



Universidade Federal de Campina Grande - UFCG  
Centro de Ciências e Tecnologia - CCT  
Departamento de Engenharia Elétrica - DEE



RELATÓRIO DE ESTÁGIO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA

CENTRO DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA

José Romero Tavares da Costa

Campina Grande - PB

Março de 2007.



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

*Relatório de Estágio Integrado apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista.*

Aluno:

---

José Romero Tavares da Costa

Supervisor:

---

José Carlos Piscitelli

Orientador:

---

A. N. Epaminondas

Campina Grande – PB,  
Março de 2007.

## **Agradecimentos**

*Agradeço a DEUS, que me deu forças em todos os momentos difíceis para vencer todas as dificuldades e conseguir alcançar os meus objetivos, aos meus pais que muito contribuíram para a minha educação, a minha namorada Vivianne que sempre esteve ao meu lado me incentivando, aos professores e funcionários desta instituição e ao meu orientador de estágio, o professor A. N. Epaminondas (UAEE/UFCG).*

## Sumário

1. Introdução .....	1
2. A Empresa .....	1
3. Atividades Desenvolvidas .....	3
3.1 Transporte dos painéis .....	5
3.2 Fixação e montagem de painéis .....	5
3.3 Lançamento de cabos .....	6
3.4 Comissionamento Elétrico .....	6
3.5 Aterramento Elétrico .....	9
3.6 Interligação de Cabos .....	11
3.7 Elaboração de Diagramas de malha .....	17
4. Equipamentos Elétricos .....	17
4.1 Centro de Controle de Motores.....	17
4.2 Inversor .....	22
4.3 Controlador Lógico Programável .....	24
4.4 Painel de Distribuição de Iluminação .....	27
4.5 Painel de Distribuição Secundária de Instrumento .....	28
4.6 Motores de Indução .....	29
4.7 Transformador Seco .....	31
4.8 Disjuntor .....	35
5. Instrumentos de Campo .....	39
5.1 Pressostato .....	39
5.2 Transmissor de pressão .....	41
5.3 Chave de Nível .....	46
5.4 Conversor I/P .....	48
5.5 Termopares .....	49

5.6 RTD .....	53
6. Conclusões .....	54
7. Referências Bibliográficas .....	55
8. Anexos .....	56
8.1 Área Classificada .....	56
8.2 Introdução a instrumentação .....	63
8.3 Típico de motores em área classificada .....	76
8.4 Tabela com as seções dos condutores de aterramento .....	77

## **1 - Introdução**

O estágio integrado foi realizado na Tenace Engenharia e Consultoria Ltda, empresa baiana com sede em Salvador, que atua na área de montagem elétrica e de instrumentação industrial. E foi realizado na obra do contrato MGP500, que tratava-se da instalação da fábrica de resina PET da M&G Polímeros Brasil S.A..

A M&G Polímeros é uma empresa multinacional pertencente a um grupo italiano (Ghisolffi e Mossi), e está localizada na rodovia PE-60, Km-10, Engenho Massanga - Complexo Industrial de Suape, município de Ipojuca – PE.

Neste contrato a Tenace ficou responsável por toda a montagem elétrica (montagem dos leitos, lançamento e interligação de cabos elétricos e de instrumentação, comissionamento e aterramento elétrico, iluminação interna e externa e circuitos de comunicação de voz) e de instrumentação (calibração, montagem e interligação de instrumentos de campo).

O período de estágio foi compreendido entre 24 de abril de 2006 e 25 de dezembro de 2006, sob orientação do Engenheiro José Carlos Piscitelli e, posteriormente, do Coordenador Aluísio Oliva, e do professor A. N. Epaminondas (UAEE/UFCG).

## **2 - A Empresa**

A Tenace Engenharia e Consultoria Ltda é uma empresa nacional de capital privado, controlada por um grupo constituído por cinco diretores. A empresa é prestadora de serviços técnicos nos segmentos de construção civil, montagem e manutenção industrial. Em vinte e um anos de operação a empresa conquistou diversificado acervo de obras executadas para a Petrobrás, empresas do setor químico, petroquímico, metalúrgicas, e ultimamente no setor automotivo. Desde a sua fundação em 1986, tem ampliado constantemente sua participação no mercado, sempre buscando inovação tecnológica e excelência nos produtos e atendimento aos clientes.

A empresa iniciou nas atividades de elétrica e instrumentação, atuando nestas disciplinas durante longo período e conquistando a confiança e fidelização do mercado. Devido á performance alcançada nos serviços executados, os clientes incentivaram sua participação nas atividades de tubulação, mecânica e construção civil, o que aconteceu em 1998 quando a empresa reestruturou-se e expandiu seu mercado para atividades multi-disciplinares. Seu perfil como empresa de engenharia voltada para o setor de obras pode ser definido por três grandes diferenciais: competência técnica, experiência comprovada e solidez econômica-financeira.

A nível nacional a Tenace atua no fornecimento de serviços de engenharia de manutenção e montagem eletromecânica, no segmento industrial de empresas químicas, petroquímicas, metalurgia, petróleo e gás.

## **Corpo Técnico**

A Tenace conta com um quadro de mais de 1.200 funcionários entre administrativos, técnicos, inspetores de qualidade, especialistas em segurança e meio ambiente, eletricitista, instrumentistas, soldadores, caldeireiros, mecânicos, pedreiros, etc. Estes funcionários estão distribuídos entre a sede em Salvador, o almoxarifado central em Lauro de Freitas BA, filiais regionais e os diversos canteiros de obras da empresa ao longo do território nacional.

O corpo técnico da empresa é composto de engenheiros com larga experiência adquirida em cada uma das atividades de atuação e um competente elenco de técnicos, selecionados pela suas experiências, habilidades e competência, habilitando-se desta forma a executar com rapidez e segurança as soluções técnicas definidas pelo seu corpo de engenharia.

Uma das estratégias bem sucedidas adotadas pela Tenace é a de preservar seus recursos humanos, com uma baixa rotatividade do seu quadro de pessoal. Contrariando a tendência de terceirização dos serviços que marcou a década de 90, a empresa manteve sua política de investir na manutenção e qualificação da sua própria equipe. Esta iniciativa possibilitou a consolidação da imagem da Tenace como empresa de elevado padrão técnico e de qualidade, com profissionais treinados e afinados com os objetivos da organização.

## **Serviços**

A Tenace tem como objetivo ser parceira na execução de atividades de engenharia, manutenção e montagem industrial, assim como construção civil, possibilitando que o cliente concentre todas as atenções nas suas próprias atividades afins, atendendo mais facilmente às exigências de competitividade, produtividade e qualidade de produto final. Para tanto, a empresa dispõe de materiais, equipamentos, pessoal técnico qualificado e recursos financeiros para prestar serviços dentro dos padrões da qualidade e segurança exigidos. Executando obras em diversos locais, dentro e fora do Brasil, desenvolvendo um eficiente sistema de planejamento e logística que permite otimizar a utilização dos recursos necessários.

### **Engenharia Elétrica**

Serviços de projeto, montagem, manutenção e comissionamento de sistemas elétricos. Execução de parada programada ou de emergência para manutenção.

### **Instrumentação Industrial**

Serviços de projeto, montagem, manutenção e comissionamento de instrumentação industriais / automação. Execução de parada programada ou de emergência para manutenção.



## **Montagem Industrial**

Montagem eletromecânica seja na modalidade turn-key ou por disciplinas nos segmentos de petróleo, gás, química, petroquímica, e metalurgia, desde a fase de projeto da obra até a pré-operação, condicionamento e partida da unidade, abrangendo as disciplinas de construção civil, tubulação, caldeiraria, mecânica, elétrica, instrumentação e automação industrial.

## **Manutenção Industrial**

Execução de serviços de manutenção corretiva, preventiva e preditiva, nas áreas de mecânica, caldeiraria, tubulação, elétrica, instrumentação e automação. Realização de parada programada ou de emergência para manutenção em unidades industriais.

## **Serviços de Apoio**

Paralelamente, são prestados serviços de engenharia ligados à montagem e manutenção, atividades principais da empresa. Assim, conta-se com larga experiência em projetos, planejamento, suprimentos, logística, qualidade, segurança e meio ambiente.

## **3 - Atividades Desenvolvidas**

As atividades por mim desenvolvidas ao longo do estágio integrado constaram de:

- Levantamento do quantitativo total de material a ser utilizado em todas as áreas da planta:
  - material de bandejamento (quantidade de leitos de 150mm, 300mm, 600mm, 900mm, curvas horizontais, curvas verticais, reduções, tês, cruzetas, etc)
  - cabos elétricos e de instrumentação (levantamento de todas as formações de cabos que seriam utilizadas na obra e a quantidade total de cada tipo)
  - material de processo (material utilizado nos “típicos” de instrumentação)
- Acompanhamento da montagem de bandejamento, eletrodutos, dutos de barra e de painéis
- Levantamento/verificação do total de suportes instalados no prédio do CP (CP Building) e de leitos instalados na planta
- Preenchimento de planilhas de verificação/acompanhamento de montagem de instrumentos
- Inspeção de recebimento técnico de painéis elétricos (MCC, PCC, PDB, SLDB)
- Fornecimento e acompanhamento de planilhas de corte de cabos elétricos e de instrumentação
- Acompanhamento da calibração de transmissores e válvulas de pressão

- Elaboração de diagramas de malha
- Elaboração de consultas técnicas
- Familiarização com plantas e documentos de projeto utilizadas:
  - planta de bandejamento (planta que exhibe informações sobre a instalação dos leitos, como as cotas em relação ao piso e a parede, o tipo de leito, etc)
  - planta de classificação de área (planta onde são identificadas as áreas onde há risco de explosão e, portanto, os acessórios dos típicos de motores (botoeira, prensa cabos) devem ser a prova de explosão)
  - planta de força e aterramento (fornece a localização dos motores e painéis elétricos na área)
  - planta de layout de equipamentos (mostra a disposição física dos equipamentos nas salas de painéis)
  - planta de locação de instrumentos (localiza os instrumentos de campo na área)
  - fluxograma de processo
  - esquemas elétricos dos MCC's, PDB e inversor
  - diagramas unifilares
  - documento de carregamento de hardware (documento que fornece as régua de bornes e os terminais, onde cada instrumento de campo deve ser interligado no CLP)
- Acompanhamento e supervisão, na área do SSP (SSP Building), dos serviços de:
  - Transporte e fixação dos painéis elétricos da sala de controle (MCC & INVERTER ROOM)
    - Lançamento de cabos elétricos e de instrumentação
    - Comissionamento elétrico
      - Testes em motores de indução trifásicos;
      - Testes em painéis elétricos (MCC,PDB);
      - Testes em cabos elétricos;
      - Testes das muflas dos cabos elétricos trifásicos de média tensão (4.16kV);
    - Aterramento elétrico
      - aterramento dos leitos de cabos
      - aterramento dos painéis elétricos
      - aterramento dos DCS
      - aterramento do transformador seco de 4.16 kV
      - aterramento dos motores e botoeiras
    - Interligação dos cabos elétricos nos painéis (MCC's, PDB, DCS, inversor)

A área do SSP Building compreende um prédio com seis elevações (0.0M, 6.0M, 11.0M, 17.0M, 28.0M e 35.0M), pelas quais encontram-se distribuídos 35 motores, 5 painéis de distribuição de iluminação (SLDB's), alguns painéis elétricos e de instrumentação e inúmeros instrumentos de campo (termopares, transmissores de pressão e nível, pressostatos, chaves de nível, válvulas, etc).

Ao lado do prédio do SSP encontra-se localizada a sala do transformador (Transformer Room), onde estão instalados o transformador seco de 2000 kVA, 4 kV/0,4 kV de TAG 1551- E13 e o painel isolador de TAG 1412-E13. O isolador trata-se de um painel elétrico constituído por um disjuntor a vácuo e uma chave de aterramento, e que tem a função de prover a proteção do transformador.

Na elevação 0.0M do prédio do SSP existe uma área classificada, denominada de sala de bombas, na qual encontram-se instalados seis motores. Área classificada é uma área onde existe risco de explosão, devido à presença de gases,

vapores ou poeira combustível. Por se tratar de uma área classificada todas as botoeiras e eletrodutos flexíveis utilizados nos típicos de motores, devem ser a prova de explosão (como ilustrado em anexo).

Nesta mesma elevação está localizada a sala de painéis, denominada de MCC & INVERTER ROOM, onde encontram-se instalados os seguintes painéis:

- MCC#311, 312 e 313
- PDB#408
- PAINEL INVERTOR
- DCS 12IP e 13IP
- SIDB# 1568-E05
- GTU HEATHER PANEL 1414-E01-I01 e 1414-E02-I01

### **3.1- Transporte de painéis**

Antes da retirada dos painéis do almoxarifado eles são inspecionados para verificar se não sofreram nenhuma avaria, o peso de cada painel é verificado para que sejam utilizadas “cintas de carga” que tenham uma capacidade de peso compatível com os painéis que irão suspender e para se averiguar se a empilhadeira e o caminhão “munck” conseguem suportar esta carga. Em seguida é preenchido e assinado o formulário de retirada de material onde são listados, com os devidos TAG’s, todos os painéis que estão sendo requisitados.

Uma empilhadeira e um caminhão “munck” são utilizados durante a retirada e transporte dos painéis. A área nas imediações é isolada com fitas e cones de sinalização e, então, a empilhadeira faz a retirada dos painéis para o lado de fora do almoxarifado, onde o caminhão “munck” recebe estes painéis e com a sua lança faz o içamento deles para cima da sua carroceria.

Quando os painéis já estiverem posicionados sobre a carroceria, ajudantes o amarram com cordas no caminhão, para que então eles sejam transportados. Após chegarem à área onde está localizada a sala de painéis o caminhão descarrega cada painel e os ajudantes os levam para dentro da sala.

### **3.2 - Montagem e fixação dos painéis elétricos**

A planta de layout de equipamentos de cada sala de MCC ROOM é o documento que fornece as cotas em que cada painel deverá ser fixado.

Os painéis elétricos são fixados no piso ou parede (SLDB E SIDB) através de chumbadores e parafusos de cabeça sextavada de 3/8”x 1”.

Os CCM’s e PDB’s que possuem mais de um módulo, após terem sido fixados no piso, têm os barramentos dos seus módulos interligados. Isso é feito através de parafusos em aço bicromatizado que vêm acompanhando tais painéis.

Os materiais utilizados na execução desse serviço são:

- Furadeira
- Broca de vídea
- Trena de 5 m

- Parafusos de cabeça sextavados 3/8"x 1"
- Nível manual
- Esquadro
- Chumbador 3/8"x 1"

### **3.3 - Lançamento de cabos**

A fase de lançamento de cabos elétricos e de instrumentação só pode ser concretizada após terem sido instalados os suportes e os leitos de cabos.

Antes de lançar propriamente os cabos para os motores e instrumentos de campo é preciso inicialmente localiza-los na área. Isso é feito com o auxílio das plantas de força e aterramento e da planta de locação de instrumentos, que localizam os motores e instrumentos respectivamente, fornecendo a elevação em que cada motor e instrumento, está /será instalado. Em seguida, é necessário verificar fisicamente se os leitos de cabos e/ou eletrodutos que irão interligar tais equipamentos até a sala de controle já estão montados.

Com posse da planilha de corte de cabos elétricos e da planilha de corte de cabos de instrumentação, que é expedida pelo setor de planejamento, é possível identificar a formação do cabo (4CX1,5, 3CX35+16, por exemplo), o seu TAG, o número da bobina de cabos a ser utilizada, a rota de leitos que o cabo irá seguir, e o painel onde o cabo será conectado (destino). Posteriormente a planilha deverá ser entregue, para que seja dada baixa na planilha eletrônica geral, nos campos com o comprimento real do lance utilizado e a data de lançamento do cabo.

O TAG é a identidade única e individual que cada cabo elétrico e de instrumentação, equipamento elétrico e instrumento de campo possuem, sendo formado pela combinação de letras e números.

O comprimento real do lance é medido e, em seguida, a bobina a ser utilizada é localizada no almoxarifado. As bobinas que contém os cabos mais pesados são transportadas até a área do lançamento por um caminhão "munck" e são instaladas sobre suportes que irão facilitar o seu manuseio. Quanto aos cabos mais leves eles são medidos e cortados no próprio almoxarifado. Os cabos têm o seu TAG fixado com fita crepe em cada extremidade e a seguir são lançados.

### **3.4 - Comissionamento elétrico**

O comissionamento elétrico é realizado por profissionais muito bem qualificados, técnicos e eletricitas de força e controle (F/C), com vários anos de experiência e muito bem treinados.

Equipamentos de proteção individual (EPI's), e que constam de capacete, óculos de segurança, luvas, botas e protetor auricular, são fornecidos aos empregados e são de uso obrigatório, visando à proteção contra acidentes e prevenir danos à saúde.

Antes da realização dos testes, a área ao redor dos equipamentos é isolada através de cones e fitas plásticas de sinalização, evitando que pessoas estranhas

circulem pelo local e possam sofrer acidentes (choque elétrico) ou danificar os equipamentos sob teste e instrumentos de medição.

Um termo-higrômetro digital é utilizado durante os testes para registrar a leitura da umidade relativa do ar e da temperatura ambiente.

Equipamentos utilizados durante os testes de comissionamento:

- Megômetro: Testes de isolamento dos cabos elétricos
- Multímetro: Testes de continuidade e tensão
- Hi-pot: Teste de tensão (C.C.) aplicada nos cabos
- Microohmímetro: Medição da resistência dos enrolamentos dos motores de indução
- Termo-higrômetro: Medição da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar
- Cones e fitas de sinalização

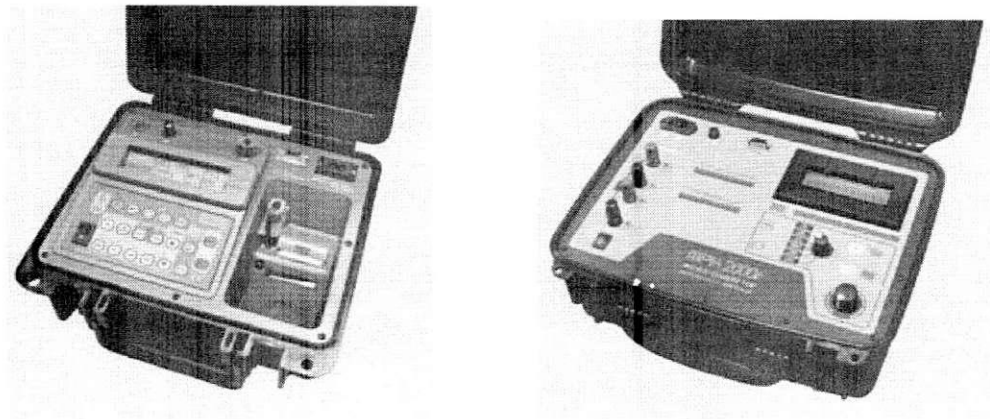


Fig. 1 – Megômetro e microohmímetro digitais

- Motores:

No comissionamento dos motores de indução trifásicos são identificados o TAG do motor, o fabricante e são anotados os dados de placa (tensão nominal, corrente nominal, potência, rotação e número de série) e a área onde o motor está localizado.

A resistência ôhmica dos enrolamentos do motor é medida com um microohmímetro.

A isolamento elétrica de cada enrolamento em relação à carcaça é medida com o megômetro. O valor da tensão de teste a ser aplicada pelo megômetro depende da tensão nominal do motor (para motores de indução de 380 V, aplica-se uma tensão de teste de 500V; nos motores de 4.16 kV, a tensão aplicada é de 5 kV). Os testes de isolamento são efetuados durante o tempo de 30 segundos, 1 minuto, 5 minutos e 10 minutos.

- Cabos elétricos:

Os cabos elétricos têm os seus dados anotados na ficha de testes (TAG, formação, fabricante, classe de isolamento) e identificados a sua origem e destino.

A resistência de isolamento de cada condutor do cabo em relação aos demais condutores é medida com o megômetro. O megômetro aplica uma tensão de teste que depende do valor da tensão a que este cabo será submetido em operação. Para os cabos alimentados em 110V, 220V e 380V, a tensão de teste aplicada pelo megômetro é de 500V.

Um observador de segurança, com rádio, é mantido próximo ao local das extremidades opostas dos cabos que estão sendo testados, para evitar que alguém toque acidentalmente nesses cabos.

- CCM e PDB:

Na ficha de testes dos painéis, os dados de placa são anotados (TAG, fabricante, número de série, coluna e gaveta), é identificada a área onde o painel está instalado e são anotados a faixa de operação dos relés térmicos de cada gaveta e o seu tipo.

Uma inspeção visual é realizada, observando-se os estados da pintura, a conservação dos componentes, verificados o sistema de inserção e extração das gavetas, suporte e instalação.

Os painéis elétricos são limpos antes da realização dos testes com o auxílio de uma flanela seca e de um aspirador de pó, que irá retirar a poeira e sugar objetos que se encontrem depositados no interior dos painéis (parafusos, pedaços de cabo, pedaços de fitas plásticas, etc).

Os barramentos de alimentação destes painéis são megados, medindo a sua isolamento em relação à carcaça do painel, como também em relação a cada outro barramento. A tensão de teste aplicada é de 500V, já que o barramento é alimentado em 380V trifásico e o tempo total de duração de cada teste é de 1 minuto. Esse mesmo procedimento é realizado nos barramentos das gavetas de cada um dos motores.

Também é efetuado o teste de comando, que consiste em energizar o barramento provisoriamente com 380V, testando os circuitos de sinalização.

- Muflas:

Mufla terminal primária ou terminação é um dispositivo destinado a restaurar as condições de isolamento da extremidade de um condutor isolado quando este é conectado a um condutor nu.

Antes da realização dos testes dos cabos de média tensão (muflas), os seguintes dados do cabo são anotados: TAG, fabricante, a formação do cabo, classe de tensão, tensão de trabalho, tipo de isolamento, número de cabos por fase, identificados a sub-estação de origem, o cubículo de origem e o destino.

Nos testes das muflas dos cabos, estes cabos são megados antes de se utilizar o hi-pot (Fig. 2) e os valores obtidos são anotados.

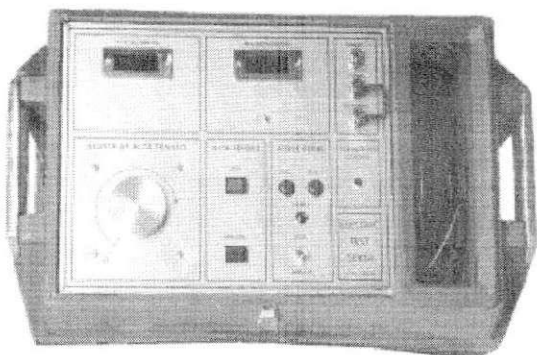


Fig. 2 – Hi-pot utilizado no teste das muflas terminais

Com o hi-pot será aplicado um nível de tensão correspondente a 75% da tensão de ensaio do cabo, conforme recomenda a NBR-7286 (mantendo todos os outros cabos que não estão sendo testados aterrados). Esta tensão é dividida em 5 degraus, os quatro primeiros valores de tensão serão aplicados durante um tempo de 1 minuto e o último valor durante 10 minutos, anotando-se o valor da corrente de fuga obtido.

