .....	13
3.2.2.4.3 Medidores Eletromagnéticos .....	14
3.2.2.4.4 Medidores Térmicos .....	14
3.2.2.4.5 Turbinas .....	14
3.2.2.4.6 Medidores Ultra-Sônicos .....	15
3.2.2.4.7 Medidores de Vórtices .....	15
3.2.3 Nível.....	16
3.2.3.1 Dispositivo tipo visor de nível .....	16
3.2.3.2 Dispositivo tipo flutuador.....	17
3.2.3.3 Dispositivo tipo deslocador.....	17
3.2.3.4 Dispositivo tipo ultra-sônico .....	17
3.2.3.5 Dispositivo tipo radar .....	18
3.2.3.6 Dispositivo tipo capacitivo.....	19
3.2.3.7 Dispositivo tipo eletromecânico.....	19
3.2.3.8 Chaves de nível .....	20
3.2.3.9 Dispositivos do tipo pesagem.....	20
3.2.4 Temperatura .....	20
3.2.4.1 Medidores Tradicionais.....	21
3.2.4.2 Termômetros de Resistência .....	22
3.2.4.3 Termopares.....	23
3.2.4.1 Pirômetros de Radiação.....	23
3.2.5 Válvulas de controle.....	24
3.2.5.1 Componentes .....	24
3.2.6 Controlador Lógico Programável (CLP).....	25
3.2.6.1 Arquiteturas Redundantes .....	26
3.2.6.2 Hardware .....	26

3.2.6.3 Linguagens de Programação .....	27
3.2.6.4 Unidade Central de Processamento (UCP) .....	27
3.2.6.5 Entradas e Saídas.....	28
3.2.6.6 Programação.....	28
3.2.6.7 Comunicações .....	28
3.2.6.8 Arquitetura .....	29
3.2.7 Redes Industriais de Comunicação e Controle.....	29
3.2.8 Classificação.....	30
3.2.9 Níveis Funcionais na Redes Industriais .....	30
3.2.10 Redes LAN e Barramentos de Campo .....	31
4. DISPOSITIVOS DE CAMPO UTILIZADOS NO PROJETO.....	31
4.1 Medidores de Vazão, Temperatura, Pressão, Densidade e Nível.....	31
4.1.1 Medidores Vortex.....	32
4.1.2 Manômetros.....	32
4.1.3 Medidores de nível tipo radar.....	33
4.2 VÁLVULAS .....	34
4.2.1 Válvula de controle modulante .....	34
4.2.2 Válvulas on off unidirecionais .....	35
4.3 VÁLVULAS MOTORIZADAS .....	35
4.4 CONTROLE PID .....	36
4.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP) .....	37
4.6 REDUNDÂNCIAS .....	37
4.7 REDE .....	39
4.7.1 Protocolo de comunicação ASI.....	39
4.7.2 Diagrama .....	39
5. SUPERVISÃO E INTERFACE HOMEM-MÁQUINA.....	40
5.1 Supervisão .....	40
5.2 Oracle UCM.....	40
5.2.1 Oracle Content Server .....	41
5.3 TAGS Supervisão.....	41

5.4	Redes .....	42
5.4.1	Diagrama .....	42
6.	CONTROLE.....	42
6.1	PIMS.....	42
6.2	Indicadores .....	44
6.3	TAGS Controle .....	45
6.4	REDE .....	45
6.4.1	Diagrama .....	45
7.	PLANEJAMENTO .....	46
7.1	Integração com a rede corporativa .....	46
7.2	Redes .....	47
7.2.1	Zona desmilitarizada (DMZ).....	47
7.2.1.1	Arquiteturas de Zonas Desmilitarizadas (DMZ).....	47
7.2.2	Diagrama .....	48
8.	GESTÃO .....	48
8.1	Publicação das informações .....	48
8.2	Relatórios em Tela .....	49
8.2.1	Relatórios .....	49
8.3	Redes .....	50
9.	SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO.....	50
9.1	Política de antivírus e práticas.....	50
9.2	Firewall.....	52
9.2.1	Política de Firewalls .....	53
9.2.2	TAGS .....	53
9.2.3	Diagrama de Rede completo com firewalls .....	54
10.	CONCLUSÃO .....	54
11.	REFERÊNCIAS .....	56

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo Geral**

O presente projeto tem como finalidade, a automação da informação para a otimização das operações de transporte e armazenamento de petróleo e derivados de modo a proporcionar para a indústria petrolífera uma melhoria na produtividade, alcançada através de processos mais rápidos e contínuos, evitando variabilidades de mão-de-obra direta, com um menor custo de produção e com um menor índice de retrabalho.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Melhorar a qualidade do processo de produção e por consequência, melhorar a qualidade do produto final.

- Aumentar a segurança do ambiente de trabalho, através da automação de processos, reduzir a permanência de pessoas na área industrial para realização de manobras operacionais.

- Humanização do ambiente de trabalho, melhorar tanto o trabalho propriamente dito como as condições ambientais, as máquinas podem ser instalados para executar as tarefas mais difíceis, ou aquelas realizadas sob condições ambientais extremas, como altas temperaturas, ou níveis elevados de ruído ou poluição. O trabalhador pode, então, concentrar-se mais e mais no controle, monitoramento ou plano, e assim evitar riscos à saúde.

- Racionalização, promovendo redução dos custos operacionais e/ou possível expansão da empresa.

## **2. INTRODUÇÃO**

As últimas décadas representaram, para o setor petrolífero, grandes mudanças em seu quadro institucional, onde a flexibilização do monopólio do petróleo permitiu que atividades antes sob o domínio da União pudessem ser realizadas por outras empresas, além da Petrobras. A partir de então, qualquer empresa, independente da origem do seu capital, pode realizar atividades de exploração, produção, transporte, refino, importação e exportação de petróleo.

Esta abertura do mercado vem provocando uma mudança organizacional nas empresas do setor que, para se manterem no mercado, necessitam de competitividade em mercados globais. A eficiência operacional tanto na produção quanto na distribuição, com metas de

redução de custos, torna-se essencial para a obtenção da vantagem competitiva.

A Petrobras, líder nacional no segmento de exploração de petróleo e gás natural, conquistou, em décadas de grandes investimentos em tecnologia, posição de liderança mundial na exploração de petróleo em águas profundas.

O avanço da exploração para águas cada vez mais profundas vem resultando em um constante aumento da produção de petróleo, o que faz com que ela tenha que investir cada vez mais na otimização de toda a sua cadeia produtiva, principalmente no que diz respeito ao transporte e armazenamento de petróleo e derivados, para que estes não se tornem gargalos operacionais e interfiram negativamente no crescimento da empresa no mercado mundial de petróleo e gás.

A estrutura logística da Petrobras, transporte e comercialização de petróleo e derivados, é responsabilidade de sua subsidiária integral, Petrobras Transportes S/A. (Transpetro) que gerencia uma rede de estradas de dutos, em mais de 11 mil km, abrangendo oleodutos e gasodutos. Junto aos dutos, estão 24 terminais aquaviários, 21 terminais terrestres, uma frota de 60 embarcações (Maio de 2013), Está em andamento o Programa de Modernização e Expansão da Frota (Promef), que prevê a construção de 49 novos navios e 500 tanques com capacidade de armazenamento de 10 milhões de m<sup>3</sup> de óleo leve e pesado, unindo as áreas de produção, refino e distribuição da Petrobras.(Fonte: Transpetro S/A. 2013).

Diante deste cenário, após uma completa avaliação das principais tecnologias e metodologias aplicáveis em sistemas de automação, será desenvolvido um sistema customizável para otimização dos sistemas de transporte e armazenamento de petróleo e derivados.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Automação e sua pirâmide**

A definição da automação (do latim *Automatus*, que significa mover-se por si), descrita genericamente por Lacombe (2004), diz que:

“Automação é um sistema automático de controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem.”

Automação é a aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir o uso de mão-de-obra em qualquer processo, especialmente o uso de robôs nas linhas de produção. A automação diminui os custos e aumenta a velocidade da produção. A pirâmide de automação é dividida em 5 níveis, ilustrados na imagem a seguir



**Figura 1: Pirâmide da Automação - Fonte: MORAES, Cícero C; CASTRUCCI,**

**Nível 5:** Administração dos recursos da empresa. Softwares para gestão de vendas e financeira. Decisão e gerenciamento de todo o sistema.

**Nível 4:** Nível da programação e planejamento da produção, realizando o controle e a logística dos suprimentos.

**Nível 3:** Controle do processo produtivo da planta. Constituído por banco de dados, com informação sobre índices de qualidade da produção, relatórios e estatísticas de processo, índices de produtividade, algoritmos de otimização da operação produtiva.

**Nível 2:** Controladores digitais, dinâmicos e lógicos, e de algum tipo de supervisão associada ao processo. Aqui se encontram concentradores de informações sobre o Nível 1, e as Interfaces Homem-Máquina (IHM)

**Nível 1:** É o nível das máquinas, dispositivos e componentes (chão-de-fábrica), como CLP's, inversores de frequência, sensores, atuadores, válvulas e demais instrumentos.

### 3.2 Instrumentação Industrial

A automação e operações de processo contínuo estão expandindo tanto o campo de ação quanto o uso de instrumentos isolados e sistemas de instrumentação para controle automático e medição das variáveis encontradas na indústria e outros meios de processamento. O aumento do campo de ação e o uso crescente de instrumentos tornam os ofícios de construir, operar manter e calibrar estes instrumentos uma parte vital na economia nacional.

Instrumentos são ferramentas indispensáveis utilizadas para estabelecer e manter os padrões de qualidade que identificam um produto a ser fabricado. São usados para controlar as variáveis em um processo ou sistema tão precisamente quanto necessário, a fim de alcançar as especificações do produto em composição forma, cor ou acabamento.

O Instrumento ou sistema de instrumentação pode ser mecânico, pneumático, hidráulico, elétrico, eletrônico, ou a combinação de quaisquer duas ou mais formas básicas , como o eletromecânico. Cada instrumento ou sistema possui três dispositivos básicos:

- Detector;
- Dispositivo de transferência intermediário (transdutor);
- Dispositivo de Saída.

A automação, com requisitos de controle por computador e registro de dados, expandiu o uso de estações simples ou sistemas de medição e controle em todas as indústrias modernas. Estes se estendem desde uma simples estação controlada manualmente a complexo centro computadorizado de acionamento e controle. Para cada aplicação deve haver uma compreensão clara e concisa da função de cada instrumento e de suas limitações no sistema de medição e controle . É essencial que sejam conhecidas a teoria, a operação funcional, e as interações entre os componentes do processo a ser medido ou controlado.

A utilidade de um instrumento em qualquer sistema de medição e controle depende de sua capacidade de ativar um dispositivo de controle e da segurança que apresenta para reproduzir a ativação do controle. Tanto a precisão quanto a segurança de um instrumento dependem da sua construção e da sua capacidade de manter a sua calibração. Um instrumento descalibrado significa um conjunto de medidas casuais e não um verdadeiro dispositivo de medição. Para que uma ferramenta industrial seja útil em um processo , tal instrumento deve ser calibrado dentro de um padrão aceitável .

A instrumentação torna possível a produção em massa e permite que se estabeleçam limites máximos e mínimos que devem ser mantidos. O uso de padrões de calibração estabelece controles e medições seguros no ponto de fabricação e permite que o fabricante se especialize em um produto, tornando-se fornecedor para outros fabricantes ou grupos montadores .

Controle e medição industrial com toda sua instrumentação associada, é uma operação que envolve a aplicação de capital considerável, e tem mostrado um enorme crescimento anual.

A obtenção dos produtos derivados de petróleo requer controles muito precisos. Temperaturas e Pressões tornam-se críticas durante o processo de craqueamento e destilação. Sempre existe problemas envolvendo o fluxo de líquidos voláteis. A instrumentação de controle e medição deve não somente ser precisa como também segura para que o processo seja mantido dentro dos limites de segurança permitidos, a fim de produzir certa qualidade de óleo para motores a diesel ou gasolina. A medição precisa de fluxo, pressão e temperatura torna essa indústria relativamente segura.

A fim de acentuar a posição competitiva de uma indústria, instrumentos ou sistemas de instrumentação devem ser cuidadosamente escolhidos para cada aplicação. Para que o fabricante de instrumentos ou o engenheiro de processos e seus auxiliares façam o melhor para a aplicação, devem possuir um conhecimento profundo tanto do instrumento quanto do sistema em operação. Alguns conceitos fundamentais são essenciais para se fazer a melhor opção. São eles os tipos e fontes de erro, retardamento, tempo morto, e resposta de frequência tanto do instrumento quanto do sistema.

Para os sistemas de transporte e armazenamento de petróleo e derivados as variáveis de processo de precisam ser controladas em geral são pressão, vazão, temperatura e nível

### **3.2.1 Pressão**

Conceitua-se pressão como sendo a força normal por unidade de área e costuma ser representada por uma série de unidades como: psi (libras/polegada quadrada), bar, atmosfera, Pascal, etc... No sistema internacional de medidas S.I. A pressão passou a ser definida em termos de Newton por metro quadrado, também conhecida como Pascal.

A pressão pode ser medida em termos absolutos ou diferenciais, dessa forma é comum identificar três tipos de pressão:

- Pressão Absoluta;
- Pressão Manométrica;
- Pressão Diferencial.

