



Guia Abendi 2022

Atmosferas explosivas

Equipamentos e instalações elétricas e mecânicas



Autores:
André Cardoso
Ivan Pinto
Jamy Sampaio
Ricardo Carletti
Roberval Bulgarelli
Rogélio Gôngora
Sérgio Rausch

Abendi

**Guia “Ex” - Atmosferas explosivas
Equipamentos e instalações elétricas e mecânicas**

Sumário

1	Objetivo.....	3
2	Prefácio	3
3	Introdução.....	3
4	Glossário de termos técnicos “Ex”	5
5	Principais Normas Técnicas Brasileiras adotadas sobre equipamentos e instalações elétricas e mecânicas “Ex”	8
6	Evolução das Normas Técnicas Brasileiras adotadas publicadas ou revisadas pela ABNT sobre o tema “atmosferas explosivas”	10
7	A segurança ao longo do “ciclo total de vida” das instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas.....	14
8	Aspectos gerais sobre serviços de classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção, manutenção, reparo e recuperação de equipamentos e instalações “Ex”	17
9	Serviços de classificação de áreas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.....	17
10	Zonas, Grupos e classes de temperatura em áreas classificadas de gases e poeiras	21
11	Riscos associados ao manuseio de grãos em atmosferas explosivas de poeiras combustíveis.....	26
12	Eletricidade estática em atmosferas explosivas - Riscos, controle e mitigação.....	52
13	Seleção de equipamentos “Ex” de acordo com EPL (<i>Equipment Protection Level</i>) requerido pela classificação de áreas	66
14	Principais características que os equipamentos elétricos e mecânicos utilizados em áreas classificadas devem atender.....	68
15	Passo a passo para a especificação de equipamentos “Ex” para áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis	73
16	Equipamentos mecânicos para atmosferas explosivas.....	80
17	A importância dos detalhes típicos no projeto e na montagem de instalações “Ex”	83
18	Serviços de inspeção de equipamentos e instalações “Ex”	92
19	Exemplos de desvios encontrados em equipamentos e instalações “Ex” durante inspeções.....	97
20	Registro em banco de dados de inventário e gestão de ativos “Ex” e prazos de correção de desvios “Ex”.....	101
21	Serviços de reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”	103
22	Norma Regulamentadora NR-37 - Segurança e saúde em plataformas de petróleo: Requisitos relacionados com equipamentos e instalações “Ex”	105
23	A segurança operacional durante o ciclo total de vida das instalações “Ex” - SGSO “Ex”	112
24	A indevida “normalização” dos desvios “Ex”: Como evitar?.....	115
25	O padrão APL e o conceito de redes Ethernet intrinsecamente seguras a dois fios (2-WISE).....	130
26	O IECEx e a participação do Brasil nos sistemas internacionais de certificação de pessoas, serviços e produtos elétricos e mecânicos “Ex”	148
27	Requisitos para a certificação de empresas de serviços de projeto, montagem, inspeção e manutenção “Ex”.....	151
28	Requisitos de certificação de empresas de serviços de reparo e recuperação de equipamentos “Ex”.....	152
29	Primeira empresa brasileira de serviços de inspeção e manutenção de equipamentos e instalações “Ex” certificada no Brasil.....	153
30	Requisitos de competências pessoais para execução e supervisão de atividades em atmosferas explosivas e a importância do profissional certificado	155
31	Considerações sobre a atual situação de segurança das instalações “Ex” e pontos de melhorias para evitar acidentes	161
32	Considerações gerais sobre a segurança de equipamentos e instalações de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas.....	162
33	Referências bibliográficas aplicáveis ao tema “Atmosferas Explosivas”.....	164
34	Autores deste trabalho sobre segurança dos equipamentos e instalações elétricas e mecânicas em áreas classificadas	165

1 Objetivo

Este Guia *Atmosferas explosivas - Equipamentos e instalações elétricas e mecânicas* é dirigido a **técnicos, engenheiros e demais profissionais** envolvidos com as atividades de execução, supervisão ou fiscalização de serviços em equipamentos ou instalações de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricas ou mecânicas em áreas classificadas contendo atmosferas explosivas formadas por gases inflamáveis ou poeiras combustíveis. O termo “Ex” é comumente utilizado para referenciar equipamentos e instalações relacionadas às áreas classificadas, incluindo os produtos, componentes, sistemas de gestão, treinamentos, serviços, competências pessoais e livros, incluindo o presente *Guia “Ex”*.