Concluído o teste o cabo é novamente megado e os novos valores da isolação são anotados. Finalizado os testes o cabo é desenergizado através do cabo de retorno do hi-pot.

Tensão de isolamento kV	0,6/1	1,8/3	3,6/6	3/5	8,7/15	0,6	15/25	20/35
Tensão de ensaio kV	8,5	15,5	26,5	36	53	72	90	120

Tabela 1 – Valores de tensão elétrica contínua a serem aplicadas nos cabos elétricos

Obs: Dentro das normas vigentes da NBR-7286 temos:

- Cabo novo instalado - aplica-se 75% da tensão de ensaio da tabela
- Cabo em operação na garantia - aplica-se 65% da tensão de ensaio da tabela
- Cabo após manutenção ou reparo - aplica-se entre 50% e 60% da tensão de ensaio da tabela
- Cabos usados que receberam novas uniões, derivações ou terminações - aplica-se um valor de tensão entre o valor de 3 vezes a tensão VAC de serviço do sistema para terra e o valor da tensão de ensaio

Ao escolher a tensão aplicada deve-se considerar a idade e a condição do cabo a ser testado. Não se deve aplicar tensão AC em cabos usados. Preferencialmente, realizar os estes com tensão contínua em qualquer situação.

Se a umidade relativa do ar estiver superior a 70% ou o local estiver exposto a chuvas os testes não são efetuados.

### 3.5 - Aterramento elétrico

Aterramento é a ligação intencional da carcaça de um equipamento elétrico com a terra. O aterramento de proteção consiste na ligação à terra das massas e dos

elementos condutores estranhos à instalação, e que visa à proteção contra choques elétricos por contatos indiretos.

O aterramento elétrico dos equipamentos e da instalação (painéis elétricos, DCS, motores, botoeiras, leitos, vasos, etc) foi executado segundo os documentos típicos de projeto fornecidos pela M&G Polímeros. Nesses documentos estão especificados a maneira como o aterramento de cada parte da instalação deve ser realizada, o valor da seção nominal do condutor de aterramento e o seu tipo (nu ou com isolamento em PVC).

O condutor de aterramento é na cor verde e a sua seção é fornecida na tabela em anexo de acordo com o tipo de equipamento a ser aterrado.

Material utilizado para executar os trabalhos de aterramento:

- Hastes de cobre (3m comprimento x 20 mm de diâmetro)
- Cabos de cobre nu (vários diâmetros)
- Cabos de cobre com isolamento em PVC na cor verde (vários diâmetros)
- Conector split boltz
- Barras de cobre para fixação nos leitos
- Poço de inspeção de aterramento
- Terminais de compressão
- Prensa terminais hidráulico
- Parafusos com porcas e arruela lisas
- Eletroduto em aço galvanizado de 3/8"
- Solda exotérmica
- Molde de grafite
- Palito ignitor (espoleta)
- Disco metálico
- Abraçadeiras plásticas

O aterramento de algumas partes da instalação, são descritos a seguir:

**Motores e botoeiras:** O documento típico de motores mostra como deve ser executado o aterramento dos motores e botoeiras. Os cabos de aterramento dos motores e botoeiras são conectados na barra de aterramento fixada no leito de cabos e na carcaça do motor e da botoeira respectivamente. No percurso de descida do leito até o equipamento o cabo é preso ao eletroduto com o uso de abraçadeiras plásticas.

O condutor de aterramento das botoeiras é de 4mm de diâmetro, já a seção do condutor de aterramento dos motores é especificado para uma determinada faixa de potência nominal (conforme tabela em anexo).

**Painéis elétricos (CCM, PDB, PCC):** Os painéis elétricos são aterrados em dois pontos distintos. São utilizados condutores de cobre de 70 mm de diâmetro revestidos em PVC. Dois condutores são conectados através de terminais de compressão no barramento de terra destes painéis em dois pontos distintos (o barramento de terra é identificado por uma fita na cor verde), enquanto a outra extremidade do cabo é conectada na barra de cobre fixada nos leitos de cabos.

**Painéis elétricos de distribuição (SLDB, SIDB):** O aterramento elétrico dos painéis de distribuição é feito conectando-se um cabo de aterramento de 25 mm de diâmetro no barramento de terra (identificado pela fita na cor verde) que encontra-se dentro de cada



um desses painéis, enquanto a outra extremidade do cabo é conectada na barra de aterramento fixada nos leitos. Com um cabo de mesma seção interliga-se os dois barramentos de terra dos painéis.

**DCS:** O aterramento dos DCS é independente da malha geral. Um triodo constituído de três hastes de cobre (3 metros de comprimento por 20 mm de diâmetro) com um afastamento mínimo de 2,5 metros uma da outra formando um triângulo, é enterrado verticalmente no solo. Em cada haste é instalada um poço de inspeção para verificação da resistência de aterramento.

Nestas hastes é conectado, através de solda exotérmica, um cabo de cobre nu de 50 mm de diâmetro. Este cabo é conectado através de um conector split boltz a um cabo de cobre com isolamento em PVC e de mesma seção nominal, que será conectado a uma barra de cobre de aterramento que encontra-se fixada no leito de cabos. Na barra de cobre são fixados os condutores de cobre que irão ser conectados no barramento de terra do DCS.

**Transformadores:** No transformador é feito o aterramento do seu cubículo e o aterramento do seu neutro. Em ambos os casos é utilizado um cabo de cobre nu de 95 mm de diâmetro, e a conexão dos cabos nas hastes de aterramento e na malha geral de terra, é feita através de solda exotérmica.

O aterramento do cubículo do transformador é direto na malha geral de terra da instalação, onde esta malha geral circula o prédio do SSP.

O aterramento do neutro do transformador é independente da malha geral. Do neutro do transformador partem cabos independentes, cada um será conectado em uma haste de cobre de 3 metros de comprimento, ao redor de cada haste é instalado um poço de inspeção (que serve pra medição da resistência de aterramento) e das hastes o cabo é conectado na malha geral. Desta forma o transformador está mais protegido, pois caso a malha geral ou um dos condutores seja danificado, o neutro ainda permanece aterrado através da outra haste.

**Leito de cabos:** Para o aterramento dos leitos de cabos é utilizado um cabo de cobre nu de 95 mm de diâmetro que é conectado na malha geral de terra da instalação através de solda exotérmica. A descida do condutor de aterramento do leito de cabos até a malha de terra, onde o condutor será soldado, é feito por dentro de um eletroduto em aço galvanizado.

Nos leitos, nas proximidades dos equipamentos a serem aterrados são fixadas barras de cobre, nas quais serão conectados os condutores de aterramento dos painéis elétricos, motores, etc.

### **3.6 - Interligação de cabos elétricos e de instrumentação**

A interligação dos cabos elétricos e de instrumentação nos equipamentos elétricos e nos instrumentos de campo é realizada pelos eletricitistas F/C, utilizando documentação específica para a execução do trabalho. A etapa de interligação dos cabos na sala de controle é realizada após serem concluídas as etapas de fixação de suportes e montagem de leitos, e de montagem, fixação e comissionamento dos painéis e cabos elétricos. No campo a interligação é feita após a montagem e comissionamento dos motores e a instalação dos instrumentos no local.

Caso a interligação seja de um cabo em um painel já energizado, é emitido um documento denominado de PTS (Permissão de trabalho seguro), solicitando ao técnico de operações a liberação e desenergização do equipamento. Antes da preparação dos cabos (corte e decapagem) eles são conferidos através do teste de continuidade, para assegurar que o cabo está correto.

Nos CCM's, PDB, inversor, SLDB, SIDB a entrada dos cabos é pela parte superior desses painéis, enquanto que nos DCS/PLC, a entrada dos cabos é pela parte inferior do painel.

Anilhas de identificação são colocados nas extremidades dos cabos de comando da botoeira e do DCS/CLP e dos cabos dos instrumentos de campo, em cada anilha são impressos o TAG dos cabos e a numeração da régua de bornes e seus terminais onde eles serão interligados. Os cabos de força que alimentam os painéis elétricos e os motores, tem o seu TAG fixado através de fita crepe.

Material utilizado para a execução do trabalho:

- Terminais de compressão de cobre galvanizado (diâmetro igual ao do cabo)
- Prensa terminais hidráulico
- Terminais tipo garfo, pino e olhal
- Fitas isolantes coloridas (azul, branca e lilás)
- Alicates de corte
- Chaves de fenda e cruzada
- Estilete
- Arco de serra
- Abraçadeira plástica
- Fita crepe
- Prensa cabos
- Eletroduto flexível (típico de motores)
- Parafusos sextavado em aço galvanizado, com porcas, arruelas lisas e arruelas de pressão
- Anilhas de identificação

O trabalho de interligação dos cabos em cada painel elétrico é descrito abaixo:

**DCS/PLC:** No DCS para a interligação dos cabos de alimentação deste painel e dos cabos de instrumentação originários do inversor, das gavetas dos CCM's, instrumentos de campo, etc, é utilizado o documento de "carregamento de hardware". Este documento indica as régua de bornes (ver fig. 3) e a numeração dos terminais onde cada cabo deverá ser conectado na respectiva régua.

Nestes painéis tem-se acesso tanto pela porta frontal quanto pela porta traseira para a execução dos serviços de interligação dos cabos. Terminais tipo garfo ou olhal de 1,5 mm, são utilizados para conectar cada condutor do cabo nos parafusos das régua de bornes.

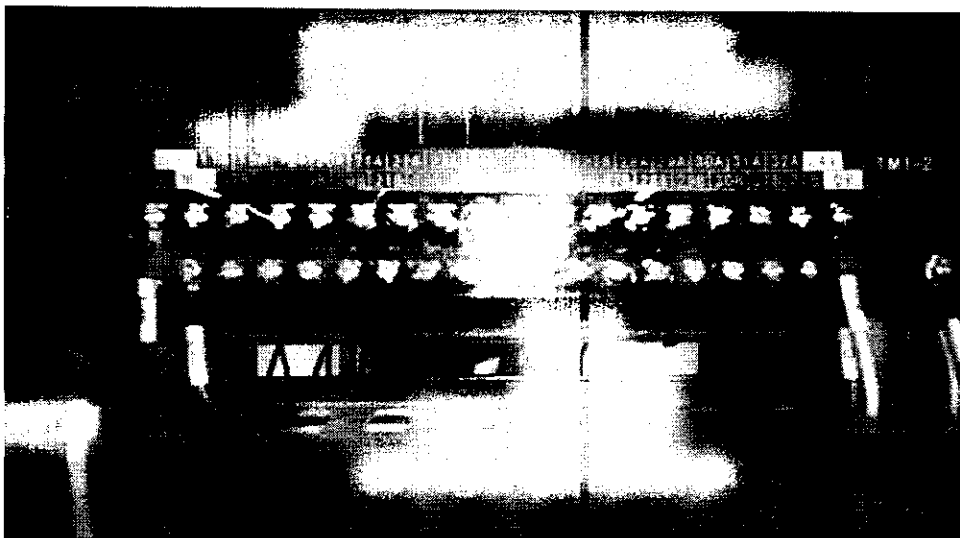


Fig. 3 – Régua de bornes do CLP

**CCM:** Nos CCM's temos a interligação dos cabos de força e dos cabos de comando. Os cabos de força compreendem os cabos de alimentação do CCM e que são conectados no barramento trifásico de entrada e os cabos de alimentação dos motores instalados no campo que são conectados nos barramentos trifásicos da respectiva gaveta de cada motor no CCM.

Os cabos de comando compreendem os dois cabos de comando do DCS/CLP de TAG "HS" (4CX1.5 mm) e "EL" (2CX1.5 mm) e o cabo da botoeira de campo (5CX1.5 mm).

A conexão dos cabos de força é realizada utilizando-se os esquemas elétricos de cada gaveta do CCM, e que se encontram no Data Sheet de cada painel. Os cabos de força vêm com os seus condutores numerados de fábrica, enquanto os barramentos vêm identificados por fitas coloridas. Para a interligação dos cabos adotou-se a seguinte convenção:

- Cabo N° 1 – Fase R (barramento identificado pela cor azul)
- Cabo N° 2 – Fase S (barramento identificado pela cor branca)
- Cabo N° 3 – Fase T (barramento identificado pela cor lilás)
- Cabo N° 4 – Proteção (barramento identificado pela cor verde)

Os cabos são decapados e nas suas extremidades são colocados terminais de compressão (em cobre galvanizado), que são melhor fixados aos condutores, com o auxílio de um prensa terminais hidráulico. Em seguida os cabos são fixados nos respectivos barramentos através de parafusos sextavados, com porcas e arruelas lisas e de pressão (todos em aço galvanizado). A figura 4 exibe um barramento trifásico de alimentação de um painel CCM.

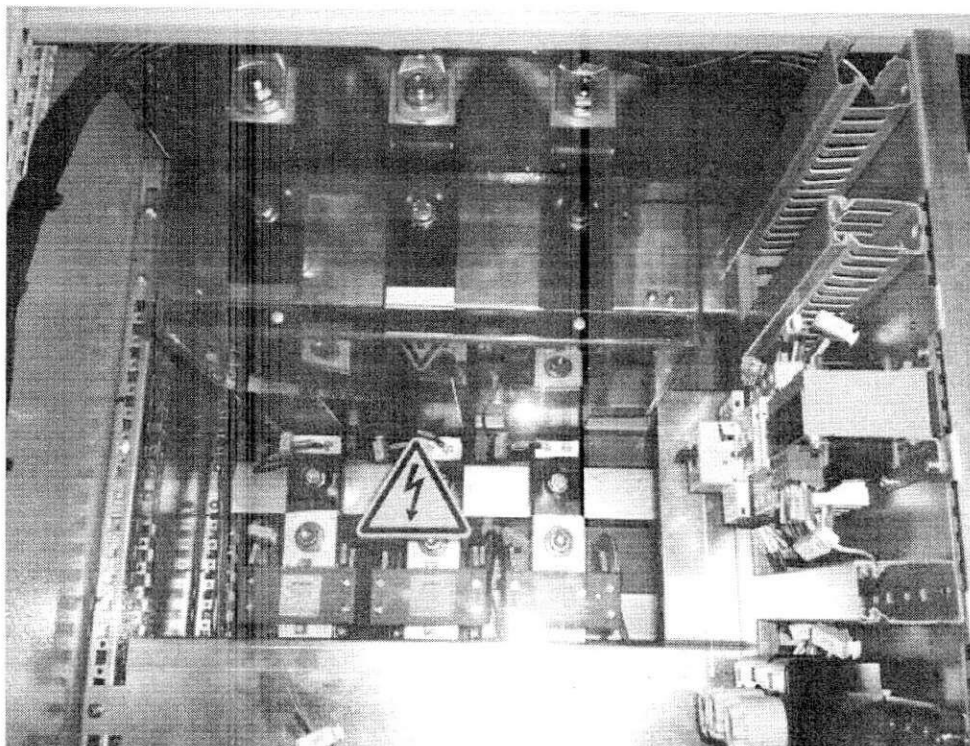


Fig. 4 - Barramentos de alimentação de um CCM

O acesso para a interligação dos cabos de alimentação do CCM é pela parte frontal do painel, enquanto para conectar os cabos de alimentação de cada motor no barramento da respectiva gaveta, é necessário retirar a tampa traseira de cada coluna do painel para se ter acesso aos barramentos.

A interligação dos cabos de comando é realizada com posse da “planilha de interligação”, este documento indica a numeração dos terminais onde os cabos de comando provenientes da botoeira de campo e do DCS/CLP, serão interligados na régua de bornes de cada gaveta do CCM (fig. 5). Com este documento é possível identificar quais cabos de TAG “HS” e “EL”, pertencem a cada gaveta.

Terminais tipo pino de 1.5mm de diâmetro são utilizados nas extremidades de cada condutor para conectá-los na régua de bornes. A figura 5, a seguir, mostra a régua de bornes de cada gaveta de um CCM, onde serão interligados os cabos de comando.

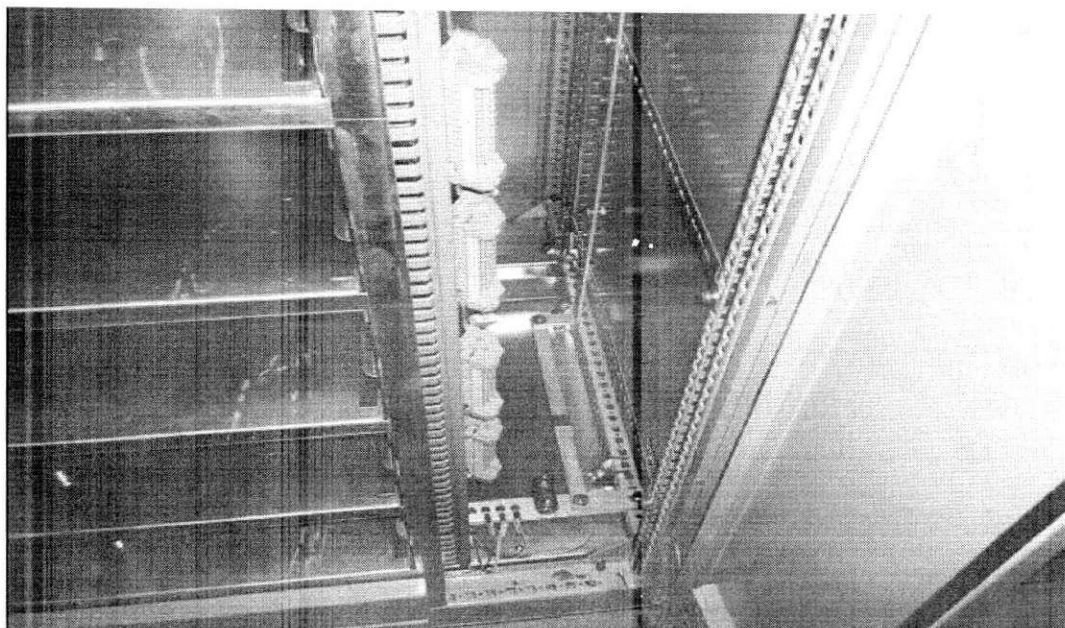


Fig. 5 – Réguas de terminais de um CCM

**Painéis elétricos de distribuição (SLDB's, SIDB):** Nos painéis elétricos de distribuição são interligados o cabo de alimentação do painel e os cabos que alimentam os circuitos terminais (circuitos de iluminação e de alimentação de outros painéis no caso do SIDB).

O manual elétrico de cada painel de distribuição é o documento utilizado para se efetuar a ligação dos cabos. O manual elétrico possui o diagrama unifilar indicando qual circuito irá alimentar uma determinada carga.

O cabo de alimentação do painel é decapado e os condutores de fase são conectados no disjuntor principal, enquanto o condutor de proteção é conectado no respectivo barramento. Os cabos dos circuitos terminais após terem as extremidades decapadas, recebem terminais (condutores de fase) ou olhal (condutores de neutro e de proteção) e, em seguida, os condutores de fase são conectados nos respectivos disjuntores do circuito ao qual pertencem, enquanto os condutores de proteção são conectados no respectivo barramento. Na figura 6, temos um painel de distribuição, onde é possível observar os dois barramentos de neutro (cor azul) e os dois barramentos de proteção (cor verde), o disjuntor principal (no alto) e os disjuntores dos circuitos terminais.

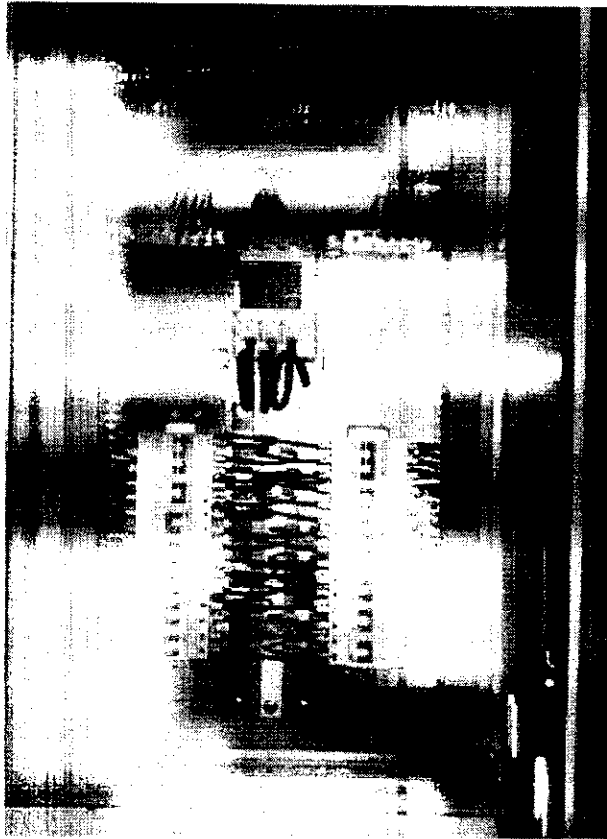


Fig. 6 – Vista interna de um painel de distribuição (SLDB)

**PDB:** O PDB é um painel elétrico semelhante ao CCM. Ele vem montado em colunas onde cada coluna possui um determinado número de gavetas que irão suprir a alimentação de um certo tipo de carga. A principal diferença entre esses dois painéis é que no PDB há uma coluna reservada para a alimentação dos circuitos de iluminação, na qual há um transformador de 75 kVA, 380V/220V.

Como cargas o PDB possui o inversor, tomadas de solda, painéis elétricos instalados no campo e os painéis de iluminação (SLDB's).

Os esquemas elétricos encontrados no Data Sheet do painel são utilizados para a interligação de todos os cabos de força. Estes cabos são decapados e terminais de compressão de diâmetro igual ao do cabo são instalados nas extremidades, para em seguida serem conectados nos barramentos de alimentação painel e de cada gaveta. Quanto aos cabos de alimentação dos painéis de iluminação eles são decapados e os condutores de fase são conectados no respectivo disjuntor dentro do PDB, enquanto os condutores de proteção são conectados no barramento de proteção painel.

**Inversor:** Para a interligação de todos os cabos elétricos no inversor (força, comando e circuitos auxiliares) é utilizado o manual elétrico desse painel. O manual mostra as régua de bornes onde cada cabo deverá ser conectado.

Os cabos são decapados e nas suas extremidades são colocados terminais tipo pino. Em seguida os cabos são fixados nos terminais da respectiva régua de bornes.

### **3.7 - Elaboração de Diagrama de malha**

O diagrama de malha é um documento de projeto onde é exibido o caminho percorrido pelo equipamento elétrico (painel, motor) ou instrumento de campo (termopar, transmissor, pressostato, etc) até a sua chegada ao DCS na sala de painéis (denominada de MCC & INVERTER ROOM).

O diagrama de malha fornece os TAG's dos equipamentos, as formações dos cabos utilizadas no percurso (todos os cabos de comando/botoeira são de 5CX1.5mm) e as régua de bornes com a numeração dos terminais onde cada cabo deve ser interligado no DCS/CLP e também informa o "TAG" do sinal que é gerado no computador na sala de controle e que é específico daquele equipamento/instrumento.

Para a construção de um diagrama de malha é necessário ter em mãos o fluxograma de processo (que é uma planta que exhibe o TAG do sinal de controle gerado pelo CLP para cada equipamento/instrumento), do documento de carregamento de hardware que exhibe em qual régua de bornes e terminais o cabo com cada TAG será interligado no CLP, e do esquema elétrico de cada painel que fornece as régua de ligação de cada gaveta.

