



**Universidade Federal de Campina Grande**

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

**Curso de Graduação em Engenharia Elétrica**

HILANARA BARROS ARAGÃO

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS

Campina Grande, Paraíba

Novembro de 2010

HILANARA BARROS ARAGÃO

## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Áreas Classificadas

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira

Campina Grande, Paraíba  
Novembro de 2010

HILANARA BARROS ARAÇÃO

## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Áreas Classificadas

Aprovado em        /        /

**Professor Avaliador**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor George Rossany Soares de Lira**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

*“A mente que se abre para novas idéias,  
jamais voltará ao seu tamanho original.”*

Albert Einstein

#### Resumo

Devido à possibilidade de formação de ambientes com presença de misturas explosivas em indústrias, particularmente as químicas e petroquímicas, as instalações elétricas desses lugares devem receber atenção especial, pois podem se tornar fontes de ignição. Logo, no sentido de minimizar os riscos de danos pessoais e materiais que possam ocorrer, existem diferentes técnicas e procedimentos utilizados para áreas classificadas. Este trabalho fixa as condições para seleção e aplicação de equipamentos, projetos e montagens de instalações elétricas em atmosferas explosivas por gás ou vapores inflamáveis.

**Palavras-Chaves:** Atmosferas Explosivas, Áreas Classificadas, Instalações Elétricas.

#### Sumário

<a href="#">1.Introdução.....</a>	<a href="#">5</a>
<a href="#">2.Explosão e Incêndio.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">2.1Conceitos Básicos.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">2.2Combustão e Explosão.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">2.3Fontes de ignição de origem elétrica.....</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">2.3.1Circuitos Indutivos, Capacitivos e resistivos.....</a>	<a href="#">8</a>

2.3.2	Eletricidade Estática.....	8
2.4	Fontes de ignição de origem não elétrica.....	8
3	Classificação de Área.....	9
3.1	Classificação de Áreas em Atmosferas Explosivas.....	9
3.2	Classe, Grupo, Zona.....	11
3.3	Extensão da Classificação de Áreas.....	13
3.4	Figuras de Classificação de Áreas.....	13
4	Técnicas de Proteção.....	14
4.1	Instalação Elétrica.....	14
4.1.1	Classes de Temperaturas dos equipamentos:.....	15
4.2	Tipos de Proteção e Equipamentos para uso em Áreas Classificadas.....	15
4.3	Proteções e Zonas.....	16
5	Instalação e Manutenção.....	18
5.1	Normas de Instalações.....	18
5.2	Exigências de Instalação.....	18
5.3	Itens de Inspeção da Instalação.....	20
6	Considerações Finais.....	21
	Referências Bibliográficas.....	22
	Anexo I.....	23
	Anexo II.....	24
	Anexo III.....	25

## 1. Introdução

A ampliação do número de indústrias que fabricam, armazenam e movimentam produtos explosivos e inflamáveis, a exemplo as de petróleo e gás natural, permitiu que houvesse um intensivo estudo sobre as características específicas dessas áreas, determinadas pela sua atmosfera potencialmente explosiva. De algum modo, todas essas indústrias requerem a instalação de equipamentos e instrumentos elétricos para o seu devido funcionamento, controle e automação dos processos. Porém, a energia necessária para causar a inflamação de uma atmosfera explosiva é, em geral, muito pequena, e a quantidade de energia elétrica usual na indústria para fins de acionamento de máquinas, iluminação, controle, automação, etc. é

muitas vezes superior ao mínimo necessário para provocar incêndios ou explosões, fazendo com que os equipamentos elétricos por sua própria natureza possam se constituir em fonte de ignição quando operando em uma atmosfera explosiva (Área Classificada). Logo, se fez necessário uma solução que viesse prover meios que permitissem à instalação elétrica cumprir com o seu papel sem se constituir num risco elevado para a segurança.

Desenvolveram-se técnicas de proteção de modo que a fabricação dos equipamentos elétricos, sua montagem e manutenção fossem feitos segundo critérios bem definidos (normas técnicas) que garantam um nível de segurança aceitável para as instalações e trabalhadores.

Com isso, o presente trabalho fomenta o estudo de instalações elétricas em áreas com risco de explosão, assim como a classificação adequada dessas áreas segundo normas nacionais e internacionais.

## 2. Explosão e Incêndio

### 2.1 Conceitos Básicos

Uma área é definida como perigosa quando sua atmosfera pode se tornar explosiva. Por sua vez, uma atmosfera é explosiva quando uma mistura com ar, em condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor ou névoa, pode explodi-la por temperatura excessiva, arcos voltaicos ou faíscas.

De um modo muito simplificado, uma explosão pode ocorrer somente se duas condições são satisfeitas simultaneamente:

- Existência de uma mistura *inflamável*, em uma concentração apropriada e em volume suficiente para manter a autopropagação da onda de combustão.
- Existência de uma fonte de energia capaz de fornecer um nível de energia suficiente para causar a ignição do material inflamável.

Outro modo de dizer a mesma coisa: para haver uma combustão (fogo ou explosão) são necessários três elementos:

$$\text{Combustível} + \text{Oxigênio do ar} + \text{Faísca} = \text{EXPLOSÃO}$$

Logo, se houver uma ignição de uma mistura explosiva e as pessoas forem direta ou indiretamente ameaçadas, esta área é então classificada como uma atmosfera potencialmente explosiva (Ribeiro, 2004).

### 2.2 Combustão e Explosão

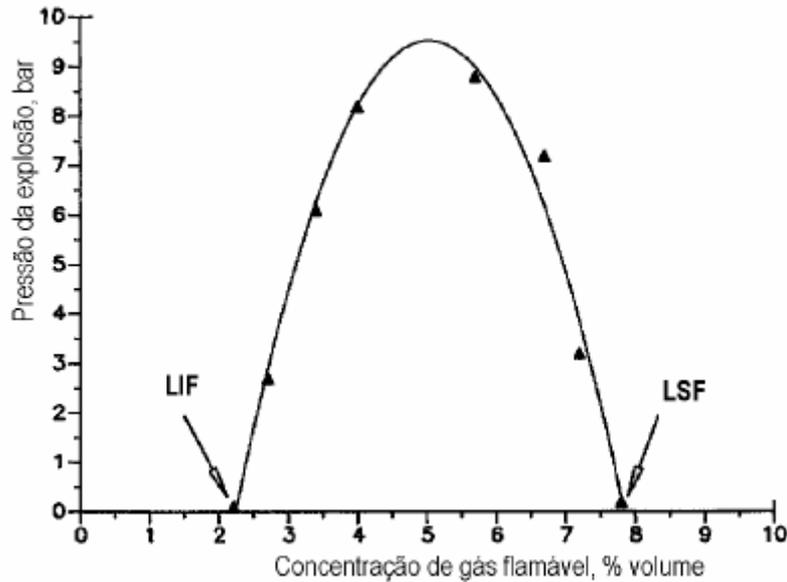
O termo *explosão* é usado, nesse trabalho, para designar qualquer combustão não desejada e não controlada, sendo considerada como uma onda de combustão autopropagante que não é mantida sob controle.

A *combustão* é a queima de gás, líquido ou sólido, em que o combustível é oxidado, envolvendo calor e muitas vezes, luz (NBR 8370, 1998).

*Ignição* é o agente que dá o início do processo de combustão, introduzindo na mistura combustível/comburente, a energia mínima inicial necessária (NBR 8370, 1998).

Ao contrário do que se imagina uma mistura só é capaz de explodir, se em condições atmosféricas sua concentração estiver dentro de limites específicos de inflamabilidade para o tipo de substância. Limites esses que dependem do tipo do gás combustível, das condições ambientes de pressão e temperatura, da concentração de oxigênio e do nível de energia disponível para testar a mistura.

Logo, uma mistura gasosa somente provoca a propagação da chama se sua percentagem de gás estiver acima de um valor mínimo e abaixo de um valor máximo de concentração. Essas percentagens são chamadas de Limite Inferior (LEI) e Superior Explosivo (LES), respectivamente. O LEI define a concentração mínima para que a mistura na atmosfera possa explodir e o LES indica o limite acima do qual uma mistura já não é mais capaz de explodir. A figura 1 permite observarem-se os limites de inflamabilidade para um vapor típico.



**Figura 1** - Limites de inflamabilidade para um vapor típico (Ribeiro, 2004).

Os efeitos que determinam os LEI e o LES fazem com que a faixa de inflamabilidade da mistura aumente ou diminua. Por exemplo, o aumento da temperatura ambiente diminui o limite mínimo e aumenta o limite máximo, já o efeito do aumento da pressão e do oxigênio faz aumentar muitíssimo o limite máximo, nos fazendo perceber que substâncias com limites mais largos de inflamabilidade, ou condições ambientes que façam com que esses limites aumentem, tornam as áreas mais perigosas por causa da maior possibilidade de confrontação com uma mistura inflamável ocorrendo em uma faixa mais larga de circunstâncias.