Este Guia “Ex” é destinado a **profissionais** envolvidos com serviços “Ex”, como: classificação de áreas, projeto, montagem, instalação, inspeção, manutenção, reparo, recuperação, gestão de ativos “Ex” ou auditorias de equipamentos e instalações em áreas classificadas, com base nos requisitos das Normas Técnicas Brasileiras adotadas, das Séries **ABNT NBR IEC 60079** (*Atmosferas explosivas*) e **ABNT NBR ISO 80079** (*Equipamentos mecânicos “Ex”*).

Este Guia “Ex” tem por objetivo servir como uma fonte de consulta para a implantação de sistemas de **gestão de segurança, gestão de ativos e gestão de competências pessoais “Ex”**, a serem implantados em Empresas que possuem áreas classificadas e que são **proprietárias** ou **usuárias** de equipamentos e instalações de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricas ou mecânicas em atmosferas explosivas, contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, de forma a garantir a **segurança** dos equipamentos e das instalações “Ex” ao longo do seu **ciclo total de vida**, bem como das pessoas, do patrimônio e do meio ambiente, sujeitos aos riscos potenciais que podem estar presentes.

2 Prefácio

Este Guia “Ex” sobre equipamentos e instalações de instrumentação, de automação, de telecomunicações, elétricas e mecânicas em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis foi elaborado tendo como base as experiências, lições aprendidas, conhecimentos e boas práticas adquiridas pelos seus autores.

Estas experiências são resultantes de trabalhos práticos de campo, ao longo das últimas décadas, em instalações industriais “Ex” de grande porte, terrestres e marítimas, relacionados com atividades de classificação de áreas, projetos, especificação técnica de equipamentos, montagem, inspeção, manutenção, recuperação, auditorias e gestão de instalações contendo atmosferas explosivas.

Um dos pontos de destaque em comum que podem ser ressaltado na elaboração e no conteúdo desta obra é que os todos os autores são **usuários** de equipamentos e instalações elétricas e mecânicas “Ex”. Esta significativa característica, benéfica e peculiar na literatura técnica relacionada ao tema “atmosferas explosivas”, faz com que sejam apresentadas nesta obra importantes informações sob o ponto de vista de profissionais que estão **diretamente envolvidos com atividades práticas de campo** em áreas classificadas, tanto em instalações terrestres (*onshore*) como em instalações marítimas (*offshore*), envolvendo equipamentos e instalações de automação, instrumentação, telecomunicações, elétricas e mecânicas, em locais contendo atmosferas explosivas formadas por gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

Dentre estas atividades de campo podem ser citadas as lições aprendidas sobre solução de problemas e boas práticas em termos de medidas a serem adotadas para uma adequada **gestão de ativos “Ex”** e **gestão das pessoas “Ex”** envolvidas com atividades de execução e supervisão de serviços em áreas classificadas, com o objetivo de elevação dos níveis de segurança, proteção contra a existência de indevidos desvios e fontes de ignição, atendimento dos requisitos legais e cumprimento dos requisitos normativos especificados nas normas técnicas brasileiras adotadas “Ex” aplicáveis.

Este ponto de vista “estratégico” de **usuários** de equipamentos e instalações “Ex” faz com que sejam apresentados, ao longo dos Capítulos desta obra, importantes **informações, recomendações, boas práticas e lições aprendidas** que foram sendo consolidadas com os **conhecimentos e experiências** acumuladas ao longo de atividades práticas realizadas em áreas classificadas, nas respectivas carreiras técnicas e profissionais dos autores.

3 Introdução

As instalações de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricas e mecânicas destinadas a operarem em **áreas classificadas** são caracterizadas por envolverem rigorosos requisitos dos pontos de vista de **segurança, normalização técnica**, conformidade com requisitos técnicos e legais, considerados em sistemas **nacionais e internacionais** de avaliação da conformidade e de certificação, em função dos elevados riscos presentes neste tipo de instalações industriais, pela possibilidade de risco de ignição de **atmosferas explosivas**. A busca contínua por maiores

níveis de segurança industrial, levou diversos países a exigirem certificações cada vez mais rígidas, no que tange às instalações elétricas e mecânicas em **atmosferas explosivas**.

A atual abordagem de certificação, com base no “**ciclo total de vida**” das instalações “Ex” adotada por muitos países do mundo, reconhece o fato de que somente a “tradicional” certificação de **equipamentos** elétricos e mecânicos “Ex” é **insuficiente** para garantir a **segurança** das instalações em atmosferas explosivas e nem das pessoas que nelas interajam. As explosões que podem ocorrer nestas áreas de elevado risco, podem ter resultados catastróficos para as pessoas, instalações e meio ambiente, que podem resultar em grandes perdas de **vidas humanas**, em destruição do **patrimônio** e em grandes desastres **ambientais**.