### **3.2.1.1 Pressão Absoluta**

Na literatura existe varias definições, que se complementam: Egídio Alberto Bega (2006) conceitua que embora o zero absoluto só exista em vácuo perfeito, esta condição é bastante lógica e, por isso, é utilizada como referencia para medição da chamada pressão absoluta, já Arivelto Bustamante Fialho (2004) diz que é a diferença entre a pressão em um ponto particular num fluido e a pressão absoluta (zero), isto é vácuo completo. Também se diz que que é a medida feita a partir do vácuo absoluto.

### **3.2.1.2 Pressão Manométrica**

De acordo com Arivelto Bustamante Fialho (2004), é a diferença medida entre a pressão desconhecida e a atmosférica, também conhecida como relativa, ao passo que Egídio Alberto Bega diz que quando se utiliza pressão atmosférica como referencia, as pressões medidas a partir dessa referencia são chamadas relativas (manométrica)

### **3.2.1.3 Pressão Diferencial**

É a diferença de pressão medida em dois pontos de um duto ou equipamento,  $\Delta P$  (Delta P)  
A existência de um obstáculo à passagem do fluido (placa de orifício, filtro, válvula, etc...) instalado em um duto gera uma perda de carga. Esta perda de carga pode ser medida, conectando-se um lado de um manômetro de tubo em “U” à montante e o outro lado à jusante do obstáculo, o valor indicado será uma medida da pressão diferencial.

### **3.2.1.4 Classificação dos Elementos de Pressão**

Os dispositivos usados nas tomadas de impulso de pressão podem ser classificados de acordo com seus princípios de funcionamento:

- i) Por equilíbrio de uma pressão desconhecida contra uma força conhecida
  - (a) Colunas de líquido (tubo em U, etc.);
  - (b) Campânula;
  - (c) d/p cell
  
- ii) Por meio de deformação de um material elástico
  - (a) Tubo de Bourbon (em forma de C, espiral ou helicoidal)
  - (b) Membrana
  - (c) Fole
  
- iii) Por meio de uma propriedade física
  - (a) Strain gage
  - (b) Outros

### **3.2.1.5 Elementos Mecânicos para Medição de Pressão**

Os elementos ou dispositivos mecânicos para medição se dividem em dois grupos básicos:

#### **3.2.1.5.1 Elementos mecânicos de medição direta de pressão**

São dispositivos nos quais a pressão é medida, comparando-a com a pressão exercida por uma coluna de líquido com densidade e altura conhecidas (manômetros de tubo em “U”, manômetros de tubo inclinado, etc)

Neste tipo de instrumento, o líquido a ser utilizado é escolhido considerando-se o seu peso específico e o valor da pressão a ser medida.

#### **3.2.1.5.2 Elementos mecânicos elásticos de medição de pressão (deformação de sólidos)**

São dispositivos (diafragma, fole, tubo bourbon, elemento espiral, elemento helicoidal etc..) que se deformam em função da pressão exercida sobre eles pelo fluido medido.

Estes dispositivos baseiam seu funcionamento na Lei de Hooke, cujo enunciado é o seguinte: “Dentro de um limite definido de elasticidade, a deformação provocada em um corpo sólido é proporcional ao esforço aplicado sobre ele.”

### **3.2.1.6 Transmissores de Pressão**

Basicamente, os instrumentos transmissores de pressão podem ser classificados em pneumáticos ou eletrônicos.

Os dois tipos de transmissores baseiam seu funcionamento no movimento/deformação que os elementos mecânicos elásticos (deformação de sólidos) sofrem quando submetidos a uma pressão/esforço. Este movimento/deformação, que é proporcional à pressão aplicada (Lei de Hooke), é convertido através de um transdutor em um sinal pneumático ou eletrônico padronizado, que é enviado/transmitido para indicação e/ou controle à distância.

#### **3.2.1.6.1 Transmissores pneumáticos de pressão**

Os transmissores e os demais instrumentos pneumáticos utilizam como transdutores sistema bocal-obturador ou bico-palheta.

No caso dos transmissores pneumáticos de pressão, o sistema bocal-obturador converte o movimento/deformação do elemento mecânico elástico em um sinal pneumático.

O sistema bocal-obturador é composto de um tubo pneumático alimentado por uma pressão constante e uma redução na entrada do suprimento de ar, uma redução em forma de bocal na saída do ar e uma lâmina (obturador ou palheta) que pode obstruir o bocal ou bico cuja posição depende da pressão exercida pelo processo sobre o elemento mecânico elástico de medição.

#### **3.2.1.6.2 Transmissores eletrônicos de pressão**

Utilizam um elemento primário mecânico elástico, combinado com um transdutor elétrico, que gera um sinal elétrico padronizado, correspondente à pressão medida.

O elemento primário mecânico elástico que pode ser diafragma, tubo de Bourbon, espiral,

helicoidal, fole ou combinação destes elementos, é conectado ao processo e se movimenta / deforma / desloca em função da pressão do processo aplicado sobre ele. Este movimento é enviado ao transdutor elétrico do transmissor, através de um sistema adequado, que o converte em um sinal eletrônico padronizado de saída (4 a 20 mA<sub>cc</sub>).

Em função do seu princípio de funcionamento, os transmissores eletrônicos de pressão podem ser classificados nos seguintes tipos:

- Equilíbrio de forças;
- Resistivos;
- Magnéticos;
- Capacitivos;
- Extensométricos;
- Piezoelétricos.

Sendo mais usualmente utilizados em aplicações industriais de medição de pressão os tipos de equilíbrio de forças, extensométricos e capacitivos.

### **3.2.2 Vazão**

Entre as variáveis mais frequentemente medidas, a vazão é a que requer os recursos tecnológicos mais diversos para a realização de medidores e transmissores. A medição de vazão encontra importantes aplicações no transporte de fluidos (oleodutos, gasodutos) na indústria em geral para controle de relação, bateladas, balanços de massas, contribuindo para a qualidade e a otimização de controles de processos.

Conforme Egídio Alberto Bega (2006), “vazão é definida como a quantidade de fluido que passa pela seção reta de um duto, por unidade de tempo. O fluido pode ser líquido, gás ou vapor.” A maioria dos instrumentos de vazão é prevista para a medição de fluidos homogêneos, uma única fase, porém existem instrumentos para medir vazão de fluidos em fases múltiplas, sob forma de suspensões coloidais, de pastas ou de geleias. Geralmente, a medição é feita aproveitando o efeito de uma interação entre fluido e o medidor. Assim, as propriedades dos fluidos precisam ser conhecidas em detalhes.

#### **3.2.2.1 Características dos fluidos**

Em consonância com pensamento de Luciano Sighieri (1973) que afirmou que o conhecimento das principais características dos fluidos é indispensável para abordar todo estudo sobre medidores de vazão, seja para entender seu princípio de funcionamento, seja para justificar os limites de suas aplicações. Associadas à medição da vazão, outras variáveis chamadas “variáveis de influência”, provocam desvios de leitura na maioria dos medidores. A pressão e a temperatura são as principais responsáveis pelas alterações nas características dos fluidos. Uma vez conhecidas e quantificadas as alterações provocadas pela pressão e pela temperatura nas propriedades dos fluidos que interagem com os medidores de vazão, os efeitos podem ser corrigidos e os erros eliminados. A maioria dos medidores de vazão que utilizam tecnologias de microprocessadores tem o computador de vazão como complemento necessário para corrigir os efeitos das “variáveis de influência”.

#### **3.2.2.1.1 Líquidos**

A densidade e a viscosidade dos líquidos são propriedades importantes dos líquidos, considerando que elas interagem com os medidores de vazão. No caso de misturas, a especificação da composição poderá ser importante, também. Em não sendo líquidos limpos, o teor de impurezas deverá ser conhecido. A condutividade é uma característica que interage com medidores eletromagnéticos.

#### **3.2.2.1.2 Gases**

As principais características dos gases, diretamente relacionadas com a medição da vazão, são a densidade, a viscosidade e o coeficiente isentrópico  $k = C_p/C_v$ . No caso de misturas, a composição é importante, também. A umidade dos gases é um caso tratado à parte. Em sendo gases limpos, o teor de impurezas deverá ser conhecido.

#### **3.2.2.1.3 Vapor d'água**

Cicero Couto de Moraes (2001) diz que as principais propriedades físicas do vapor d'água que interagem com os medidores de vazão são a densidade, a viscosidade e o coeficiente de

expansão isentrópica  $k = C_p/C_v$ . O vapor d'água pode ser superaquecido ou saturado. Quando o vapor está saturado, cada temperatura corresponde uma única pressão, densidade, viscosidade e um único valor de  $K$ . Quando está superaquecido, a densidade, a viscosidade e o valor de  $K$  dependerão do grau de superaquecimento do vapor em relação à temperatura de saturação para a pressão considerada.

### **3.2.2.1 Medidores Deprimogênios**

A medição de vazão por elementos primários deprimogênios, em particular por placas de orifício, apesar de ser a mais antiga, ainda é a mais utilizada em todo o mundo, por dar origem a medidores extremamente versáteis, que podem ser aplicados na maioria das aplicações industriais. O elemento primário é o primeiro elo de uma malha de medição, diretamente em contato com o fluido. A malha completa é geralmente complementada por um transmissor de pressão diferencial e um instrumento receptor: Seja um indicador, um registrador, a entrada analógica de um sistema digital ou outra interface permitindo a leitura da vazão.

#### **3.2.2.1.1 Placas de Orifício Clássicas**

São concêntricas, de parede fina e aresta viva e são fabricadas a partir de chapa de aço inoxidável ou de material compatível com o fluido a ser medido. Suas dimensões são completamente definidas em normas nacionais e internacionais.

#### **3.2.2.1.2 Bocais de vazão**

No caso de medição de vapor, em que a velocidade atinge 30 m/s ou mais poderá ser preferível usar um bocal de vazão. O bocal de vazão provoca uma pressão diferencial menor que uma placa de orifício, nas mesmas condições (vazão, pressão, temperatura) e em consequência, menos perda de carga. Por outro lado, a forma aerodinâmica do perfil de entrada do fluido não é tão sujeita a desgaste prematuro quanto o canto vivo de uma placa de orifício, quando a velocidade do fluxo é elevada.

### **3.2.2.1.3 Venturis**

Os tubos de Venturi são especialmente recomendados quando se requer um elemento primário tratado na norma ISO 5167 e que provoque pouca perda de carga, com uma pressão diferencial apreciável.

### **3.2.2.2 Medidores Diferenciais de Inserção**

São empregados cada vez mais frequentemente na indústria, devido a sua facilidade de instalação. Derivados do tudo de Pitot original, que era utilizado para levantamento de perfis de velocidade, principalmente em laboratórios, os sensores modernos surgiram nos anos 70. O Annubar, da Dietrich e o Verabar, da Veris, ambas empresas americanas, são atualmente medidores diferenciais de inserção mais conhecidos.

#### **3.2.2.2.1 Tubo de Pitot**

Foi concebido inicialmente para medir velocidades de rios. Aperfeiçoado por Prandtl, passou a ser aplicável a tubulações, porém continua sendo conhecido como tubo de Pitot. Mais tarde o Pitot industrial de forma reta, foi desenvolvido para permitir sua inserção e remoção em carga. Até então, o Pitot fornecia somente a velocidade local, no ponto de medição. Para concluir a vazão, era preciso fazer um levantamento ao longo de um diâmetro e calcular a velocidade média, mediante fatores de ponderação.

### **3.2.2.3 Medidores Especiais por Diferença de Pressão**

Certos medidores utilizam como princípio de funcionamento leis da física que resultam em geração de pressão diferencial. Entretanto, estes medidores não são relacionados com o teorema de Bernoulli.

#### **3.2.2.3.1 Medidores Centrifugos**

Aproveitam a diferença de pressão criada pela mudança de direção do fluido em uma curva. São utilizados para avaliar a vazão quando não há necessidade de precisão como forma pouco dispendiosa de medidor.

#### **3.2.2.3.2 Medidores Capilares**

Geram uma pressão diferencial  $\Delta P$ , de acordo com a lei de Poiseuille, em função da vazão  $Q$ , 4ª potência do diâmetro  $D$  do capilar onde circula, do seu comprimento  $L$  e da viscosidade

#### **3.2.2.4 Medidores Lineares**

São considerados lineares os medidores de vazão que produzem um sinal de saída diretamente proporcional a vazão, com fator de proporcionalidade constante ou aproximadamente constante na faixa de medição. Dessa forma eles se distinguem dos medidores deprimogênicos, cuja saída é quadrática em função da vazão.

##### **3.2.2.4.1 Medidores de Área Variável**

Oferecem uma área de passagem que é uma função da vazão. A variação da área resulta do deslocamento de um “flutuador” em um tubo cônico ou de um obturador em forma de pistão, que descobre janelas de passagem no cilindro que faz parte do corpo do medidor.

Tendo o rotâmetro como o mais conhecido entre este modelo de medidores.

##### **3.2.2.4.2 Medidores a Efeito Coriolis**

Gaspard Coriolis, engenheiro, matemático, francês estabeleceu no início do século XIX, que uma massa em deslocamento com uma determinada velocidade relativa a um sistema, por sua vez em movimento de rotação, é submetida a uma força determinada força de Coriolis.