Por exemplo, para se ter uma ignição de mistura de metano e ar a concentração da mistura deve ser maior que 4,5% e menor que 15% de metano.

Um método eficiente para diminuir e eliminar a capacidade dos gases entrarem em combustão ou explodir é pela diluição do gás perigoso com um gás inerte (Ribeiro, 2004). Teoricamente isto é conseguido através:

1. Da diminuição da quantidade de oxigênio disponível,
2. Do aumento da quantidade do gás inerte introduzido, aumentando o limite inferior da mistura.

Sob o ponto de vista de segurança, os limites inferiores de inflamabilidade são mais interessantes que os superiores, pois eles indicam as concentrações mínimas em que a combustão começa.

### 2.3 Fontes de ignição de origem elétrica

Na prática, a ignição de um gás inflamável pode ser provocada por instrumentos elétricos quando ocorrer algum dos seguintes eventos:

- a) Aparecimento de faísca ou fagulha (*spark*):

É uma descarga rápida e elevada de elétrons, não sendo necessário o contato inicial entre condutores para provocar uma faísca, pode ocorrer uma faísca quando um caminho ionizado é completado. Faíscas elétricas visíveis e luminárias devem ser normalmente consideradas fontes de energia perigosas. Somente faixas com muito baixa energia de apenas microjoules podem ser consideradas incapazes de iniciar uma explosão. Por isso, medidas apropriadas devem ser adotadas para evitar estas fontes de ignição.

Exemplos: faíscas de chaveamento, faíscas em coletores ou comutadores.

- b) Aparecimento de arco voltaico:

É um jato sustentado de elétrons através de um espaçamento criado quando duas superfícies metálicas que estavam em contato se separam. Embora o arco seja também chamado de faísca de abertura, o arco é usado para indicar uma corrente que existe através de uma pequena distância. Quando a distância aumenta, o comprimento do arco aumenta até haver uma separação tão grande que o arco se extingue. Os arcos podem ser intencionalmente produzidos ou podem ser inconvenientes. O arco de uma

maquina de solda é desejável e serve para provocar calor e fundir metais. Os arcos provocados no fechamento e abertura de contatos são inconvenientes, pois danificam as superfícies de contato, soldam e removem materiais.

- c) Alta temperatura de superfícies ou componentes elétricos.
- d) Efeito corona:

Ocorre em circuitos de alta tensão, quando a ruptura de um espaçamento entre dois condutores é parcial. A tensão se eleva muito, insuficiente para provocar arco ou faísca, mas suficiente para ionizar o gás. A descarga corona começa mais facilmente em proximidade de pontas e protuberâncias. Os íons formam uma nuvem que começa a se deslocar para o eletrodo oposto, estabelecendo uma pequena corrente contínua, chamada de corrente corona. Este efeito pode produzir brilho no escuro, ruído sibilante e interferência eletromagnética. Em casos severos, o brilho é tão intenso em torno da superfície que é chamado de *fogo de Santelmo*. Quando o potencial entre as superfícies aumenta, pode haver uma ruptura completa do dielétrico e o aparecimento de faísca.

O pior efeito dos arcos e faíscas é a energia liberada por eles, pois ela é a causa de ignição ou explosão de atmosferas combustíveis e explosivas.

### 2.3.1 CIRCUITOS INDUTIVOS, CAPACITIVOS E RESISTIVOS

O circuito indutivo armazena energia através de um campo magnético e a libera pela abertura dos contatos, pois neste instante ocorre uma interrupção da passagem da corrente elétrica que circulava por eles, fazendo surgir uma tensão induzida para impedir a variação de corrente, portanto, quanto mais rápido for a abertura desses contatos indutivos, maior será o perigo de aparecimento do arco voltaico. No circuito capacitivo a análise é a mesma, pois da mesma maneira que o circuito indutivo, o circuito capacitivo também armazena energia elétrica, no entanto, para este a energia é liberada quando o contato se fecha, portanto, quanto mais lento for o fechamento desses contatos, maior o perigo de aparecer o arco voltaico.

Nos casos limites, quando a capacitância e indutância tendem para zero, resta apenas o circuito resistivo. Embora pouco provável, é possível o aparecimento de arco voltaico no fechamento e abertura de um circuito resistivo. Como não há tensão induzida para manter o arco, o processo é menos perigoso e menos provável.

Porém, mais frequentemente e de mesma natureza que a abertura de contato, é a queima de um fusível que pode provocar o aparecimento de faísca.

### 2.3.2 ELETRICIDADE ESTÁTICA

Independentemente de haver ou não uma fonte de alimentação elétrica, faíscas elétricas podem ser causadas por eletricidade estática. A energia armazenada pode ser liberada na forma de faíscas e funciona como uma fonte de ignição. Como esta fonte de ignição pode aparecer independentemente de uma fonte de alimentação elétrica, ela também deve ser considerada em equipamentos não elétricos (Ribeiro, 2004). Para a finalidade de prover segurança a instrumentos elétricos montados em atmosfera perigosa, os fatos mais importantes são:

- Não há perigo de incêndio ou explosão, quando os valores de concentração da mistura são mantidos fora do intervalo estabelecido pelos limites mínimo e máximo de inflamabilidade. As técnicas de proteção de purga (pressurização) se baseiam no controle da concentração da mistura perigosa.
- Não há perigo quando o nível de energia liberado para a mistura gasosa perigosa está abaixo da mínima energia de ignição. A técnica de proteção de segurança intrínseca e segurança aumentada se baseiam na limitação da energia manipulada na área perigosa, através de colocação de barreiras de energia ou de projetos especiais.
- Os efeitos de resfriamento das paredes do vaso estreitam os limites de inflamabilidade da mistura. Abaixo de uma distância crítica a chama é apagada, mesmo que esteja na percentagem ótima e que haja energia suficiente. A proteção de prova de explosão ou de chama se baseia no resfriamento da chama produzida no interior do equipamento, que é resfriada para uma temperatura segura.

## 2.4 Fontes de ignição de origem não elétrica

Além das faíscas e arcs elétricos produzidos pelo fechamento ou abertura dos circuitos elétricos e pelo aquecimento de condutores com corrente elétrica, outras fontes potenciais de ignição podem estar presentes, nem sempre claras, mas devem ser consideradas:

- Centelha ou fagulha gerada mecanicamente:
  - Esmeril;
  - Lixadeira;
- Chama exposta (maçarico, caldeira, forno, etc.) e gases de combustão;
- Gases quentes inclusive partículas/fagulhas (descarga de motor de combustão);
- Brasa de cigarro;
- Superfície quente (temperatura superficial elevada - acima de 200 °C), que pode provocar combustão espontânea de mistura inflamável, como por exemplo:
  - Tubulação de descarga de motor de combustão interna (motor diesel, a gás);
  - Caldeira;
  - Fricção/atrito de mancal ou rolamento de motor, sem lubrificação;
  - Fricção de brocas de furadeiras;
  - Ferro de solda;
  - Estufas de aquecimento;
  - Forno de aquecimento, forno de tratamento;
- Descarga de eletricidade estática acumulada em:
  - Correias;
  - Máquinas e pistolas de pintura;
  - Escovas;
  - Reações exotérmicas.

## 3. Classificação de Área

Como mencionado, para que ocorra a explosão de uma atmosfera, é necessária a presença de uma mistura de combustível, oxigênio do ar e faísca dentro de limites específicos de explosão, conseqüentemente, se for eliminado um desses componentes será eliminado o risco. No entanto, ocorre que muitas vezes não podemos eliminar nenhum dos três fatores, logo, devemos nos voltar ao controle das fontes de ignição. São vários os métodos aplicados para eliminar ou controlar fontes de ignição, também é diferente o nível de controle exigido para circunstâncias específica de cada local, assim sendo, é exigida uma classificação de área antecipada. Conseqüentemente, classificar uma área significa elaborar um mapa de classificação de área que define, entre outras coisas, o volume de risco dentro do qual pode ocorrer a mistura inflamável.

### 3.1. Classificação de Áreas em Atmosferas Explosivas

Em plantas onde gases, vapores, líquidos ou pós inflamáveis estão presentes, podem-se formar atmosferas inflamáveis, quando eles forem liberados. Pode existir também uma atmosfera inflamável dentro do equipamento da planta se ar ou oxigênio estiverem presentes juntos com um material inflamável (NBR 5418, 1995). Tais atmosferas explosivas podem surgir a partir de operações de perfuração ou testes de produção em poços e, também, em torno de equipamentos e instalações de produção onde gases e líquidos inflamáveis são armazenados, processados ou manuseados. Ver figuras 2 – (a), (b), (c) e (d) como exemplos de lugares com possibilidade de formação de atmosferas explosivas.