Nas indústrias que possuem instalações contendo áreas classificadas, é relativamente “comum” a preocupação em especificar e adquirir somente equipamentos de instrumentação, de automação, de telecomunicações, elétricos e mecânicos “Ex” adequados para instalação em áreas classificadas, os quais possuem os respectivos certificados de conformidade “Ex”, emitidos por Organismos de Certificação reconhecidos.

Dentre estas empresas, das áreas de petróleo, petroquímica, farmacêutica, química, sucroalcooleira, de alimentos e de grãos, pode ser verificado que é também comum a preocupação com que os certificados de conformidade destes equipamentos “Ex” sejam devidamente arquivados em um sistema de gerenciamento de documentação, geralmente eletrônico, que possa facilmente evidenciar a certificação dos equipamentos “Ex” instalados.

A falta de percepção de que as instalações “Ex” podem estar inseguras devido a **falhas humanas**, decorrentes de falhas de serviços de projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos pode representar sérias consequências de **segurança**, nos casos em que a perda de contenção do interior dos equipamentos de processo que operem com gases ou líquidos inflamáveis ou poeiras combustíveis e formam, sob determinadas condições, em contato com o oxigênio do ar, atmosferas explosivas que envolvem os equipamentos e instalações ao seu redor.

Nestas situações, caso os equipamentos certificados “Ex” não tenham sido devidamente especificados, instalados, mantidos, reparados e recuperados, estes podem se tornar uma **fonte de ignição** por produzirem centelhas, faíscas ou apresentarem pontos quentes, que sejam suficientes para provocar a **explosão** da atmosfera explosiva presente no local da instalação.

Isto se deve ao fato de que, na realidade, pouco adianta que estes equipamentos “Ex” tenham sido certificados, se eles não são devidamente **especificados, instalados, inspecionados, mantidos, reparados e recuperados**, ao longo das décadas em que normalmente permanecem instalados e operando em locais de elevados riscos de explosão, contendo atmosferas explosivas.

Nas inspeções e auditorias realizadas nas instalações industriais contendo atmosferas explosivas, tanto terrestres como marítimas, são frequentemente encontradas diversas não conformidades, ocasionadas por deficiências das atividades de classificação de áreas, projeto, especificação, instalação, inspeção, manutenção e reparos de equipamentos “Ex”. Pode ser verificado que estas não conformidades estão diretamente relacionadas com a falta de treinamento, qualificação, experiências, habilidades e competências das pessoas que executam estas atividades relacionadas com áreas classificadas.

Em função de falhas na execução das atividades de montagem, manutenção, inspeção ou reparo, as características de proteção que seriam esperadas de um equipamento elétrico, de instrumentação, de automação ou de telecomunicações com certificação “Ex” podem ser perigosamente perdidas, devido às deficiências nas competências das pessoas ou das empresas de serviços envolvidas com a execução destas atividades.

Desta forma, estes profissionais e empresas de serviços “Ex” necessitam conhecer, dentre outros, os requisitos normativos indicados nas Normas Técnicas **ABNT NBR IEC 60079-10-1** (*Classificação de áreas contendo gases inflamáveis*), **ABNT NBR IEC 60079-10-2** (*Classificação de áreas contendo poeiras combustíveis*), **ABNT NBR IEC 60079-14** (*Projeto, seleção de equipamentos, montagem e inspeção inicial de instalações “Ex”*), **ABNT NBR IEC 60079-17** (*Inspeção e manutenção de equipamentos e instalações “Ex”*) e **ABNT NBR IEC 60079-19** (*Reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”*).

Além de conhecimentos teóricos sobre os requisitos normativos e legais, estes profissionais devem também ter sido submetidos a treinamentos práticos, para que possam consolidar, os requisitos e **detalhes** de montagem, inspeção, manutenção e reparos requeridos para os tipos normalizados de equipamento “Ex” para atmosferas explosivas.

As Normas Técnicas Brasileiras adotadas das **Séries ABNT NBR IEC 60079 e ABNT NBR ISO 80079** apresentam requisitos que servem de base, não somente para a certificação dos **equipamentos** de instrumentação, automação,

telecomunicações, elétricos ou mecânicos “Ex”, mas também para a certificação prioritária das **empresas de serviços** “Ex” e para a certificação prioritária das **competências pessoais** em atmosferas explosivas dos profissionais envolvidos com a execução e supervisão de atividades “Ex”.