Este princípio pode ser aplicado a um medidor formado por um tubo em forma de U, animado de um movimento oscilatório, percorrido por um fluido a uma vazão constante. Em

um elemento de tempo muito curto, o tubo pode ser considerado em movimento de rotação. Considera-se um elemento de fluxo de massa em uma das partes retas do U. Quando este elemento se afasta do centro de rotação, na parte inicial do seu percurso no tubo, a força Coriolis se dá em direção contrária ao do movimento angular . O elemento de fluido acaba por adquirir a velocidade angular imposta pela oscilação do tubo, e percorre a curva do U com esta velocidade. Quando inicia o segundo ramo do U esta velocidade angular produz uma força em sentido contrário à primeira . Em se tratando de um escoamento contínuo, a cada elemento de fluido que se desloca na outra, Assim sendo as forças atuam de forma a criar em conjugado que acaba provocando uma torção no tubo em U.

#### **3.2.2.4.3 Medidores Eletromagnéticos**

São baseados na lei de Faraday, que enuncia que, quando um condutor móvel se desloca em um campo magnético, aparece nas suas extremidades uma força eletromotriz proporcional à intensidade do campo magnético, ao seu comprimento e à sua velocidade de deslocamento.

#### **3.2.2.4.4 Medidores Térmicos**

São baseados no desequilíbrio térmico criado pela vazão do fluido a ser medido. Estes medidores são geralmente projetados para medir vazões de gás, porem, é possível encontrar medidores térmicos para vazão de líquidos.

#### **3.2.2.4.5 Turbinas**

São utilizados para medição e líquidos e gases. A teoria das turbinas é simples: O rotor, provido de palhetas formando com as linhas de escoamento é posto a girar quando há vazão justamente porque a velocidade do fluxo incidindo nas palhetas provoca a rotação. Um sistema mecânico ou eletrônico detecta a rotação da turbina . Quando o sistema é eletrônico, a rotação provoca pulsos.

#### **3.2.2.4.6 Medidores Ultra-Sônicos**

O ultra-som tem umas características interessantes utilizadas para a medição de vazão: O feixe ultra-sônico pode ser dirigido com um feixe de luz. Existem acessórios equivalentes as lentes e espelhos planos e parabólicos. Assim com o feixe de luz, o feixe ultra-sônico tem refração, bem como ângulo de reflexão total. Melhor que o feixe de luz, o ultra-som propaga-se em meios sólidos, líquidos e gasosos. Entretanto é amortecido por meios macios como líquidos viscosos e elastômeros, entre outros. Graças as características que permitem a focalização e a penetração, os instrumentos ultra-sônicos podem medir a vazão de forma não intrusiva.

#### **3.2.2.4.7 Medidores de Vórtices**

De acordo com Egídio Alberto Bega (2006), o princípio de funcionamento dos medidores de vazão tipo Vórtex é baseado na observação de um fenômeno físico que ocorre quando uma corrente fluida encontra um obstáculo de perfil aerodinâmico: A partir de determinada velocidade, uma esteira é formada a jusante do objeto, pelo aparecimento de vórtices que são gerados alternadamente em cada lado do obstáculo. A frequência deste fenômeno oscilatório depende do tamanho e do formato do objeto, bem como da velocidade da veia fluida.

Observou-se que enquanto a velocidade da corrente for baixa, as linhas fluidas acompanharão o objeto, não havendo nenhum vórtice. Quando a velocidade aumentar, as linhas não poderão acompanhar a forma do obstáculo, separando-se do seu contorno. Esta separação provocará o aparecimento de velocidades locais elevadas, com zonas de baixa pressões e a ruptura da camada limite, resultando em formação de turbilhões ou vórtices.

Apresentam um anteparo colocado perpendicularmente ao eixo podendo atravessar completamente o tubo de medição, segundo um diâmetro ou apresentando um obstáculo local, no caso dos medidores de inserção.

Para um determinado medidor, a frequência é proporcional a velocidade e, por conseguinte à vazão. De fato, a partir de um número de Reynolds mínimo, definido pelo fabricante para cada modelo de medidor, existe um fator K de proporcionalidade entre frequência e vazão atual (real). Este fator em quantidade de pulsos por unidade de volume, é geralmente gravado no medidor como fator de calibração.

### 3.2.3 Nível

Em uma definição sintética e objetiva, Luciano Sighieri (1973) conceitua medição de Nível como a determinação da posição de uma interface entre dois meios. Usualmente, um destes meios é líquido, mas podem ser sólidos ou a combinação de um sólido e um líquido. A interface pode ser entre um líquido e um gás ou vapor, dois líquidos ou entre sólido e um gás.

Existe uma grande variedade de sistemas de medição de nível, cada um com suas vantagens e limitações. A seleção do sistema de medição a ser utilizado deverá considerar as características específicas da aplicação, o tipo de produto cujo nível se quer medir, a precisão desejada, custos e demais restrições existentes.

Os instrumentos de medição de nível podem ser classificados, pela forma como medem o nível, em instrumentos de medida direta e inferencial.

Os instrumentos de medida direta medem diretamente a distância entre o nível do produto que se quer medir e um referencial previamente definido. A medida direta desta distância pode ser feita, pela observação direta (LG's), através de comparação com uma escala graduada (trenas), ou pela determinação de posição de um detector como um flutuador, sobre a superfície do produto que se quer medir, ou pela reflexão de ondas ultra-sônicas ou eletromagnéticas (radar) pela superfície do produto.

Os instrumentos de medida inferencial determinam a posição da superfície livre do produto cujo nível se quer medir, através da medida de outra grandeza física a ela associada. Nesta classe, incluem-se os instrumentos que medem o nível através da medida da pressão da coluna hidrostática desenvolvida por um líquido ou, ainda, os que medem através da variação de peso do equipamento que contém o produto cujo nível se quer medir.

Podem também ser classificados pela função que o instrumento desempenha na malha, exemplos: Indicadores, Transmissores, Controladores, Chaves de Nível.

#### 3.2.3.1 Dispositivo tipo visor de nível

Se destinam exclusivamente a monitoração do nível de líquidos ou da interface entre dois líquidos imiscíveis em vasos, colunas, reatores, tanques, etc... submetidos ou não à pressão.

Devido à seu baixo custo quando comparado a outros tipos de instrumentos, os visores são aplicados na quase totalidade dos casos de monitoração local de nível, não sendo empregados somente nos casos onde a pressão e ou temperatura sejam excessivas e impeçam a sua

utilização.

Devido às suas características construtivas os visores de nível são de fácil manutenção, sendo construídos de maneira a oferecer segurança na operação.

Para atender as mais variadas aplicações em diversos processos, existem os visores do tipo tubular, os visores de vidro plano e os visores especiais.

### **3.2.3.2 Dispositivo tipo flutuador**

Corroborando a afirmação de Egídio Alberto Bega (2006), O Termo flutuador, designa qualquer elemento que acompanhe a altura (nível do líquido, independente da sua formação geométrica (esférica, cilíndrica, etc..) e do material utilizado (aço, latão, etc..).

Deve-se ressaltar o fato de que os flutuadores esféricos, em aço inoxidável, são os mais utilizados, por ser o aço inoxidável, um material não absorvente, o que elimina variações de fluabilidade, por possuir boa resistência mecânica e à corrosão e também pelo formato esférico fornecer máxima força de flutuação para o peso utilizado.

### **3.2.3.3 Dispositivo tipo deslocador**

Comumente utilizado como sensor de transmissores de nível, tem a forma de um cilindro oco, fabricado de materiais como aço inox 304 ou 316, teflon sólido, etc... A escolha do material do deslocador é determinada principalmente pela temperatura e corrosividade do fluido cujo nível se deseja medir, se necessário são depositados contrapesos granulados no interior do cilindro a fim de ajustar o peso do deslocador.

### **3.2.3.4 Dispositivo tipo ultra-sônico**

Podem ser utilizados para detecção contínua de nível, ou podem atuar como sensores de nível predeterminados (chaves de nível).

Caracterizam-se principalmente pelo tipo de instalação, ou seja, os transdutores podem ser instalados no topo do equipamento, sem contato com o produto, ou instalados totalmente submersos no produto, enquanto os dispositivos destinados à detecção de níveis

predeterminados(chaves de nível) se caracterizam pelo numero de transdutores envolvidos no sistema, ou seja, um ou dois (sensor tipo amortecido e transmissor liga-desliga, respectivamente).

A vibração de um dispositivo, causa vibração nos objetos existentes nas proximidades. Esta transferência de vibração ou movimento através de um meio, é conhecida como som. Que se propaga na forma de onda, com frequência e velocidade características constantes em um meio.

As ondas de ultra-som são geradas pela excitação elétrica de materiais piezoelétricos .

A característica marcante desses materiais é a produção de um deslocamento quando lhes é aplicada uma tensão. Assim sendo, eles podem ser utilizados como geradores de ultra-som

### **3.2.3.5 Dispositivo tipo radar**

Geralmente são instalados no topo do tanque ou silo e emitem ondas eletromagnéticas curtas com frequência na faixa de 5 a 25 Ghz e que se propagam com a mesma velocidade da luz (300.000 km/s). O sinal eletromagnético emitido pela antena é refletido ao incidir perpendicularmente , sobre a superfície de um líquido ou sólido com constante dielétrica diferente do meio gasoso (usualmente ar) existente acima do produto. O sinal refletido (ECO) é captado pela própria antena emissora e utilizado na medição do nível do líquido ou sólido existente no tanque ou silo.

Operam com base no tempo decorrido entre a emissão e a recepção da onda refletida (ECO), ou podem operar com base na diferença de frequência entre a onda emitida e a onda refletida (ECO); É o chamado método FMCW (modulação contínua de frequência de onda).

Usualmente, para melhorar mais ainda a precisão da medição, a linearidade da varredura do radar é controlada por um circuito digital de referência e a temperatura da parte eletrônica do instrumento também é controlada.

Podem ser utilizados para medição de nível de líquidos (hidrocarbonetos, asfalto, GLP, produtos químicos, lama, etc...)e de alguns tipos de sólidos (minérios em grãos e carvão). Podem ser utilizados na medição de nível em tanques de teto fixo ou flutuante, cilindros, esferas de GLPe silos de minério e carvão com pressões de até 25 bar e temperaturas de até 250 °C

### **3.2.3.6 Dispositivo tipo capacitivo**

O capacitor é um componente elétrico composto de dois condutores, denominados placas, separados por um material isolante (dielétrico). Este componente muito utilizado em circuitos elétricos, tem como principal característica a propriedade de armazenar cargas elétricas, e conseqüentemente, se opor a variações na voltagem do circuito onde está instalado.

Quando submetido a uma tensão alternada (AC), o capacitor é percorrido por uma corrente diretamente proporcional ao valor de sua capacitância.

Consistem basicamente de uma sonda cilíndrica, inserida verticalmente no vaso em que se deseja medir o nível. A sonda pode ser isolada ou não e serve como uma das placas do capacitor, enquanto as paredes do vaso formam a outra placa e o fluido comporta-se como dielétrico. O valor da capacitância é medido através de um circuito em ponte AC excitado por oscilador de alta frequência (0,5 a 1,5 MHz). Quando varia o nível no interior do vaso, alteram-se as proporções entre o líquido e vapor, como a constante dielétrica dos líquidos geralmente são maiores do que os vapores, as variações de nível no interior do vaso traduzem-se em variações (quase) lineares do valor de capacitância. Conseqüentemente, os dispositivos do tipo capacitivo também podem ser utilizados para detectar a interface entre dois líquidos com constantes dielétricas diferentes.

### **3.2.3.7 Dispositivo tipo eletromecânico**

Podem ser classificados como medidores semicontínuos ou cíclicos e medidores contínuos, também conhecidos por medidores por compensação.

Os medidores semicontínuos ou cíclicos utilizam um cabo ou fita de medição, tendo na ponta na ponta um peso sensor, que é introduzido no equipamento cujo nível se quer medir, desde seu topo até alcançar a superfície do produto cujo nível está sendo medido. O cabo ou fita é desenrolado de um tambor ou carretel, acionado por um motor redutor, com o apoio do peso sensor na superfície do material; ocorre o relaxamento da tensão no cabo ou fita de medição, o que provoca, por meio de um mecanismo adequado, a reversão do motor redutor, que passará a recolher o cabo ou fita de medição, preparando o dispositivo para iniciar novo ciclo de medição.

Nos medidores contínuos ou de compensação, o peso sensor ou deslocador é mantido em

contato permanente com o material sob medida, não sendo recolhido periodicamente. Assim a posição de peso sensor ou deslocador é representada, digital ou analogicamente de maneira contínua utilizando-se potenciômetros, capacitores, discos codificadores, etc... o comando de posicionamento deste peso sensor ou deslocador geralmente é feito por um servo-motor, quando ocorre variação do nível com conseqüente variação da força de empuxo aplicada pelo produto cujo nível está sendo medido sobre o peso do sensor, quando este se apoia mais ou menos no líquido sob medição. A posição do servo-motor é associada à posição do peso sensor ou deslocador e conseqüentemente ao valor do nível medido.

Podem ser aplicados nas medições do nível de sólidos ou líquidos em reservatórios ou silos, especialmente os de alturas maiores, que exijam faixas de até 75 m.

#### **3.2.3.8 Chaves de nível**

São dispositivos utilizados para atuar em determinados pontos fixos de nível. Estes pontos fixos são valores de nível em equipamentos que, uma vez alcançados, exigem o desencadeamento de alguma ação necessária à boa operação à segurança do sistema ao qual pertence o equipamento. Assim sendo, uma chave de nível pode ligar uma bomba, acionar um alarme ou desencadear uma seqüência de operações automáticas quando o nível atinge um ponto fixo, cujo valor é informado à chave através de ajustes a ela inteligíveis.