(a)

(b)



(c)

(d)



**Figuras 2** – (a) Refinaria, (b) Plataforma de Petróleo, (c) Minas de Carvão, (d) Indústria Química e Petroquímica: Exemplos de ambientes com probabilidade de formação de “Atmosfera Explosiva” (Mazza, 2008).

No projeto e *layout* da planta e de seus equipamentos associados, é premissa fundamental se evitar, sempre que possível, a criação de atmosfera inflamável. Quando não for possível a ausência completa desta atmosfera, devem-se empregar métodos de proteção ou salvaguarda nos equipamentos elétricos para reduzir, a proporções aceitáveis, a probabilidade da ocorrência da atmosfera inflamável.

A classificação de área é uma das exigências básicas para a operação do sistema e a classificação adequada da área perigosa é um requisito legal podendo diferir de um país para outro, mas na essência se obtém o mesmo resultado.

Classificar uma área é lhe atribuir números e letras relacionados com os seguintes parâmetros:

1. Classe;
2. Grupo;
3. Zona.

Para se estabelecer a classificação de área de uma planta, deve ser conhecidas e disponíveis:

As propriedades e as condições dos materiais do processo a serem manipulados, armazenados, processados ou envolvidos;

- Seus volumes;
- As disposições dos equipamentos;
- As possibilidades de escape e vazamento do material inflamável.

A partir da classificação das áreas de uma planta, especifica-se e usa-se o equipamento com classificação elétrica coerente, tornando a sua presença no local segura e simples para a avaliação do especialista. Os critérios de classificação do equipamento são a máxima energia da faísca que ele pode produzir e a temperatura máxima de sua superfície.

Portanto é construído um Plano de Áreas Classificadas a partir do levantamento e mapeamento individual de cada equipamento com seus periféricos que seja considerado como fonte de perigo. Esses equipamentos são representados sobre o desenho de arranjo geral da unidade com os respectivos contornos de áreas de risco (forma e dimensões), formando assim, um mapa de risco de presença de mistura inflamável na instalação (Suzuki, 2002).

## 3.2. Classe, Grupo, Zona

A *CLASSE* da área se relaciona com o estado físico da substância inflamável. (NBR 8370, 1998) São aceitas e definidas três classes distintas:

1. Classe I - locais onde há gases ou vapores na presença com o ar em quantidades suficientes para produzir misturas explosivas e inflamáveis.
2. Classe II - locais onde o perigo é devido à presença de pó combustível.
3. Classe III- locais onde estão presentes fibras e partículas sólidas.

É geralmente aceito que o perigo apresentado pelo gás é maior que o do pó e fibra, logo, requer a proteção mais rigorosa. Por isso, quando se tem um local com a presença simultânea de gás e pó ou gás e fibras sólidas, basta aplicar a proteção para o gás (Classe I).

O agrupamento dos materiais em Classes I e II é usado para separar materiais com características de ignição que sejam facilmente afetadas pela construção do equipamento elétrico. Não há tal condição em locais de Classe III, pois as fibras são suficientemente grandes para penetrar em juntas flangeadas e não são eletricamente condutoras, porém, o principal perigo dos materiais da Classe III não é a explosão, mas o perigo de incêndio. As fibras entram em ignição facilmente e se queimam rapidamente (Ribeiro, 2004). A designação do grupo é mais específica e constitui uma subdivisão da classe.

O *GRUPO* associado à classe é uma especificação de natureza química (NBR, 8370). Por exemplo, dividir os locais perigosos de Classe I em grupos, com cada grupo contendo materiais com características iguais relacionadas com a explosão, permite a construção de equipamentos que não são mais caros que o necessário para sua aplicação específica. O Anexo I mostra o agrupamento dos materiais de acordo com as normas IEC/ABNT.

No entanto, a denominação adotada pela norma brasileira/internacional, para designar o grau de risco encontrado no local é determinando as *ZONAS*. Esta classificação considera os diferentes perigos de atmosferas potencialmente perigosas e permite a implementação das medidas de proteção contra explosão que refletem a situação, tanto do ponto de vista do engenheiro de segurança como do economista.

Dessa maneira, são definidos seis tipos de Zonas:

- Continuamente Presente → Zona 0

Onde uma mistura explosiva ar/gás está continuamente presente ou presente por longos períodos (IEC 60079-10, 2006). Ex.: interior de vaso separador, superfície de líquido inflamável em tanques, etc.

- Frequentemente Presente → Zona 1

Onde é provável ocorrer uma mistura explosiva ar/gás, durante operação normal (IEC 60079-10, 2006). Ex.: sala de peneiras de lama, sala de tanques de lama, Mesa Rotativa, respiro de equipamento de processo, etc.

- Acidentalmente Presente → Zona 2

Onde é pouco provável ocorrer uma mistura explosiva ar/gás, em condições normais de operação ou, caso ocorra, será por um breve período de tempo [4A]. Ex.: válvulas, flanges e acessórios de tubulação para líquidos ou gases inflamáveis

Áreas com Pós:

- Continuamente Presente → Zona 20

Área onde existe permanentemente ou durante longos períodos de tempo ou com frequência uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível (IEC 60079-10, 2006).

- Frequentemente Presente → Zona 21

Área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível (IEC 60079-10, 2006).

- Acidentalmente Presente → Zona 22

Área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação de uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível, ou onde essa formação, caso se verifique, seja de curta duração (IEC 60079-10, 2006).

É importante enfatizar que a Zona 2 é uma área de menor risco ou de menor classificação em relação à Zona 1, igualmente a Zona 1 é uma área de menor risco ou de menor classificação em relação à Zona 0, o mesmo raciocínio é usado para as áreas com pós.

Existem dois métodos básicos para classificar as áreas da indústria:

### 1. Método das fontes de perigo

Este método concentra a sua atenção em cada item do equipamento do processo e, tendo identificado as fontes de perigo, faz uma graduação individualmente de acordo com o seu risco potencial. Para se conseguir isso, são reconhecidas três fontes de perigo:

- a) *Fonte de risco contínuo*: libera continuamente material inflamável ou por longos períodos. Ex.: Espaço contido acima da superfície de líquido inflamável dentro de tanques de armazenamento ou em vaso de processo Fonte de risco de grau primário
- b) *Fonte de risco de grau primário*: libera material inflamável de modo freqüente, ou mesmo se for infreqüente, pode persistir por um tempo considerável.

Ex.: Equipamentos destinados ao transporte, manipulação ou armazenamento de substâncias inflamáveis, de onde há liberação freqüente e em grande quantidade destas substâncias para a atmosfera.

- c) *Fonte de risco de grau secundário*: libera a substância inflamável de modo pouco freqüente e em períodos curtos.

Ex.: Máquinas e equipamentos destinados ao transporte, manipulação ou armazenamento de substâncias inflamáveis que podem liberar tais substâncias somente em condições anormais, mas previstas de operação dos dispositivos de vedação e segurança.

## 2. Método generalizado:

É aplicado quando não for possível identificar e graduar as fontes de perigo em uma planta por falta de dados adequados. A classificação de área pelo método generalizado requer um julgamento a ser feito, usualmente para grandes seções da planta (por isso o termo generalizado), atribuindo-se um perigo final alto (Zona 0 ou Zona 1) ou baixo (Zona 2). O julgamento é feito por referência a um conjunto de critérios arbitrários ou por critérios totalmente subjetivos. Por causa disso, ele resulta em uma aplicação aproximada de definições de zonas.

Contudo, por causa da grande variedade de materiais de processo e situações que aparecem em qualquer ponto da planta, não é possível fixar regras para classificação de área. Só é possível fornecer recomendações e princípios gerais, que devem ser associados quando se deseja garantir uma classificação criteriosa e profissional.

### 3.3. Extensão da Classificação de Áreas

Entende-se por extensão de classificação de área, os limites da área de risco de presença de mistura explosiva em uma instalação. A magnitude desta extensão depende de diversos fatores relacionados não só com a substância inflamável em questão, mas também com fatores externos, tais como: condições de ventilação, porte e tipo do equipamento de processo, etc.