Este documento permite, portanto, toda a visualização da malha propiciando a realização do lançamento de cabos, como também ao eletricitista fazer a correta interligação dos cabos em cada painel.

A origem do diagrama de malha é no equipamento elétrico ou instrumento de campo e o seu final (destino) é no DCS na sala de painéis.

Considerando o exemplo de um motor, temos o seguinte diagrama de malha: A origem do diagrama é no cabo de comando que sai do motor/botoeira e que será conectado na respectiva gaveta reservada para este motor no CCM, da gaveta do CCM partem dois cabos para o DCS (um cabo de 4CX1.5mm de comando que permite ligar/desligar o motor via remoto, de TAG "HS", e um cabo de 2CX1.5mm de TAG "EL", que permite a indicação de motor ligado na sala de controle.

## **4 - Equipamentos elétricos**

A seguir são detalhados alguns equipamentos elétricos e instrumentos de campo encontrados na obra.

### **4.1 - Centro de Controle de Motores - CCM**

Os CCM's são painéis completos (montados) que acomodam equipamentos para proteção, seccionamento e manobra de cargas. Este painel tem uma função específica nos sistemas de distribuição de energia elétrica em unidades comerciais e industriais, sendo os painéis onde estão conectados os cabos provenientes das cargas.

Apesar de aproximadamente 85 % das cargas industriais serem motores (motivo do nome Centro de Controle de Motores.), o termo cargas é abrangente,

podendo significar qualquer equipamento que consuma energia elétrica, como estufas, resistores, etc.

A utilização dos CCM's é destinada a instalações industriais em que apresentam:

- grande número de cargas que devam ser comandados;
- deva ser assegurada máxima continuidade de operação;
- for necessário o acesso de pessoal não qualificado;
- for exigido alto nível de segurança para os operadores e pessoas de manutenção.

O CCM – Centro de controle de motores (fig. 8) – possui função de proteger motores, transformadores e banco de capacitores. Devido a sua ampla utilização é montado por uma centena de empresas, entretanto, algumas normas técnicas precisam ser levadas em consideração na configuração e teste desse equipamento. Mesmo em baixas tensões, o CCM pode provocar sérios acidentes a partir de curto-circuitos, elevação da temperatura e falta de coordenação.

Entre os problemas mais comuns encontrados em CCM's estão: curto-circuito devido a capacidade do barramento; elevação da temperatura devido ao envelhecimento precoce de componentes; falta de coordenação entre componentes o que pode provocar danos na instalação.

Basicamente a gaveta de um CCM é formada por um disjuntor, contactor e relé térmico. Cada gaveta faz o controle e proteção de um único motor. Esse é o básico que deve estar presente em um CCM. Entretanto, a partir daí, cada fabricante implanta um diferencial para destacar-se perante a concorrência.

### **CCM Compartimentado / Não compartimentado / Fixo / Extraível**

Dependendo do grau de separação interno encontrado em um CCM, o mesmo pode receber diferentes denominações comerciais.

O **CCM NÃO COMPARTIMENTADO** apresenta uma placa de montagem única, onde os conjuntos de proteção e manobra de cada carga individual estão montados todos juntos nesta mesma placa.

Um **CCM COMPARTIMENTADO** é aquele em que os equipamentos de proteção, e manobra de cada carga estão montados em compartimentos separados dentro do painel. Este CCM pode ser **FIXO** ou **EXTRAÍVEL**.

No **CCM EXTRAÍVEL** (fig. 7) dentro de cada compartimento é montada uma gaveta que pode ser removida do painel sem o auxílio de ferramenta. Os equipamentos para proteção e manobra da partida são montados dentro das gavetas, minimizando os tempos de parada, pois, pode-se substituir as gavetas rapidamente.

No **CCM FIXO** dentro de cada compartimento é montada uma placa de montagem fixa não removível onde são alocados os equipamentos para proteção e manobra da partida.



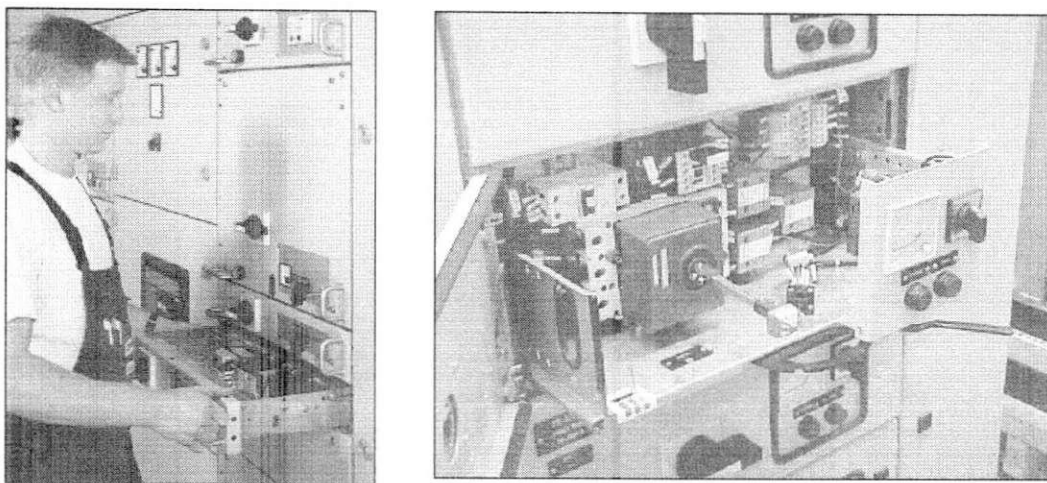


Fig. 7 - Compartimentos extraíveis

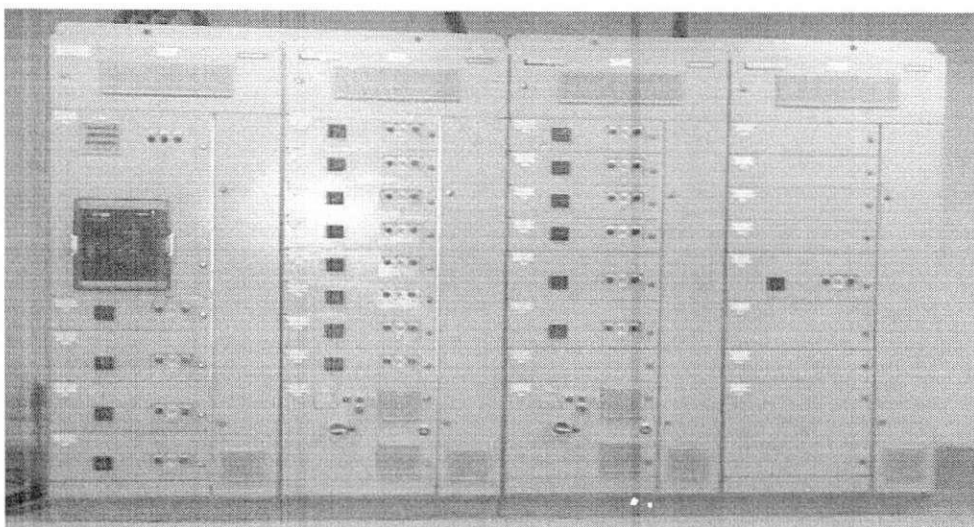


Fig. 8 – Vista externa de um CCM

No Brasil os testes para aprovação de CCM's (tanto em média como baixa tensão) são realizados pelo CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, localizado no Rio de Janeiro. O centro realiza ensaios tendo como base a norma NBR IEC 60439-1.

A norma determina dois tipos de ensaios: “os de tipo” onde são executados em colunas típicas; e “os de rotina” em que são feitos ensaios em novas colunas montadas.

Limite de aquecimento – o CCM é submetido ao máximo das condições normais de operação. Para que o ensaio seja o mais completo, os jogos principal e secundário de barras, além do circuito do CCM, são percorridos por uma corrente de ensaio. No ensaio, os aquecimentos levantados não ultrapassam os valores determinados pela norma. Os componentes internos devem conservar as características normais de operação.

Propriedades dielétricas – O equipamento é submetido a um valor de tensão definido pela norma. Este valor é uma função da tensão de isolamento. O CCM é aprovado nessa fase, caso não haja nenhuma descarga disruptiva.

Corrente suportável de curta duração – Este tipo de ensaio vai depender do: valor eficaz da corrente de curto-circuito; tempo prescrito (1s, com exceção de indicação contrária); valor de crista da corrente de curto-circuito. Este teste é para verificar as propriedades mecânicas e dielétricas do equipamento.

Eficiência do circuito de proteção – Este teste checa a conexão entre as partes condutivas expostas e o circuito de proteção. O teste também confere a capacidade que o circuito de proteção suporta ao curto-circuito. No final é verificado se as propriedades mecânicas do equipamento atendem à norma.

Distâncias do isolamento e escoamento – Caso haja uma deformação do painel ou barreira, este ensaio serve para confirmar se as distâncias entre algumas partes atingem a condição de isolamento. É checado ainda todas as posições das partes extraíveis.

Operação mecânica – Neste ensaio, peças específicas do CCM como travamento de gavetas e extração são submetidas a 50 ciclos de operação. O equipamento é aprovado nesse ensaio caso não haja dano no funcionamento dos mecanismos testados. Técnicos também observam se o esforço empregado no início dos testes for o mesmo no final do processo.

Grau de proteção – Esse tipo de teste leva em consideração as recomendações das normas NBR 6808 e IEC 60529. Este tipo de ensaio é realizado de acordo com o tipo de cada equipamento.

## **Tecnologia**

Modularidade é uma das principais características que fabricantes de CCM's procuram colocar em seus equipamentos. Isto porque as indústrias vivem em constantes processos de expansão e não podem trocar de painéis sempre que um novo motor entrar numa linha de produção.

Alguns modelos de fábrica oferecem como diferencial o uso de contactor extraível a vácuo com fusíveis. Em casos específicos, os contactores são equipados com dois fusíveis em paralelo em cada uma das fases. Esses componentes são colocados diretamente no painel e a geração de tensão sobre as duas extremidades do quadro. O fusível de proteção reduz a energia de passagem de falha. Isto reduz a seção de cabos de conexão ao motor.

Para atender aos requisitos da norma NR 10, alguns CCM's possuem cobertura dos barramentos com placa isolante através de guilhotinas automáticas. Este diferencial isola totalmente a gaveta, quando a mesma está extraída. Manopla com alavancas tipo "solidárias" é outra tecnologia implantada nas gavetas. Isto permite manutenção mais segura e impede a extração ou inserção da gaveta com a posição "ligado".

Os CCM's também estão com sistema de comunicação cada vez mais integráveis com outros dispositivos de uma fábrica e com salas de controle. Para tanto, softwares dedicados a CCM's realizam uma supervisão em todo o painel em rotinas pré-programadas. Através dessas ferramentas é possível, inclusive, configurar e registrar dados.

Alguns softwares mais sofisticados chegam a ponto de integrar-se com os desenhos esquemáticos do painel, manuais de operação e listas de materiais para

reposição. Esta característica permite a realização de manutenção preditiva e reduzir o tempo de máquina parada. Através de redes de comunicação como Profibus e Devicenet, as informações geradas pelos softwares dedicados a CCM's chegam, por exemplo, até salas de controle. Outro item cada vez mais freqüente em CCM's (principalmente de média tensão) são os relés inteligentes para gerenciar os eventos do equipamento.

### **Painel-parte fixa**

Apesar de parecerem todas iguais, algumas chapas de metal usadas para a construção de CCM's apresentam diferenciais técnicos. Veja abaixo algumas características que podem variar entre as várias marcas de equipamento.

- peças intercambiáveis para variadas configurações;
- aço SAE 1008 (2,5 mm) para a estrutura, base e soleira;
- laterais, traseira e parte superior removíveis;
- tratamento anti-corrosão;
- pintura eletrostática a pó;
- pontos para aterramento.

### **Norma IEC 60439-1**

Sempre que uma nova coluna (média tensão) ou gaveta (baixa tensão) for adicionado num painel de controle de motores, a norma IEC 60439-1 pede que sejam realizados quatro ensaios de rotina:

- verificação da fiação, ensaios de operação elétrica;
- ensaio dielétrico;
- checagem das medidas de proteção e continuidade dielétrica dos circuitos de proteção;
- verificação da resistência de isolamento.

A norma IEC 60439-1 define tipos de separação interna entre as várias seções do painel de um CCM. A medida protege pessoas e instalações e é obtida através de barreiras e divisões. Conheça:

#### **Forma 1**

Nenhuma separação.

#### **Forma 2**

Separação entre o jogo de barras e unidades funcionais. Os terminais para condutores externos são separados dos jogos de barras.

#### **Forma 3**

Separação entre o jogo de barras e unidades funcionais e separação entre todas as unidades funcionais, com exceção dos terminais de saída. Separação também entre os terminais para condutores externos e o jogo de barras.

#### **Forma 4**

Mesmo esquema da forma 3, mas inclui ainda a separação entre os terminais para condutores externos que são parte integrante da unidade funcional. Terminais para condutores externos que não estão no mesmo compartimento que a unidade funcional associada, mas dentro de espaços protegidos ou em compartimentos individuais, separados e fechados.

#### **CCM Inteligente**

Atualmente, é cada vez mais freqüente a utilização de redes de comunicação industrial (Profibus, ASIInterface, DeviceNet, etc) para conectar diversos equipamentos aos sistemas de automação industrial. No caso de acionamentos de cargas, estes equipamentos podem ser inversores de freqüência, chaves estáticas de partida e parada suaves (soft-starter), réles eletrônicos, chaves de partida etc, tendo seus dados e parâmetros disponibilizados aos sistemas de controle através de redes de comunicação. Os CCM's que incorporam equipamentos com estas características recebem o nome de CCM's inteligentes. A grande vantagem é que através das redes de comunicação é possível ter acesso à total potencialidade de diagnóstico, parametrização e medições que os equipamentos com comunicação oferecem. Desta forma é possível receber antecipadamente um alarme de problemas potenciais, eliminar desligamentos desnecessários, isolar falhas de modo a reduzir o tempo de parada e distribuir ou equalizar as cargas enquanto o problema está sendo solucionado, além de poder reduzir os trabalhos de fiação, necessidades de espaço e tempo de instalação.

Nos CCM's EXTRAÍVEIS, os equipamentos com capacidade de comunicação em rede são instalados dentro das gavetas, possibilitando que o comando e sinalização das partidas sejam conectados ao sistema de controle através de tomadas de comando. Utilizada em conjunto com a fiação de comando, facilmente pode-se implementar estratégias de acionamento do tipo LOCAL / REMOTO.

Os CCM's são conjuntos essenciais para a produção, e com o avanço da tecnologia e a necessidade de monitoramento e controle da produção, a utilização de redes é uma solução que possibilita reduzir tempo de parada de horas para minutos, com melhores e mais completos diagnósticos que localizam com precisão os pontos problemáticos durante o processo de produção, de modo que se possa saber o que e onde interferir e corrigir.

#### **4.2 - Inversor**

O inversor de freqüência (fig. 9) é um equipamento criado para variar e regular a velocidade dos motores assíncronos (tipo gaiola) através da variação da freqüência e da tensão de alimentação do motor.

Basicamente, o inversor de frequência é composto por 4 partes principais:

- 1) Conversor – retifica a corrente alternada da rede para corrente contínua. Geralmente são utilizados pontes de diodos ou tiristores.
- 2) Circuito de filtro – filtra as ondulações na corrente contínua retificada pelo conversor. Geralmente são utilizados capacitores e reatores CC.
- 3) Inversor – converte a corrente contínua retificada em corrente alternada e frequência variável, através do chaveamento de seis elementos. Esta frequência define a velocidade do motor. Os elementos de chaveamento mais utilizados são:
  - Tiristor (para grandes potências)
  - GTO
  - MOSFET (para pequenas potências)
  - IGBT
- 4) Regulador – controla os elementos do circuito principal em função dos parâmetros definidos. Antigamente o regulador era do tipo analógico, mas recentemente o tipo micro processado tem sido mais utilizado.

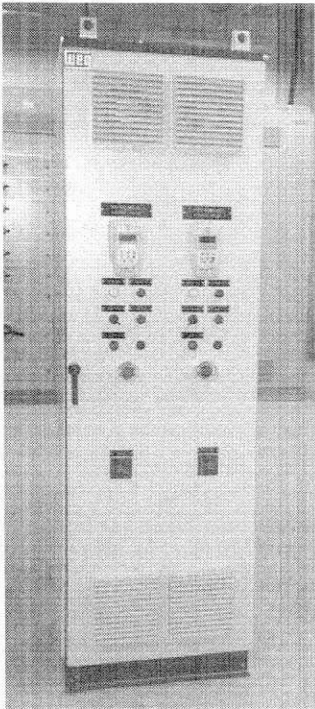


Fig. 9 - Painel do inversor

### **Vantagens do inversor de frequência**

Por poder variar a velocidade de motores de indução tipo gaiola, o inversor de frequência apresenta algumas vantagens, se comparado a dispositivos convencionais para variação de velocidade. Podemos destacar:

- O custo do motor de indução é menor que o de outros tipos de motores que podem variar a velocidade, como por exemplo, os motores de CC, motores tipo anel e motores de acoplamento por corrente de Foucault (correntes parasitas);
- O rendimento é mais alto que o de outros dispositivos/método de variação de velocidade, tais como controle de tensão primária controle da potência secundária;
- Devido ao seu aspecto construtivo simples, o motor de indução pode ser utilizado em locais onde se exige prova de explosão ou alto grau de proteção;
- Também devido ao aspecto construtivo, o motor de indução quase não necessita de manutenção, tornando o custo da aplicação do inversor de frequência mais baixo a médio e longo prazo;
- Existe a possibilidade de instalar o inversor de frequência em sistemas/motores existentes. Neste caso, os seguintes pontos devem ser observados:
  - Faixa de regulação da velocidade do motor;
  - Característica de carga do motor;
  - Folga de potência do motor.

### **4.3 – Controlador Lógico Programável**

O Controlador Lógico Programável, ou simplesmente CLP, tem revolucionado os comandos e controles industriais desde seu surgimento na década de 70.

Antes do surgimento dos CLP's as tarefas de comando e controle de máquinas e processos industriais eram feitas por relés eletromagnéticos, especialmente projetados para este fim.

#### **Definição segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)**

É um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.

#### **Definição segundo a Nema (National Electrical Manufacturers Association)**

Aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementações específicas, tais como lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

#### **Características**

Basicamente, um controlador programável apresenta as seguintes características:

⇒ Hardware e/ou dispositivo de controle de fácil e rápida programação ou reprogramação, com a mínima interrupção da produção.

- ⇒ Capacidade de operação em ambiente industrial .
- ⇒ Sinalizadores de estado e módulos tipo plug-in de fácil manutenção e substituição.
- ⇒ Hardware ocupando espaço reduzido e apresentando baixo consumo de energia.
- ⇒ Possibilidade de monitoração do estado e operação do processo ou sistema, através da comunicação com computadores.
- ⇒ Compatibilidade com diferentes tipos de sinais de entrada e saída.
- ⇒ Capacidade de alimentar, de forma contínua ou chaveada, cargas que consomem correntes de até 2A.
- ⇒ Hardware de controle que permite a expansão dos diversos tipos de módulos, de acordo com a necessidade.
- ⇒ Custo de compra e instalação competitivo em relação aos sistemas de controle convencionais.
- ⇒ Possibilidade de expansão da capacidade de memória.
- ⇒ Conexão com outros CLP's através de rede de comunicação.

## **Evolução**

Desde o seu aparecimento até hoje, muita coisa evoluiu nos controladores lógicos. Esta evolução está ligada diretamente ao desenvolvimento tecnológico da informática em suas características de software e de hardware.

O que no seu surgimento era executado com componentes discretos, hoje utiliza-se de microprocessadores e microcontroladores de última geração, usando técnicas de processamento paralelo, inteligência artificial, redes de comunicação, Fieldbus, etc.

Até recentemente não havia nenhuma padronização entre fabricantes, apesar da maioria utilizar as mesmas normas construtivas. Porém, pelo menos ao nível de software aplicativo, os controladores programáveis podem se tornar compatíveis com a adoção da norma IEC 1131-3, que prevê a padronização da linguagem de programação e sua portabilidade.

Outra novidade que está sendo incorporada pelos controladores programáveis é o Fieldbus (barramento de campo), que surge como uma proposta de padronização de sinais a nível de chão-de-fábrica. Este barramento se propõe a diminuir sensivelmente o número de condutores usados para interligar os sistemas de controle aos sensores e atuadores, além de propiciar a distribuição da inteligência por todo o processo.

Hoje os CLP's oferecem um considerável número de benefícios para aplicações industriais, que podem ressaltar em economia que excede o custo do CLP e devem ser considerados quando da seleção de um dispositivo de controle industrial. As vantagens de sua utilização, comparados a outros dispositivos de controle industrial incluem:

- ⇒ Menor Ocupação de espaço;
- ⇒ Potência elétrica requerida menor;
- ⇒ Reutilização;
- ⇒ Programável, se ocorrerem mudanças de requisitos de controle;
- ⇒ Confiabilidade maior;

- ⇒ Manutenção mais fácil;
- ⇒ Maior flexibilidade, satisfazendo um maior número de aplicações;
- ⇒ Permite a interface através de rede de comunicação com outros CLPs e microcomputadores;
- ⇒ Projeto do sistema mais rápido.

## **Aplicações**

O controlador programável existe para automatizar processos industriais, sejam de sequenciamento, intertravamento, controle de processos, batelada, etc.

Este equipamento tem seu uso tanto na área de automação da manufatura, de processos contínuos, elétrica, predial, entre outras. Praticamente não existem ramos de aplicações industriais onde não se possa aplicar os CLP's, entre elas tem-se:

- ⇒ Máquinas industriais (operatrizes, injetoras de plástico, têxteis, calçados);
- ⇒ Equipamentos industriais para processos (siderurgia, papel e celulose, petroquímica, química, alimentação, mineração, etc);
- ⇒ Equipamentos para controle de energia (demanda, fator de carga);
- ⇒ Controle de processos com realização de sinalização, intertravamento e controle PID;
- ⇒ Aquisição de dados de supervisão em: fábricas, prédios inteligentes, etc;
- ⇒ Bancadas de teste automático de componentes industriais;

## **Estrutura Básica**

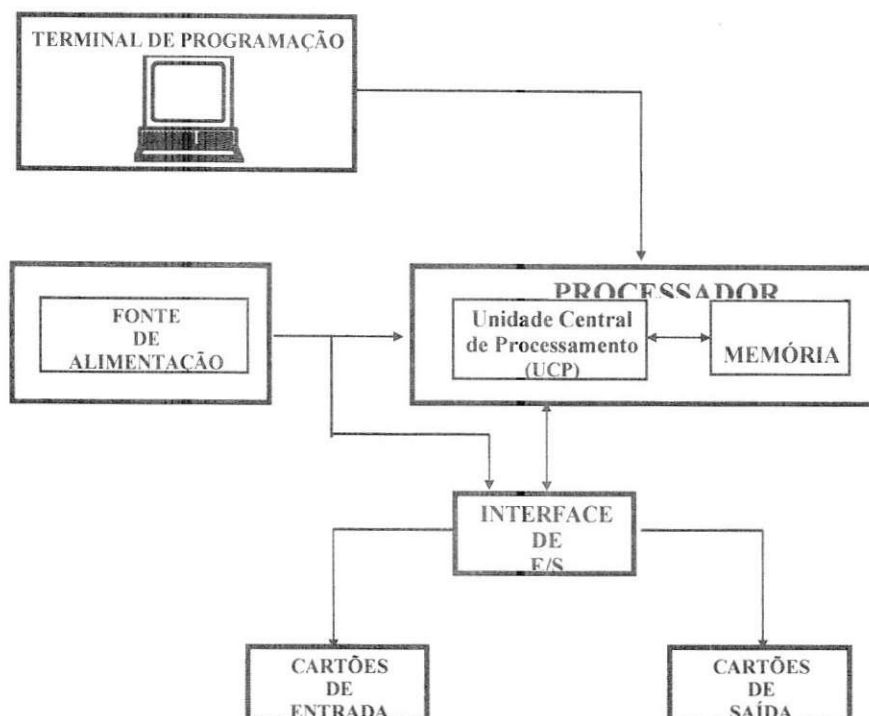
O controlador programável tem sua estrutura baseada no hardware de um computador, tendo, portanto, uma unidade central de processamento (UCP), interfaces de entrada e saída e memórias.