*Certificação de empresas de serviços “Ex” e de competências pessoais em atmosferas explosivas: a **CONFIANÇA** necessária para que os serviços em áreas classificadas sejam executados ou supervisionados de forma **correta**, de acordo com os requisitos especificados nas Normas Técnicas Brasileiras adotadas das Séries **ABNT NBR IEC 60079** e **ABNT NBR ISO 80079 - Atmosferas explosivas***

4 Glossário de termos técnicos “Ex”

São indicados a seguir alguns dos termos técnicos “Ex” mais usualmente aplicados na área de segurança de equipamentos e instalações de instrumentação, de telecomunicações, de automação, elétricas e mecânicas em áreas classificadas, os quais colaboram no sentido de um melhor entendimento dos principais **conceitos** e **serviços** relacionados com atmosferas explosivas.

Deve ser ressaltada a necessidade de consulta à Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60050-426 (**Vocabulário eletrotécnico internacional - Parte 426: Atmosferas explosivas**), que apresenta a definição de diversos termos relacionados com equipamentos e instalações em atmosferas explosivas, incluindo:

- Termos gerais “Ex”
- Fenômenos físicos e químicos
- Áreas classificadas e zonas
- Serviços de instalações em atmosferas explosivas
- Serviços de inspeção e manutenção “Ex”
- Serviços de reparo, revisão e recuperação “Ex”
- Atmosferas explosivas - Aplicação de sistemas de gestão da qualidade
- Equipamentos não elétricos “Ex” - Generalidades
- Equipamento não elétrico “Ex” – Mineração
- Generalidades sobre a construção de equipamentos elétricos e mecânicos “Ex”
- Encapsulamento - Tipo de proteção Ex “m”
- Segurança aumentada - Tipo de proteção Ex “e”
- Equipamentos intrinsecamente seguros e associados - Tipo de proteção Ex “i”
- Proteção de invólucros por pressurização - Tipo de proteção Ex “p”
- Invólucros à prova de explosão - Tipo de proteção Ex “d”
- Radiação óptica em atmosferas explosivas – Tipo de proteção Ex “op”
- Proteção por invólucro contra a ignição de poeira combustível – Tipo de proteção Ex “t”
- Imersão em areia - Tipo de proteção Ex “q”
- Imersão em líquido - Tipo de proteção Ex “o”
- Não acendível - Tipo de proteção “n”

- Proteção especial - Tipo de proteção Ex “s”
- Aquecimento por traceamento elétrico “Ex”
- Lanternas para capacetes “Ex”
- Detecção de gases combustíveis
- Eletrostática

Área classificada: área na qual uma atmosfera explosiva está presente, ou pode estar presente, em quantidades que requeiram precauções especiais para o projeto, fabricação de equipamentos “Ex”, instalação, utilização, inspeção, manutenção e reparo ou recuperação de equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos e mecânicos, ao longo do ciclo total de vida das instalações “Ex”

Área não classificada: Área na qual uma atmosfera explosiva não é prevista estar presente em quantidades que necessitem de precauções especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos

Atmosferas explosivas: misturas com o ar, sob condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis ou combustíveis na forma de gases, vapores, poeiras, fibras ou partículas em suspensão, as quais, após a ignição, permitem a propagação autossustentada de uma explosão

Avaliação de competências pessoais: processo que faz parte da avaliação em um processo de certificação e que mede as competências dos candidatos por um ou mais meios, como exames escritos, orais, práticos ou por observação [Norma ABNT NBR ISO/IEC 17024]

Certificado: Documento que assegura a conformidade de um produto, processo, sistema, pessoa ou organização, de acordo com requisitos específicos

Certificado de competências pessoais “Ex”: documento emitido por um organismo de certificação reconhecido por um Sistema de Certificação de Competências Pessoais “Ex”, que evidencia que a pessoa certificada foi avaliada e atende aos critérios estabelecidos nas Unidades de Competência “Ex” aplicáveis para as atividades desempenhadas

Classe de temperatura: sistema de classificação de equipamentos “Ex”, baseado na sua máxima temperatura de superfície, relacionada com a atmosfera explosiva específica para a qual o equipamento é destinado

Competência: capacidade demonstrada de aplicar conhecimentos ou habilidades e, onde pertinente, atributos pessoais, demonstrados conforme estabelecido no respectivo esquema de certificação [Norma ABNT NBR ISO/IEC 17024]