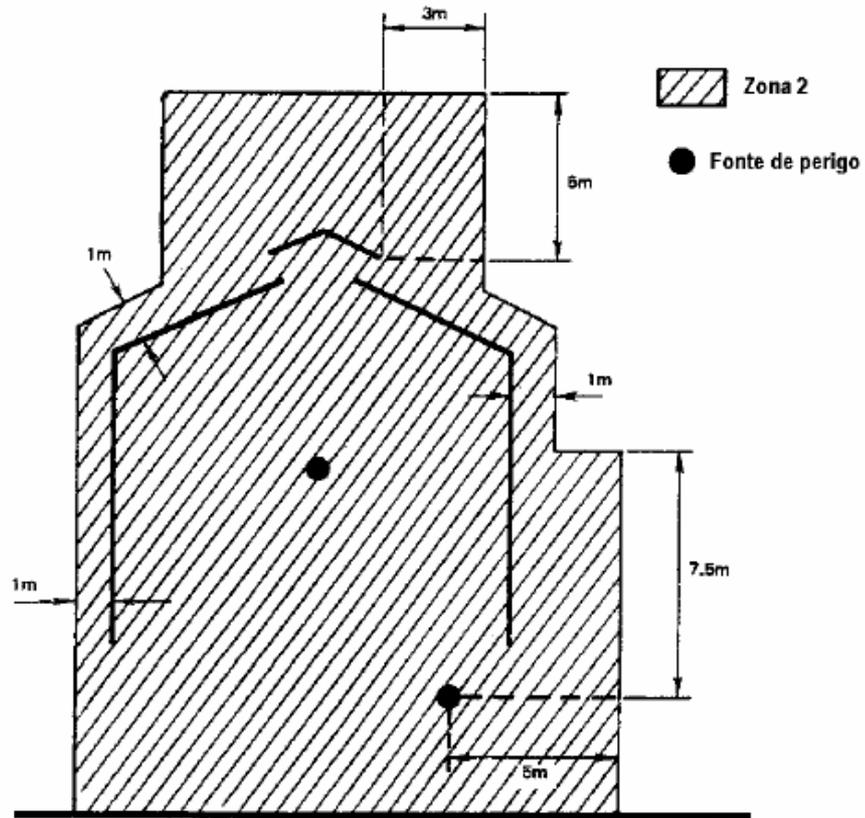
Em Áreas Adjacentes a áreas classificadas, exceto por razões operacionais, não devem existir portas de acesso ou outras aberturas entre um compartimento considerado área não-classificada e uma área classificada, ou entre um compartimento classificado como Zona 2 e outro classificado como Zona 1, qualquer sala, mesmo sem fonte de risco. Será considerada área classificada com o mesmo grau de risco (zona) ou com grau de risco maior (se não houver ventilação) se houver qualquer abertura ou porta que comunique com alguma área classificada adjacente, a menos que haja ventilação forçada, pressurizando tal sala para impedir o ingresso de eventual gás (Suzuki, 2002).

### 3.4 Figuras de Classificação de Áreas

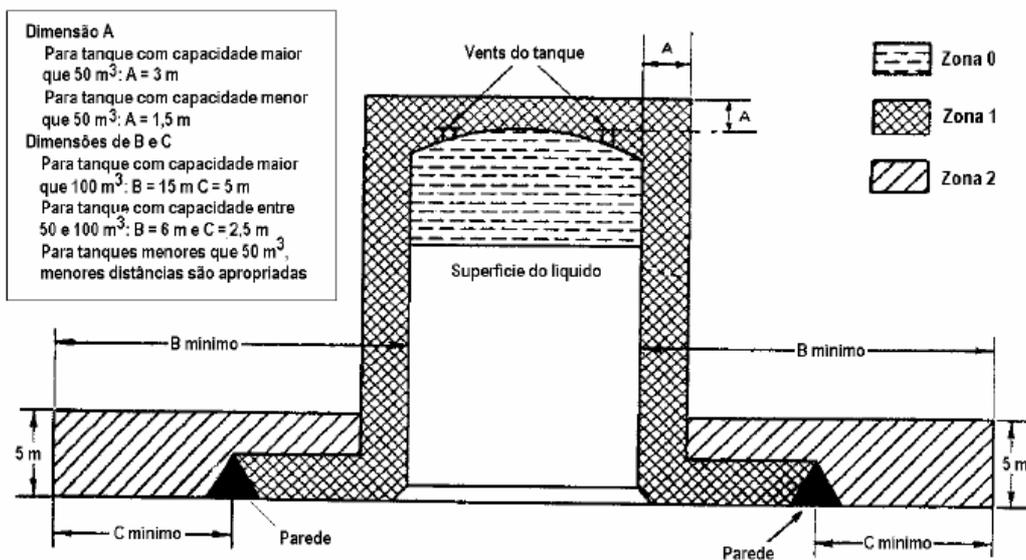
IEC 31J(S)10 (1987), *National Electrical Code* (NEC), Instituto Americano de Petróleo (API), Petrobrás e *Imperial Chemical Industries* (ICI) propõem algumas figuras para orientar a classificação de áreas, indicando distâncias e estabelecendo os limites das Zonas 0, 1 e 2, para gases mais leves e mais pesados que o ar. A Petrobrás desenvolveu seus desenhos baseando-se nos desenhos do API:

N-2166 (JUL. 88): Classificação de Áreas para Instalações Elétricas em Refinarias de Petróleo.

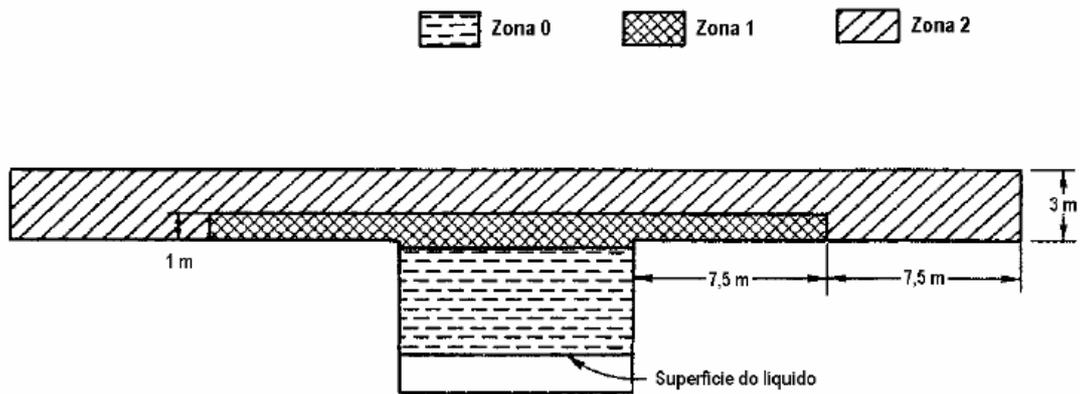
N-2167 (JUL. 88): Classificação de Áreas para Instalações Elétricas em Unidades e Transporte de Petróleo, Gás e Derivados. Nas Fig. 3 a Fig. 8 tem-se exemplos de figuras de classificação de áreas.



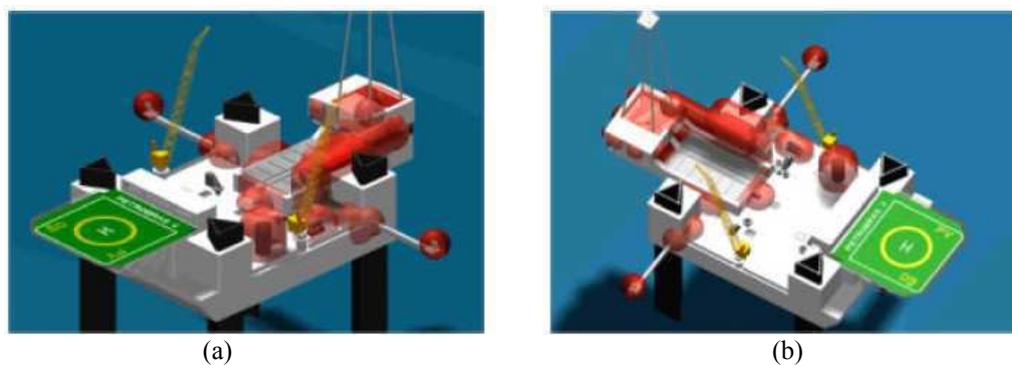
**Figura 3** - Classificação de área para um local com um compressor recíprocante ou centrífugo manipulando um gás mais leve que o ar, com laterais abertas e ventilação no teto (Ribeiro, 2004).



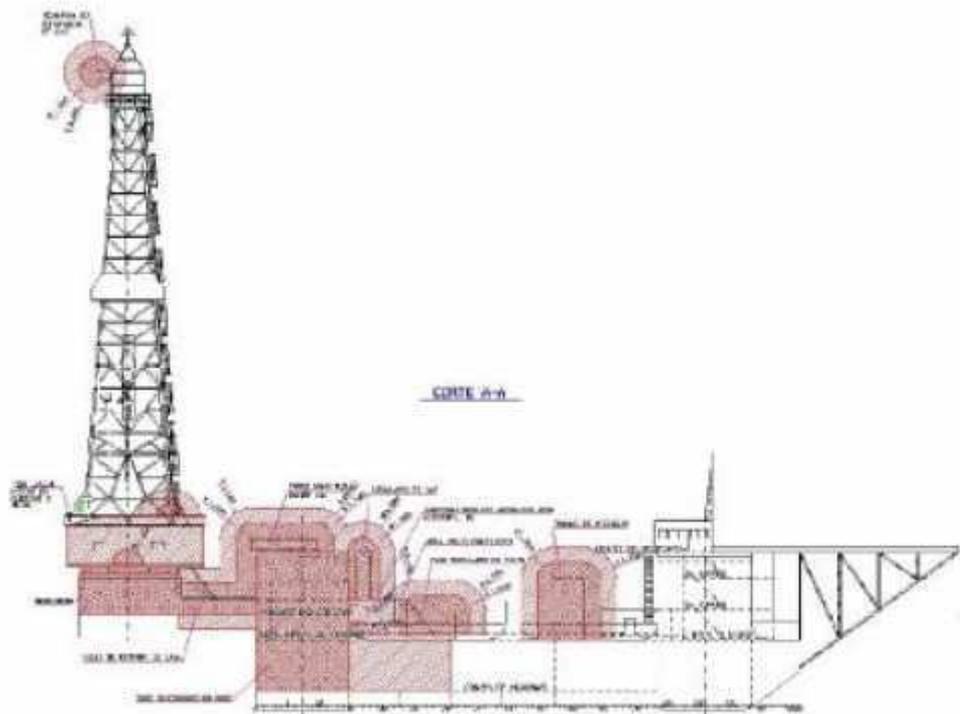
**Figura 4** - Classificação de área para um tanque de armazenamento de líquido inflamável com ponto de fulgor menor que 32 °C e com teto fixo (Ribeiro, 2004).