#### **3.2.3.9 Dispositivos do tipo pesagem**

São construídos tendo como elemento de medição as células de carga que são estruturas especiais de medição, construídas à base de dispositivos do tipo strain-gages, distribuídos de forma a permitir vários graus de sensibilidade linearidade. Estes strain-gages são fixados ao um tubo de torque que se deforma por ação do peso do tanque ou silo, cujo nível se deseja medir. Esta deformação produz variações no valor das resistências dos strain-gages, as quais são relacionadas com nível ou peso do tanque ou silo.

### **3.2.4 Temperatura**

Conforme definição dada por Pedro Estéfano Cohn (2006), Temperatura quantifica o calor, que é uma forma de energia associada à atividade molecular de uma substância em uma vasta gama de aplicações, que abrange desde pequenos processos físicos e químicos até a proteção de equipamentos.

Um conceito fundamental é que o calor, sendo uma forma de energia, não pode ser criado nem destruído. A energia só pode ser transformada ou conduzida de um ponto para outro.

As escalas de medição de temperatura ou escalas termométricas usualmente empregadas são escala Celsius, escala Fahrenheit e escala Kelvin.

A parte crítica da especificação de um sistema para medição de temperatura, dentre os muitos tipos existentes, se concentra na escolha do sensor mais apropriado e do dispositivo de proteção do mesmo.

Na prática industrial a medição é efetuada em uma gama muito extensa, desde temperaturas criogênicas abaixo de  $-200^{\circ}\text{C}$  até alguns milhares de graus.

Nenhum sensor individual cobre toda esta gama, e o primeiro critério de escolha será o atendimento à faixa requerida para cada aplicação específica.

A exigência de maior ou menor rangeabilidade será feita em função da probabilidade de alterações posteriores, ou da conveniência de substituição de instrumentos em pontos diferentes.

#### **3.2.4.1 Medidores Tradicionais**

Existem três tipos, são eles: Termômetros Bimetálicos, Termômetros de Haste de Vidro e Sistemas de Bulbo Capilar.

Nos Termômetros Bimetálicos, quando uma lâmina de metal é aquecida, a dilatação provoca o aumento de seu comprimento, conjugando-se mecanicamente duas lâminas de metais ou ligas de diferentes coeficientes de dilatação, assim o conjunto sofrerá diretamente proporcional ao quadrado do comprimento e inversamente proporcional à espessura das lâminas.

Os Termômetros de Haste de Vidro, são os conhecidos termômetros clínicos e de laboratório nos quais o líquido contido em um bulbo, ao se dilatar com o calor, sobe em um tubo capilar graduado.

Eles também são fabricados para uso industrial, sendo, neste caso, o bulbo protegido

por um poço, usualmente em inox, provido de rosca ou flange para conexão ao processo. O capilar é encerrado em uma caixa com um visor.

Os sistemas Bulbo Capilar, constam de um pequeno reservatório metálico, o bulbo, conectado por meio de um capilar a um tubo Bourbon similar aos dos manômetros.

A indicação resulta da dilatação do fluido contido no bulbo e no capilar e do consequente aumento da pressão no tubo Bourbon.

### **3.2.4.2 Termômetros de Resistência**

Quase todos os materiais condutores elétricos apresentam uma dependência entre a resistência e a temperatura. Este fenômeno permite seu emprego como sensores e podem ser classificados como Bulbos de Resistência de Fio Metálico e Termistores.

Os Bulbos de Resistência de Fio Metálico são também conhecidos como R.T.D. (Detectores de Temperatura a Resistência). Para uso industrial são usados sensores com fios de platina, níquel, cobre e também de uma liga de 70% Níquel e 30% Ferro, registrada comercialmente com o nome “Balco” eventualmente em lugar do fio pode ser usada uma fita ou um filme metálico depositado em um substrato isolante.

Tendo como um dos mais conhecidos o Sensor PT 100, assim chamado por possuir elemento de platina e resistência padronizada de 100 ohms a 0 °C, é o termo resistor mais empregado no mundo devido a sua estabilidade.

Em se tratando de Termistores, são confeccionados com materiais semicondutores, usualmente óxido de níquel, manganês, cobalto e outros, que apresentam grande variação da resistência elétrica com a temperatura em uma faixa que se estende aproximadamente de -100°C a + 300 °C.

Embora empreguem materiais semicondutores, não apresentam junções P-N e portanto não têm polaridade.

Na prática podem se distinguir dois grupos de Termistores. O primeiro compreende tipos de baixa precisão (5 a 10%) e baixo custo, robustos, empregados em medições grosseiras e na proteção térmica. No segundo grupo estão os Termistores de precisão (até 0,05 °C) eventualmente usados na medição direta, principalmente em laboratório e como sensores auxiliares de compensação de temperatura em instrumentos diversos.

### 3.2.4.3 Termopares

Apesar da crescente aplicação do PT 100 nas medições de temperatura, os Termopares continuam sendo os sensores mais empregados nas aplicações industriais.

Sua confiabilidade, baixo custo e padronização aliadas à precisão, estabilidade e repetibilidade satisfatórias, na maioria dos casos, justifica essa preferência, além disso abrangem uma grande faixa de temperaturas.

Existem três leis que regem o uso dos Termopares na medição da temperatura: Lei do circuito homogêneo, Lei dos condutores intermediários e Lei da soma das Forças Eletromotrizes.

A lei do circuito homogêneo versa que a força eletromotriz que se desenvolve em um circuito que apresenta juntas quente e fria à temperaturas determinadas T1 e T2, depende somente dos metais ou ligas que compõem os condutores das temperaturas T1 e T2.

Quaisquer Temperaturas às quais estiverem sujeitas outras regiões dos condutores não tem influência sobre a FEM.

A Lei dos condutores intermediários diz que a soma algébrica das FEM em um circuito composto por uma quantidade determinada de condutores de materiais diferentes é zero, se todas as junções estiverem a mesma temperatura.

E a Lei da Soma das FEM: Potência termoelétrica, não é na verdade uma potência e sim o número de milivolts gerado pelo termopar, para uma dada diferença de temperaturas entre as juntas quente e fria.

### 3.2.4.1 Pirômetros de Radiação

São instrumentos dedicados à medição de temperatura, sem contato direto com o corpo ou meio cuja temperatura está sendo medida.

Aplicam-se quando a temperatura ultrapassa o limite de utilização dos termopares ou quando outros fatores tornam conveniente a medição remota.

Podem ser fixos, dedicados à medição de um processo, ou portáteis. Distinguem-se dois tipos de pirômetros:

Ópticos: Que operam à temperatura acima de 500 / 600 °C, nas quais o material começa a emitir radiação no espectro visível (incandescência), até temperaturas da ordem de

5000 °C.

Infravermelhos: Cobrem a faixa aproximada de 0°C até 4000°C captando a energia radiante no espectro infravermelho. Eventualmente, abrangem também espectro visível e o início do espectro ultravioleta.

### **3.2.5 Válvulas de controle**

Desempenham um papel muito importante no controle automático de processos industriais que dependem da correta distribuição e controle de líquidos, gases e vapores.

Tais processos dependem de algum tipo de elemento final de controle para executar tarefas de transferência de fluidos para tanques de armazenamento, controle de transferência de calor (energia), redução de pressão e etc...

Os elementos finais de controle que têm na válvula seu principal representante são os responsáveis pela manipulação do fluxo de matéria e / ou energia, que tem como finalidade de atuar no processo de modo a corrigir o valor da variável controlada sempre que houver algum desvio em relação ao valor desejado.

Apesar de largamente utilizada, a válvula de controle é o elemento que normalmente recebe menos atenção dentro da malha de controle. Na maioria dos casos a válvula de controle é o componente mais sujeito a condições severas de pressão, temperatura, corrosão, erosão etc... e ainda assim deve operar de modo satisfatório, para não comprometer o controle da variável em consideração.

Funciona como uma resistência variável na tubulação e é definida por alguns como sendo um orifício de dimensões variáveis.

#### **3.2.5.1 Componentes**

Uma válvula de controle divide-se basicamente em: Atuador; Corpo e internos; Castelo e engaxetamento.

Atuador: É a parte da válvula de controle que fornece a força com que a válvula realiza seu trabalho. O atuador. Comumente utilizado no acionamento da válvula de controle consiste em uma câmara bipartida que contém um diafragma flexível. Em uma das partes desta câmara o atuador recebe o sinal de controle e na outra parte o diafragma é fixado a um

prato, onde se apoiam uma haste e uma mola..

Podem ser classificados em Manuais, Elétricos, Hidráulicos e Pneumáticos.

Corpo e internos: a válvula de controle varia a vazão, introduzindo uma restrição no circuito, dissipando uma parte da energia proveniente de uma fonte de pressão, que normalmente é uma bomba centrífuga. A válvula reduz a pressão na descarga da bomba, de um modo análogo a um resistor, o qual faz cair a tensão desenvolvida por uma fonte de energia elétrica.

Castelo e engaxetamento: É uma parte da válvula que conecta o atuador ao corpo da válvula guiando a haste da mesma, alojando o sistema de selagem do fluido de processo exercendo um papel importante de realizar troca de calor do sistema de engaxetamento com o ambiente.

Pode ser dividido em quatro tipos: Castelo normal, aletado, alongado, com fole de vedação.

Além de apresentar diversos modelos tais como: Válvulas globo, Válvulas esfera, Válvulas borboletas.

### **3.2.6 Controlador Lógico Programável (CLP)**

È 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.

Atualmente o CLP assumiu 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 x máquina e para atingir níveis hierárquicos superiores dentro da empresa. Apesar de amplamente empregado em processos industriais contínuos, é particularmente importante sua aplicação nos processos em batelada 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. Outra aplicação emergente é nos chamados prédios inteligentes, onde seus custos atuais bastantes reduzidos, aliada a elevada confiabilidade, os transformam na peça chave do controle e supervisão.

### **3.2.6.1 Arquiteturas Redundantes**

Hoje em dia há uma tendência de se usar dois tipos predominantes de arquitetura redundantes.

A Primeira é a redundância da UCP e tem por objetivo aumentar a confiabilidade operacional, ou seja, reduzir as paradas espúrias devido a falhas da UCP.

Nessas arquiteturas usam-se duas UCP, uma atuante e outra reserva. Enquanto a primeira está ligada diretamente às entradas e saídas, fazendo o serviço normal da UCP do CLP a outra comunica-se com a primeira, mantendo atualizadas suas informações sobre o processo, estado das entradas e saídas, contagens, temporizações. Se ocorre um diagnóstico de falha na UCP atuante a mesma é desligada enquanto a comunicação entre as entradas e saídas são transferidas para a UCP de reserva em um tempo relativamente curto de forma a não interromper o funcionamento do CLP

### **3.2.6.2 Hardware**

Quanto às suas características físicas, podemos separar os CLPs em dois grandes grupos: Os tipo caixa única, em que se integram em um único invólucro a fonte de alimentação, a CPU e os circuitos de entrada e saída. Geralmente estes são os de preços mais acessíveis e são de porte pequeno ou médio.

Os CLPs modulares, onde geralmente se tem um invólucro para a CPU, outro para a CPU, outro para cada fonte de alimentação, estrutura onde se instalam os módulos de entrada e saída além dos módulos de comunicação e outros auxiliares.

Há uma tendência moderna de se instalar os módulos da CPU e das fontes de alimentação na mesma estrutura das entradas e saídas. Geralmente essa arquitetura é usada em CLPs de porte médio e grande, e onde a modularidade permite uma manutenção mais rápida. São os mais comuns em ambientes industriais, enquanto os CLPs em caixa única em caixa única prevalecem em ambientes de automação predial, controle de máquinas-ferramentas e de unidades-pacote como compressores, bombas, filtros, etc..

Não há regras bem definidas para quando se deve optar por um ou outro tipo de CLP.

### **3.2.6.3 Linguagens de Programação**

As linguagens de programação mais usuais, atualmente, abrangem o Histograma de contatos (Ladder), o diagrama de blocos funcionais, a lista de instruções lógicas, a linguagem estruturada Grafcet, “C”, e suas derivadas. Muitos CLPs aceitam várias destas linguagens, e que um programa único possa ser escrito usando, em trechos diferentes, linguagens diferentes. A norma IEC-61131-3 abrange várias dessas linguagens em uma tentativa de padronização entre vários fornecedores para permitir maior portabilidade de programas diferentes entre plataformas.

A inclusão de blocos funcionais dentro de um diagrama Ladder é amplamente usada quando se mistura a lógica sequencial ou combinacional com funções mais sofisticadas, que o Ladder só permitir solucionar com programas relativamente extensos.

Alguns destes blocos funcionais desenvolvidos para ser inseridos dentro de um programa Ladder incluem:

- Contadores e Totalizadores;
- Temporizadores (com várias bases de tempo);
- Soma;
- Subtração;
- Multiplicação;
- Divisão;
- Transferências de Dados;
- Operações Matriciais
- Controle PID para variáveis de processo;
- Extratores de raiz quadrada;
- Leitura e escrita de mensagens com caracteres ASCII.