EPL (Equipment Protection Level): Nível de Proteção proporcionado pelo equipamento “Ex”, com base na probabilidade de se tornar uma fonte de ignição e distinguir as diferenças entre as atmosferas explosivas de gás, as atmosferas explosivas de poeira e as atmosferas explosivas em minas suscetíveis a grisú [Norma ABNT NBR IEC 60050-426]

Equipamentos “Ex”: equipamentos de instrumentação, de automação, de telecomunicações, elétricos ou mecânicos nos quais medidas de projeto e construtivas foram aplicadas de forma a assegurar que as fontes de ignição efetivas foram mitigadas, de acordo com os requisitos do EPL proporcionado pelo equipamento

Fontes de ignição: equipamento, fonte de energia ou condições que constitui uma fonte de ignição para uma determinada atmosfera explosiva de gases inflamáveis ou de poeiras combustíveis. Podem ser citadas como possíveis fonte de ignição: superfícies quentes, chamas, gases e partículas quentes, centelhas geradas mecanicamente, atrito, fontes elétricas, correntes elétricas de fuga, correntes elétricas de proteção catódica contra corrosão, eletricidade estática, descargas atmosféricas, ondas eletromagnéticas de rádio frequência, ondas eletromagnéticas incluindo radiação óptica, radiação ionizante, ultrassom, compressão adiabática, ondas de choque e reações exotérmicas

Fontes efetivas de ignição: fontes de ignição potenciais que são capazes de causar a ignição de uma atmosfera explosiva onde considerações são feitas quando isso ocorrer (por exemplo, surgir em operação normal, mau funcionamento previsto ou mau funcionamento raro), as quais são importantes para estabelecer o EPL proporcionado pelos equipamentos “Ex”. Uma fonte de ignição efetiva é uma potencial fonte de ignição que pode causar a ignição de uma atmosfera explosiva, caso as medidas de proteção não sejam aplicadas. Por exemplo, o calor gerado pelo atrito, que pode ser gerado por um rolamento, é uma possível fonte de ignição. Este componente é uma fonte de ignição relacionada ao equipamento se esta parte do equipamento contiver um rolamento. Se a energia que pode ser produzida pelo atrito no rolamento for capaz de causar a ignição de uma atmosfera explosiva, então este componente é uma fonte potencial de ignição. A probabilidade desta fonte potencial de ignição ser efetiva depende se o calor gerado pelo atrito irá ocorrer em uma determinada situação

Fontes potenciais de ignição: fonte de ignição relacionada ao equipamento “Ex”, a qual tem a capacidade de causar a ignição de uma atmosfera explosiva, como por exemplo, a capacidade de se tornar efetiva. A probabilidade das fontes potenciais de ignição se tornarem efetivas determina o EPL proporcionado pelo equipamento “Ex”. Estas fontes potenciais de ignição podem surgir em operação normal, mau funcionamento previsto ou mau funcionamento raro

Gases ou vapores inflamáveis: gases ou vapores que quando misturados com o ar, em determinadas concentrações, formam uma atmosfera explosiva de gás ou vapor

Inspeção: Ação que compreende um exame criterioso de um item, realizado com ou sem sua desmontagem, ou adicionalmente com desmontagem parcial, como requerido, complementado por meios como medição, de forma a se chegar a uma conclusão confiável das condições de um item [Norma ABNT NBR IEC 60050-426]

Mau funcionamento em atmosferas explosivas: situação em que o equipamento ou os componentes não realizam suas funções projetadas em relação à proteção contra uma explosão. Um mau funcionamento pode acontecer devido a diversas razões, incluindo: falha de uma (ou mais) das partes componentes do equipamento ou componentes, distúrbios externos (por exemplo, impactos, vibração, campos eletromagnéticos), erro ou deficiência de projeto (por exemplo, erro de *software*), distúrbios da fonte de alimentação ou outros serviços ou perda de controle pelo operador, especialmente para equipamentos portáteis

Mau funcionamento previsto: distúrbios ou mau funcionamento do equipamento que normalmente possam ocorrer na prática

Mau funcionamento raro: tipo de mau funcionamento que pode acontecer apenas em casos raros. Dois maus funcionamentos independentes previstos que, separadamente, não criariam uma fonte de ignição, mas que, em combinação, criariam uma fonte de ignição, são considerados um mau funcionamento raro. Por exemplo, a falha de um rolamento que tenha sido devidamente fabricado, especificado, operado, inspecionado e mantido pode ser considerada como um mau funcionamento raro

Nível de proteção de equipamento - EPL (*Equipment Protection Level*): nível de proteção proporcionado pelos equipamentos elétricos ou mecânicos “Ex”, com base na probabilidade deste equipamento se tornar uma fonte de ignição, aplicados para atmosferas explosivas de gases inflamáveis (G), de poeiras combustíveis (D - *Dust*) e atmosfera explosiva em minas subterrâneas de carvão (M). Os níveis de proteção proporcionados pelos equipamentos elétricos ou mecânicos “Ex” são Ga, Gb, Gc, Da, Db, Dc, Ma ou Mb.