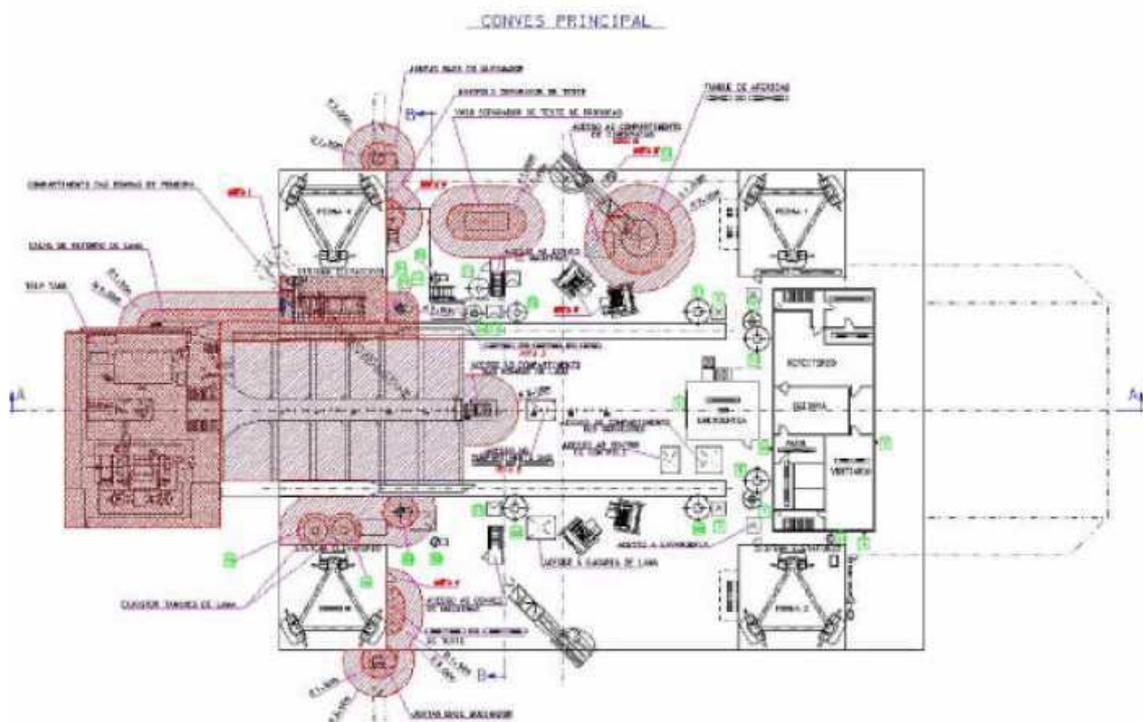
**Figura 5** - Classificação de área para separador de óleo/água aberto no topo (Ribeiro, 2004).



**Figura 6** – Arranjos tridimensionais da plataforma PETROBRAS-V, mostrando as áreas de risco, (a) Vista superior bombordo – proa, (b) Vista superior – boreste (Instru-Ex Petrobrás, 2002).



**Figura 7** – Plano de Áreas Classificadas da PETROBRAS-V: Vista de perfil (Instru-Ex Petrobrás, 2002).



**Figura 8** – Plano de Áreas Classificadas da PETROBRAS-V: Vista do Convés Principal (Instru-Ex Petrobrás, 2002).

## 4 Técnicas de Proteção

Em Áreas Classificadas somente serão empregados Equipamentos Elétricos especialmente construídos para uso em atmosferas potencialmente explosivas, com Certificado de Conformidade que ateste a adequação do mesmo para a atmosfera do local. Igualmente, os equipamentos devem ser instalados conforme requisitos das normas aplicáveis e mantidos adequadamente para assegurar a integridade da proteção (Suzuki, 2002).

### 4.1. Instalação Elétrica

Para especificar adequadamente os equipamentos usados em atmosferas explosivas, as seguintes informações são necessárias:

- Classificação de área do local da instalação segundo a probabilidade de ocorrência de atmosfera explosiva (Zona 0, 1 ou 2).
- Temperatura de ignição do gás ou vapor presente:

Temperatura mínima em que ocorre uma combustão, independente de uma fonte de ignição, como uma chama ou faísca, quando o simples contato do combustível (em vapor, por exemplo), em contato com o comburente já é o suficiente para estabelecer a reação (NBR 8370, 1998).

- Temperatura máxima de superfície:

O equipamento elétrico deve ser especificado de maneira que a temperatura máxima de superfície não irá atingir a temperatura de ignição de gás ou vapor que possa estar presente. Os equipamentos são identificados segundo a classe de temperatura em T1, T2, T3, T4, T5 ou T6 para o qual foram certificadas

- Grupo de gases ou vapores da substância inflamável, quando aplicável, em função do tipo de proteção do equipamento elétrico.
- Influência externa e Temperatura ambiente:

Equipamentos elétricos devem ser protegidos de influências externas (por exemplo, corrosão ou danos por penetração de água, reações químicas, efeitos térmicos e mecânicos). Os equipamentos elétricos devem ser utilizados dentro dos limites de temperatura ambiente para o qual foram projetados (Ribeiro, 2004).

#### 4.1.1. CLASSES DE TEMPERATURAS DOS EQUIPAMENTOS:

As Classes de Temperaturas dos equipamentos, determinadas pelas normas (NBR 8368, 2008) classificam as temperaturas máximas de superfície para equipamentos elétricos, conseqüentemente, essas classes de temperatura devem ser menores que a temperatura de ignição dos gases e vapores do meio circundante ao equipamento.

A tabela 1 mostra as classes de temperatura para equipamentos do Grupo IIA, IIB e IIC.

**Tabela 1** - Classificação de máxima temperatura de superfície de equipamento do Grupo II.

Classe de Temperatura	Máxima temperatura admissível da superfície dos equipamentos, °C	Temperatura de ignição de substâncias inflamáveis, °C
T1	450	>450
T2	300	300 a 450
T3	200	200 a 300
T4	135	135 a 200
T5	100	100 a 135
T6	85	85 a 100

Para equipamentos elétricos do Grupo I, a temperatura máxima de superfície não deve exceder:

1. 150°C sobre qualquer superfície onde possa formar uma camada de pó de carvão;
2. 450°C quando o risco acima é evitado, por exemplo, através de vedação contra poeira ou por ventilação.

### 4.2. Tipos de Proteção e Equipamentos para uso em Áreas Classificadas

As três técnicas principais de proteção aplicadas a instrumentos e equipamentos industriais são:

### 1. Segurança Intrínseca

São aqueles que em condições normais (isto é, abertura e fechamento do circuito) ou anormais (curto circuito, falta à terra) não liberam energia suficiente para inflamar a atmosfera explosiva (NBR 8447, 1998).

### 2. Prova de Explosão ou de Chama

Invólucro à prova de explosão: é um sistema suficientemente resistente e vedado para não propagar uma explosão, e cuja temperatura superficial não provoca a ignição de uma atmosfera explosiva. Isto implica uma construção robusta, com tampas roscadas ou parafusadas. Esses invólucros são construídos de tal forma, que ocorrendo à ignição de uma mistura dentro dele, ele resistirá mecanicamente à pressão, impedindo que a explosão se propague para o meio externo (NBR 5363, 1998).

### 3. Purga ou Pressurização

Neste tipo de proteção uma pressão positiva superior à pressão atmosférica, é mantida no interior do invólucro de modo a evitar a penetração de uma atmosfera explosiva que venha a existir ao redor do equipamento (NBR 5420, 1992).

Os tipos de proteção para equipamentos, conforme a IEC/ABNT, a simbologia associada, definição e Normas aplicáveis estão relacionadas no Anexo II.