As principais diferenças em relação a um computador comum estão relacionadas a qualidade da fonte de alimentação, que possui características ótimas de filtragem e estabilização, interfaces de E/S imune a ruídos e um invólucro específico para aplicações industriais.

Temos também um terminal usado para programação do CLP.



O diagrama de blocos a seguir, ilustra a estrutura básica de um controlador programável:



Dentre as partes integrantes desta estrutura temos:

- ⇒ UCP
- ⇒ Memória
- ⇒ E/S (Entradas e Saídas)
- ⇒ Terminal de Programação

#### 4.4 - Painéis de Distribuição de Iluminação (SLDB's)

Os painéis elétricos de distribuição de iluminação, de fabricação Koblitz, denominados SLDB's (Sub-Lighting Distribution Board) encontram-se distribuídos nas diversas áreas da planta e são eles que alimentam os circuitos de iluminação.

Cada SLDB possui uma plaqueta de identificação com um "TAG" que o identifica, por exemplo, SLDB#10 1583-E08. As duas figuras abaixo mostram um painel de iluminação, onde é possível ver o disjuntor geral e os disjuntores de cada um dos circuitos terminais.

O cabo de alimentação destes painéis vêm de um painel elétrico (PDB – Power Distribution Board), localizado na sala denominada de MCC ROOM, e são constituídos de 4 condutores ( 3fases + neutro). Do SLDB partem os cabos dos circuitos terminais (o número de circuitos terminais é variável de painel para painel) que irão alimentar os circuitos de iluminação.

Dentro de cada SLDB existe 4 barramentos (dois barramentos de neutro identificados por uma fita de cor azul e dois barramentos de terra identificado por uma

fita na cor verde), um disjuntor geral (tripolar) e os disjuntores monopolares dos circuitos terminais (um disjuntor para cada circuito terminal). A alimentação do painel de iluminação é de 380V trifásico, 60 Hz. Na duas figuras abaixo, podemos visualizar um painel de distribuição de iluminação.

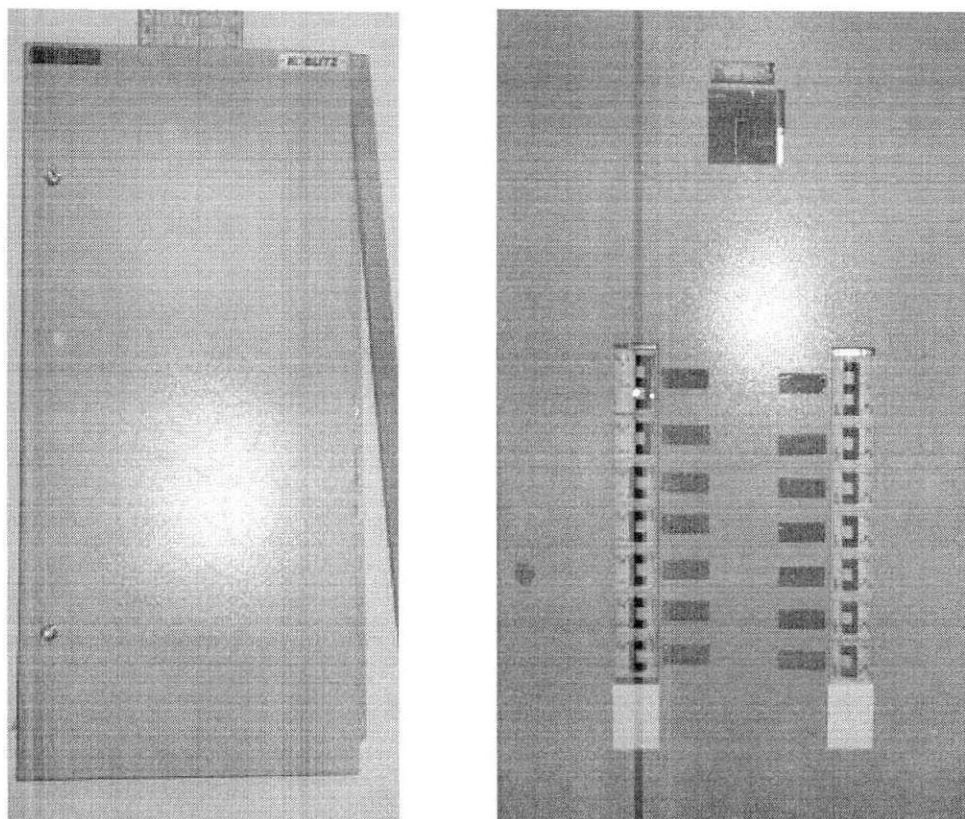


Fig. 10 – Painel de distribuição de iluminação - SLDB

#### **4.5 - Painel de Distribuição Secundária de Instrumento – SIDB (Secondary Instrument Distribution Board)**

O SIDB é um painel elétrico de distribuição semelhante ao SLDB, de pequenas dimensões (600 x 300 mm) e que possui um disjuntor geral e um disjuntor para cada um de seus circuitos terminais, há ainda dois barramentos de neutro e dois barramentos de terra onde será conectado o condutor de aterramento do painel. Este painel é fixado na parede através de chumbadores e parafusos sextavados de 3/8”.

A diferença básica entre o SIDB e o SLDB é que a alimentação do SIDB é em 110V, proveniente de um outro painel (MIDB que encontra-se no MCC ROOM do CP Building) que por sua vez é alimentado por um banco de baterias. Portanto, os

circuitos alimentados pelo SIDB têm uma alimentação mais segura e menos flutuante e, em caso de falta de energia continuarão sendo alimentados por mais algumas horas.

O SIDB localizado na sala do MCC ROOM do SSP Building alimenta as seguintes cargas:

- Spider Panel
- Analyzer Panel
- Circuito de comando do inversor
- Circuito desumidificador e de iluminação do inversor
- Circuito de supervisão de temperatura do transformador seco de 4.16 kV, TAG 1551-E13

#### **4.6 - Motor de Indução trifásico**

A máquina de indução é uma máquina de dupla excitação, na qual uma tensão alternada CA é aplicada a ambos os enrolamentos, ao do estator (armadura) e ao do rotor. A tensão aplicada ao enrolamento da armadura é uma tensão de excitação suprida por um barramento polifásico. A tensão aplicada ao rotor é uma tensão induzida de frequência e potencial variáveis, produzida como consequência da velocidade do rotor com relação à velocidade síncrona do campo magnético.

#### **Construção**

O motor de indução de gaiola é o mais simples no aspecto construtivo. Não tem comutador, nem anéis coletores, nem quaisquer contatos móveis entre o rotor e o estator. Por esta razão, é correntemente o motor de CA polifásico mais largamente utilizado.

O núcleo do rotor de um motor de indução é um cilindro de aço laminado, no qual condutores de cobre ou de alumínio fundido, são fundidos ou enrolados paralelamente ao eixo em ranhuras ou orifícios existentes no núcleo. No rotor tipo gaiola os condutores do rotor estão curto-circuitados em cada terminal por anéis terminais contínuos; daí o nome “gaiola”. Na figura 11 são mostrados motores de indução em uma linha industrial.

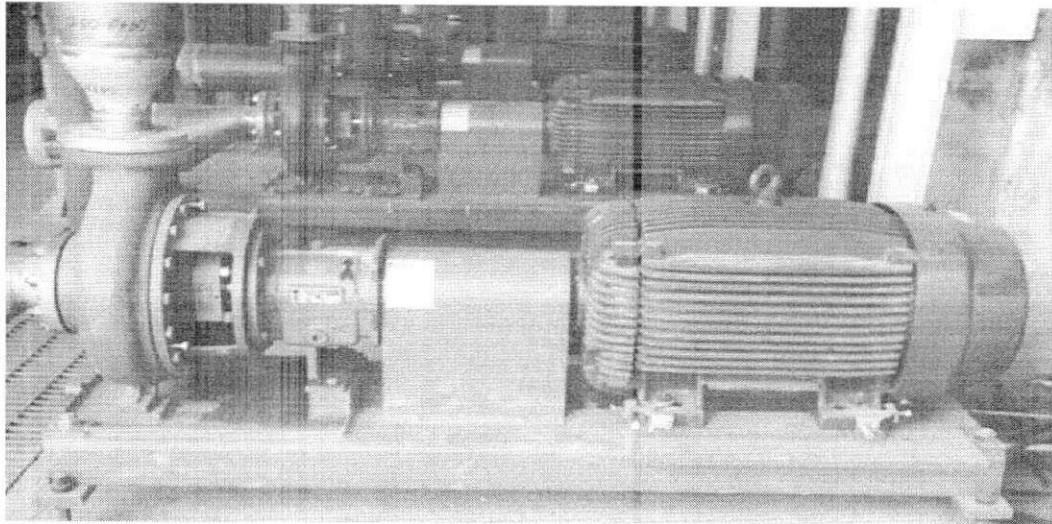


Fig. 11 – Motor de indução trifásico

### Princípio de Funcionamento

Quando se aplica corrente alternada no enrolamento do estator, um campo magnético girante e constante é produzido no mesmo. A velocidade de campo magnético girante varia diretamente com a frequência e inversamente com o número de pólos, e é chamada de velocidade síncrona:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

Onde:

$N_s$  = Velocidade síncrona do campo magnético girante ( rpm)

$f$  = Frequência de linha (aplicada ao estator) (Hz)

$p$  = Número de pólos do motor

Conforme o campo magnético produzido pelo enrolamento da armadura gira, o rotor girará com ele, devido às correntes induzidas que aparecem devido ao movimento relativo dos condutores do rotor em relação ao campo magnético girante. Para que haja este movimento relativo, e conseqüentemente se produza torque, deve haver uma diferença de velocidades entre (1) a velocidade síncrona do campo magnético girante e (2) a velocidade do rotor. Esta diferença de velocidade entre (1) e (2) é chamada de velocidade de escorregamento ( $s$ ), que é dada por:

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

então:

$$N_r = N_s - N_s \cdot s = N_s(1 - s) \Rightarrow N_r = \frac{120 \cdot f}{p} (1 - s)$$

onde:

$N_r$  = velocidade do rotor (rpm)

$s$  = escorregamento, geralmente o valor de “ $s$ ” varia entre 0,02 e 0,04.

Conforme descrito acima, podemos deduzir que a velocidade do motor depende basicamente da frequência aplicada ao enrolamento do estator, porém há um outro fator importante a ser considerado. A corrente que circula pelo estator consiste de:

- Corrente de carga ( $I_c$ ) que depende do torque produzido pelo motor;
- Corrente de magnetização ( $I_m$ ), responsável pela produção do campo magnético girante, e que depende da tensão ( $V$ ) e da frequência ( $f$ ) aplicadas ao enrolamento do estator.

A corrente de magnetização deverá sempre ser constante. Portanto a tensão aplicada ao enrolamento do estator deverá ser controlada proporcionalmente à frequência.

#### 4.7 - Transformador Seco

Os transformadores a seco são de emprego bastante específico por tratar-se de um equipamento de custo muito elevado, comparativamente aos transformadores em líquido isolante.

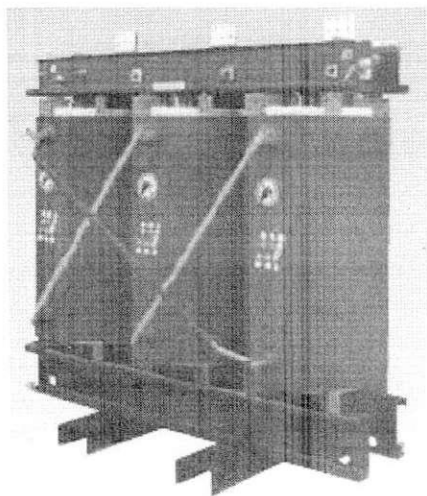


Fig. 12 – Transformador seco

Estes transformadores (Fig. 12) são empregados especificamente em instalações onde o risco de incêndio são iminentes, tais como refinarias de petróleo, indústrias petroquímicas, grandes centros comerciais, em que a norma da concessionária

local proíbe o uso de transformadores a óleo mineral, além de outras instalações que requeiram um nível de segurança elevada contra explosões de inflamáveis.

Os transformadores a seco são constituídos, semelhantemente aos transformadores a líquido isolante, de um núcleo de ferro-silício laminado a frio e isolado com material inorgânico, e de enrolamentos primário e secundário.

Os enrolamentos primários, geralmente, são constituídos de fita de alumínio, formando as bobinas, que são colocadas no interior de um molde de ferro e, em seguida, encapsulados em epóxi em ambiente de vácuo e sob temperatura elevada por um tempo determinado, durante o qual são resfriados sob temperatura controlada.

Os enrolamentos secundários, em geral, são constituídos de folhas de alumínio, com altura da chapa igual à altura da bobina. A isolação da chapa é feita com produto inorgânico à base de resina. O conjunto sofre um tratamento térmico específico de sorte a se obter a polimerização da isolação, que resulta na união das diversas camadas, formando um bloco sólido e mecanicamente robusto. No caso de bobinas primárias, a utilização de fitas de alumínio, resulta na construção de enrolamentos mecanicamente resistentes e isentos de absorção de umidade. Com os enrolamentos secundários em chapa de alumínio, obtém-se uma elevada resistência mecânica necessária às altas solicitações devido às correntes de curto-circuito.

Quando da montagem completa do transformador, é necessário deixar grandes canais de ventilação entre o núcleo de ferro propriamente dito e os enrolamentos secundários, e entre estes e os enrolamentos primários, com dimensões adequadas ao nível de isolamento do transformador e a condução de ar para refrigeração.

Os transformadores a seco podem ser fabricados com invólucro metálico, quando destinados à instalação externa, enquanto que, quando usados em instalações abrigadas, são fornecidos sem o respectivo invólucro. Os transformadores com invólucro são substancialmente mais caros, o que inibe ainda mais o seu uso, sendo empregados mais especificamente em instalações de elevado risco de incêndio. O encapsulamento das bobinas dos transformadores a seco pode ser feito por meio de dois processos industriais.

- Encapsulamento reforçado
- Encapsulamento sob vácuo

A isolação dos enrolamentos não garante uma proteção adequada contra contatos indiretos. É necessário que o transformador seja protegido através de barreiras que podem consistir em cercas metálicas, invólucros metálicos em chapa ou em tela.

Em geral, é de classe B o material isolante utilizado nos enrolamentos primários do transformador. Já no enrolamento secundário, utiliza-se normalmente material de classe F.

Classe	Limite de temperatura
A	105° C
E	120° C
B	130° C
F	155° C
H	180° C

Tabela 2 - Classes de isolamento para os enrolamentos

Os transformadores a seco exigem que se determine o pára-raios, de acordo com seus níveis de impulso, normalmente inferiores aos dos transformadores em óleo mineral.

A elevação de temperatura, em geral, admitida nos enrolamentos primários é de 80°C, em média. Nos enrolamentos secundários, a elevação de temperatura admitida é, em média de 100°C, considerando que a temperatura ambiente máxima permitida seja de 40°C e a temperatura média de 30°C.

Da mesma forma que os transformadores em líquido isolante os transformadores a seco têm uma vida útil calculada, em função da percentagem de sobrecarga em que operam durante um determinado período. Se o transformador, em carga nominal, funciona em ambientes com temperatura inferiores às mencionadas anteriormente, a sua vida útil pode aumentar, ou então pode-se utilizar uma potência superior aquela indicada como nominal de placa. Caso contrário, quando o transformador opera em regime de carga nominal em ambientes com temperaturas superiores às referidas, a sua vida útil se reduz. Para que isto não aconteça, é necessário diminuir o carregamento máximo do transformador.

Os transformadores a seco podem sofrer períodos de sobrecarga, sem afetar a sua vida útil, desde que a sua temperatura de operação não supere os valores máximos admitidos para a classe de isolamento considerada. Muitas vezes, em algumas plantas industriais, por força do regime de utilização das máquinas, é necessário sobrecarregar os transformadores por um período curto. Se nesse período pressupõe-se que os limites de temperatura sejam superados, pode-se utilizar ventiladores manobrados em diferentes estágios do regime, sem que isto implique a redução de sua vida útil, desde que as temperaturas máximas obtidas para a classe de operação sejam respeitadas.

Para poder controlar a temperatura dos enrolamentos dos transformadores a seco, alguns fabricantes inserem nas bobinas sensores térmicos capazes de detectar o limite máximo de temperatura permissível e de acionar um disparador eletrônico que, por sua vez, atua sob a bobina de uma chave magnética responsável pela manobra do referido transformador. Esta chave poderá ser instalada tanto no lado primário como no secundário. Estes sensores térmicos podem ser do tipo lâmina bimetálica ou sensores a resistência variável chamados termistores.

### **Supervisão de Temperatura**

Tanto termistores PTC ou detetores de temperatura por resistência PT 100 podem ser usados para supervisionar a temperatura dos transformadores GEAFOL. É monitorada a temperatura nas bobinas de baixa tensão e no caso de transformadores conversores, adicionalmente no núcleo. A opção mais simples e usual é o sistema de termistor e relé sem indicação de temperatura. Os transformadores GEAFOL são equipados no mínimo com um circuito de termistores PTC na função de desligamento.

### **Funcionamento**

O monitoramento da temperatura é feito por meio de termistores PTC. Num transformador trifásico, é colocado um termistor em cada bobina de baixa tensão por fase na função de desligamento e conectados em série a um relé de acionamento.

Os termistores PTC atuam como resistências variáveis: quando a temperatura de acionamento é alcançada, há um rápido aumento da resistência diminuindo a corrente permanente e o relé aciona. Assim que a temperatura do termistor abaixar em aproximadamente  $3^{\circ}\text{C}$  o relé volta ao estado normal de operação. Este sistema de supervisão é seguro contra falhas, pois, funciona em circuito fechado com uma corrente permanente, que em caso de interrupção ou rompimento do condutor no circuito aciona o relé.

Quando dois sistemas são utilizados na supervisão da temperatura, um deles atua na função de alarme e o outro na função de desligamento. As temperaturas de acionamentos destes dois sistemas diferem em  $20^{\circ}\text{C}$ .

Um terceiro sistema pode ser instalado para acionar, por exemplo, a ventilação forçada.

Podem ser fornecidas alternativas de circuitos de proteção e comando da ventilação forçada. A temperatura ambiente máxima para o relé de proteção operar corretamente é de até  $55^{\circ}\text{C}$ . Recomenda-se por isto sua instalação nos quadros de média ou baixa tensão.

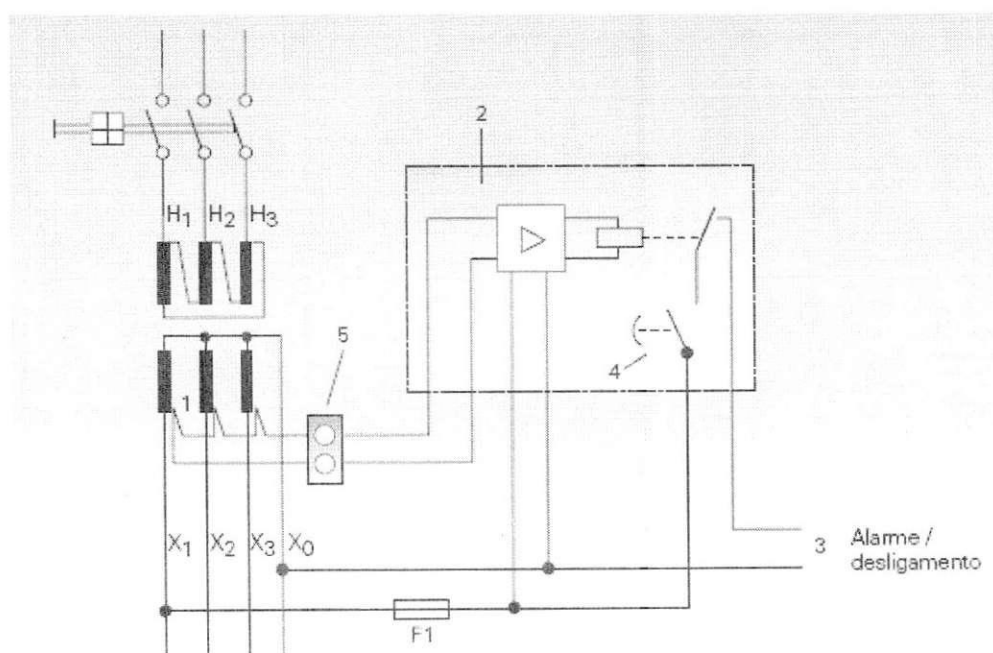


Fig.13 – Alimentação do circuito de supervisão de temperatura a partir do secundário do transformador a proteger

1. Termistores
2. Relé
3. Alarme ou desligamento
4. Temporizador
5. Bornes no transformador



## 4.8 - Disjuntor

O disjuntor é um equipamento destinado a interromper e restabelecer as correntes elétricas num determinado ponto de um circuito.

A função principal de um disjuntor é interromper as correntes de defeito de um determinado circuito no menor espaço de tempo possível. Os disjuntores são também solicitados a interromper correntes de circuitos operando a plena carga e a vazio, e a energizar os mesmos circuitos em condições de operação normal ou em falta. Na figura 14 abaixo é mostrado um disjuntor a vácuo.



Fig.14 – Disjuntor a vácuo

### Características Fundamentais de um disjuntor

#### Tensão Nominal ( $U_n$ )

É a tensão para a qual o disjuntor foi projetado para operar em condições normais (sem perturbações).

São também estipulados outros valores de tensão correspondentes a condições transitórias.

#### Corrente Nominal ( $I_n$ )

É a máxima corrente que o disjuntor (com um relé disparador de sobrecorrente) pode conduzir indefinidamente, a uma temperatura ambiente

especificada pelo fabricante, sem superar os valores limites de temperatura das partes condutoras.

Esse mesmo disjuntor pode ser usado em temperaturas ambientais mais altas se forem utilizados fatores de correção (reclassificado). "Reclassificar" o disjuntor implica em reduzir a corrente de ajuste do relé de sobrecorrente e remarcar o disjuntor.

### Corrente de disparo ajustada do relé de sobrecarga ( $I_{rth}$ ou $I_r$ )

Ao contrário dos disjuntores pequenos que são facilmente substituídos, os disjuntores industriais são equipados com relés removíveis com disparo por sobrecorrente.