Pessoa competente “Ex”: pessoa que pode demonstrar uma combinação de conhecimentos e habilidades, de forma a realizar, de forma efetiva, eficiente e segura, atividades em áreas classificadas, de acordo com os requisitos legais e normativos aplicáveis. As competências pessoais “Ex” são especificadas por atividades a ser executada ou supervisionada, por exemplo, classificação de áreas, projeto, seleção de equipamentos, instalação, manutenção, testes de campo, inspeção, reparos, recuperação ou auditorias de equipamentos ou instalações de automação, de telecomunicações, de instrumentação, elétricas ou mecânicas em áreas atmosferas explosivas

Poeiras combustíveis: pequenas partículas sólidas, de tamanho nominal de 500 µm ou menor, podendo estar suspensas no ar, que se depositam sob o efeito de seu próprio peso e que podem entrar em combustão, em condições normais de temperatura e pressão

Possível fonte de ignição: tipos de fonte de ignição a serem utilizadas para identificação dos riscos de ignição. Possíveis fontes de ignição incluem superfícies quentes, chamas e gases quentes (incluindo partículas quentes), centelhas geradas mecanicamente, fontes elétricas, correntes elétricas de fuga e correntes elétricas de proteção catódica contra corrosão, eletricidade estática, descargas atmosféricas, ondas eletromagnéticas de radiofrequência (RF), ondas eletromagnéticas, incluindo radiação óptica, radiação ionizante, ultrassom, compressão adiabática e ondas de choque e reações exotérmicas, incluindo autoignição de poeiras combustíveis

Processo de certificação de competências pessoais: atividades pelas quais um organismo de certificação estabelece que uma pessoa atende aos requisitos de competência especificados, incluindo solicitação, avaliação, decisão sobre certificação, supervisão, recertificação e utilização de certificados e logotipos ou marcas [Norma ABNT NBR ISO IEC 17024]

Serviços de inspeção de equipamentos e instalações “Ex”: ações que incluem um cuidadoso exame, avaliação e testes de um equipamento ou instalação “Ex”, realizado com ou sem a sua desmontagem, ou com o auxílio de desmontagem

parcial, se requerido, complementado por meios como medições, de forma a se chegar a uma conclusão **confiável** das condições de **segurança** contra o risco de um equipamento, dispositivo ou sistema “Ex” se tornar uma fonte de ignição

Serviços de manutenção de equipamentos e instalações “Ex”: ações efetuadas para manter um equipamento “Ex” nas condições compatíveis com os requisitos das especificações aplicáveis, de modo a executar suas funções originais requeridas, de acordo com os requisitos da Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-17. As atividades de **manutenção** “Ex” são consideradas as combinações de quaisquer ações realizadas para **manter** um equipamento, dispositivo ou sistema “Ex” ou restituir-lo às condições nominais de operação

Serviços de reparo de equipamentos “Ex”: ações de restaurar um equipamento “Ex” defeituoso às suas condições de serviço e de acordo com as normas pertinentes, com base nos requisitos da Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-19

Serviços de recuperação de equipamentos “Ex”: meios de reparo de um equipamento “Ex” envolvendo, por exemplo, a remoção ou adição de material para recuperar componentes que tenham sofrido danos permanentes, de forma a recuperar estes equipamentos ou componentes à condição de serviço, com base nas normas pertinentes, de acordo com os requisitos da Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-19

Sistemas de proteção “Ex”: projeto de unidades construídas com a finalidade de prevenir a ocorrência de explosões ou limitar a extensão efetiva de chamas e pressões da ocorrência de uma eventual explosão. Os sistemas de proteção “Ex” podem ser integrados a equipamentos “Ex” ou podem ser fornecidos separadamente para utilização como sistemas autônomos

Temperatura de ignição (camada de poeira combustível): menor temperatura de uma superfície quente na qual ocorre a ignição de uma camada de poeira de espessura especificada sobre esta superfície quente

Temperatura de ignição (gases inflamáveis): menor temperatura de uma superfície aquecida, a qual, sob condições especificadas na Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-1, provoca a ignição de uma substância inflamável na forma de uma mistura de gás ou vapor com o ar