Dentre os diversos tipos de proteção existentes, os únicos que dependem do Grupo de Gás são a Prova de Explosão (Ex-d) e Segurança Intrínseca (Ex-i). Portanto, quando se especificar qualquer um destes tipos de proteção, deve-se citar, também, o Grupo de Gás para o qual eles devem atender e a classe de temperatura.

## 4.3. Proteções e Zonas

Os tipos de proteção para equipamentos elétricos permitidos para instalação em Áreas Classificadas (Zona 0, Zona 1 e Zona 2) são os seguintes, conforme os livros de regras das Sociedades Classificadoras, em geral harmonizadas com as prescrições da Normalização Internacional (IEC 60079-14):

### **Zona 0 – Equipamentos Permitidos:**

Somente equipamentos do tipo intrinsecamente seguros (IS) certificados para Zona 0 (“Ex- i”), com circuito e fiação associada IS (baixa energia acumulada) (NBR 5418, 2005).

Notas:

- I. Em geral, circuitos/fiação para circuitos IS (“Ex-ia”) que transitam em bandejamentos com cabos de potência, devem ter armadura ou trança metálica.
- II. Cabos de circuitos intrinsecamente seguros não devem ser misturados dentro de um cabo múltiplo que também atenda a outros circuitos não intrinsecamente seguros (NIS), exceto, se blindados separadamente.
- III. Os terminais e cabos IS devem ser identificados na cor azul.
- IV. Os terminais e cabos IS devem ser fisicamente separados dos demais terminais NIS por placa isolante ou uma distância maior que 50 mm.
- V. Cabos de circuitos intrinsecamente seguros devem ser aterrados em um único ponto.

### **Zona 1 – Equipamentos Permitidos:**

Equipamentos e circuitos intrinsecamente seguros, certificados para Zona 0;

Equipamentos à Prova de Explosão (Ex-d);

Equipamentos do tipo invólucro pressurizado (Ex-p);

Equipamentos de segurança aumentada (Ex-e).

### **Zona 2 – Equipamentos Permitidos:**

Todos os equipamentos aprovados para Zona 0

Todos os equipamentos aprovados para Zona 1.

Equipamentos de tipo que assegure ausência de centelhas, arcos ou pontos quentes durante operação normal (temperatura de superfície menor que 200 °C)

Motores de indução do tipo gaiola, fechados;

Para Zona 2, algumas Classificadoras admitem o emprego de equipamentos do tipo industrial comum, sem ser do tipo com proteção “Ex”. Evitar tais equipamentos em áreas classificadas de plataformas marítimas, onde os raios de classificação de Zona 1 e 2 praticamente se confundem.

## 5. Instalação e Manutenção

### 5.1. Normas de Instalações

As instalações elétricas em áreas perigosas devem ser de conformidade com as exigências apropriadas para instalações em áreas não perigosas. Antes que se faça a montagem de uma instalação elétrica em atmosferas potencialmente explosivas, o responsável pela operação da instalação deve analisar e avaliar os riscos de explosão. A avaliação do perigo da explosão deve ser feita aplicando a diretiva de proteção contra explosão EX-RL: *Diretiva para evitar os perigos causados pelas atmosferas explosivas com uma compilação de exemplos*. Além desta diretiva, há também as normas EN 1 127-1: Atmosfera explosiva – proteção contra explosão, Parte 1: Princípios fundamentais e métodos e EN 60 079: *Subdivisão de atmosferas potencialmente explosivas com gases*. Finalmente, a diretiva 99/92/EC: Exigências mínimas para a melhoria da proteção da saúde e segurança dos empregados que estariam em risco devido a atmosferas explosivas.

### 5.2. Exigências de Instalação

O ponto de partida para a garantia da segurança de instalações em atmosferas potencialmente explosivas é a classificação. Depois de definir as zonas, as áreas locais em que a ocorrência de uma atmosfera explosiva perigosa é esperada devem ser claramente e duravelmente marcadas usando os símbolos de proibição como mostrado na Figura 9 (proibido chama, fogo e fumar) e sinais de advertência (Cuidado – atmosfera explosiva).



**Figura 9** - Sinal de proibição: proibindo fogo, chama acesa e fumar (Ribeiro, 2004)

- PARA TRABALHAR NESTE LOCAL, SOMENTE COM PERMISSÃO PARA TRABALHO (PT)
- MANTER TODAS AS PORTAS FECHADAS E EXAUSTOR LIGADO
- NÃO USE LUMINÁRIAS PORTÁTEIS QUE NÃO SEJAM CERTIFICADAS
- NÃO ENTRE COM VEÍCULO A PARTIR DAQUI
- NÃO USE TELEFONE CELULAR

Também é exigência da instalação, segundo Ribeiro (2004):

*Proteção contra contatos*: objetiva evitar sempre que possível qualquer formação de faísca como o resultado de contato com partes energizadas expostas (com exceção de partes intrinsecamente seguras)

**Equalização do potencial:** é requerida para evitar faíscas perigosas dentro da atmosfera potencialmente explosiva. Assim, qualquer parte condutora, que esteja associada com a construção ou instalação e com a fase potencial, deve ser incorporada a equalização do potencial.

**Instalação com proteção contra raios:** objetiva a proteção contra os efeitos do raio, reduzindo-os a grau inofensivo.

**Proteção contra cargas eletrostáticas:** as instalações elétricas devem ser instaladas de tal modo que o perigo resultante de cargas eletrostáticas não exista.

**Sistema com eletroduto (NBR 5418, 2005):** Este método é utilizado apenas para instalação de equipamentos do tipo à prova de explosão (Ex-d).

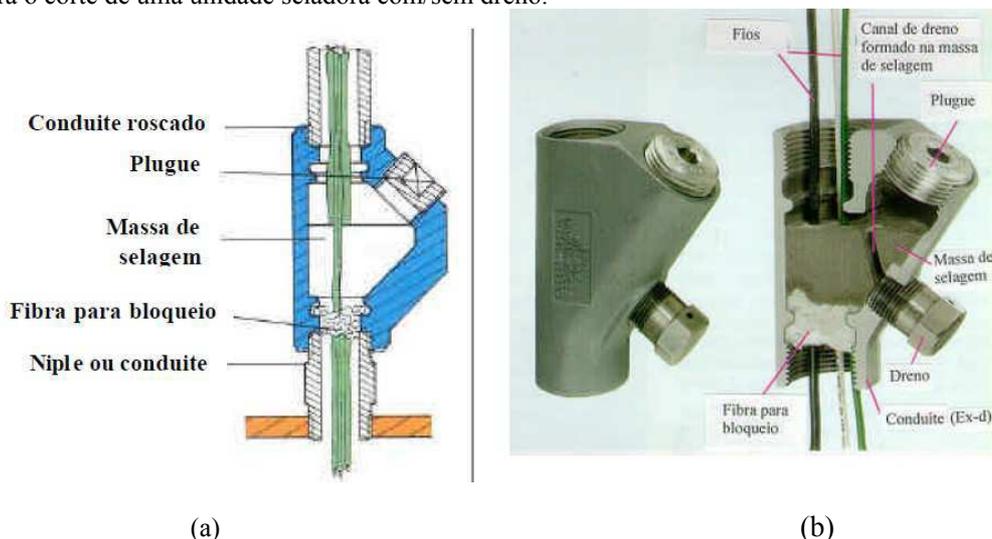
Neste sistema o cabo elétrico é instalado dentro de eletrodutos que são roscados diretamente nos furos dos invólucros à prova de explosão, conferindo eficiente proteção ao cabo contra danos físicos. Os eletrodutos devem ser metálicos, com construção rígida e com resistência suficiente para suportar a pressão de eventual explosão interna para instalação em Zona 1.

Os eletrodutos devem ser providos de unidades seladoras nos pontos especificados como segue:

- Na entrada ou saída de uma área classificada para outra não classificada, a unidade seladora pode ser aplicada em qualquer um dos lados da fronteira que limita as áreas.
- Na entrada/saída de invólucros à prova de explosão:

Após a instalação dos cabos nos eletrodutos, as unidades seladoras devem ser preenchidas com massa seladora; o material selador é uma mistura de compostos que, aplicado de forma líquida, endurece após a cura e sela o eletroduto de modo permanente;

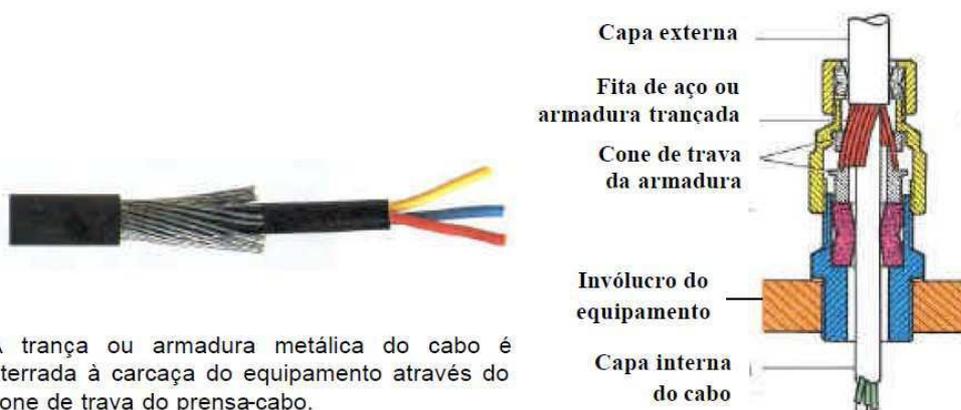
A utilização de Unidade Seladora é necessária para minimizar a migração de gases e vapores e evitar a propagação de chama de uma parte da instalação elétrica para outra através do eletroduto; A Figura 10 mostra o corte de uma unidade seladora com/sem dreno.