De modo a adaptar um disjuntor aos requisitos do circuito controlado por ele e para evitar a necessidade de instalar cabos superdimensionados os relés de disparo são geralmente ajustáveis.

A corrente ajustada de disparo  $I_r$  ou  $I_{rth}$  (ambas designações são de uso comum) é a corrente acima da qual o disjuntor irá disparar. Ela representa também a maior corrente que o disjuntor pode conduzir sem disparar. Este valor precisa ser maior que a máxima corrente de carga  $I_B$ , mas menor que a máxima corrente permitida no circuito.

Os relés de disparo térmico são geralmente ajustáveis de 0,7 a 1,0 vez  $I_n$ , mas quando são usados dispositivos eletrônicos para esse serviço a faixa de ajuste é maior, tipicamente 0,4 a 1,0 vez  $I_n$ .

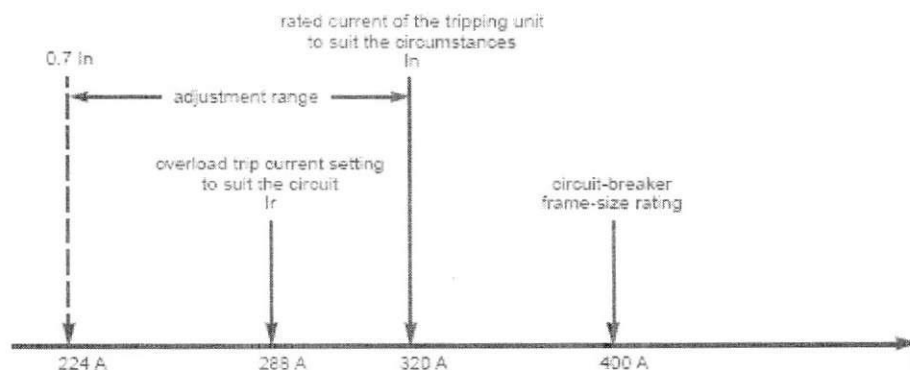


Fig. 15 - Corrente de disparo ajustada do relé de curto-circuito ( $I_m$ )

Os relés de disparo por curto-circuito (instantâneos ou levemente retardados) são destinados a disparar rapidamente o disjuntor quando ocorrerem valores elevados de correntes de falta.

O limiar de disparo  $I_m$  é:

- fixado pelas normas com o a IEC 898 para disjuntores tipo doméstico
- indicado pelo fabricante para disjuntores do tipo industrial de acordo com as normas correspondentes, principalmente a IEC 947-2.

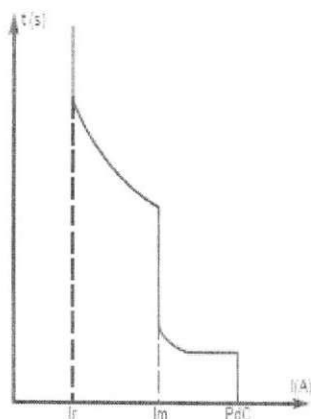


Fig. 16: curva típica de um disjuntor Termomagnético

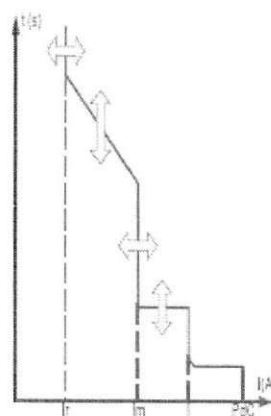


Fig. 17: curva de comportamento de um disjuntor com esquema de proteção Eletrônica

Onde:  $I_r$  = Corrente ajustável de disparo por sobrecarga (térmica ou retardo curto)  
 $I_m$  = Ajuste da corrente de disparo por curto-circuito (magnético ou retardo longo)  
 $I$  = Corrente ajustável de curto-circuito instantâneo  
 $P_{dc}$  = Capacidade de interrupção

### Característica de Seccionamento (Isolamento)

Um disjuntor é adequado para isolar ou seccionar um circuito se ele preencher as condições prescritas para um seccionador (na sua tensão nominal) na norma correspondente. Ele deve suportar na posição aberta, as tensões e sobretensões de baixa ou de alta frequência que possam surgir.

### Capacidade nominal de interrupção de curto-circuito ( $I_{cu}$ ou $I_{cn}$ )

É o maior valor eficaz da corrente simétrica que o disjuntor é capaz de interromper sem ser danificado.

A verificação é feita em um ciclo 0 - 3min - CO

Se o ciclo de religamento for 0 - 3min - CO - 3min - CO a capacidade de interrupção será designada por  $I_{cs}$  (corrente de interrupção em serviço) e poderá ser de 25%, 50%, 75% ou 100% de  $I_{cu}$ .

Após os ensaios de interrupção os disjuntores são submetidos a outros ensaios para assegurar se não foram prejudicadas:

- a suportabilidade dielétrica
- o comportamento como seccionador (função seccionador ou de isolamento)
- a operação correta em proteção contra sobrecarga

### Tensão de isolamento nominal ( $U_i$ )

É o valor da tensão ao qual são referidas a tensão de ensaios dielétricos (geralmente maior que  $2 \times U_i$ ) e a distância de escoamento.

O valor máximo da tensão nominal não pode nunca exceder a tensão nominal de isolamento, isto é,  $U_e < U_i$ .

### Tensão nominal admissível de impulso ( $U_{imp}$ )

Esta característica expressa em valores de crista (kV – dada sua forma e polaridade) o valor de tensão que o equipamento é capaz de suportar sem falha, sob condições de teste (ensaio).

São aplicados normalmente 15 impulsos de ambas polaridades e permitidas no máximo duas descargas disruptivas externas para a massa do disjuntor.

Outras normas pedem 5 aplicações e outras ainda 3 aplicações e se houver (em ambos os casos 1 falha da isolação externa para terra) deverão ser aplicados outros 5 (3) impulsos durante os quais não pode haver mais nenhuma descarga em nenhuma parte do disjuntor.

Na posição aberta não pode haver descarga entre os contatos, mas só para a terra (massa) no lado em que for aplicado o impulso. Este último ensaio assegura a coordenação entre as distâncias para terra (massa) e entre contatos entrada/saída na posição aberta.

### Categorias A e B e corrente suportável nominal de curta duração ( $I_{cw}$ )

A IEC 947-2 considera duas categorias de disjuntor:

- Categoria A, para a qual os disjuntores não podem ter seu disparo retardado e são geralmente do tipo caixa moldada.
- Categoria B, para a qual, de modo a se poder discriminar de outros disjuntores e, com base no tempo, é possível atrasar o disparo do disjuntor onde o nível de corrente de falta é menor que a corrente de curta duração ( $I_{cw}$ ).

Isto geralmente se aplica a disjuntores grandes do tipo aberto e a certos tipos de disjuntores de caixa moldada.  $I_{cw}$  é a máxima corrente que o disjuntor categoria B pode suportar térmica e eletrodinamicamente, sem dano permanente, por um período de tempo dado pelo fabricante, geralmente 1s (outros valores usados são: 3s, 4s, 5s).

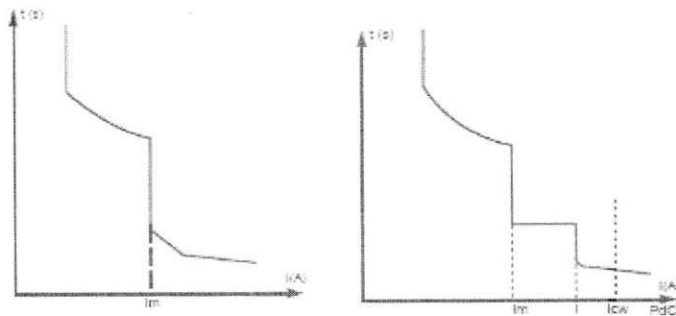


Fig. 18: Disjuntores categoria A e B (respectivamente)

### Capacidade de estabelecimento nominal ( $I_{cm}$ )

$I_{cm}$  é o maior valor instantâneo de corrente que o disjuntor pode estabelecer na tensão nominal e em condições especificadas. Nos sistemas CA este valor instantâneo de crista está relacionado com  $I_{cu}$  por um fator (k) que depende do fator de potência ( $\cos\phi$ ) da malha (loop) da corrente de curto-circuito.

$I_{cu}$	$\cos\phi$	$I_{cm} = kI_{cu}$
$6\text{ kA} < I_{cu} < 10\text{ kA}$	0.5	$1.7 \times I_{cu}$
$10\text{ kA} < I_{cu} < 20\text{ kA}$	0.3	$2 \times I_{cu}$
$20\text{ kA} < I_{cu} < 50\text{ kA}$	0.25	$2.1 \times I_{cu}$
$50\text{ kA} < I_{cu}$	0.2	$2.2 \times I_{cu}$

## 5 - Instrumentos de Campo

### 5.1 – Pressostato

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

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

Como elemento sensor o mais utilizado nas diversas aplicações é o diafragma.

Como mecanismo de ajuste de set-point utiliza-se na maioria das aplicações uma mola com faixa de ajuste selecionada conforme pressão de trabalho e ajuste, e em oposição à pressão aplicada.

O mecanismo de mudança de estado mais utilizado é o micro interruptor, podendo também ser utilizada uma ampola de vidro com mercúrio, fechando ou abrindo o contato, que pode ser do tipo normal aberto ou normal fechado.

#### Tipos de Pressostatos

##### a) Diferencial fixo ou ajustável

Quanto ao intervalo entre atuação e desarme os pressostatos podem ser fornecidos com diferencial fixo e diferencial ajustável.

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

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

##### b) Contato SPDT e DPDT

Quanto ao tipo de contato disponível no microinterruptor pode-se selecionar o do tipo SPDT, que é composto basicamente por um terminal comum, um contato normal aberto

(NA) e um contato normal fechado (NF), ou selecionar o tipo DPDT que é composto de duplo contato, ou seja, dois comuns, dois NA e dos NF sendo um reserva do outro.

### **Vida útil do pressostato**

A primeira consideração a ser feita na seleção de um pressostato é o seu tempo de vida útil, independente da pressão ou da sensibilidade desejada. Se o número de ciclos que o pressostato deve operar (vida útil), for de um milhão de vezes ou menos, o uso dos tipos diafragma ou bourdon é recomendável. Caso esse número seja ultrapassado, deve-se usar o tipo pistão. Uma exceção a essa regra pode ser feita quando a variação de pressão no sistema for muito pequena (20% ou menos da faixa ajustável). Sob tais condições, os tipos diafragma ou bourdon podem ser usados até 2,5 milhões de ciclos, antes que se dê a fadiga do elemento sensor.

Uma segunda consideração na escolha de um pressostato é a velocidade de ciclagem, independente de sua vida útil. Se houver a necessidade de uma ciclagem de mais de uma vez a cada três segundos, o tipo pistão deve ser especificado. O elemento sensor de qualquer pressostato dos tipos diafragma ou bourdon age como uma mola a qual irá se aquecer e sofrer fadiga, em operação de ciclagem extremamente rápidas, diminuindo a vida útil do pressostato.

### **Pressostato de Teste**

A escolha do tipo de pressostato a ser usado - diafragma, pistão ou bourdon - deve também ser regida pela pressão de teste a qual poderão ser submetidos (Pressão de teste é o maior impulso - pico - de pressão que pode ocorrer em um sistema). Deve ser lembrado que, embora o manômetro registre uma pressão de operação constante, pode haver impulsos através do sistema os quais o manômetro não possui sensibilidade para acusar. Os tipos diafragma e bourdon são extremamente sensíveis e podem ser afetados por esses impulsos.

Os pressostatos tipo diafragma são disponíveis numa faixa ajustável desde vácuo até 20 Bar, com pressões de teste até 70 Bar. O tipo bourdon pode operar até 1.240 Bar, com pressões de teste até 1.655 Bar. E os tipos pistão compreendem uma faixa ajustável que vai até 825 Bar, com pressões de teste até 1.380 Bar.

### **Função do Pressostato**

A função do pressostato é outro fator determinante na seleção. Três tipos de pressostatos, baseados em sua função, são descritos abaixo:

- a) Pressostato de 1 contato - atua sobre uma única variação de pressão, abrindo ou fechando um único circuito elétrico, por meio da ação reversível do micro-interruptor.
- b) Pressostato diferencial - atua sobre a variação entre 2 pressões numa mesma linha controladas pelo mesmo instrumento.
- c) Pressostato de 2 contatos - atua independentemente sobre dois limites de uma mesma fonte de pressão, abrindo ou fechando dois circuitos elétricos independentes por meio da ação reversível de dois interruptores.

### **Tipos de caixa disponíveis**

- a) Pressostato com caixa à prova de tempo IP65. Podem ser fornecidos também com um bloco de terminais interno para conexões elétricas, evitando a instalação de um bloco de terminais externo para a ligação dos cabos.
- b) À prova de explosão - construídos dentro de rígidos padrões de segurança, isolando os contatos e cabos de atmosferas explosivas.
- c) Tipo de pressostato sem caixa, exposto. Adequando às necessidades dos fabricantes de equipamento, onde é prevista proteção especial para o instrumento, pelo usuário.

### Seleção da faixa ajustável

O termo “faixa de trabalho” define a faixa de pressão na qual o pressostato irá operar em condições normais de trabalho, sendo esta normalmente chamada de faixa ajustável.

Para maior precisão, o ponto de atuação deve situar-se acima de 65% da faixa ajustável.

Para maior durabilidade, o ponto de atuação deve situar-se abaixo de 65% da mesma (ver gráfico a seguir). A melhor combinação de precisão e durabilidade situa-se nos 30% centrais da faixa ajustável. Essa regra geral aplica-se a ambos os modelos, diafragma e bourdon.

1. Para precisão e durabilidade selecionar zona A
2. Para durabilidade selecionar zona C

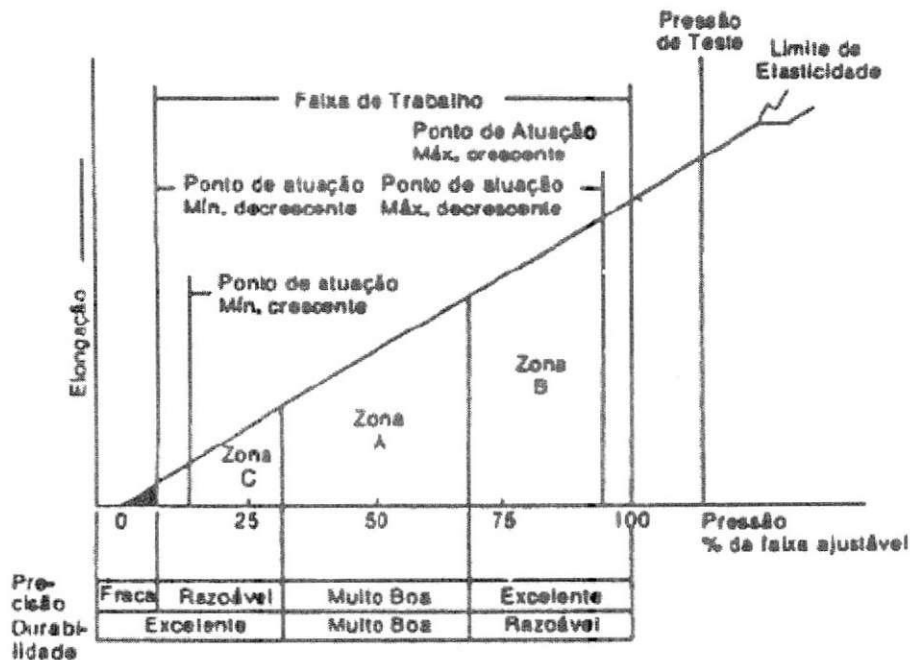


Fig. 19 – Seleção da faixa ajustável de um pressostato

### 5.2 - Transmissores de pressão

Os instrumentos de transmissão de sinal de pressão têm a função de enviar informações à distância, das condições atuais de processo dessa variável. Essas

informações são enviadas de uma forma padronizada, através de diversos tipos de sinais e utilizando sempre um elemento sensor (diafragma, cápsula, etc) associado a conversores cuja finalidade principal é transformar as variações de pressão detectadas pelos elementos sensores em sinais padrão de transmissão.

### **Transmissores pneumáticos**

Esses transmissores, pioneiros na instrumentação, possuem um elemento de transferência que converte o sinal detectado pelo elemento receptor de pressão em um sinal de transmissão pneumático. A faixa padrão de transmissão (pelo sistema internacional) é de 20 a 100 kPa, porém na prática são usados outros padrões equivalentes de transmissão tais como 3 ~ 15 psi, 0,2 a 1,0 kgf/cm<sup>2</sup> e 0,2 a 1,0 Bar.

A alimentação do instrumento denominada de suprimento de ar, é normalmente de 1,4 kgf/cm<sup>2</sup>. Em instrumentos industriais o ar de suprimento vindo da fonte (compressor) deve ser limpo e constante, contribuindo com isto para aumentar a vida do instrumento bem como proporcionar o seu bom funcionamento. Por isso, se faz necessário controlar o ambiente ao redor do compressor para obter satisfatoriamente o ar de suprimento. Os transmissores pneumáticos são fabricados a partir de dois métodos de conversão de sinal. São eles:

- a) Método de equilíbrio de força (fig. 20)
- b) Método de equilíbrio de movimento (fig. 21)

Em ambos os casos, um mecanismo constituído por uma lâmina metálica denominada de palheta e por um orifício específico de exaustão de ar denominado de bico, doravante chamado sistema bico-palheta, é utilizado como elemento de conversão e um dispositivo amplificador de sinais pneumáticos, denominado relé piloto é utilizado para prover a saída de um sinal linear variável de 0,2 a 1,0 kgf/cm<sup>2</sup>. Completa esse instrumento um fole de realimentação cuja função é garantir as condições de equilíbrio do instrumento. A diferença básica entre esses dois métodos está somente na forma com que o sinal detectado é convertido. No método de equilíbrio de força o bico se mantém fixo e somente a palheta se afasta ou se aproxima do mesmo para ganhar uma contrapressão proporcional à detectada, contrapressão essa que será amplificada pelo relé piloto.

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



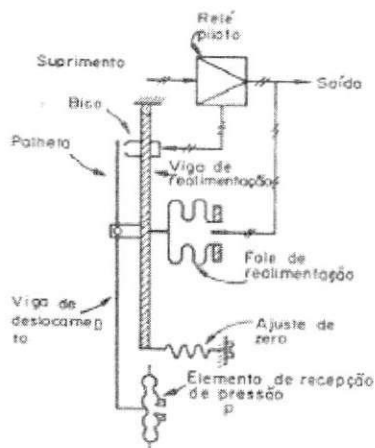


Fig. 20- Método de equilíbrio de Movimento ou Posição

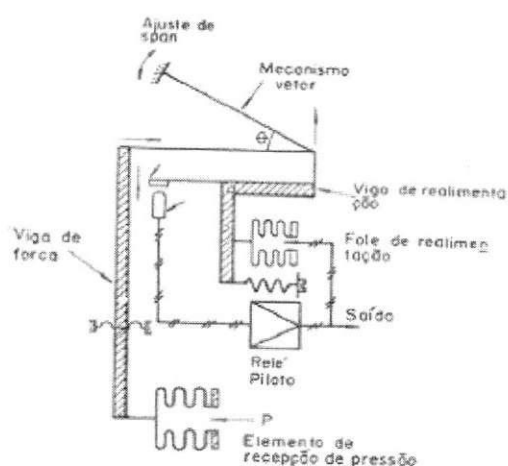


Fig. 21 – Método de equilíbrio de força

### Transmissores eletrônicos analógicos

Esses transmissores (fig. 25), sucessores dos pneumáticos, possuem elementos de detecção similares ao pneumático, porém, utilizam elementos de transferência que convertem o sinal de pressão detectado em sinal elétrico padronizado de 4 a 20 mA DC. Existem vários princípios físicos relacionados com as variações de pressão que podem ser utilizados como elemento de transferência. Os mais utilizados nos transmissores mais recentes são:

#### a) Fita Extensiométrica (Strain Gauge)

O Strain Gauge é um dispositivo que mede a deformação elástica sofrida pelos sólidos quando estes são submetidos ao esforço de tração ou compressão. São na realidade fitas metálicas fixadas adequadamente nas faces de um corpo a ser submetido ao esforço de tração ou compressão e que tem sua seção transversal e seu comprimento alterado devido a esse esforço imposto ao corpo. Essas fitas são interligadas em um circuito tipo ponte de WHEATSTONE, ajustada e balanceada para a condição inicial, e que ao ter os valores de resistência da fita mudada com a pressão, sofre desbalanceamento proporcional à variação desta pressão. São utilizadas na confecção destas fitas extensiométricas, metais que possuem baixo coeficiente de temperatura para que exista uma relação linear entre resistência e tensão numa faixa mais ampla. Vários são os metais utilizados na confecção da fita extensiométrica. Como referência, a tabela abaixo mostra alguns destes metais.

DENOMINAÇÃO	CONSTITUIÇÃO (LIGA)	FAIXA DE TEMPERATURA
Constantan	Cobre - Níquel	+ 10 ~ 204° C
Karma	Cobre - Níquel Aditivado	Até 427°C
479 Pt	Platina - Tungstênio	Até 649°C
Nichrome V	Níquel - Cromo	Até 649°C

Tabela 3 – Material para a fabricação de Strain gauge

O elemento de resistência que mede pressão é utilizado como um lado de uma ponte como mostra a figura 22 para indicar a variação de resistência.

Este tipo é utilizado como padrão para pressão maior que 3000 kgf/cm<sup>2</sup>. Por ter pouca histerese e não possuir atraso de indicação é apropriado para medições de pressão variável.

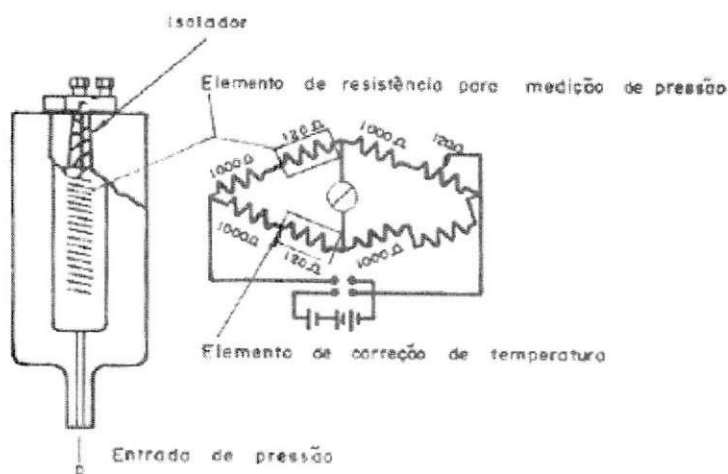


Fig. 22 – Resistência elétrica para medição de pressão

#### b) Sensor Piezoelétrico

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

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

Cristais de turmalina, cerâmica policristalina sintética, quartzo e quartzo cultivado podem ser utilizados na sua fabricação, porém o quartzo cultivado é o mais empregado por apresentar características ideais de elasticidade e linearidade.

A figura 23, a seguir, mostra o diagrama simplificado da construção do sensor piezoelétrico.