### **3.2.6.4 Unidade Central de Processamento (UCP)**

O processador, ou UCP, é o coração do CLP. Ele acessa os dispositivos de entrada e executa a lógica conforme o programa armazenado na memória e aciona os dispositivos de saída. Além destas funções lógicas básicas, a UCP também faz outras funções, como temporização, contagem, retenção, comparação, armazenamento e recuperação de mensagens.

### **3.2.6.5 Entradas e Saídas**

Nas instalações de CLPs de médio e grande portes, o custo dos módulos de entrada e saída, sem dúvida, é bem expressivo se comparando ao custo da UCP. As interfaces de entrada convertem os sinais oriundos de chaves-limite, chaves de processo, pulsos de alta velocidade, entrada tipo sinal TTL (circuitos integrados com nível lógico 1 = 5 Vcc e nível lógico 0 = 0 Vcc), e tensões e correntes elétricas em sinais digitais lógicos. As interfaces de saída convertem sinais lógicos em sinais de controle para potências mais elevadas, como em 24 Vcc, 115 Vca, 4 a 20 mAcc, etc.. Estes sinais são usados para atuar em uma infinidade de dispositivos de campo como válvulas solenoides, contatores para comando de motores e etc.. Entradas e saídas analógicas servem para interfacear o CLP com transmissores de variáveis de processo como temperatura, nível, pressão, vazão e analisadores, bem como controlar a abertura de válvulas de controle, velocidade dos motores acionados por variadores de velocidade e etc..

Os módulos de saída normalmente incorporam fusíveis de proteção contra curtos-circuitos.

### **3.2.6.6 Programação**

Uma linguagem de programação deve permitir que o usuário possa se comunicar com o CLP via uma unidade ou software de programação, para programa-lo existem cinco tipos principais de linguagens de programação:

- Histograma de Contatos (Ladder);
- Linguagem de Álgebra Booleana;
- Descrições Computadorizadas;
- Linguagens em alto nível;
- Linguagem estrutura Grafcet.

### **3.2.6.7 Comunicações**

Os CLPs necessitam comunicar-se internamente entre módulos de entrada/saída e a UCP, com unidades de programação e outros acessórios, bem como externamente com outros

equipamentos microprocessados, como outros CLPs, SCADAs, SDCDs, microcomputadores de interface homem x máquina, instrumentos autônomos, microprocessados como analisadores industriais de variáveis de processo e de laboratório, instrumentação em Fieldbus, Profibus, Hart, Modbus, etc..

### **3.2.6.8 Arquitetura**

Embora a versatilidade atualmente encontrada tanto nos CLPs como nos microcomputadores permita que se faça praticamente qualquer função em qualquer máquina, predominam as instalações em que os CLPs controlam diretamente o processo, enquanto os micros a eles interligados fazem a função interface-homem-máquina, incluindo a aquisição de dados, sua digestão para envio aos computadores de níveis hierárquicos superiores dentro da empresa, carregamento de receitas em processos em bateladas com mais de um produto em continuidade operacional, deixando para o PC as atividades que, se interrompidas por curtos períodos, não acarretam prejuízos de quebra de produção.

Existem sistemas chamados híbridos que incluem uma arquitetura de CLP e uma de PC, em uma mesma estrutura de UCP. Há também quem defina sistema híbrido como uma mistura funcional de CLP e SDCD.

### **3.2.7 Redes Industriais de Comunicação e Controle**

Em uma indústria moderna coexistem muitos dispositivos e equipamentos destinados ao controle, seja de uma máquina ou todo um processo industrial, Entre outros, os Controladores Lógicos Programáveis, os Sistemas Digitais de Controle Distribuído, computadores de gerência, de projeto, sensores e transmissores, atuadores e etc..

O desenvolvimento das redes industriais visa unir todos estes dispositivos, de forma a permitir uma interação funcional que aumente o rendimento e permita o surgimento de novas oportunidades de implementação de funções mais avançadas. As vantagens mais típicas são:

- Visualização e Supervisão do processo de produção;
- Aquisição de Dados processo de forma mais eficiente e rápida;
- Melhora do rendimento do processo, em geral;
- Aumento do intercâmbio de dados do processo entre setores e departamentos

distintos com maior velocidade;

- Programação remota, sem necessidade de acesso físico a dispositivos de chão de fábrica.

Em redes industriais coexistem todo tipo de equipamento, instrumento, dispositivo, os quais devem ser segregados hierarquicamente para se estabelecer as conexões mais adequadas a cada área. Essa estrutura não é padronizada, havendo indústrias com número maior ou menor de níveis e a definição dos níveis varia de indústria a outra.

### **3.2.8 Classificação**

Em todas as redes os dados trafegam em pacotes, cujo tamanho, de certa forma, define a finalidade da rede e o tipo de aplicação para a qual ela é mais conveniente. Assim, algumas redes trabalham baseadas em transmissão de bits, em nível mais baixo do que as demais, chamadas genericamente de Redes de sensores, como a Seriplex, a ASI e a Interbus.

Outras em nível intermediário, visando dispositivos de campo um pouco mais complexos, trabalham transmitindo bytes, e, usualmente, são chamadas genericamente de Device Bus ou redes de dispositivos, como a Device Net, a SDS, a Profibus DP, a Interbus-S.

Finalmente, há redes que trabalham em nível mais elevado, capazes de usar uma variedade de informações maior, derivadas de instrumentos mais complexos, transmitindo blocos de informações maior, derivadas de instrumentos mais complexos, transmitindo blocos de informações chamada de Fieldbuses propriamente ditas, como a IEC/ISA-SP-50, da qual derivou a Fieldbus Foundation, Profibus PA e o próprio protocolo Hart.

### **3.2.9 Níveis Funcionais na Redes Industriais**

As redes industriais genericamente falando podem ser classificadas em: Nível de administração; Que é o nível mais alto e é responsável pela integração dos níveis mais baixos. Nível de Controle; que se encarrega de agrupar e dirigir distintas áreas de produção. Nível de Campo e Processo; integra pequenas automações, CLPs, multiplexadores de E/S, controladores PID, dentro de su-bredes ou ilhas de controle e por fim o Nível de entradas e saídas; que é o nível mais próximo do processo onde se encontra os sensores, transmissores e atuadores encarregados de interfacear o processo de produção, controlar e automatizar o

controle e supervisão

### **3.2.10 Redes LAN e Barramentos de Campo**

As Redes LAN representam os níveis hierárquicos mais elevados. Os padrões e normas mais conhecidos são: MAP e Ethernet.

O Barramento de Campo constitui o nível mais simples e próximo do processo na estrutura de comunicações industriais. Baseiam-se em processadores simples, e usa um protocolo mínimo para gerir o enlace entre eles. Os barramentos de campo mais modernos permitem a comunicação de campo entre os diferentes elementos da rede; Exemplos: Rede AS-i, Rede Bitbus, Rede Profibus, Fieldbus, Modbus

## **4. DISPOSITIVOS DE CAMPO UTILIZADOS NO PROJETO**

Nesta camada, serão informados os instrumentos usados, com suas redundâncias, classes e tags, o tipo de rede e sua arquitetura, estrutura de rede, todas as malhas, comunicação com camadas superiores e informações oriundas do chão de fábrica.

### **4.1 Medidores de Vazão, Temperatura, Pressão, Densidade e Nível**

Para uma melhor análise e controle do processo, é necessário a utilização de medidores de vazão, temperatura, pressão, densidade e nível para monitorar os líquidos envolvidos no processo, para isso, será utilizado medidores tipo Vortex que informam todas as variáveis que são necessárias para esse monitoramento, e funciona perfeitamente para todos os fluidos do processo. Manômetros para indicação de pressão em campo e para medição de nível serão utilizados medidores de vazão do tipo radar onda guiada, que podem ser utilizados em quase todos os tipos de tanques.

#### 4.1.1 Medidores Vortex



**Figura 2: Medidor Vortex – Fonte: Universidade Petrobras**

Estes medidores exploram o fenômeno conhecido como Kamann Vortex e são utilizados na medição de vazão de líquidos de baixa viscosidade, gases e vapor (saturado e superaquecido). Os medidores Vortex se caracterizam pela ausência de partes móveis em contato com o fluido, baixa perda de carga e boa exatidão.

Informações do Fabricante: Os medidores Vortex possuem capacidade para muitas aplicações, pois são flexíveis nas medidas com líquido, gás e vapor. Como os medidores Vortex têm flexibilidade em medidas com líquido, gás e vapor, possuem potencial para muitas aplicações. Contudo, os Vortex são amplamente utilizados em medidas de vazão de vapor, pois podem realizar essas medições a temperaturas elevadas, acima das exigidas em muitas aplicações. E em muitos modelos, já vem imbutidos nele sensores para fazer medições de pressão, densidade e temperatura.

#### 4.1.2 Manômetros



**Figura 3: Manômetro – Fonte: ACG Tech**

São barômetros aneróides modificados de tal forma que dentro da caixa atua a pressão desconhecida que se deseja medir e fora atua a pressão atmosférica.

Para este projeto serão utilizados os manômetros de Bourbon, que são consistidos em um tubo metálico, laminado, hermético, fechado em uma extremidade e enrolado em espiral. A extremidade aberta se comunica com o depósito que contém o fluido cuja pressão se deseja medir; então, ao aumentar a pressão no interior do tubo, este tende a desenrolar-se, e põe em movimento uma agulha indicadora frente a uma escala calibrada em unidades de pressão. Estes manômetros são para aplicações de 0,6 até 7.000 bar

#### 4.1.3 Medidores de nível tipo radar



Figura 4: Medidor de nível radar – Fonte: Siemens

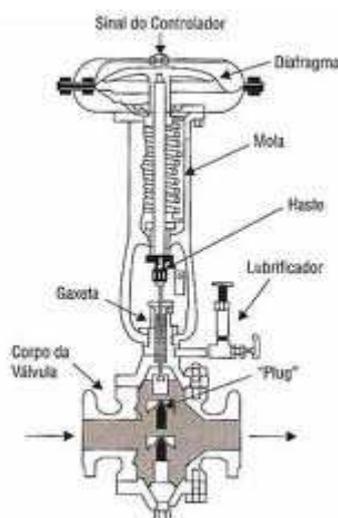
Estes medidores, mantém suas microondas focadas em sua haste/cabo em todo o comprimento de sua medição num raio de apenas 6 polegadas, externamente à sua haste. Dessa forma, ele demanda menos energia para detectar uma provável superfície pois, devido suas microondas estarem focalizadas em sua haste, elas não sofrem interferências como as microondas do radar de Antena que têm suas microondas dissipadas por praticamente todo o interior do tanque ou silo onde está instalado. Assim, o radar de onda guiada detecta a superfície de um determinado produto com mais facilidade, podendo executar sua medição com muito mais rapidez, pois não tem que interpretar ecos falsos.

- MLGT (2) = Controle de entrada de líquido para a planta e segurança por redundância, pois se a condição acima não for verdadeira, caracteriza vazamento no sistema ou baixa confiabilidade.
- MLG (2) = Controle de entrada e saída de líquido para a planta para balanço de massa.
- PI (5) = Indicadores de pressão em campo

## 4.2 VÁLVULAS

Para o melhor controle do processo e segurança, é necessário a utilização de válvulas solenoide nas linhas de óleo combustível e vapor, agindo como controladores de vazão atuados por comandos diretos, supervisório ou controle PID. Dependendo do nível de precisão requerido pelo processo são utilizados dois tipos de válvulas que a princípio se diferenciam por seu sistema de atuação, isto é, se elas são atuadas manualmente, através de volante, alavanca, caixa de redução ou automaticamente através de um atuador que pode ser pneumático, elétrico ou eletropneumático. Aquelas que são atuadas manualmente têm o controle de fluxo e o torque de vedação dependente da experiência e sensibilidade do operador, portanto, a vedação e a precisão sobre aquele controle podem variar de operador para operador, enquanto as automáticas independem desta experiência, mas sim de finos ajustes que são feitos no posicionador da válvula. As automáticas são interligadas a uma malha de controle. Para estes fins, serão utilizados válvulas de controle do tipo modulante automáticas, e válvulas de bloqueio do tipo controle on-off por esferas.

### 4.2.1 Válvula de controle modulante



**Figura 5: Válvula de controle modulante – Fonte: Emerson Process**

Para fins de controle automático, será utilizado válvula de controle automático de movimento linear com acionamento pneumático e com atuador do tipo diafragma e mola.

O castelo com fole de selagem é utilizado apenas em aplicações especiais, onde o processo

industrial não permite nem o mínimo vazamento do fluido para o meio ambiente, através do sistema de gaxetas. As aplicações desse tipo de castelo normalmente estão relacionadas a fluidos radiativos, tóxicos ou explosivos. Embora o castelo com fole possua características especiais, ele possui uma limitação de operação em processos, pois seu limite de pressão é de 28 kg/cm<sup>2</sup> (400 psi) e a temperatura do fluido do processo não pode ultrapassar 232 °C.

As válvulas serão implantadas nas entradas de óleo combustível para os tanques e nas saídas dos tanques para o sistema, para fins de controlar a passagem do fluido diretamente no físico ou por supervisor, ou automaticamente pelos controladores.

- XV (5) = Controle da entrada de óleo combustível no tanques.

#### 4.2.2 Válvulas on off unidirecionais



**Figura 6: Válvula ON OFF unidirecional – Fonte: Lupatech-Valmicro S.A.**

As válvulas de controle on-off unidirecionais serão implementadas para bloqueio de linhas que operam com outros tipos de produtos, evitando a contaminação do óleo combustível caso esteja ocorrendo outras operações.