**Figura 10** - (a) Corte de uma Unidade Seladora sem dreno. (b) Foto e corte de uma Unidade Seladora com dreno ( Intru-Ex Petrobrás, 2002).

**Sistemas com cabos (NBR 5418, 2005):** As instalações elétricas em Áreas Classificadas podem ser executadas com cabos, sem uso dos eletrodutos.

No sistema com cabos sem eletrodutos, a penetração e fixação de cabo armado, com ou sem trança metálica, a invólucros à prova de explosão deve ser efetuada através de prensa-cabos também do tipo à prova de explosão. A figura 11 ilustra a chegada de cabo armado com armadura metálica à caixa metálica à prova de explosão, mostrando a interligação entre a trança metálica do cabo e o invólucro, através do prensa-cabo

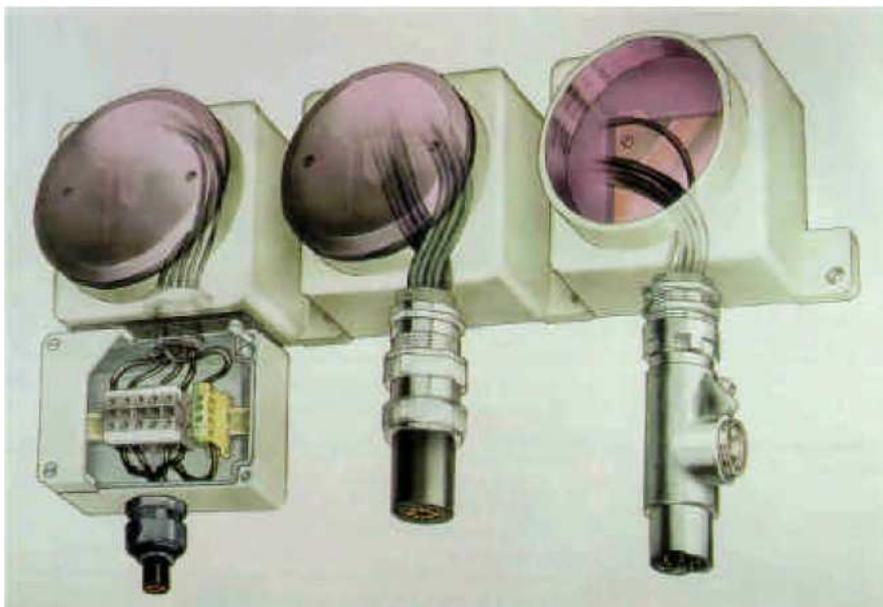


A trança ou armadura metálica do cabo é aterrada à carcaça do equipamento através do cone de trava do prensa-cabo.

**Figura 11** - Fixação de cabo armado, com armadura metálica em caixa metálica à prova de explosão (Ex-d), através de prensa-cabo metálica à prova de explosão (Ex-d) ( Instru-Ex Petrobrás, 2002)

A normalização IEC admite os seguintes tipos de entrada de cabos em invólucros, além do sistema de cabo em eletrodutos:

- *Entrada direta* em invólucro à prova de explosão, com uso de prensa-cabo à prova de explosão, conforme figura 12 (b) e cabo em eletroduto em caixa a prova de explosão conforme figura 12 (c).
- *Entrada indireta* em caixa plástica do tipo segurança aumentada, através de prensa cabo do tipo segurança aumentada, conforme figura 12 (a).



(a) (b) (c)

**Figura 12** - (a) Entrada indireta em caixa de segurança aumentada, (b) Entrada direta em caixa à prova de explosão, (c) Cabo em eletroduto em caixa à prova de explosão (Instru-Ex Petrobrás, 2002).

### 5.3. Itens de Inspeção da Instalação

As tabelas do Anexo III resumizam os itens de inspeção que devem ser considerados durante a manutenção preventiva, diária e temporária, com relação às partes que garantem a segurança, bem como garantindo a operação normal dos equipamentos, fiação e do próprio ambiente de instalação.

## 6. Considerações Finais

Todos os métodos de segurança, quando aplicados corretamente, são satisfatórios. A escolha do melhor método de proteção se baseia em aspectos técnicos e econômicos e devem se referir ao sistema completo.

As recomendações finais seriam:

- Conhecer profundamente as normas, códigos, recomendações e praticas das agências certificadoras, legais e dos fabricantes dos instrumentos;
- Assegurar que todas as áreas da planta estejam razoavelmente classificadas;
- Definir toda a filosofia de segurança e instalação e garantir a sua aplicação total;
- Garantir que os equipamentos sejam usados apenas para os fins que foram projetados, fazendo sempre manutenções preventivas para mantê-los operando adequadamente;
- Manter-se atualizado com todas as revisões, modificações, correções necessárias e feitas durante a montagem, a operação e a manutenção;
- E o principal, evitar a formação de atmosferas explosivas ou, se isso for inviável, deve-se evitar a sua deflagração, bem como a propagação de eventuais explosões garantindo assim a saúde e a segurança dos trabalhadores;
-

## Referências Bibliográficas

- RIBEIRO, M. A., Instalações Elétricas em Áreas Classificadas, 2º Edição, 2004.
- SUZUKI, H. K., OLIVEIRA, R. G., Instruções Gerais para Instalações em Atmosferas Explosivas: INSTRU – Ex Petrobrás, 2002 .
- NBR 8370 – Equipamentos e Instalações Elétricas para Atmosferas Explosivas Terminologia.
- NBR 9518 – Equipamentos Elétricos Para Atmosferas Explosivas – Requisitos Gerais Especificação.
- NBR 5418 – Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas.
- NBR 5363 – Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas – Tipo de Proteção “D” – Especificação.
- NBR 9883 – Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas – Segurança Aumentada - Tipo De Proteção “E”.
- NBR 8368 – Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas – Temperatura Máxima de Superfície.
- NBR 5420 – Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas – Invólucros com Pressurização ou Diluição Contínua - Tipo de Proteção “P”.
- NBR 8447 – Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas – Segurança Intrínseca - Tipo de Proteção “T”.
- IEC 60079-10 – Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas, Parte 10- Classificação de Áreas.
- MANTENCON, S. Vitor, Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas, 2000.
- MENDES, Paula, Atmosferas Explosivas – Risco de Explosão, 2003.

## Anexo I

<b>Grupos</b>	<b>Equipamentos</b>	<b>Substância</b>
<b>GRUPO I</b>	Para operação em mineração subterrânea suscetíveis a exalação de grisú	Metano (grisú) e pó de carvão
<b>GRUPO IIA</b>	Para operação em instalações de superfície onde pode existir perigo devido ao grupo do propano.	Acetona, Acetaldeído, monóxido de carbono, Álcool, Amônia, Benzeno, Benzol, Butano, Gasolina, Hexano, Metano, Nafta, Gás Natural, Propano, vapores de vernizes.
<b>GRUPO IIB</b>	Para operação em instalações de superfície onde pode existir perigo devido ao grupo do etileno.	Acroleína, óxido de Eteno, Butadieno, óxido de Propileno, Ciclopropano, Éter Etílico, Etileno, Sulfeto de Hidrogênio.
<b>GRUPO IIC</b>	Para operação em instalações de superfície onde pode existir perigo devido aos grupos do hidrogênio e acetileno.	Acetileno, Hidrogênio e Dissulfeto de Carbono.