Temperatura de ignição (nuvem de poeira combustível): menor temperatura da parede interna quente de um forno na qual ocorre a ignição de uma nuvem de poeira no ar contida dentro do forno. A temperatura de ignição de uma nuvem de poeira pode ser determinada pelo método de ensaio indicado na Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2

Tipos de proteção “Ex”: medidas específicas e normalizadas aplicadas aos equipamentos de instrumentação, de automação, de telecomunicações, elétricos ou mecânicos “Ex”, de forma a evitar a indevida ignição de uma atmosfera explosiva de gás inflamável ou poeira combustível que possa estar presente ao seu redor, especificados nas Normas Técnicas Brasileiras adotadas das Séries ABNT NBR IEC 60079 e ABNT NBR ISO 80079

Usuário de equipamentos ou instalações “Ex”: uma organização ou uma pessoa que é o proprietário dos equipamentos ou das instalações “Ex”, primariamente responsável pelas atividades de classificação de áreas, seleção, projeto, instalação, inspeção, manutenção, reparo, recuperação, auditorias e gestão de ativos “Ex”, não sendo um fabricante dos equipamentos de automação, de instrumentação, de telecomunicações, elétricos ou mecânicos “Ex” ou uma empresa de prestação de serviços “Ex”

Zonas: Áreas classificadas com base na frequência e duração da ocorrência de uma atmosfera explosiva formada por gases inflamáveis (Zonas 0, 1, 2) ou por poeiras combustíveis (Zonas 20, 21 ou 22)

5 Principais Normas Técnicas Brasileiras adotadas sobre equipamentos e instalações elétricas e mecânicas “Ex”

As principais Normas Técnicas Brasileiras adotadas sobre equipamentos e instalações de automação, de instrumentação, de telecomunicações, elétricas e mecânicas “Ex” são relacionadas a seguir.

Normas Técnicas Brasileiras adotadas sobre atmosferas explosivas elaboradas por Comissões de Estudo do Subcomitê SCB 003:031 da ABNT/CB-003 e publicadas pela ABNT