- HV\_ZSH (14) – Controle on off de válvula aberta.
- HV\_ZSL (14) – Controle on off de válvula fechada.

#### 4.3 VÁLVULAS MOTORIZADAS

Para entrada e saída de óleo combustível no sistema, é necessário o controle de vazão das operações seja no sentido Refinaria para Navios ou vice-versa, Para esse fim, utilizaremos válvulas motorizadas.



**Figura 7: Válvula Motorizada – Fonte: Manflux S.A**

Nas entradas e saídas gerais do o sistema, serão utilizadas paletas de alta resistência a temperatura e corrosão, para realizar o direcionamento do óleo combustível e a relação de fluxo entre as linhas (entrada ou saída do sistema). E nelas será acoplado motores elétricos, onde o sentido de giro indicará o fechamento ou abertura dos dois canais de fluxo (entrada ou saída do sistema).

- MCV (4) = Controle da entrada e saída gerais de óleo combustível no sistema.

#### **4.4 CONTROLE PID**

O controlador proporcional integral derivativo, será aplicado no sistema para otimização das operações através do controle sistemático das variáveis de vazão, pressão e temperatura de modo a garantir o melhor rendimento da planta.

Para um melhor controle do transporte e armazenamento, é necessário que seja controlada a entrada e a saída de óleo combustível, no sistema como um todo bem como no controle do nível dos tanques.

No controle da entrada e saída do sistema, os medidores realizam a aferição de pressão, vazão e temperatura, enviam o sinal para o controlador, que processa o sinal e envia para um motor acoplado a uma válvula, indicando sua abertura ou fechamento.

No controle de Nível dos tanques, os medidores realizam a aferição de nível, enviam o

sinal para o controlador, que processa o sinal e envia para a solenoide que está acoplada nas válvulas de controle modulante para bloqueio (estanqueidade) ou abertura da linha (fluxo).

Esse sistema será aplicado nas MCVs, XVs e nos respectivos medidores.

#### 4.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)



**Figura 8: CLP Alen BradleyRockwell – Fonte: Rockwell Automation**

Será utilizado o controlador lógico programável para fazer todo controle de sinais de entrada e saída dos instrumentos, recebendo sinais dos sensores, processando e enviando sinais para os atuadores, comandando as válvulas, e captando os sinais para análise nas camadas superiores.

A principal razão do sucesso dos CLP's em aplicações industriais é a sua robustez. Os CLP's têm confiabilidade comprovada, grande intervalo de tempo médio entre falhas, e boa adaptabilidade a ambientes e situações críticas. Outro fator que justifica sua larga utilização é que existe um número muito grande de aplicações de CLP's com sucesso na indústria. Entretanto, sua principal desvantagem é o fato de precisar adquirir peças de expansão ou reposição sempre do mesmo fabricante. Além disso, a integração com outros equipamentos, barramentos de campo ou CLP's, pode ser bastante complicada (MANTOVANI, E, 1998).

#### 4.6 REDUNDÂNCIAS

- **Válvulas HVs** - Redundância nas entradas e saídas de cada parque para possíveis defeitos das válvulas principais, pois se isso ocorrer, e não tiver escoamento de produto para o sistema, acarretará prejuízos para a planta.
- **CLP2** – Redundância do CLP 1, pois se houver qualquer falha de sistema ou comunicação no CLP1, todo controle da planta é prejudicado, impedindo o

funcionamento da mesma, acarretando em prejuízos para a planta.

Número	Tag	Equipamento	TIPO	Tempo de Varredura
1	HV-ZSH-001	VÁLVULA ON OFF	A1	10 ms (ASI)
2	HV-ZSH-002	VÁLVULA ON OFF.	A2	10 ms (ASI)
3	HV-ZSH-003	VÁLVULA ON OFF.	A3	10 ms (ASI)
4	HV-ZSH-004	VÁLVULA ON OFF	A4	10 ms (ASI)
5	HV-ZSH-005	VÁLVULA ON OFF	A5	10 ms (ASI)
6	HV-ZSH-006	VÁLVULA ON OFF	A6	10 ms (ASI)
7	HV-ZSH-007	VÁLVULA ON OFF	A7	10 ms (ASI)
8	HV-ZSL-001	VÁLVULA ON OFF.	A8	10 ms (ASI)
9	HV-ZSL-002	VÁLVULA ON OFF	A9	10 ms (ASI)
10	HV-ZSL-003	VÁLVULA ON OFF	A10	10 ms (ASI)
11	HV-ZSL-004	VÁLVULA ON OFF	A11	10 ms (ASI)
12	HV-ZSL-005	VÁLVULA ON OFF	A12	10 ms (ASI)
13	HV-ZSL-006	VÁLVULA ON OFF	A13	
14	HV-ZSL-007	VÁLVULA ON OFF	A14	10 ms (ASI)
15.1	MLGTV-001	MEDIDOR VORTEX(VAZÃO)	S1	10 ms (ASI)
15.2	MLGTP-001	MEDIDOR VORTEX(PRESSÃO)	S2	10 ms (ASI)
15.3	MLGTT-001	MEDIDOR VORTEX(TEMPERATURA)	S3	10 ms (ASI)
16.1	MLGTV-002	MEDIDOR VORTEX(VAZÃO)	S4	10 ms (ASI)
16.2	MLGTP-002	MEDIDOR VORTEX(PRESSÃO)	S5	10 ms (ASI)
16.3	MLGTT-002	MEDIDOR VORTEX(TEMPERATURA)	S6	10 ms (ASI)
17.1	MLGV-001	MEDIDOR VORTEX(VAZÃO)	S7	10 ms (ASI)
17.2	MLGP-001	MEDIDOR VORTEX(PRESSÃO)	S8	10 ms (ASI)
17.3	MLGT-001	MEDIDOR VORTEX(TEMPERATURA)	S9	10 ms (ASI)
18.1	MLGV-002	MEDIDOR VORTEX(VAZÃO)	S10	10 ms (ASI)
18.2	MLGP-002	MEDIDOR VORTEX(PRESSÃO)	S11	10 ms (ASI)
18.3	MLGT-002	MEDIDOR VORTEX(TEMPERATURA)	S12	10 ms (ASI)
19	XV-001	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	A15	10 ms (ASI)
20	XV-002	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	A16	10 ms (ASI)
21	XV-003	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	A17	10 ms (ASI)
22	XV-004	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	A18	10 ms (ASI)
23	XV-005	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	A19	10 ms (ASI)
24	XV-006	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	A20	10 ms (ASI)
25	CLP1	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAM.	MESTRE	-
26	CLP2	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAM.	MESTRE REDUND.	-
27	MCV-001	VÁLVULA MOTORIZADA	A21	10 ms (ASI)
28	MCV-002	VÁLVULA MOTORIZADA	A22	10 ms (ASI)
29	MCV-003	VÁLVULA MOTORIZADA	A23	10 ms (ASI)
30	MCV-004	VÁLVULA MOTORIZADA	A24	10 ms (ASI)

**Tabela 01: Instrumentação – Fonte: Próprio Autor**

## 4.7 REDE

Na camada mais baixa da automação, será utilizado a rede ASI e Devicenet para a comunicação dos escravos com o mestre, e FieldBUS para a comunicação da camada dos dispositivos de campo para a de supervisão e controle.

### 4.7.1 Protocolo de comunicação ASI

Com a grande tendência mundial de se automatizar as linhas de produção e manufatura integrando-as em sistema computadorizados, criou-se a necessidade de se utilizar redes de comunicação para os sensores de proximidade e atuadores. A rede AS-Interface propicia a interligação de sensores e atuadores, via uma rede de baixo custo, e que pode operar no ambiente industrial poluído eletromagneticamente.

O sistema AS-Interface permite a montagem em variadas tipos de topologia tais como (Bus, Ring, Dual Ring, Estrela, Árvore, Mesh e Células Wireless), permitindo ainda que a qualquer momento possa se iniciar uma nova derivação, possibilitando a inclusão de novos sensores e atuadores, inclusive com a rede energizada, depois do projeto concluído sem a necessidade de lançar novos cabos.

A forma de conexão da rede AS-Interface no PLC Allen Bradley utiliza um gateway ASI-1078 que converte os sinais da rede AS-Interface para a rede DeviceNet que deve ser conectada a um cartão scanner.

Um master pode controlar uma rede com até 31 participantes inteligentes; sensores e/ou atuadores, ou se utilizarmos o sistema de módulos a capacidade em termos de entradas e saídas amplia-se para  $31 \times 4 = 124$  pontos. Em termos de comprimento do cabo estipula-se a utilização de até 100m; podendo ser ampliado para mais 100m através de um booster.

### 4.7.2 Diagrama

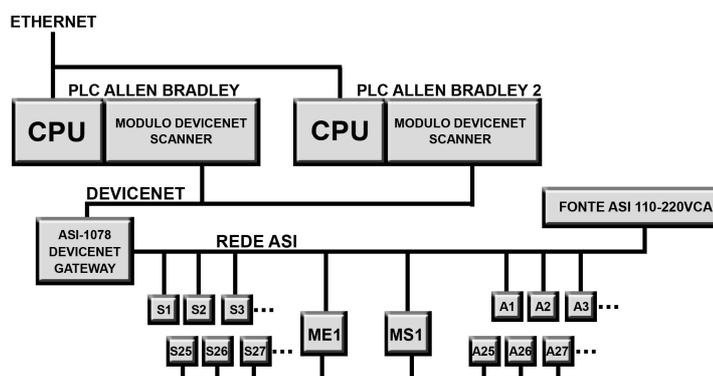


Figura 9: Rede chão-de-fábrica Fonte: Próprio Autor

## **5. SUPERVISÃO E INTERFACE HOMEM-MÁQUINA**

Para a segunda camada da automação serão especificadas as principais informações do processo produtivo a serem disponibilizados pela IHC da sala de controle, a topologia da rede de supervisão e suas redundâncias os protocolos de gerenciamento das camadas de rede, supervisão e controle.

### **5.1 Supervisão**

A camada de supervisão do processo consiste em duas máquinas com um software supervisão instalado em cada. O papel dessas é de servirem como IHC do processo, através dela o operador será capaz de acompanhar informações importantes da planta e com essas informações tomar atitudes de intervenção através de comandos enviados pela IHC para atuadores da planta.

Uma das máquinas será a IHC principal enquanto outra será a secundária. A IHC Primária atualizará suas informações vindas diretamente do campo e a IHC secundária atualizará sua base de dados através da IHC primária, porem caso haja falha nesta a secundária tomará o seu papel passando a se comunicar diretamente com o campo.

### **5.2 Oracle UCM**

O Oracle Universal Content Management (UCM) é uma solução focada em gestão de conteúdo. O objetivo desta solução é gerenciar o conteúdo não-estruturado (ou seja, o conteúdo que não está armazenado em tabelas de bancos de dados) que é importante para o dia-a-dia da empresa: emails, contratos, planilhas, notas fiscais, projetos, imagens, vídeos, desenhos de arquitetura, etc. Segundo os institutos de pesquisa, este conteúdo corresponde à 80% do conteúdo de negócios que existe em um ambiente corporativo, o que é um volume muito maior do que o volume de conteúdo estruturado (ou seja, os dados gerenciados por sistemas de gestão – ERP, CRM, etc). Apesar disso, durante muito tempo não existia uma tecnologia capaz de administrar esta imensa massa de informações. O UCM surgiu para atender à esta demanda.

### 5.2.1 Oracle Content Server

O coração do Universal Content Management é o repositório: O Oracle Content Server. Neste repositório, todos os documentos serão armazenados, e todas as funcionalidades pertinentes aos documentos serão habilitadas. O objetivo é que ele seja um repositório corporativo, ou seja, atenda todas as áreas de negócio. Porém cada área ou usuário terá uma visão específica e única, dependendo das políticas de segurança.

O Content Server possui uma interface de navegação e administração 100% web, disponível em diversos idiomas (incluindo o Português). Os principais recursos incluem:

- Serviços de Biblioteca;
- Segurança;
- Conversão;
- Fluxos de Aprovação;
- Categorização do Conteúdo;
- Personalização;
- Indexação/Busca;
- Administração;

### 5.3 TAGS Supervisão

Tag	Equipamento
UCM	Oracle Content Server
SQLS	SQL Servidor de Banco de dados
IHM1	Maquina com Elipse Scada Tela Primária
IHM2	Maquina com Elipse Scada Tela Secundária(Assume como 1 em caso de falha na IHM1)

**Tabela 02: Tags Supervisão – Fonte: Próprio Autor**

## 5.4 Redes

As IHC's se comunicarão através da rede ethernet utilizando a topologia estrela com os CLPs que controlarão a produção. O CLP se reportará ao supervisório, que consiste de duas máquinas trabalhando em Hot-Stand by, que estarão ligados ao switch da rede industrial. Os dispositivos de processo se comunicarão através da rede DeviceNet utilizando a topologia de barramento com os CLPs.