**Tabela AI-1-**Agrupamento dos materiais de acordo com as normas IEC/ABNT

## Anexo II

**Tabela AII-1-Tipos de proteção para equipamentos “Ex” (Suzuki, 2002)**

TIPOS DE PROTEÇÃO	SIMBOLO IEC/ABNT	DEFINIÇÃO	NORMAS IEC/ (ABNT)
À Prova de explosão <i>Explosion proof ou Flameproof</i>	Ex - d	Capaz de suportar explosão interna sem permitir que essa explosão se propague para o meio externo.	IEC 60079.1 (NBR 5363)
Pressurizado <i>Pressurized ou Purged</i>	Ex - p	Invólucros com pressão positiva interna, superior à pressão atmosférica, de modo que se houver presença de mistura inflamável ao redor do equipamento esta não entre em contato com partes que possam causar uma ignição.	IEC 60079.2 (NBR 5420)
Imerso em óleo (*) <i>Oil-filled / Oil-immersed</i>	Ex - o	As partes que podem causar centelhas ou alta temperatura se situam em um meio isolante.	IEC 60079.6 (NBR 8601)
Imerso em areia (**) <i>Sand or powder filled</i>	Ex - q		IEC 60079.5
Imerso em resina <i>resin-moulded/Encapsulation</i>	Ex - m		IEC 60079.18
Segurança aumentada <i>Increased safety</i>	Ex - e	Medidas construtivas adicionais são aplicadas a equipamentos que em condições normais de operação não produzem arcos, centelhas ou altas temperaturas.	IEC 60079.7 (NBR 9883)
Segurança intrínseca <i>Intrinsically-safe</i>	E - ia	Dispositivo ou circuito que em condições normais ou anormais (curto-circuito, etc) de operação não possui energia suficiente para inflamar a atmosfera explosiva.	IEC 60079.11 (NBR 8447)
	E - ib		
Não-acendível <i>Non-incendive</i>	Ex - n	Dispositivo ou circuito que em condições normais de operação não são capazes de provocar a ignição de uma atmosfera explosiva de gás, bem como não é provável que ocorra algum defeito que seja capaz de causar a inflamação dessa atmosfera.	IEC 60079.15 -
Especial	Ex - s	Usado para casos ainda não previstos em norma.	-

Notas:

(\*) Não é aceito pelas Classificadoras em virtude da inflamabilidade do óleo isolante.

(\*\*) Não é comumente utilizado – tecnologia antiga.

## Anexo III

Tabela AIII - 1 - Itens de inspeção de ambiente

ITEM DE INSPEÇÃO	MEDIDA DE INSPEÇÃO	CONTEUDO DA INSPEÇÃO	OBSERVAÇÕES
Temperatura ambiente	Visual, termometro	Não pode exceder limites predeterminados	
Respindo de água	Visual, táctil	Não pode estar molhado Não pode entrar água	
Pó	Visual	Não pode acumular pó Não pode estar contaminado	
Atmosfera: gás corrosivo	Visual, táctil	Sem vazamento	Verificar com detector, se necessário
Atmosfera: gás explosivo	Visual, olfato	Sem vazamento	Verificar com detector, se necessário
Vibração	Visual, táctil	Sem vibração exagerada	Verificar com detector, se necessário

Tabela AIII - 2 - Itens de inspeção de equipamento elétrico à prova de explosão ou chama.

ITEM DE INSPEÇÃO	MEDIDA DE INSPEÇÃO	CONTEUDO DA INSPEÇÃO	OBSERVAÇÕES
Janelas transparentes	Visual	Não pode exceder limites predeterminados	Substituição
Superfícies de junção	Visual	Sem rugosidade devida a danos, ferrugem, arranhão	Limpeza
Aperto dos parafusos	Visual, táctil	Apertado, sem depósito de pó e sem ferrugem	Reaperto e limpeza
Gaxetas e buchas	Visual	Sem quebra Sem deformação adversa	Substituição
Mancais	Visual	Sem vazamento Sem deterioração da graxa	Substituição da graxa
Porção dos condutores flexíveis	Visual, táctil	Sem danos Sem deterioração Sem desaperto	Substituição
Terminais	Visual, táctil	Sem desaperto do conector Sem sujeira no material isolante	Reaperto e limpeza
Involúcros	Visual	Sem ferrugem/dano	Limpeza Tratamento antiferrugem
Aumento da temperatura da superfície do invólucro	Termômetro, táctil	Deve ser menor que o valor especificado	Investigação da causa

Tabela AIII - 3 - Itens de inspeção de equipamento elétrico pressurizado ou purgado.

<b>ITEM DE INSPEÇÃO</b>	<b>MEDIDA DE INSPEÇÃO</b>	<b>CONTEUDO DA INSPEÇÃO</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
<b>Janelas transparentes</b>	Visual	Não pode exceder limites predeterminados	Substituição
<b>Dutos de ventilação para o gás</b>	Visual, tátil	Sem vazamento considerável	Revisão da causa
<b>Aperto dos parafusos</b>	Visual, tátil	Apertado, sem depósito de pó e sem ferrugem	Reaperto e limpeza
<b>Gaxetas e buchas</b>	Visual	Sem quebra Sem deformação adversa	Substituição
<b>Pressão volume e vazão</b>	Manômetro ou medidor de vazão	Sem vazamento Sem deterioração da graxa	Revisão da causa
<b>Porção dos condutores flexíveis</b>	Visual, tátil	Sem danos Sem deterioração Sem desaperto	Substituição
<b>Terminais</b>	Visual, tátil	Sem desaperto do conector Sem sujeira no material isolante	Reaperto e limpeza
<b>Invólucros</b>	Visual	Sem ferrugem/dano	Limpeza Tratamento antiferrugem
<b>Aumento da temperatura da superfície do invólucro e dos dutos de ventilação e exaustão</b>	Termômetro, tátil	Deve ser menor que o valor especificado	Investigação da causa
<b>Filtro na entrada</b>	Visual	Sem entupimento apreciável	Limpeza e substituição

**Tabela AIII - 4 - Itens de inspeção de equipamento elétrico com segurança aumentada.**

<b>ITEM DE INSPEÇÃO</b>	<b>MEDIDA DE INSPEÇÃO</b>	<b>CONTEUDO DA INSPEÇÃO</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
<b>Janelas transparentes</b>	Visual	Não pode exceder limites predeterminados	Substituição
<b>Porção de conexão</b>	Visual, tátil	Sem desaperto e sem sujeira no material isolante	Revisão da causa
<b>Aperto do parafusos</b>	Visual, tátil	Apertado, sem depósito de pó e sem ferrugem	Reaperto e limpeza
<b>Gaxetas e buchas</b>	Visual	Sem quebra Sem deformação adversa	Substituição
<b>Mancais</b>	Visual	Sem vazamento Sem deterioração da graxa	Revisão da causa
<b>Porção dos condutores flexíveis</b>	Visual, tátil	Sem danos Sem deterioração Sem desaperto	Substituição
<b>Terminais de terra</b>	Visual, tátil	Sem desaperto do conector Sem sujeira no material isolante	Reaperto e substituição
<b>Involucros</b>	Visual	Sem ferrugem/dano	Limpeza Tratamento antiferrugem
<b>Aumento da temperatura das peças onde o gás explosivo pode ter acesso</b>	Termômetro, tátil	Deve ser menor que o valor especificado	Investigação da causa
<b>Isoladores</b>	Visual	Sem sujeira, sem deterioração e sem descoloração	Limpeza e substituição
<b>Dispositivo de proteção contra sobrecarga</b>	Teste de desempenho	Deve operar normalmente	Substituição
<b>Tensão, corrente e frequência</b>	Checks por medidores	Deve ter valores especificados	Investigação da causa

**Tabela AIII - 5 - Itens de inspeção de equipamento elétrico com segurança intrínseca**

<b>ITEM DE INSPEÇÃO</b>	<b>MEDIDA DE INSPEÇÃO</b>	<b>CONTEUDO DA INSPEÇÃO</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
<b>Combinação de equipamento intrinsecamente seguro (IS) e associado</b>	Visual	A combinação de equipamento IS e associado deve estar de conformidade com a especificação	Retirar a equipamento não aprovado que não esteja especificado em documento relevante
<b>Marcação</b>	Visual	Sem desaperto e sem sujeira A marcação deve ser lida facilmente	Limpeza e substituição
<b>Partes de ligação de peças com corrente</b>	Visual, tátil	As partes de ligações externas devem estar apertadas, sem sujeira no material isolante	Reaperto e limpeza
<b>Verificação do desempenho (*)</b>	Medições por instrumentos	Para funcionar normalmente na tensão especificada	
<b>Tensão de circuito aberto através de terminais do circuito IS (*)</b>	Medições por instrumentos	Para medir a tensão de circuito aberto através dos terminais de circuitos IS quando a tensão especificada é aplicada através dos terminais de circuito não IS	Aplicado somente em equipamento associado
<b>Corrente de curto circuito em terminais do circuito IS (*)</b>	Medições por instrumentos	Para medir a corrente de curto circuito em terminais de circuitos IS quando a tensão especificada é aplicada através dos terminais de circuito não IS	Aplicado somente em equipamento associado
<b>Isolação (teste dielétrico) (*)</b>	Medições por instrumentos	Para testar a isolação entre terminais IS e não IS Para testar a isolação entre terminais IS e terminais de terra Sem sujeira no material isolante	
<b>Invólucros</b>	Visual	Sem ferrugem/dano	Limpeza Tratamento antiferrugem

Manutenção marcada com (\*) deve ser feita de acordo com instruções e manuais publicadas pelo fabricante.