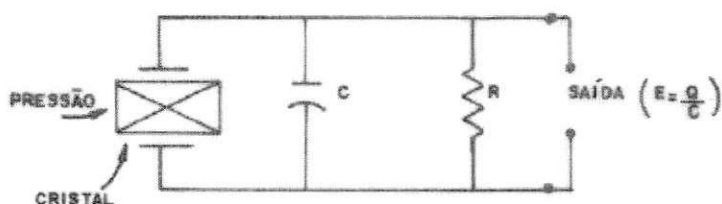


Fig. 23 - Construção Sensor Piezoelétrico

### c) Sensor Capacitivo (Célula Capacitiva)

É o sensor mais utilizado em transmissores de pressão (fig. 24). Nele um diafragma de medição se move entre dois diafragmas fixos. Entre os diafragmas fixos e o móvel, existe um líquido de enchimento que funciona como um dielétrico. Como um capacitor de placas paralelas é constituído por duas placas paralelas separadas por um meio dielétrico, ao sofrer o esforço de pressão o diafragma móvel (que vem a ser uma das placas do capacitor) tem sua distância em relação ao diafragma modificada. Isso provoca modificação na capacitância de um circuito de medição, e então, tem-se a medição de pressão.

Para que ocorra a medição, o circuito eletrônico é alimentado por um sinal AC através de um oscilador e então modula-se a frequência ou a amplitude do sinal em função da variação de pressão para se ter a saída em corrente ou digital. Como líquido de enchimento utiliza-se normalmente glicerina, ou fluor-oil.

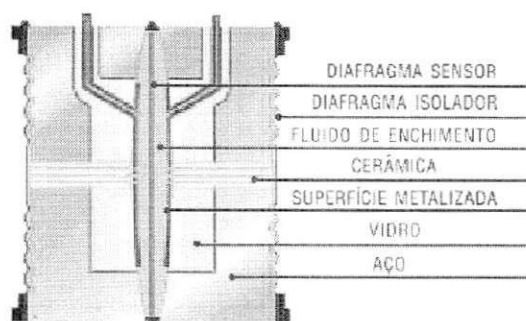


Fig. 24 - Transmissor de pressão tipo célula capacitiva

### Escolha do Tipo de Medidor

Quando se escolher os tipos de medidores de pressão, deve-se observar a faixa de pressão a ser medida, a característica química do fluido e o local de instalação do instrumento.

Devido a baixa precisão de medição, perto do ponto zero e proteção contra sobre pressão é apropriado escolher um medidor de pressão que trabalhe numa faixa de 25 a 70% da pressão máxima desejada.

Outros pontos que se devem observar são os seguintes:

- a) Na medição de óleo e líquidos inflamáveis, é apropriado utilizar solda na tubulação de ligação ao instrumento.
- b) O vapor com alta temperatura corroe o bronze fosforoso e o aço, por isso deve-se utilizar o medidor com selo d'água.
- c) O cloro reage com água e corroe aço e bronze, por isso usa-se um selo de diafragma para projetar o elemento de recepção de pressão.
- d) A amônia corroe o bronze e o bronze fosforoso, por isso utiliza-se o aço doce.
- e) No caso de outros líquidos corrosivos, usar medidor tipo diafragma.
- f) Se em medidor de oxigênio utilizar óleo, pode ocorrer problema de explosão.
- g) Se colocar em contato cobre ou combinado de cobre ao medidor de acetileno, acontecerá reação do cobre com acetileno com possibilidade de explosão.

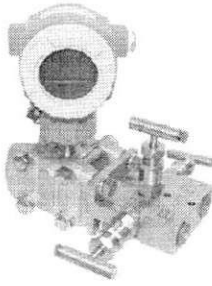


Fig.25 - Transmissor de pressão

### 5.3 - Chaves de Nível

As chaves de nível são dispositivos próprios 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 ou 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 ajuste a ela inteligíveis.

As chaves de nível são capazes de dar como saída somente um entre dois estados: energizado e desenergizado. Para cumprirem esta tarefa, as chaves são compostas basicamente de duas partes: um detetor de nível e um circuito de saída. O detetor se encarrega de informar ao circuito de saída a presença ou ausência do nível em determinada posição; e esse circuito, de mudar o estado de saída da chave em função desta informação.

#### Tipos de Chave de Nível

##### Tipo vibratória

###### a) Princípio de operação

“O princípio de operação da chave de nível do tipo lâmina vibratória baseia-se no amortecimento da vibração de uma haste singela ou de duas hastes em forma de diapásão”.

Este amortecimento mecânico se faz por absorção de energia de vibração pela viscosidade de um líquido ou pela resistência de sólidos granulares ou em pó que entram em contato com a(s) haste(s).

###### b) Construção Básica

Chave de nível de uma Lâmina - na chave de nível de uma lâmina ou haste de vibração singela, a vibração da mesma é obtida por excitações transversais nesta lâmina ou haste por um sistema de bobina ou eletroímã ativado por meio de um circuito oscilador eletrônico.

A amplitude de vibração da lâmina ou haste é detectada por uma bobina sensora cujo sinal de saída é alimentado a um circuito eletrônico, o que, por sua vez,

fornece um sinal de saída proporcional à amplitude de vibração. O amortecimento da vibração também reduz o sinal de saída, que, indo a um relé eletrônico devidamente calibrado, faz atuar um contato, modificando o estado do sinal de saída.

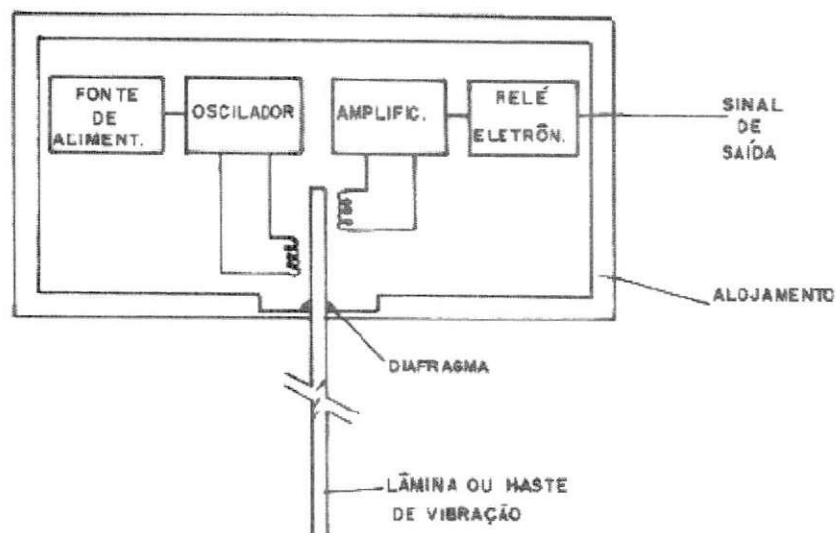


Fig. 28 - Chave de Nível de Lâmina Vibratória. Tipo de 1 Lâmina

### Chave de Nível por Admitância

Existem diversos tipos de dispositivos utilizados por detectar nível em um ponto. Entretanto, as chaves de nível com tecnologia admitância, por serem totalmente digitais e por possuírem circuito de proteção contra incrustação (cote-shield) são as que têm se mostrado mais eficiente em praticamente todos os tipos de aplicação. Exceto os que somente as chaves radioativas pode ser aplicadas.

#### a) Chave de nível capacitiva a dois terminais

Para melhor entendimento do funcionamento da chave de nível por admitância, começaremos abordando a teoria de operação das chaves de nível capacitivas.

Nas chaves de nível capacitivas seu circuito é tipicamente alimentado por uma tensão de 110/220 VCA e internamente existe um conversor CA/CC (transformador) que converte essa tensão em 24 VDC para alimentar as várias partes do circuito. O circuito oscilador gera uma onda senoidal, em rádio frequência de 100KHz, e está conectado a um circuito ponte. Esse circuito ponte contém um capacitor de ajuste de sintonia o qual balanceia a capacitância de saída do elemento sensor (sonda). Esse circuito ponte é conectado diretamente ao elemento sensor através de um cabo coaxial. A blindagem do cabo coaxial é conectada ao terra que está em um lado da medição. O final do cabo do elemento sensor tem sua blindagem conectada ao condutele que protege as terminações do elemento sensor. Como o condutele e o corpo do sensor estão afixados no tanque, o sistema é então aterrado via as conexões de aterramento do tanque.

Durante o procedimento de ajuste, a capacitância do sensor no tanque é balanceada pelo capacitor de ajuste de sintonia, e o circuito ponte permanece em equilíbrio.

No processo de ajuste, a capacitância do cabo mais a do sensor estão balanceadas, e a saída para a demodulação é de 0 volts. Quando o nível do tanque sobe uma grande capacitância ocorre. Isto causa uma mudança no sinal que está sendo enviado para o demodulador, onde ele é convertido em tensão contínua proporcional ao desbalanço.

Essa mudança no sinal é amplificada e utilizada para energizar o relé. Os contatos do relé são utilizados para ativar um alarme ou um comando apropriado.

Esse sistema seria perfeito se não apresentasse como grande desvantagem o aparecimento de incrustações que se formam progressivamente ao longo do sensor. Esse problema é ainda maior se o produto for condutivo.

#### b) Chave de nível a três terminais

Esse sistema incorpora ao sistema a dois terminais um circuito de proteção contra incrustação chamado "cote-shield" num terceiro terminal. Trata-se de um amplificador de ganho unitário, com sua saída sendo de tensão e de fase idêntica a entrada, mas com baixa impedância. A saída é conectada à blindagem do cabo coaxial e então para a malha de blindagem no sensor que é chamada de elemento "cote-shield".

O terra é conduzido ao longo do mesmo cabo, como um fio separado, e conectado ao chassis da eletrônica e ao tanque que se deve ser aterrado.

Observando o diagrama, ambos o condutor central e a blindagem do cabo coaxial estão submetidos à mesma tensão e fase o tempo todo. Como eles estão sempre no mesmo potencial, nenhuma corrente fluirá através da capacitância de isolamento do cabo. Assim não haverá mudança na resposta devido à temperatura efetiva do cabo. Isto possibilita aumentar ou diminuir o comprimento do cabo de conexão de eletrônica ao sensor sem mudanças na calibração original. Isso não ocorre no sistema capacitivo a dois terminais.

O condutor central do cabo coaxial é conectado a haste central do sensor e a blindagem do coaxial é conectado ao elemento intermediário do sensor, chamado elemento "cote-shield".

O fio terra do cabo é conectado ao condutele e, portanto, ao corpo do tanque. Dessa forma, como não há diferença de potencial entre a haste sensora e o elemento "cote-shield", não haverá nenhuma corrente fluindo através do circuito eletrônico devido à incrustação existente no sensor. A eletrônica medirá somente a corrente que flui pelo fio central do elemento sensor para o terra e isso somente ocorrerá quando o material tocar o elemento sensor. Haverá uma corrente fluindo do cote-shield para a parede do tanque porque a diferença de potencial existirá nesse momento. Entretanto, essa corrente não será medida e não irá provocar mudança de status na saída do instrumento. Quando o nível do tanque subir e tocar a haste central do sensor, irá provocar uma corrente que fluirá através do demulador e provocada mudança de status do relé, indicando assim presença do material.

#### 5.4 - Conversores eletro-pneumáticos (I/P)

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

Existem diversas situações para justificar sua aplicação, dentre elas as conversões de sinais de termopares para corrente ou tensão padrão de transmissão (4 a 20 mA e 1 a 5 VDC respectivamente), as conversões eletropneumáticas, e etc.

O conversor eletro-pneumático recebe um sinal de 4 a 20 mA DC que é aplicado a uma unidade magnética (bobina) criando um campo magnético proporcional a intensidade de corrente que a excitou. Esse campo proporciona deflexão em uma barra defletora que atua como anteparo em relação a um bico de passagem de ar para exaustão. A aproximação desta barra, conhecida como palheta, ao bico cria uma contra-pressão que é amplificada através de uma unidade denominada relé piloto para um sinal pneumático proporcional à entrada. A pressão de saída é realimentada através do fole para permitir o equilíbrio do sistema.

Estes instrumentos necessitam basicamente de ajuste de zero, obtido pela variação de carga de uma mola, e ajuste de largura de faixa (span) conseguido mudando a relação do momento de força. Como exemplo, temos o esquemático de um conversor na figura 27 a seguir.

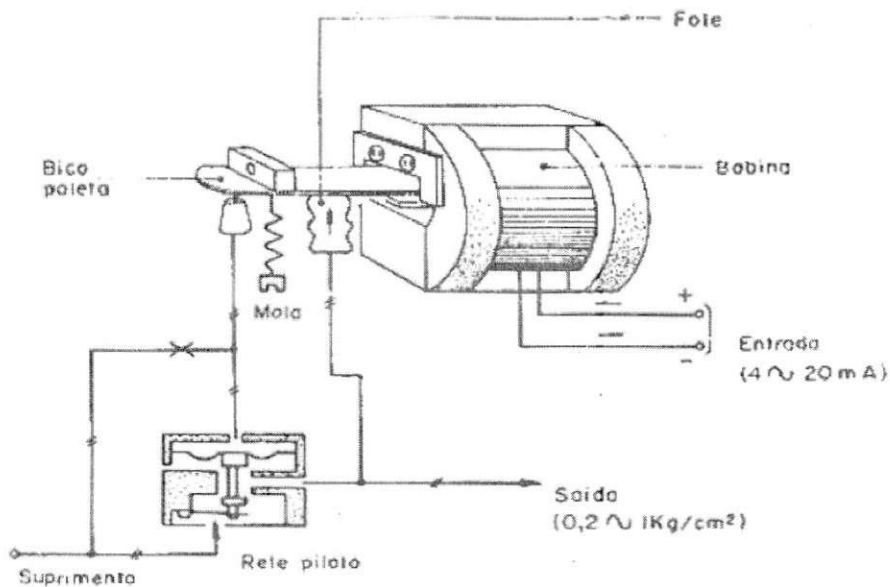


Fig. 27 – Esquema funcional de um conversor I/P

### 5.5 -Termopares

Os termopares estão entre os sensores de temperatura mais usados, com uma ampla gama de aplicações. São baseados no efeito Peltier-Seebeck, ou efeito Termoelétrico, que ocorre quando dois metais diferentes formam uma junção. Essa junção produz uma tensão relacionada com a diferença de temperatura entre essa junção e uma outra junção de referência. Os termopares são classificados por letras (B, C, J, K, etc.) de acordo com o material da junção e com a faixa de temperatura de uso. Por exemplo, um termopar tipo K, feito de Cromel (+) e Alumel (-), opera em uma faixa de temperatura de 95° a 1260° C.

#### Construção de Termopares

### Termopar Convencional (Nu)

Como se pode ver na figura 28, o tipo mais simples de termopar consiste em unir dois fios de diferentes naturezas por uma de suas extremidades. Este termopar denomina-se termopar nu.

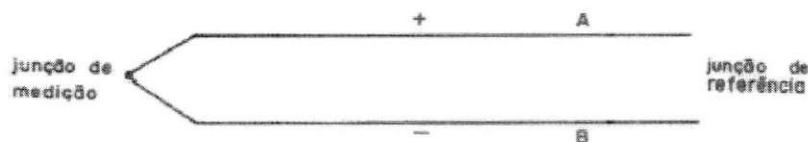


Fig. 28 - Termopar de tipo nu  $A \neq B$

Para se construir a junção de medição do termopar, deve-se tomar as seguintes precauções; remover o óxido existente na superfície do fio, colocar o par termelétrico em contato por aderência e logo após, pelo método apropriado, executar a operação de soldagem.

Os métodos mais utilizados na confecção dos termopares estão apresentados na tabela seguinte onde "a, b e c" indicam a forma da junção de medição (fig. 29).

Tipo de Termopar	Diâmetro $\varnothing$	Soldagem a gás	Soldagem a arco	Soldagem a resistência
Cobre	maior <sup>(1)</sup>	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (a)	não aprapr.
Constantan	menor <sup>(2)</sup>	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (a)	não aprapr.
Ferro	maior <sup>(1)</sup>	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (b)
Constantan	menor <sup>(2)</sup>	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (a)	não aprapr. p/ (c)
Cromel	maior <sup>(1)</sup>	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (b)
Constantan	menor <sup>(2)</sup>	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (c)
Cromel	maior <sup>(1)</sup>	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (b)
Alumel	menor <sup>(2)</sup>	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (a)	apopr. p/ (c)
Platina Platina-ródio	menor <sup>(2)</sup>	não apropriado	apopr. p/ (c)	apopr. p/ (c)

Nota: (1) diâmetro maior que 1,6 mm

(2) diâmetro menor que 1,6 mm

Tabela 4 – Métodos de confecção de um termopar



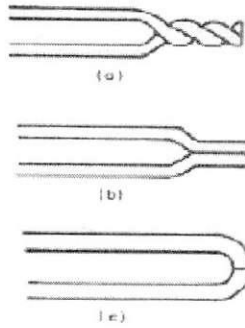


Fig. 29 - Forma da junção de medição

O termopar tipo nu, normalmente, não é utilizado nessas condições, então usa-se um termopar com tubo isolante, geralmente de cerâmica, com dois ou quatro furos onde se introduz os pares termelétricos.

Como os termopares com isolantes térmicos têm facilidade para danificarem-se, devido a sua fragilidade e não total proteção contra a atmosfera, costuma-se utilizá-los em raras condições. Para amenizar o problema, o termopar com isolante térmico é introduzido dentro de um poço protetor e neste estado é utilizado em larga escala.

Tipo	Elemento Positivo	Elemento Negativo	Faixa de temp. usual	Vantagens	Restrições
T	Cobre	Constantan	- 154 a 370°C	1) Resiste a atmosfera corrosiva. 2) Aplicável em atmosfera redutora ou oxidante abaixo de 310°C. 3) Sua estabilidade o torna útil em temperaturas abaixo de 0°C.	1) Oxidação do cobre acima de 310°C.
J	Ferro	Constantan	0 a 760°C	1) Baixo Custo. 2) Indicado para serviços contínuos até 760°C em atmosfera neutra ou redutora.	1) Limite máximo de utilização em atmosfera oxidante de 760°C devido à rápida oxidação do ferro. 2) Utilizar tubo de proteção acima de 480°C.
E	Chromel	Constantan	0 a 870°C	1) Alta potência termoeletrica. 2) Os elementos são altamente resistentes à corrosão, permitindo o uso em atmosfera oxidante.	1) Baixa estabilidade em atmosfera redutora.
K	Chromel	Alumel	0 a 1260°C	1) Indicado para atmosfera oxidante. 2) Para faixa de temperatura mais elevada fornece rigidez mecânica melhor do que os tipos S ou R e vida mais longa do que o tipo J.	1) Vulnerável em atmosferas redutoras, sulfurosas e gases como SO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> S, requerendo substancial proteção quando utilizado nestas condições.
S	Platina 10% Rhodio	Platina	0 a 1480°C	1) Indicado para atmosferas oxidantes. 2) Apresenta boa precisão a altas temperaturas.	1) Vulnerável à contaminação em atmosferas que não sejam oxidantes. 2) Para altas temperaturas, utilizar isoladores e tubos de proteção de alta alumina.
R	Platina 13% Rhodio	Platina			
B	Platina 30% Rhodio	Platina 6% Rhodio	870 a 1705°C	1) Melhor estabilidade do que os tipos S ou R. 2) Melhor resistência mecânica. 3) Mais adequado para altas temperaturas do que os tipos S ou R. 4) Não necessita de compensação de junta de referência, se a temperatura de seus terminais não exceder 50°C.	1) Vulnerável a contaminação em atmosferas que não sejam oxidantes. 2) Utilizar isoladores e tubos de proteção de alta alumina.

Tabela 5 - Tipos de termopares e suas características

Há diversos cuidados a serem tomados com os termopares, entre os quais, usar cabos especiais, verificar cuidadosamente as conexões, proteger o sensor contra interferências eletromagnéticas, etc.

### Interligação de Termopares

A interligação dos termopares com os instrumentos de recepção (indicador, controlador, etc...) deve obedecer a critérios específicos já que na sua junção não pode ocorrer o “aparecimento” de novos termopares. Para isto ou se usa cabos/fios do mesmo material ou por questões de custo se utiliza cabos que substituem os de mesmo material sem que haja interferência na medição.

#### Cabos de extensão

São aqueles fabricados com o mesmo material do termopar devido ao seu baixo custo. Desse modo para os termopares tipo T, J, K e E são utilizados cabos do mesmo material para sua interligação com o instrumento receptor.

#### Cabos de compensação

Para os cabos dos termopares nobres (R, S e B) não seria viável economicamente a utilização de cabos de extensão. Assim, para tornar possível a utilização desses sensores, desenvolveram-se cabos de natureza diferente, porém, com a característica de produzirem a mesma curva de força eletromotriz desses termopares ou ainda, mesmo que não idênticas mais que se anulem.

Codificação para fios e cabos de extensão e de compensação.

Para facilitar a identificação do tipo e da polaridade dos condutores como cabos de extensão ou compensação na interligação de termopares é utilizado, por diversas normas, o código de cores. A tabela a seguir mostra as normas mais seguidas que são a DIN (Alemã) e ANSI (Americana).

Termopar tipo	Extensão ou compensação o Tipo	Material dos Condutores		Coloração da Isolação					
				Norma Americana ANSI MC-96.1 - 1975			Norma Alemã DIN 43710-4		
		Positivo	Negativo	Capa Externa	Positivo	Negativo	Capa Externa	Positivo	Negativo
T	TX	Cobre	Constantan	Azul	Azul	Vermelha	Marrom	Vermelha	Marrom
J	JX	Ferro	Constantan	Preta	Branca	Vermelha	Azul	Vermelha	Azul
E	EX	Chromel	Constantan	Roxa	Roxa	Vermelha	---	---	---
K	KX	Chromel	Alumel	Amarela	Amarela	Vermelha	Verde	Vermelha	Verde
K	WX*	Ferro	Cupronel	Branca	Verde	Vermelha	Verde	Vermelha	Verde
S, R	SX	Cobre	Cu/Ni	Verde	Preta	Vermelha	Branca	Vermelha	Branca
B	BX	Cobre	Cobre	Cinza	Cinza	Vermelha	---	---	---

## Tabela 6 - Código de Cores para fios e cabos de tensão e de compensação

\* Fios e Cabos WX e VX, para termopar tipo K, foram excluídos da Norma ANSI MC-96.1 - 1975.

### 5.6 - RTD

Os RTD (Resistance Temperature Detector) são os sensores baseados no princípio da mudança da resistividade dos metais puros com a variação da temperatura. Estão entre os sensores mais simples de usar e ao mesmo tempo mais precisos. Sua característica mais marcante é sua resposta praticamente linear do coeficiente positivo de variação ( $\alpha$ ). Os metais tipicamente incluem Níquel (Ni) e Cobre (Cu), mas os de Platina (Pt) são os mais utilizados graças a sua precisão, estabilidade e faixa de operação. O popular sensor PT100 é um RTD de Platina, cuja resistência nominal a 0° C é de 100  $\Omega$ , variando cerca de  $\alpha = 0.385\%$  por ° C. Há também o PT1000 cuja resistência nominal é de 1 k $\Omega$ .

Para medir temperatura com um PT100 é preciso usar um circuito eletrônico para medir a variação na sua resistência, usualmente uma ponte de resistências. Esse tipo de sensor também, é bastante utilizado nos medidores digitais em geral, seja para termômetros clínicos, seja para medições industriais ou comerciais, como aqueles utilizados em câmaras frigoríficas ou balcões resfriados de supermercados. Na figura abaixo são mostrados alguns RTD's comerciais.