### 5.4.1 Diagrama

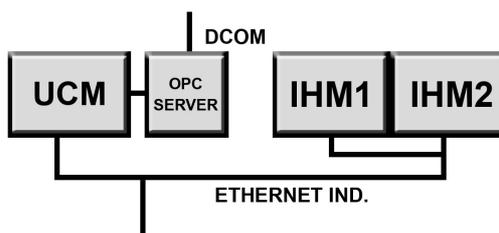


Figura 10: Rede camada de supervisão Fonte: PróprioAutor

## 6. CONTROLE

Nesta camada, será especificado a arquitetura do repositório de dados de processos industriais, adequado ao armazenamento integrado de informações. Também serão especificadas as contingências desta arquitetura e será definida a lista de quais variáveis do processo automatizado serão historiadas juntamente com a definição de cada um dos atributos de cadastro da base historiada de processos industriais. Na camada de controle também serão definidos os indicadores de produção, custo e qualidade, suas fórmulas e variáveis componentes oriundas do processo industrial.

### 6.1 PIMS

Todos os valores das variáveis de campo serão lidos pelas UCM e IHM na camada de supervisão dos sistemas Labware, para cuidar da aquisição de dados a planta possui dois nós de coleta PI API's também trabalhando em Hot-Stand by se comunicando com um servidor PI UDS, onde os dados são armazenados em discos de alta densidade com seis servidores on-line e disponíveis para garantir a comunicação dos usuários com o banco de dados via TCP/IP.

Na base de dados temporal serão armazenados em forma de TAG as mesmas informações descritas para o sistema supervisorio. Na configuração do PI para cada TAG deve ser informado os seguintes parâmetros: nome da TAG, DESCRIÇÃO, SPAM, EXEC DEV +, EXEC DEV -, EXEC MAX, COMPDEV+, COMPDEV-, COMPDEV MAX.

A tabela a seguir mostra os TAGs com seus parâmetros seguindo os seguintes critérios: Para variáveis rápidas como vazão e pressão os valores de EXEC DEV + e EXEC DEV – serão de dois por cento do valor ideal, EXEC MAX de 15 segundos, COMPDEV+ e COMPDEV- serão de cinco por cento, COMPDEV MAX de 15 segundos e o SPAM de 0,1 segundos.

Para variáveis mais lentas como o nível os valores de EXEC DEV + e EXEC DEV – serão de cinco por cento do valor ideal, EXEC MAX de 20 segundos, COMPDEV+ e COMPDEV- serão de dez por cento, COMPDEV MAX de 20 segundos e o SPAM de 1 segundo.

TAG	DESCRIÇÃO	EXC DEV+	EXC DEV-	EXC MAX	COMP DEV+	COMP DEV-	COMP MAX	SPAM	UNIT
HV-ZSH-001	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSH-002	VÁLVULA ON OFF.	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSH-003	VÁLVULA ON OFF.	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSH-004	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSH-005	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSH-006	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSH-007	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSL-001	VÁLVULA ON OFF.	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSL-002	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSL-003	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSL-004	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSL-005	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSL-006	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off
HV-ZSL-007	VÁLVULA ON OFF	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	On Off

MLGTV-001	MEDIDOR VORTEX(VAZÃO)	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	m³/h
MLGTP-001	MEDIDOR VORTEX(PRESSÃO)	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	bar
MLGTT-001	MEDIDOR VORTEX(TEMPERATURA)	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	°C
MLGTV-002	MEDIDOR VORTEX(VAZÃO)	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	m³/h
MLGTP-002	MEDIDOR VORTEX(PRESSÃO)	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	bar
MLGTT-002	MEDIDOR VORTEX(TEMPERATURA)	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	°C
XV-001	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%
XV-002	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%
XV-003	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%
XV-004	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%
XV-005	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%
XV-006	VÁLVULA DE CONTROLE MOD	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%
MCV-001	VÁLVULA MOTORIZADA	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%
MCV-002	VÁLVULA MOTORIZADA	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%
MCV-003	VÁLVULA MOTORIZADA	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%
MCV-004	VÁLVULA MOTORIZADA	2%	2%	15s	5%	5%	15s	0,1s	%

**Tabela 03: Base de dados temporal – Fonte: Próprio Autor**

## 6.2 Indicadores

Nessa camada também são referenciados os custos tais quais energia, sobrestadia de navios, recursos humanos, e os lucros como o do supressão de hora de operação. Esse cálculo é realizado pelo Plant Information (PI). Para uma variável de custo o prefixo da TAG é CUS e para lucro é LUC, o sufixo da TAG serão três letras referentes à descrição do produto e três números de sequência.

TAG	DESCRIÇÃO	EQUAÇÃO	UNIT
CUS-SON101	Custo por hora de Sobrestadia de Navio	CUS-SD = vol. 1h x custo Sobrestadia de Navio	R\$

<b>CUS-REH103</b>	Custo por hora dos Recursos Humanos	$CUS-HC = \text{vol. 1h} \times \text{custo Recurso Humano}$	R\$
<b>CUS-ENE108</b>	Energia	$CUS-EN = \text{Mwatt/h} \times \text{custo energia}$	R\$
<b>LUC-OS100</b>	Lucro por hora de operação Suprimida	$LUC-EL = \text{vol. 1h} \times \text{valor operação}$	R\$

**Tabela 04: Indicadores de operação – Fonte: Próprio Autor**

### 6.3 TAGS Controle

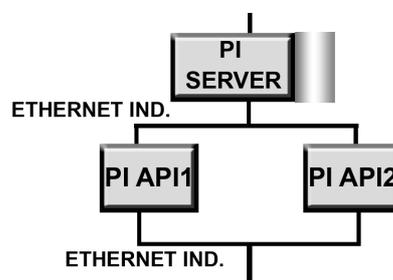
TAG	EQUIPAMENTO
<b>PIAPI1</b>	Maquina Aquisição de dados
<b>PIAPI2</b>	Maquina Aquisição de dados 2
<b>PIUDS</b>	Disco de alta densidade

**Tabela 05: Tags Base de dados – Fonte: Próprio Autor**

### 6.4 REDE

A camada de supervisão enviará os dados do processo para o banco de dados através do SQL server que está instalado na máquina ligada a UCM. Os sub-processos procederão da mesma forma.

#### 6.4.1 Diagrama



**Figura 11: Rede camada de controle Fonte: PróprioAutor**

## 7. PLANEJAMENTO

Na quarta e penúltima camada da automação, a de planejamento, serão informados todos os indicadores de desempenho, a partir de informações colhidas no chão de fábrica.

### 7.1 Integração com a rede corporativa

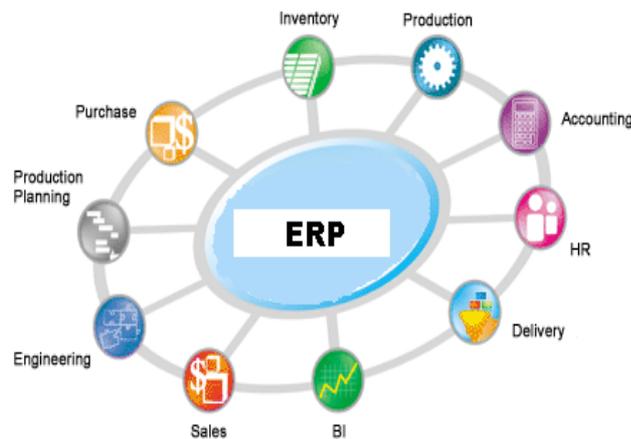


Figura 12: Gráfico ERP – Fonte: Docmanangment

O banco de dados alimenta a ERP corporativa dando acesso aos dados para as camadas superiores da pirâmide. Os dados também poderão ser visualizados remotamente através de um servidor web inclusive em dispositivos moveis equipados com android utilizando o PI combo (Data link e/ou process book). Deste modo os gestores poderão acompanhar o andamento da produção mesmo que tenham que se ausentar para reuniões com cliente ou outras atividades ERP é um software integrado de planejamento de recursos corporativos. Entre as mudanças que a implementação deste sistema proporciona, está a confiabilidade dos dados, que passam a serem monitorados em tempo real. Para implementar o ERP é necessário o comprometimento de todos os funcionários da empresa, uma vez que estes são os responsáveis por fazer a atualização sistemática dos dados que alimentam o sistema. O ERP pode ser visto como uma grande banco de dados, com informações que integram e se realimentam, assim, o dado inicial sofre alterações de acordo seu status.

Algumas vantagens podem ser vistas na implementação de uma ERP, são:

Eliminar o uso de interfaces manuais; Reduzir custos; Otimizar o fluxo da informação e a qualidade da mesma dentro da organização; Otimizar e auxiliar o processo de tomada de decisão dos gerentes; Eliminar as redundâncias de atividades; Reduzir os limites de tempo de resposta ao mercado; Reduzir o tempo gastos nos processos gerenciais.

## **7.2 Redes**

### **7.2.1 Zona desmilitarizada (DMZ)**

Uma DMZ é uma zona segura entre várias áreas de uma rede, e possibilita compartilhamento de dados e serviços entre as zonas altas, médias e baixas da rede. A função de uma DMZ é manter todos os serviços que possuem acesso externo (tais como servidores HTTP, FTP, de correio eletrônico, etc) junto em uma rede local, limitando assim o potencial dano em caso de comprometimento de algum destes serviços por um invasor. Para atingir este objetivo os computadores presentes em uma DMZ não devem conter nenhuma forma de acesso à rede local.

A configuração é realizada através do uso de equipamentos de Firewall, que vão realizar o controle de acesso entre a rede local, a internet e a DMZ (ou, em um modelo genérico, entre as duas redes a serem separadas e a DMZ). Os equipamentos na DMZ podem estar em um switch dedicado ou compartilhar um switch da rede, porém neste último caso devem ser configuradas Redes Virtuais distintas dentro do equipamento, também chamadas de VLANs (Ou seja, redes diferentes que não se "enxergam" dentro de uma mesma rede - LAN).

#### **7.2.1.1 Arquiteturas de Zonas Desmilitarizadas (DMZ)**

- Three-Pronged Firewall – Designa-se assim derivado da utilização de uma firewall com 3 pontos de rede, um para a rede privada, outro para a rede pública e outro ainda para a DMZ.

Esta arquitetura caracteriza-se por ser simples de implementar e de baixo custo, no entanto, é mais vulnerável e tem uma performance mais reduzida em comparação à DMZ com 2 firewalls.

- Multiple Firewall DMZ – São utilizados diversas firewalls para controlar as comunicações entre as redes externa pública e interna (privada).

Com esta arquitetura temos uma segurança mais efetiva podemos balancear a carga de tráfego de dados e podemos proteger várias DMZ's para além da nossa rede interna.

De um modo geral podemos dizer que as regras de segurança aplicadas a uma DMZ são:

- A rede interna pode iniciar conexões a qualquer uma das outras redes mas nenhuma das outras redes pode iniciar conexões nesta.
- A rede pública (internet) não pode iniciar conexões na rede interna mas pode na DMZ.
- A DMZ não pode fazer conexões à rede interna mas pode na rede pública.

### 7.2.2 Diagrama

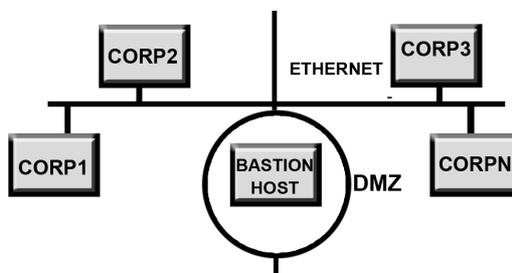


Figura 13 – Rede camada planejamento - Fonte: Próprio Autor

## 8. GESTÃO

Para a camada de gestão deverão ser definidos os meios de publicação de informações ao meio portátil. Deverão ser definidos também as interfaces entre os sistemas corporativos e chão de fábrica.

### 8.1 Publicação das informações

As informações serão publicadas na internet através da World Wide Web, para que um grupo de pessoas autorizadas tenham acesso as mesmas, de qualquer lugar que estejam.

Essas informações estarão armazenadas em servidores webservers, e poderão ser acessadas através do site da empresa, mediante a identificação do usuário autorizado.

Desta maneira a informação é disseminada mais rapidamente, e o seu conteúdo se torna de fácil acesso.

Através do aplicativo WEB o usuário poderá criar gráficos, gerar relatórios e acompanhar em tempo real os dados do processo. Além destes benefícios ainda é garantida a segurança da informação, pois os dados são protegidos por um firewall, evitando que pessoas não autorizadas obtenham informações do processo.

## **8.2 Relatórios em Tela**

Para uma melhor gestão da planta, é necessário que os gestores tenham acesso a todas as informações do processo produtivo, para isso, é necessário a a visualização de relatórios em tela, de informações colhidas do PIMS e gerenciadas por um Servidor com um sistema nativo.

### **8.2.1 Relatórios**

Os principais relatórios para este processo que serão visualizados por usuários autorizados são:

- Total de energia consumida por intervalo definido pelo usuário
- Receita obtida com a operação por intervalo definido por usuário
- Total de óleo combustível transportado por intervalo definido por usuário
- Total de óleo combustível armazenado por intervalo definido por usuário
- Total de óleo combustível armazenado por tanque definido por usuário
- Custo individual da planta (Manutenção, mão-de-obra, energia...)
- Custo total da planta por intervalo definido por usuário
- Receita total da planta por intervalo definido por usuário
- Lucro total da planta por intervalo definido por usuário
- Informações do processo
- Informações de desempenho

### 8.3 Redes

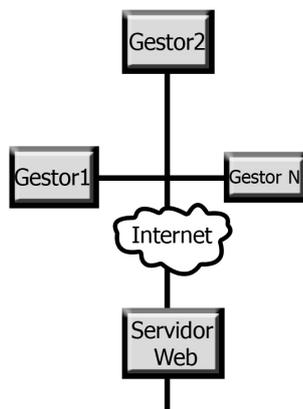


Figura 14 – Rede camada gestão - Fonte: Próprio Autor

## 9. SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO

Na sessão de segurança serão abordados aspectos referentes a segurança da informação para cada proteção de camada. Serão definidos os pontos de instalação de Firewalls e topologia arquitetural. Para isso, trabalharemos com os pilares da segurança da informação, que são:

### 9.1 Política de antivírus e práticas

O suporte para as recomendações de segurança pode ser encontrado em:

- Controles físicos: são barreiras que limitam o contato ou acesso direto a informação ou a infraestrutura (que garante a existência da informação) que a suporta.

Existem mecanismos de segurança que apoiam os controles físicos:

Portas / trancas / paredes / blindagem / guardas / etc ..

- Controles lógicos: são barreiras que impedem ou limitam o acesso a informação, que está em ambiente controlado, geralmente eletrônico, e que, de outro modo, ficaria exposta a alteração não autorizada por elemento mal intencionado.
- Mecanismos de cifração ou encriptação: Permitem a transformação reversível da informação de forma a torná-la ininteligível a terceiros. Utiliza-se para tal, algoritmos

determinados e uma chave secreta para, a partir de um conjunto de dados não criptografados, produzir uma sequência de dados criptografados. A operação inversa é a decifração.

- Assinatura digital: Um conjunto de dados criptografados, associados a um documento do qual são função, garantindo a integridade e autenticidade do documento associado, mas não a sua confidencialidade.
- Mecanismos de garantia da integridade da informação: Usando funções de "Hashing" ou de checagem, é garantida a integridade através de comparação do resultado do teste local com o divulgado pelo autor.
- Mecanismos de controle de acesso: Palavras-chave, sistemas biométricos, firewalls, cartões inteligentes.
- Mecanismos de certificação: Atesta a validade de um documento.
- Integridade: Medida em que um serviço/informação é genuíno, isto é, está protegido contra a personificação por intrusos.
- Honeypot: É uma ferramenta que tem a função de propositalmente simular falhas de segurança de um sistema e colher informações sobre o invasor enganando-o, fazendo-o pensar que esteja de fato explorando uma vulnerabilidade daquele sistema. É um espécie de armadilha para invasores. O HoneyPot não oferece nenhum tipo de proteção.
- Protocolos seguros: Uso de protocolos que garantem um grau de segurança e usam alguns dos mecanismos citados aqui.

Existe hoje em dia um elevado número de ferramentas e sistemas que pretendem fornecer segurança. Alguns exemplos são os detectores de intrusões, os antivírus, firewalls, firewalls locais, filtros anti-spam, fuzzers, analisadores de código etc.

É fundamental a utilização de antivírus em todas as máquinas com sistemas operacionais instaladas, mas para isso é necessário a utilização de regras para evitar transtornos desencadeando até mesmo em uma parada no processo produtivo. Para isso é necessário:

- Instalar antivírus em todos os sistemas, de acordo com orientações homologadas pelo fabricante do software principal da máquina.
- Verificar atualizações diariamente.
- Em sistemas não críticos, atualizar automaticamente a partir de um WSUS conectado a rede não conectado a internet.
- Em sistemas críticos, atualizar manualmente de acordo com orientação homologada pelo fabricante.

- Utilizar a própria arquitetura de planta para isolar as máquinas da maioria dos malwares.
- Não instalar programas office ou servidores OPC na rede corporativa
- Dispositivos periféricos devem ser removidos das máquinas que acessam a rede SCADA, e todas as portas das maquinas da rede SCADA ficarão desabilitadas.
- Implementar IDS IPS
- Implementação de Firewalls com regras claras e separação da rede SCADA e corporativa.

## **9.2 Firewall**

O McAfee Firewall Enterprise defende ativos essenciais, como repositórios de dados regulamentados (dados de clientes, dados financeiros e dados de assistência médica), e-mail e servidores da Web, extranets e data centers. O firewall com base em proxy também oferece visibilidade de aplicativos e controles detalhados de aplicativos, proporciona controles sólidos com base em políticas, bloqueia as ameaças mais recentes e elimina o tráfego indesejável. O Firewall Enterprise identifica os usuários e vê os aplicativos de host usados para iniciar conexões de rede. Em um momento inédito no setor de segurança de redes, a integração exclusiva de host e firewall identifica possíveis anomalias e ameaças dentro da rede de uma organização.

Recursos avançados de segurança do firewall, como identificação de aplicativos, inteligência global com base em reputação, canais automatizados sobre ameaças, inspeção de tráfego criptografado (SSH/SSL), prevenção de intrusões, antivírus e filtragem de conteúdo/URL, bloqueiam os ataques antes que eles aconteçam. Ao contrário de outras soluções, a McAfee inclui esses serviços de segurança adicionais sem cobranças extras.

### 9.2.1 Política de Firewalls

Isolar ao máximo e monitorar ao máximo

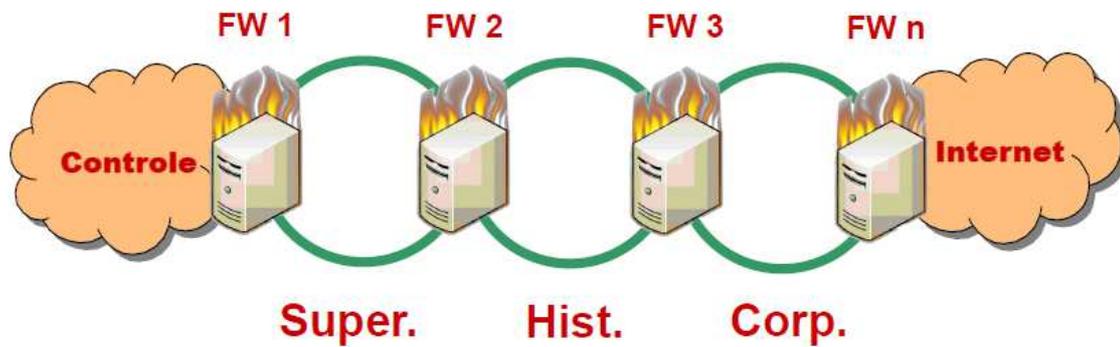


Figura 15 – Política de Firewalls - Fonte: Slideshare.net

### 9.2.2 TAGS

<u>Tag</u>	<u>Descrição</u>
<u>FW1</u>	<u>Firewall Chão de fábrica - IHM</u>
<u>FW2</u>	<u>Firewall IHM - PIMS</u>
<u>FW3</u>	<u>Firewall PIMS - Planejamento</u>
<u>FW4</u>	<u>Firewall Planejamento – Servidor de Internet</u>
<u>FW5</u>	<u>Firewall Servidor de Internet - Internet</u>

Tabela 06: Tags firewalls – Fonte: Próprio Autor

### 9.2.3 Diagrama de Rede completo com firewalls

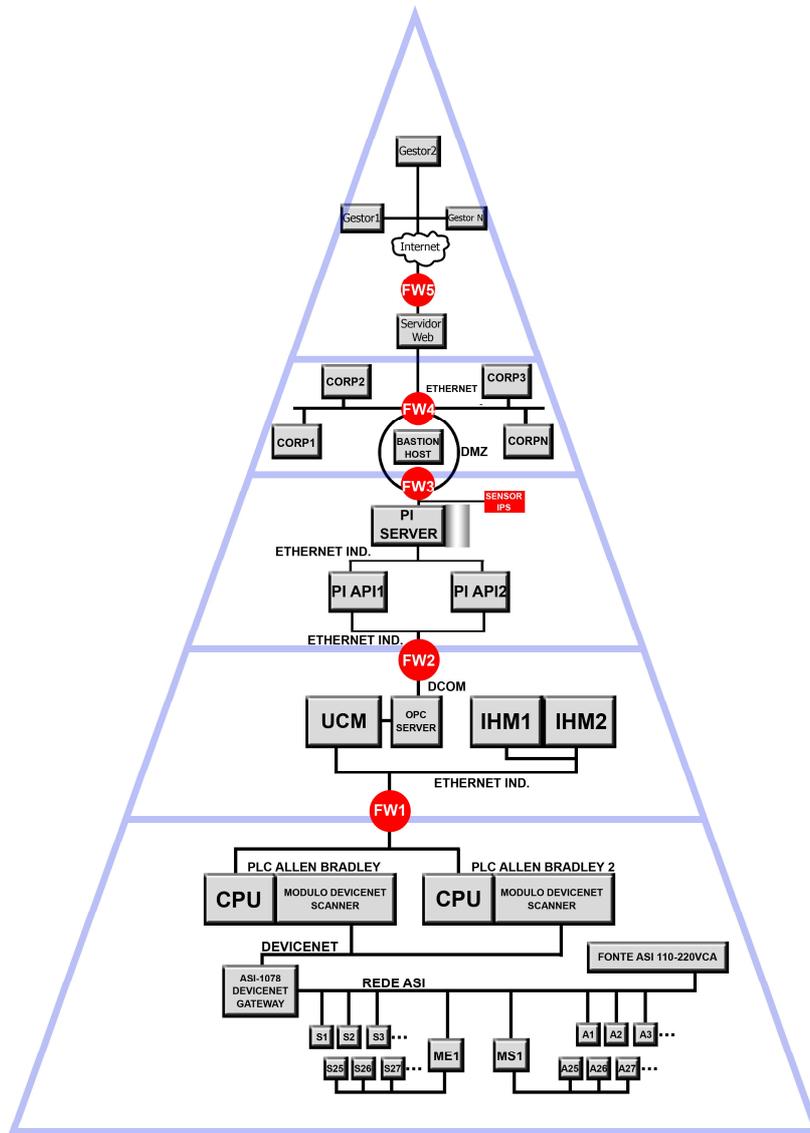


Figura 16 – Rede completa com Firewalls - Fonte: Próprio Autor

## 10. CONCLUSÃO

Esse Projeto integrou as cinco camadas da pirâmide de automação, sendo a primeira camada de dispositivos, na qual foram especificados os dispositivos de medição, atuadores, sensores, dentre outros. O segundo nível, Supervisão e IHC, variáveis de informações do

processo crítico ou informações relevantes para a operação. no terceiro nível, foram especificadas as informações para a base de dados temporal do Plant Information.

Com essa integração e padronização das TAGs, no quarto nível é possível acompanhar o sistema de forma mais fácil e operar de forma mais segura. Finalizando no quinto nível onde os dados do Plant Information podem ser acessados de forma remota, deixando o gerente ou outra pessoa de cargo superior informado sobre o que está acontecendo na fábrica.

Enfim, o banco de dados melhora a comunicação entre o setor de administração e o chão de fábrica, informações do custo do processo podem ser acompanhadas em tempo real, facilitando o planejamento e tomadas de decisões.

## 11. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de; ALEXANDRIA, Auzuir Ripardode. **Redes Industriais: Aplicações em sistemas digitais de controle distribuído**. 2. ed. São Paulo: Ensino Profissional, 2009.
- BEGA, Egídio Alerto et al. (Org.). **Instrumentação Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2006.
- FIALHO, Arivelto Bustamente. **Instrumentação Industrial Conceitos, Aplicações e Análises**. São Paulo: Érica Ltda, 2004.
- MORAES, Cicero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial**. Rio de Janeiro: LTC S.A. 2001
- SIGHIERI, Luciano; AKIYOSHI Nishinari. **Controle Automático de Processos Industriais Instrumentação**. 2. ed. São Paulo: Blucher 1973
- SOISSON, Harold E. **Instrumentação Industrial**. Curitiba: Hemus S.A. 2002
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Biblioteca Universitária, Serviço de Referência. **PIMS – Process Information Management System**. Disponível em: <<http://www.cpdee.ufmg.br/~seixas/PaginaII/Download/DownloadFiles/Pims.PDF>> . Acesso em: 10 jun 2014.
- VISION SISTEMAS. **PIMS – Process Information Management System**. Disponível em: <[http://visionsistemas.com.br/pt/?page\\_id=89](http://visionsistemas.com.br/pt/?page_id=89)> Acesso em 12 jun 2014.
- SENAI ESPIRITO SANTO. **Apostila de elementos finais de controle**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/3970866/Valvula-pdf>> Acesso em 12 jun 2014.
- CENTRO UNIVERSITÁRIO ESPIRITO SANTO DO PINHAL, Curso de Engenharia Mecatrônica Industrial, **Apostila de Sensores de Pressão e Temperatura**. Disponível: <<http://pt.scribd.com/doc/93188594/Sensores-de-pressao-e-Temperatura>> Acesso em 13 jun 2014.
- REVISTA CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO, **Medidores de vazão**. Disponível: <[http://controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed\\_110/cv2.html](http://controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed_110/cv2.html)> Acesso em 20 Jun 2014
- REVISTA FLUIDCONTROLS, **Artigo: Controle de Fluxo através de Válvulas Manuais e Automáticas; Autor: Arthur Cardozo Mathias**. Disponível: <<http://www.fluidcontrols.com.br/site/upload/pdf/Controle-de-Fluxo-Atraves-de-Valvulas-Manuais-e-Automaticas.pdf>> Acesso em 05 Jun 2014
- REVISTA MECATRÔNICA ATUAL, **Artigo: Válvulas de Controle**. Disponível: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1186-vlvulas-de-controle>> Acesso em 02 Jun 2014