Fig. 30 – RTD's comerciais

## **6 - Conclusão:**

As atividades de estágio realizadas na Tenace Engenharia e Consultoria Ltda e ligadas à execução da implantação de uma indústria foi importante, pois pude colocar em prática muito do que aprendi teoricamente durante o curso.

O período de estágio foi de grande importância para a formação acadêmica, pois, através dele foi possível adquirir muito conhecimento prático junto a pessoas experientes, vivenciando o dia a dia de uma obra. Acompanhei toda a seqüência de atividades pela qual passa a implantação de uma empresa, desde a colocação de suportes e a montagem de leitos, passando pelos testes, lançamento e a interligação de cabos nos equipamentos. No decorrer do estágio foi possível, portanto, aprender a parte técnica da implementação física de um projeto, ganhando-se experiência ao ver a realização de um projeto bem elaborado

De grande importância foi exercer a função de liderança e de trabalhar em equipe, fazendo o planejamento das atividades a serem executadas com antecedência, bem como fazendo o acompanhamento/supervisão da execução das tarefas, mantendo contato direto com os subordinados.

## 7 – Referências Bibliográficas :

- [1] Filho, J. M., Manual de Equipamentos Elétricos Vol.1, 2ª Edição, Editora LTC , 1994, RJ.
- [2] Filho, J. M., Manual de Equipamentos Elétricos Vol.2, 2ª Edição, Editora LTC , 1994, RJ.
- [3] SENAI – ES, Apostila de Instrumentação Básica I - Pressão e Nível .
- [4] SENAI – ES, Apostila de Instrumentação Básica II – Vazão, temperatura e analítica.
- [5] CEFET – SP, Apostila do Curso de Controladores Lógico Programáveis, 2000.
- [6] Revista Mecatrônica Atual N° 24, outubro/novembro/2005.
- [7] Revista Mecatrônica Atual N° 28, junho/julho/2006.
- [8] Módulo 5S Painéis – Conceitos e definições, Seminários Técnicos 2003 Engenheiros e Projetistas, SIEMENS,.
- [9] Data Book SIEMENS (MCC#311, 312 e 313e PDB#408).

Sites visitados:

[www.schneider.com.br](http://www.schneider.com.br)

[www.nutsteel.com.br](http://www.nutsteel.com.br)

[www.megabras.com.br](http://www.megabras.com.br)

[www.tenace.com.br](http://www.tenace.com.br)

## 8.1 - Área Classificada

Uma área é classificada, a partir do momento que se faz uma perícia ou análise dos níveis de risco de uma determinada área.

### 8.1.1 - Atmosfera explosiva

O termo atmosfera explosiva é utilizado no Brasil para definir uma área onde haja risco de explosão, através de gases ou vapores inflamáveis ou ainda uma área na qual haja a presença de fibras ou poeiras combustíveis, como por exemplo: carvão, soja, etc.

A atmosfera é considerada explosiva quando a mistura do ar com substâncias inflamáveis é tal, que poderá se inflamar através de uma centelha (faísca, arco elétrico) ou simplesmente uma superfície quente.

Atmosfera potencialmente explosiva é uma atmosfera que pode se converter em explosiva devido às circunstâncias locais e de funcionamento do sistema.

### 8.1.2 - Classificação de área

Na classificação de área observa-se principalmente:

1. qual ou quais substâncias inflamáveis poderão estar presentes (gás, vapor ou poeira combustível, etc).
2. análise das características das substâncias, como por exemplo: limite de inflamabilidade, ponto de fulgor, temperatura de auto inflamação etc.
3. análise das instalações e dos equipamentos de processos da área, etc.

Uma vez que a área foi classificada, surgem os níveis de risco presentes na atmosfera, que são denominados **zonas** (ver fig. 31).

As áreas com possibilidades ou presença de gás ou vapor, são classificadas em **zona 0**, **zona 1** e **zona 2**.

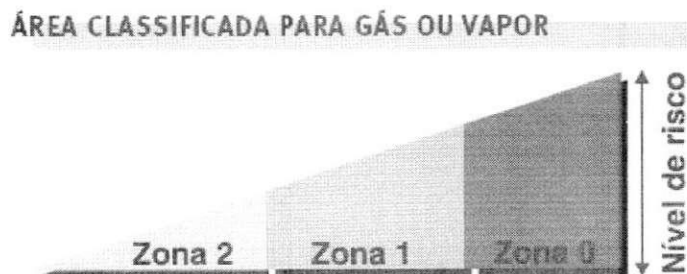


Fig. 31 – Classificação das zonas de acordo com o nível de risco para gás e vapor

As áreas com as possibilidades ou presença de poeira combustível, são classificadas em **zona 20, zona 21 e zona 22** (fig. 32).

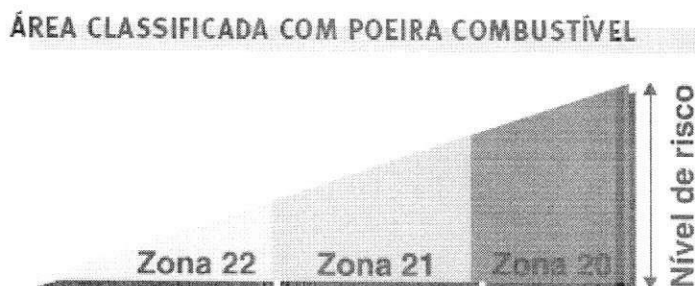


Fig. 32 – Classificação das zonas de acordo com o nível de risco para poeira combustível

### 8.1.3 - O conceito de zona para gases e vapores

O conceito de zona é utilizado pela Norma Brasileira NBR e internacional IEC, para determinar o nível de risco presente em uma atmosfera explosiva.

**Zona 0** – atmosfera explosiva está sempre presente: área na qual a mistura explosiva de gás ou vapor está continuamente presente, durante longos períodos.

**Zona 1** – atmosfera explosiva está presente com frequência: área na qual a mistura explosiva de gás ou vapor poderá estar presente durante a operação normal.

**Zona 2** – atmosfera explosiva pode acidentalmente estar presente: área na qual a mistura explosiva de gás ou vapor, é improvável que aconteça durante a operação normal, e se ocorrer, será por curtos períodos.

Área Classificada NBR/IEC x NEC

NBR/IEC	ZONA 0	ZONA 1	ZONA 2
NEC	DIVISÃO 1		DIVISÃO 2

### 8.1.4 - O perigo que as instalações elétricas oferecem em atmosferas explosivas

Os equipamentos e componentes elétricos e eletrônicos produzem centelhas e muitas vezes alta temperatura colocando em risco a vida das pessoas e do meio ambiente, sem falar das conseqüências materiais. Por isso é muito importante:

- a) determinação do nível de risco da área.
- b) escolha dos equipamentos e componentes.
- c) instalação correta de acordo as normas.
- d) manutenção: todo cuidado é necessário para não descaracterizas as instalações.

### **8.1.5 - Flash Point**

Flash point ou ponto de fulgor é a menor temperatura na qual um produto inflamável (líquido), libera vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura explosiva.

### **8.1.6 - Temperatura de auto inflamação**

Temperatura de auto inflamação ou temperatura de ignição espontânea é a menor temperatura, a partir da qual uma atmosfera explosiva se inflama. Portanto, a elevação da temperatura da própria mistura explosiva, pode causar sua ignição.

### **8.1.7 - Limite de inflamabilidade**

A ignição de um produto inflamável, depende de sua concentração no ar. Portanto, define-se mistura pobre, quando há pequena concentração de substância inflamável e grande quantidade de ar, e mistura rica quando há grande concentração de substância inflamável e pequena quantidade de ar, daí surgem duas definições:

- Limite inferior de explosividade - LIE: é a concentração mínima, acima da qual a mistura explosiva pode inflamar.
- Limite superior de explosividade - LSE: é a concentração máxima, abaixo da qual a mistura explosiva pode inflamar.

### **8.1.8 - Fatores que provocam explosão**

A presença simultânea dos três fatores abaixo oferecem um risco potencial, podendo causar explosões de grandes proporções, colocando em risco a vida humana e ainda envolvendo o meio ambiente.

1. **oxigênio** do ar
2. **substância inflamável**, misturada com o ar: a substância pode ser um gás, líquido ou sólido (poeira)
3. **fonte de ignição** que pode ser: centelha, arco elétrico, superfície quente (ou qualquer fonte com energia suficiente de inflamação).



#### 4. 8.1.9 - Classe de temperatura

É a classificação do equipamento elétrico em função de sua temperatura máxima de superfície. A tabela 6 abaixo fornece as classes de temperatura de acordo às normas NBR/IEC e NEC/CEC em função da temperatura máxima de superfície:

NBR/IEC		NEC/CEC		Temperatura de ignição dos gases e vapores (°C)
Classe de temperatura	Temperatura máxima de superfície (°C)	Classe de temperatura	Temperatura máxima de superfície (°C)	
T1	≤ 450	T1	450	> 450
		T2	300	> 300
T2	≤ 300	T2A	280	> 280
		T2B	260	> 260
		T2C	230	> 230
		T2D	215	> 215
T3	≤ 200	T3	200	> 200
		T3A	180	> 180
		T3B	165	> 165
		T3C	160	> 160
T4	≤ 135	T4	135	> 135
		T4A	120	> 120
T5	≤ 100	T5	100	> 100
T6	≤ 85	T6	85	> 85

Tabela 6 – Classes de temperatura

##### 8.1.9.1 - Temperatura máxima de superfície

É a maior temperatura atingida em serviço sob as mais adversas condições, (dentro da tolerância especificadas) por qualquer parte da superfície de um equipamento exposto a uma atmosfera explosiva e que é incapaz de causar a ignição da mesma.

##### 8.1.9.2 - Temperatura de ignição

É a menor temperatura na qual acontece a ignição de uma mistura explosiva.

### 8.1.10 -Tipos de Proteção

Os tipos de proteção são medidas construtivas específicas, aplicadas a um equipamento elétrico, para adequar o seu uso em uma atmosfera explosiva. Na tabela a seguir, são descritos todos os tipos de proteção.




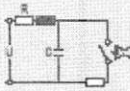




Proteção	Área de aplicação	Tipos de proteção	Símbolo	Princípio básico
A prova de explosão	Zonas 1 e 2	d		Invólucro capaz de suportar uma pressão de explosão interna e não permite que se propague para o ambiente externo
Segurança aumentada	Zonas 1 e 2	e		Medidas construtivas adicionais aplicadas ao equipamento que em condições normais de operação não produzem arco, centelha ou alta temperatura
Não acendível	Zona 2	n		Dispositivos ou circuitos que em condições normais de operação não produzem arco, centelha ou alta temperatura
Segurança intrínseca	Zonas 0 (ia) e 2 (ia ou ib)	ia ou ib		Dispositivo ou circuitos que em condições normais ou anormais de operação não possuem energia suficiente para inflamar uma atmosfera explosiva
Equipamentos imersos	Zonas 1 e 2	o q m		Partes que podem causar centelha ou alta temperatura se situam em um meio isolante em óleo, areia ou encapsulado em resina
Pressurizado	Zonas 1 e 2	p		Equipamento que opera com pressão positiva interna de forma a evitar a penetração da mistura explosiva
Equipamento hermético	Zona 2	h		Invólucro com fechamento hermético, por fusão do material
Equipamento especial	Zonas 0, 1 e 2	s		Equipamento especial que não requer nenhum tipo de proteção normalizado

Tabela 7 – Tipos de proteção

### 8.1.11 - Como determinar a classe de temperatura de um local de acordo com a presença de gases ou vapores

De acordo com as normas CENELEC EM 50 014 e IEC 79-12

Os gases ou vapores são classificados em 3 grupos (IIA, IIB e IIC), conforme ilustra a figura 33, em função do seu grau de periculosidade e da energia liberada durante uma explosão. A tabela 8 fornece a classificação dos grupos de gases segundo as normas NBR/IEC e NEC respectivamente.

### GRUPOS DE GASES

NBR/IEC	NEC	Gás ou vapor
II C	A	Acetileno
	B	Hidrogênio
II B	C	Etileno
		Ethyl ether
		Cyclopropane
		Butadene 1-3
II A	D	Propano
		Etano
		Butano
		Benzene
		Pentene
		Heptane
		Acetone
		Methyl ethyl
		Methyl alcohol
		Ethyl alcohol

Tabela 8 – Grupos de gases

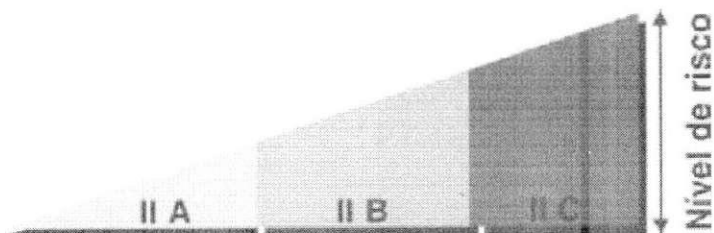


Fig. 33 – Classificação de acordo com o grau de periculosidade para gás e vapor

## 8.1.12 - Grau de proteção NBR 6146

De acordo com as normas NBR/IEC, o grau de proteção é indicado pelas letras características IP, seguidas de dois números:

Primeiro numeral característico e segundo numeral característico, sendo que o primeiro refere-se a proteção dada pelo invólucro contra a penetração de corpos sólidos e o segundo numeral contra a penetração de líquidos. A tabela 9 abaixo, descreve o significado de cada numeral característico.




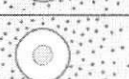




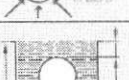

Primeiro numeral característico	Descrição sucinta	Corpos que não devem penetrar
0	Não protegido	Sem proteção especial
1	 Protegido contra objetos sólidos maiores de 50 mm	Uma grande superfície do corpo humano, como a mão. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 50 mm
2	 Protegido contra objetos sólidos maiores que 12 mm	Os dedos ou objetos similares de comprimento não superior a 80 mm. Objeto sólido cuja menor dimensão é maior que 12 mm
3	 Protegido contra objetos sólidos maiores que 2,5 mm	Ferramentas, fios, etc., de diâmetro ou espessura superior a 2,5 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 2,5 mm
4	 Protegido contra objetos sólidos maiores que 1,0 mm	Fios ou fitas de largura superior a 1,0 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 1,0 mm
5	 Protegido contra poeira	Não é totalmente vedado contra a penetração de poeira, porém, a poeira não deve penetrar em quantidade suficiente que prejudique a operação do equipamento
6	 Totalmente protegido contra poeira	Nenhuma penetração de poeira
Segundo numeral característico	Descrição sucinta	Proteção
0	Não protegido	Sem proteção especial
1	 Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	Gotas d'água (caindo na vertical) não devem ter efeitos prejudiciais
2	 Protegido contra queda de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15°	A queda de gotas d'água vertical não deve ter efeitos prejudiciais quando o invólucro estiver inclinado de 15° para qualquer lado de sua posição normal
3	 Protegido contra água aspergida	Água aspergida de um ângulo de 60° da vertical não deve ter efeitos prejudiciais
4	 Protegido contra projeções d'água	Água projetada de qualquer direção contra o invólucro não deve ter efeitos prejudiciais
5	 Protegido contra jatos d'água	Água projetada de qualquer direção por um bico contra o invólucro não deve ter efeitos prejudiciais
6	 Protegido contra ondas do mar	Água proveniente de ondas ou projetada em jatos potentes não deve penetrar no invólucro em quantidades prejudiciais
7	 Protegido contra imersão	Não deve ser possível a penetração da água em quantidades prejudiciais, no interior do invólucro imerso em água, sob condições definidas de tempo a pressão
8	 Projetado contra submersão	O equipamento é adequado para submersão contínua em água, nas condições especificadas pelo fabricante

Tabela 9 – Numerais característicos

## 8.2 – Introdução à Instrumentação

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

Nas indústrias de processos tais como siderúrgica, petroquímica, alimentícia, papel, etc.; a instrumentação é responsável pelo rendimento máximo de um processo, fazendo com que toda a energia cedida, seja transformada em trabalho na elaboração do produto desejado. As principais grandezas que traduzem transferências de energia no processo são: PRESSÃO, NÍVEL, VAZÃO, TEMPERATURA; as quais denominamos de variáveis de um processo.

### 8.2.1 – Classificação de instrumentos de medição

Existem vários métodos de classificação de instrumentos de medição. Dentre os quais podemos ter:

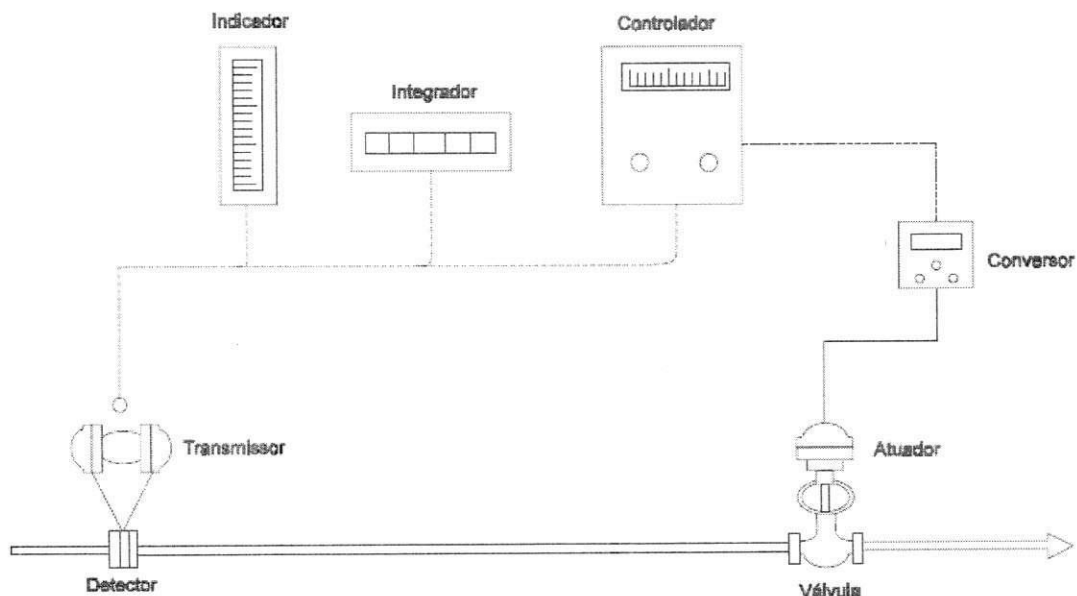
Classificação por:

- função
- sinal transmitido ou suprimento
- tipo de sinal

#### Classificação por Função

Os instrumentos podem estar interligados entre si para realizar uma determinada tarefa nos processos industriais. A associação desses instrumentos chama-se malha e em uma malha cada instrumento executa uma função.

Os instrumentos que podem compor uma malha são então classificados por função cuja descrição sucinta pode ser lida na tabela 10.



INSTRUMENTO	DEFINIÇÃO
Detector	São dispositivos com os quais conseguimos detectar alterações na variável do processo. Pode ser ou não parte do transmissor.
Transmissor	Instrumento que tem a função de converter sinais do detector em outra forma capaz de ser enviada à distância para um instrumento receptor, normalmente localizado no painel.
Indicador	Instrumento que indica o valor da quantidade medida enviado pelo detector, transmissor, etc.
Registrador	Instrumento que registra graficamente valores instantâneos medidos ao longo do tempo, valores estes enviados pelo detector, transmissor, Controlador etc.
Conversor	Instrumento cuja função é a de receber uma informação na forma de um sinal, alterar esta forma e a emitir como um sinal de saída proporcional ao de entrada.
Unidade Aritmética	Instrumento que realiza operações nos sinais de valores de entrada de acordo com uma determinada expressão e fornece uma saída resultante da operação.
Integrador	Instrumento que indica o valor obtido pela integração de quantidades medidas sobre o tempo.
Controlador	Instrumento que compara o valor medido com o desejado e, baseado na diferença entre eles, emite sinal de correção para a variável manipulada a fim de que essa diferença seja igual a zero.
Elemento final de controle	Dispositivo cuja função é modificar o valor de uma variável que leve o processo ao valor desejado.

Tabela 10 – Classificação por função

### Classificação por Sinal de Transmissão ou Suprimento

Os equipamentos podem ser agrupados conforme o tipo de sinal transmitido ou o seu suprimento. A seguir será descrito os principais tipos, suas vantagens e desvantagens.

#### 1 - Tipo pneumático

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

Os sinais de transmissão analógica normalmente começam em um valor acima do zero para termos uma segurança em caso de rompimento do meio de comunicação.

O gás mais utilizado para transmissão é o ar comprimido sendo também utilizado o NITROGÊNIO e em casos específicos o GÁS NATURAL (PETROBRAS).

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

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

## 2 - Tipo Hidráulico

Similar ao tipo pneumático e com desvantagens equivalentes, o tipo hidráulico utiliza-se da variação de pressão exercida em óleos hidráulicos para transmissão de sinal. É especialmente utilizado em aplicações onde torque elevado é necessário ou quando o processo envolve pressões elevadas.

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

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

## 3 - Tipo elétrico

Esse tipo de transmissão é feita utilizando sinais elétricos de corrente ou tensão. Face a tecnologia disponível no mercado em relação a fabricação de instrumentos eletrônicos microprocessados, hoje, esse tipo de transmissão é largamente usado em todas as indústrias, onde não ocorre risco de explosão. Assim como na transmissão pneumática, o sinal é linearmente modulado em uma faixa padronizada representando o conjunto de valores entre o limite mínimo e máximo de uma variável de um processo qualquer. Como padrão para transmissão a longas distâncias são utilizados sinais em corrente contínua variando de (4 a 20 mA) e para distâncias até 15 metros aproximadamente, também utiliza-se sinais em tensão contínua de 1 a 5V.

- Vantagens:
- a) Permite transmissão para longas distâncias sem perdas.
  - b) A alimentação pode ser feita pelos próprios fios que conduzem o sinal de transmissão.
  - c) Necessita de poucos equipamentos auxiliares.
  - d) Permite fácil conexão aos computadores.
  - e) Fácil instalação.
  - f) Permite de forma mais fácil a realização de operações matemáticas.
  - g) Permite que o mesmo sinal (4 ~ 20mA) seja "lido" por mais de um instrumento, ligando em série os instrumentos. Porém, existe um limite quanto à soma das resistências internas desses instrumentos, que não deve ultrapassar o valor estipulado pelo fabricante do transmissor.

## Desvantagens

- a) Necessita de técnico especializado para sua instalação e manutenção.
- b) Exige utilização de instrumentos e cuidados especiais em instalações localizadas em áreas de riscos.
- c) Exige cuidados especiais na escolha do encaminhamento de cabos ou fios de sinais.
- d) Os cabos de sinal devem ser protegidos contra ruídos elétricos.

## Tipo Digital

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

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

Desvantagens:

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

## Via Rádio

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

- Vantagens:
- a) Não necessita de cabos de sinal.
  - b) Pode-se enviar sinais de medição e controle de máquinas em movimento.

Desvantagens:

- a) Alto custo inicial.
- b) Necessidade de técnicos altamente especializados.

## Via Modem

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

- Vantagens:
- a) Baixo custo de instalação.
  - b) Pode-se transmitir dados a longas distâncias.

Desvantagens:

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



## 8.2.2 - Simbologia de Instrumentação

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

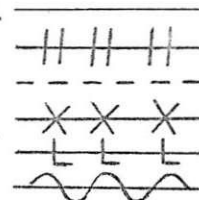
No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através de sua norma NBR 8190 apresenta e sugere o uso de símbolos gráficos para representação dos diversos instrumentos e suas funções ocupadas nas malhas de instrumentação. No entanto, como é dada a liberdade para cada empresa estabelecer/escolher a norma a ser seguida na elaboração dos seus diversos documentos de projeto de instrumentação outras são utilizadas. Assim, devido a sua maior abrangência e atualização, uma das normas mais utilizadas em projetos industriais no Brasil é a estabelecida pela ISA (Instrument Society of America).

A seguir serão apresentadas de forma resumida as normas ABNT e ISA.

### 8.2.2.1 - Simbologia Conforme Norma ABNT (NBR-8190)

#### 1 - Tipos de Conexões

- 1) Conexão do processo, ligação mecânica ou suprimento ao instrumento.
- 2) Sinal pneumático ou sinal indefinido para diagramas de processo.
- 3) Sinal elétrico.
- 4) Tubo capilar (sistema cheio).
- 5) Sinal hidráulico.
- 6) Sinal eletromagnético ou sônico (sem fios).



#### 2 - Código de Identificação de Instrumentos

Cada instrumento deve ser identificado por um sistema de letras que o classifique funcionalmente (Tabela 11).

Como exemplo, uma identificação representativa é a seguinte:

T	RC	2	A
1ª letra	Letras sucessivas	Nº da cadeia	Sufixo (normalmente não é utilizado)
Identificação Funcional		Identificação da Cadeia	

	PRIMEIRA LETRA		LETRAS SUBSEQUENTES		
	Variável Medida ou inicial (3)	Modificadora	Função de informação ou passiva	Função final	Modificadora
A	Analisador (4)	-	Alarme	-	
B	Chama de queimador		Indefinida	Indefinida (1)	Indefinida (1)
C	Condutividade elétrica	-	-	Controlador (12)	-
D	Densidade ou massa específica	Diferencial (3)	-	-	-
E	Tensão elétrica	-	Elemento primário	-	-
F	Vazão	Razão (fração) (3)	-	-	-
G	Medida dimensional	-	Visor (3)	-	-
H	Comando Manual	-	-	-	Alto (6, 14, 15)
I	Corrente elétrica	-	Indicador (9)	-	-
J	Potência	Varredura ou Seletor (5)	-	-	-
L	Nível		Lâmpada Piloto (10)	-	Baixo (6, 14, 15)
M	Umidade				Médio ou intermediário (6, 14)
N(1)	Indefinida		Indefinida (1)	Indefinida (1)	Indefinida (1)
O	Indefinida (1)		Orifício de restrição	-	-
P	Pressão ou vácuo		Ponto de teste	-	-
Q	Quantidade ou evento	Integrador ou totalizador (3)	-	-	-
R	Radicatividade	-	Registrador ou impressor	-	-
S	Velocidade ou frequência	Segurança (7)		Chave (12)	-
T	Temperatura	-	-	Transmissor	-
U	Multivariável (5)	-	* Multifunção (11)	* Multifunção (11)	* Multifunção (11)
V	Viscosidade	-	-	Válvula (12)	-
W	Peso ou força	-	Poço	-	-
X(2)	Não classificada	-	Não classificada	Não classificada	Não classificada
Y	Indefinida (1)	-	-	Relé ou computação (11, 13)	-
Z	Posição	-	-	Elemento final de controle não classificado	-

Tabela 11 – Significado das letras de identificação

**OBSERVAÇÃO:**

Os números entre parênteses se referem às notas relativas que são dadas a seguir.

**NOTAS RELATIVAS**

1) As letras “*indefinidas*” são próprias para a indicação de variáveis não listadas que podem ser repetidas em um projeto particular. Se usada, a letra deverá ter um significado como “*primeira-letra*” e outro significado como “*letra-subsequente*”. O significado precisará ser definido somente uma vez e uma legenda para aquele respectivo projeto. Por exemplo: a letra N pode ser definida como Módulo de Elasticidade na “*primeira-letra*” na “*letra subsequente*”.

2) A letra “*não-classificada*”, X, é própria para indicar variáveis que serão usadas uma vez, ou de uso limitado. Se usada, a letra poderá ter qualquer número de significados como “*primeira-letra*” e qualquer número de significados como “*letra-subsequente*”. Exceto para seu uso como símbolos específicos, seu significado deverá ser definido fora

do círculo de identificação no fluxograma. Por exemplo: XR-3 pode ser um “registrador de vibração”, XR-2 pode ser um “registrador de tensão mecânica” e XX4 pode ser um “osciloscópio de tensão mecânica”.

3) Qualquer primeira-letra, se usada em combinação com as letras modificadoras D (diferencial), F (razão) ou Q (totalização ou integração), ou qualquer combinação, será tratada como uma entidade “primeira-letra”. Então, instrumentos TDI e TI medem duas diferentes variáveis, que são: temperatura diferencial e temperatura.

4) A “primeira-letra” A, para análise, cobre todas as análises não listadas na Tabela 1 e não cobertas pelas letras “indefinidas”. Cada tipo de análise deverá ser definido fora do seu círculo de indefinição no fluxograma. Símbolos tradicionalmente conhecidos como pH, O<sub>2</sub>, e CO, têm sido usados opcionalmente em lugar da “primeira-letra” A.

5) O uso da “primeira-letra” U para multivariáveis em lugar de uma combinação de “primeira letra” é opcional.

6) O uso dos termos modificadores alto, baixo, médio ou intermediário e varredura ou seleção é preferido, porém opcional.

7) O termo “segurança” se aplicará somente para elementos primários de proteção de emergência e elementos finais de controle de proteção de emergência. Então, uma válvula auto-operada que previne a operação de um sistema acima da pressão desejada, aliviando a pressão do sistema, será uma PCV, mesmo que a válvula não opere continuamente. Entretanto esta válvula será uma PSV se seu uso for para proteger o sistema contra condições de emergência, isto é, condições que colocam em risco o pessoal e o equipamento, ou ambos e que não se esperam acontecer normalmente. A designação PSV aplica-se para todas as válvulas que são utilizadas para proteger contra condições de emergência em termos de pressão, não importando se a construção e o modo de operação da válvula enquadram-se como válvula de segurança, válvula de alívio ou válvula de segurança e alívio.

8) A função passiva “visor” aplica-se a instrumentos que dão uma visão direta e não calibrada do processo.

9) O termo “indicador” é aplicável somente quando houver medição de uma variável. Um ajuste manual, mesmo que tenha uma escala associada, porém desprovido de medição de fato, não deve ser designado “indicador”.

10) Uma “lâmpada-piloto”, que é a parte de uma malha de instrumentos, deve ser designada por uma “primeira-letra” seguida pela “letra subsequente”. Entretanto, se é desejado identificar uma “lâmpada-piloto” que não é parte de uma malha de instrumentos, a “lâmpada-piloto” pode ser designada da mesma maneira ou alternadamente por uma simples letra L. Por exemplo: a lâmpada que indica a operação de um motor elétrico pode ser designada com EL, assumindo que a tensão é a variável medida ou XL assumindo a lâmpada é atuada por contatos elétricos auxiliares do sistema de partida do motor, ou ainda simplesmente L. A ação de uma “lâmpada-piloto” pode ser acompanhada por um sinal audível.

11) O uso da “letra-subsequente” U para “multifunção” em lugar de uma combinação de outras letras funcionais é opcional.

12) Um dispositivo que conecta, desconecta ou transfere um ou mais circuitos pode ser, dependendo das aplicações, uma “chave”, um “relé”, um “controlador de duas posições”, ou uma “válvula de controle”. Se o dispositivo manipula uma corrente fluida de processo e não é uma válvula de bloqueio comum atuada manualmente, deve ser designada como uma “válvula de controle”. Para todas as outras aplicações o equipamento é designado como:

a) uma “chave”, quando é atuado manualmente;

b) uma “chave” ou um “controlador de duas posições”, se é automático e se é atuado pela variável medida. O termo “chave” é geralmente atribuído ao dispositivo que é usado para atuar um circuito de alarme, “lâmpada piloto”, seleção, intertravamento ou segurança. O termo “controlador” é geralmente atribuído ao equipamento que é usado para operação de controle normal;

c) um “relé”, se é automático e não atuado pela variável medida, isto é, ele é atuado por uma “chave” ou por um “controlador de duas posições”.

13) Sempre que necessário as funções associadas como o uso da “letra-subsequente” Y devem ser definidas fora do círculo de identificação. Não é necessário esse procedimento quando a função é por si só evidente, tal como no caso de uma válvula solenóide.

14) O uso dos termos modificadores “alto”, “baixo”, “médio” ou “intermediário”, deve corresponder a valores das variáveis medidas e não dos sinais, a menos que de outra maneira seja especificado. Por exemplo: um alarme de nível alto derivado de um transmissor de nível de ação reversa é um LAH, embora o alarme seja atuado quando o sinal alcança um determinado valor baixo. Os termos podem ser usados em combinações apropriadas..

15) Os termos “alto” e “baixo”, quando aplicados para designar a posição de válvulas, são definidos como:

*alto*

- denota que a válvula está em ou aproxima-se da posição totalmente aberta;

*baixo*

- denota que a válvula está em ou aproxima-se da posição totalmente fechada.

### 3 - Simbologia de Identificação de Instrumentos de Campo e Painel



#### Montagem Local








#### Montagem do painel



### 4 - Instrumentação de Vazão

	Placa de orifício
	Medidor Venturi
	Tubo Pitot

## 5 - Válvula de Controle

	Válvula com atuador pneumático de diafragma
	Válvula com atuador elétrico (senoidal ou motor)
	Válvula com atuador hidráulico ou pneumático tipo pistão
	Válvula manual
	Válvula auto-operada de diafragma

## 8.2.3 - Simbologia Conforme Norma ISA

### 1 - Finalidades

As necessidades de procedimentos de vários usuários são diferentes. A norma reconhece essas necessidades quando estão de acordo com os objetivos e fornece métodos alternativos de simbolismo. Vários exemplos são indicados para adicionar informações ou simplificar o simbolismo. A tabela 12 descreve as letras de identificação.

Os símbolos dos equipamentos de processo não fazem parte desta norma, porém, são incluídos apenas para ilustrar as aplicações dos símbolos da instrumentação.

### 2 - Aplicação na Indústria

A norma é adequada para uso em indústrias químicas, de petróleo, de geração de energia, refrigeração, mineração, refinação de metal, papel e celulose e muitas outras.

Algumas áreas, tal como astronomia, navegação e medicina usam instrumentos tão especializados que são diferentes dos convencionais. Não houve esforços para que a norma atendesse às necessidades dessas áreas. Entretanto, espera-se que a mesma seja flexível suficientemente para resolver grande parte desse problema.

#### 8.2.3.1 - Aplicação nas atividades de trabalho

A norma é adequada para uso sempre que qualquer referência a um instrumento ou a uma função de um sistema de controle for necessária com o objetivo de simbolização de identificação.

Tais referências podem ser aplicadas para as seguintes utilizações (assim como outras):

- projetos;
- exemplos didáticos;
- material técnico - papéis, literatura e discussões;
- diagramas de sistema de instrumentação, diagramas de malha, diagramas lógicos;
- descrições funcionais;
- diagrama de fluxo: processo, mecânico, engenharia, sistemas, tubulação (processo) e desenhos/projetos de construção de instrumentação;
- especificações, ordens de compra, manifestações e outras listas;
- identificação de instrumentos (nomes) e funções de controle;
- instalação, instruções de operação e manutenção, desenhos e registros.

A norma destina-se a fornecer informações suficientes a fim de permitir que qualquer pessoa, ao revisar qualquer documento sobre medição e controle de processo, possa entender as maneiras de medir e controlar o processo (desde que possua um certo conhecimento do assunto). Não constitui pré-requisito para esse entendimento um conhecimento profundo/detalhado de um especialista em instrumentação.

#### **8.2.3.2 - Aplicação para Classes e Funções de Instrumentos**

As simbologias e o método de identificação desta norma são aplicáveis para toda classe de processo de medição e instrumentação de controle. Podem ser utilizados não somente para identificar instrumentos discretos e suas funções, mas também para identificar funções analógicas de sistemas que são denominados de várias formas como “Shared Display”, “Shared Control”, “Distributed Control” e “Computer Control”.

#### **8.2.3.3 - Conteúdo da Identificação da Função**

A norma é composta de uma chave de funções de instrumentos para sua identificação e simbolização. Detalhes adicionais dos instrumentos são melhor descritos em uma especificação apropriada, folha de dados, ou outro documento utilizado que esses detalhes requerem.

#### **8.2.3.4 - Conteúdo de Identificação da Malha**















A norma abrange a identificação de um instrumento e todos os outros instrumentos ou funções de controle associados a essa malha. O uso é livre para a aplicação de identificação adicional tais como, número de serie, número da unidade, número da área, ou outros significados.

	FIRST-LETTER (4)		SECCENDING-LETTERS (3)		
	MEASURED OR INITIATING VARIABLE	MODIFIER	READOUT OR PASSIVE FUNCTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	Analysis (5, 19)		Alarm		
B	Burner, Combustion		User's Choice(1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
C	User's Choice (1)			Control (13)	
D	User's Choice (1)	Differential (4)			
E	Voltage		Sensor (Primary Element)		
F	Flow Rate	Rate (Fraction) (4)			
G	User's Choice (1)		Glass Viewing Device (9)		
H	Hand				High (7, 15, 16)
I	Current (Electrical)		Indicate (10)		
J	Power	Scan (7)			
K	Time, Time Schedule	Time Rate of Change (4, 21)		Control Station (22)	
L	Level		Light (11)		Low (7, 15, 16)
M	User's Choice(1)	Momentary (4)			Middle, Intermediate (7, 15)
N	User's Choice(1)		User's Choice(1)	User's Choice(1)	User's Choice(1)
O	User's Choice(1)		Orifices, Restriction		
P	Pressure, Vacuum		Point (Test) Connection		
Q	Quantity	Integrate, Totalize (4)			
R	Radiation		Recorder (17)		
S	Speed, Frequency	Safety (6)		Switch (13)	
T	Temperature			Transmit (18)	
U	Multivariable (8)		Multifunction (12)	Multifunction(12)	Multifunction (12)
V	Vibration, Mechanical Analysis (18)			Valve, Damper, Louver (13)	
W	Weight, Force		Well		
X	Unclassified (2)	X Axis	Unclassified (2)	Unclassified (2)	Unclassified (2)
Y	Event, State or Presence (20)	Y Axis		Relay, Compute, Convert (13, 14, 18)	
Z	Position, Dimension	Z Axis		Driver, Actuator, Unclassified Final Control Element	

Tabela 12 – Letras de Identificação

### 8.2.3.5 - Símbolos de Linha de Instrumentos

Todas as linhas são apropriadas em relação às linhas do processo de tubulação:

- ( 1 ) alimentação do instrumento \* ou conexão ao processo. 
- ( 2 ) sinal indefinido. 
- ( 3 ) sinal pneumático. \*\* 
- ( 4 ) sinal elétrico.  OU 
- ( 5 ) sinal hidráulico. 
- ( 6 ) tubo capilar. 
- ( 7 ) sinal sônico ou eletromagnético (guiado).\*\*\* 
- ( 8 ) sinal sônico ou eletromagnético (não guiado). \*\*\* 
- ( 9 ) conexão interna do sistema (software ou data link). 
- ( 10 ) conexão mecânica. 
- Símbolos opcionais binários (ON – OFF)
- ( 11 ) sinal binário pneumático 
- ( 12 ) sinal binário elétrico  OU 

\* Sugerimos as seguintes abreviaturas para denotar os tipos de alimentação. Essas designações podem ser também aplicadas para suprimento de fluidos.

AS - suprimento de ar

IA - ar do instrumento

PA - ar da planta > opções

ES - alimentação elétrica

GS - alimentação de gás

HS - suprimento hidráulico

NS - suprimento de nitrogênio

SS - suprimento de vapor

WS - suprimento de água

O valor do suprimento pode ser adicionado à linha de suprimento do instrumento; exemplo:




















AS-100, suprimento de ar 100-psi; ES-24DC; alimentação elétrica de 24VDC.

\*\* O símbolo do sinal pneumático se aplica para utilização de sinal, usando qualquer gás.

\*\*\* Fenômeno eletromagnético inclui calor, ondas de rádio, radiação nuclear e luz.

### 8.2.3.6- Símbolos Gerais de Instrumentos ou de Funções

A figura abaixo exhibe os símbolos gerais de instrumentação ou de funções.

	Localização primária *** Normalmente acessível ao operador	Montagem do Campo	Localização Auxiliar *** Normalmente acessível ao operador
Instrumentos discretos	1  IP**	2 	3 
Display compartilhado, controle compartilhado	4 	5 	8 
Função em computador	7 	6 	9 
Controle Lógico Programável	10 	11 	12 
	13	14  Instrumento com números de identificação grandes	15  Instrumentos montados no mesmo alojamento****
	16  Luz Piloto	17  Ponto de teste montado no painel	18  ***** Purga
	19	20  diafragma de selagem	21  Intertravamento lógico indefinido

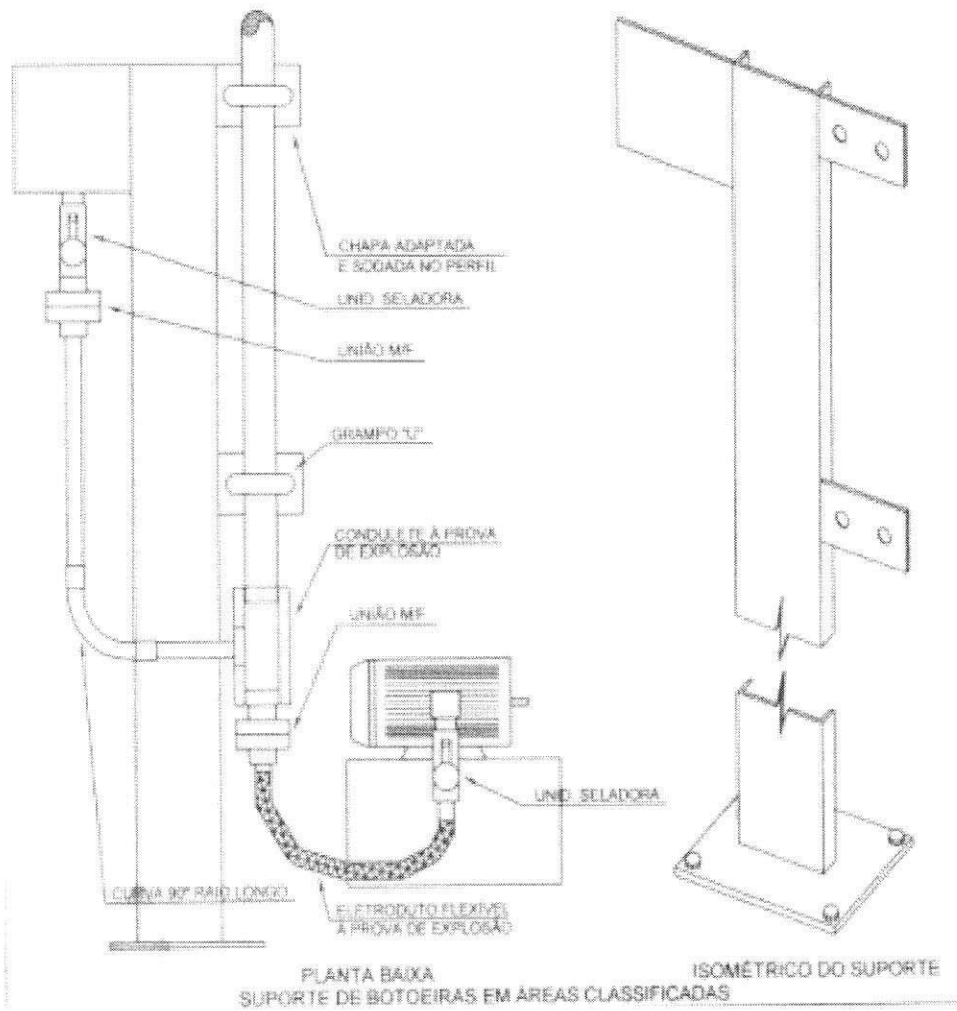


\* O tamanho do símbolo pode variar de acordo com a necessidade do usuário e do tipo do documento. Sugere-se acima um tamanho de quadrado e círculo para diagramas grandes.

\*\* As abreviaturas da escolha do usuário, tal como IPI (painel do instrumento nº 1), IC2 (console do instrumento nº 2), CC3 (console do computador nº 3) etc, podem ser usados quando for necessário especificar a localização do instrumento ou da função.

\*\*\* Normalmente, os dispositivos de funções inacessíveis ou que se encontram na parte traseira do painel podem ser demonstrados através dos mesmos símbolos, porém, com linhas horizontais usando-se os pontilhados.

### 8.3 Típico de motores em área classificada



8.4 - Tabela com a seção do condutor de aterramento

<b>CONDUCTOR SIZE FOR EQUIPMENT BODY GROUNDING AND MAIN GROUND CONDUCTORS</b>			
<b>ITEM</b>	<b>SINGLE CORE STRANDED COPPER CONDUCTOR PVC INSULATED</b>	<b>BARE STRANDED COPPER EARTHING WIRE/STRIP</b>	<b>GI WIRE ROPE/STRIP</b>
MOTORS UPTO 22 kW	6 SQ. MM.	-	-
MOTORS ABOVE 22 kW & UPTO 45 kW	10 SQ. MM.	-	-
MOTORS ABOVE 45 kW & UPTO 75 kW	16 SQ. MM.	-	-
MOTORS ABOVE 75 kW & UPTO 150 kW	50 SQ. MM.	-	-
MOTORS ABOVE 150 kW	70 SQ. MM.	-	-
PUSHBUTTON STATION, ISOLATORS, INSTRUMENTS, JUNCTION BOX, DOUBLE POLE SWITCH, CABLE TRAYS, STREET LIGHT POLE, SINGLE PHASE RECEPTACLES ETC.	4 SQ.MM.	-	-
PIPE RACKS, VESELS, HEAT EXCHANGERS, PROCESS EQUIPMENTS	35 SQ. MM.	-	-
FENCES, DOORS	25 SQ. MM.	-	-
PIPE FLANGED JOINT, STORAGE TANK	35 SQ. MM.	-	-
FLOOR MOUNTING TYPE SWITCH BOARD (MV/LV), MCC, PCC, INVERT PANELS, POWER/DISTRIBUTION TRANSFORMER ETC.	70 SQ. MM.	-	-
LIGHTING TRANSFORMER/CONTROL PANELS & GENERAL DISTRIBUTION PANEL ANN. PANEL, DCDB, NGR CUBICLE, BATT. CHARGER, RELAY PANEL, IDB ETC.	25 SQ. MM.	-	-
MAIN GROUNDING GRID CONDUCTOR IN CABLE TRAY/UNDER GROUND	-	95 SQ. MM.	-
LIGHTING DOWN CONDUCTOR FROM LIGHTING ROD	-	25 SQ. MM.	-
ROD INSIDE CONCRETE	16 SQ. MM.	-	50 SQ. MM.
TITLE: GROUNDING INSTALLATION DETAILS TABLE FOR GROUND CONDUCTOR SIZE			