Norma ABNT NBR IEC “Ex” publicada pela ABNT	Tema abordado sobre “atmosferas explosivas”
ABNT NBR IEC 60079-0	Equipamentos – Requisitos Gerais
ABNT NBR IEC 60079-1	Tipo de proteção por invólucros à prova de explosão - Ex “d”
ABNT NBR IEC 60079-2	Tipo de proteção por invólucros pressurizados - Ex “p”
ABNT NBR IEC 60079-5	Tipo de proteção por imersão em areia - Ex “q”
ABNT NBR IEC 60079-6	Tipo de proteção por imersão em líquido - Ex “o”
ABNT NBR IEC 60079-7	Tipo de proteção por segurança aumentada - Ex “e”
ABNT NBR IEC 60079-10-1	Requisitos para a classificação de áreas contendo gases inflamáveis
ABNT NBR IEC 60079-10-2	Requisitos para a classificação de áreas contendo poeiras combustíveis
ABNT NBR IEC 60079-11	Tipo de proteção por segurança intrínseca - Ex “i” e Fieldbus Intrinsecamente seguro – FISCO
ABNT NBR IEC 60079-13	Proteção de equipamentos por ambientes pressurizados Ex “p” e por ambientes artificialmente ventilados Ex “v”
ABNT NBR IEC 60079-14	Requisitos de projeto, seleção de equipamentos, montagem e inspeção inicial de instalações “Ex”
ABNT NBR IEC 60079-15	Tipo de proteção por equipamentos não centelhantes - Ex “n”
ABNT NBR IEC 60079-16	Ventilação artificial para proteção de casa de analisadores
ABNT NBR IEC 60079-17	Requisitos de inspeção e manutenção de instalações “Ex”
ABNT NBR IEC 60079-18	Tipo de proteção por encapsulamento em resina - Ex “m”
ABNT NBR IEC 60079-19	Requisitos de reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”
ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-1	Características de substâncias para classificação de gases e vapores – Métodos de ensaios e dados
ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2	Características dos materiais – Métodos de ensaios de poeiras combustíveis
ABNT NBR IEC 60079-25	Requisitos para sistemas intrinsecamente seguros
ABNT NBR IEC 60079-26	Equipamento com elementos de separação ou níveis de proteção combinados
ABNT NBR IEC 60079-28	Proteção de equipamentos e de sistemas de transmissão que utilizam radiação óptica
ABNT NBR IEC 60079-29-1	Detetores “Ex” para gases inflamáveis - Detetores de gás - Requisitos de desempenho de detetores para gases inflamáveis
ABNT NBR IEC 60079-29-2	Detetores “Ex” para gases inflamáveis - Detetores de gases – Seleção, instalação, utilização e manutenção de detetores para gases inflamáveis e oxigênio
ABNT NBR IEC 60079-29-4	Detetores “Ex” para gases inflamáveis - Detetores de gás - Requisitos de desempenho de detetores de caminho aberto para gases inflamáveis
ABNT NBR IEC 60079-30-1	Traceamento elétrico resistivo “Ex” - Traceamento elétrico resistivo - Requisitos gerais e de ensaios
ABNT NBR IEC 60079-30-2	Traceamento elétrico resistivo “Ex” - Traceamento elétrico resistivo - Procedimento para aplicação em projeto, instalação e manutenção
ABNT NBR IEC 60079-31	Proteção de equipamentos contra ignição de poeira combustível por invólucros - Ex “t”
ABNT NBR IEC 60079-32-1	Riscos eletrostáticos – Orientações
ABNT NBR IEC 60079-32-2	Riscos eletrostáticos– Ensaios
ABNT NBR IEC 60079-33	Tipo de proteção especial Ex “s”
ABNT NBR ISO/IEC 80079-34	Requisitos de aplicação de sistemas da qualidade para a fabricação de equipamentos elétricos ou mecânicos “Ex”
ABNT NBR IEC 60079-35-1	Luminárias para capacitores para utilização em minas de carvão - Requisitos gerais de construção e ensaios
ABNT NBR IEC 60079-35-2	Luminárias para capacitores para utilização em minas de carvão - Desempenho e outros requisitos relacionados com a segurança
ABNT NBR ISO 80079-36	Atmosferas explosivas – Parte 36: Equipamentos não elétricos para utilização em atmosferas explosivas - Métodos e requisitos básicos (Ex “h”)
ABNT NBR ISO 80079-37	Equipamentos não elétricos para utilização em atmosferas explosivas - Tipos de proteção não elétricos: segurança construtiva “c”, controle de fonte de ignição “b” e imersão em líquido “k”
ABNT IEC TS 60079-39	Sistemas intrinsecamente seguros com limitação de duração de centelha eletronicamente controlada: “Power i”
ABNT IEC TS 60079-40	Requisitos para processo de selagem entre fluidos inflamáveis de processo e sistemas elétricos
ABNT IEC TS 60079-42	Dispositivos elétricos de segurança para o controle de fontes potenciais de ignição de equipamentos “Ex”
ABNT IEC TS 60079-43	Equipamentos em condições adversas de serviço
ABNT IEC TS 60079-44	Competências pessoais “Ex”
ABNT NBR IEC 60079-45	Sistemas elétricos de ignição para motores de combustão interna
ABNT IEC TS 60079-46	Avaliação de montagem de “Skids” de equipamentos “Ex”
ABNT IEC TS 60079-47	Proteção de equipamentos pelo conceito de Ethernet em 2 fios intrinsecamente segura (2 WISE - 2-Wire Intrinsically Safe Ethernet concept)
ABNT IEC TS 60079-48	Equipamentos eletrônicos portáteis adequados para utilização em áreas classificadas
ABNT NBR ISO/IEC 80079-49	Atmosferas explosivas - Corta-chamas: Requisitos de desempenho, métodos de ensaios e limitações de utilização

Norma ABNT NBR IEC “Ex” publicada pela ABNT	Tema abordado sobre “atmosferas explosivas”
ABNT NBR ISO/IEC 80079-50	Dispositivos de alívio de explosão
ABNT NBR IEC 61892-7	Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 7: Áreas classificadas

A adoção, no Brasil, pela **ABNT** das Normas das Séries **IEC 60079** e **ISO 80079** apresenta grandes **benefícios** para as partes envolvidas, em especial para as empresas **usuárias** de equipamentos e instalações em atmosferas explosivas.

Isto se deve ao fato de que a **adoção** de normas internacionais **IEC** e **ISO** pela **ABNT** torna aplicável no Brasil os requisitos de segurança, confiabilidade, eficiência energética e qualidade, consensados e discutidos internacionalmente, em um fórum técnico amplamente **colaborativo**, independente de **conflitos de interesse** ou da **criação de barreiras técnicas nacionais**.

No âmbito da ABNT, a **DIRETIVA 3**, publicada em 2017, estabelece os requisitos para a adoção de documentos técnicos internacionais (ISO e IEC). De acordo com esta DIRETIVA 3 da ABNT, os Documentos Técnicos Internacionais, como as Normas Técnicas internacionais da Série IEC 60079 (*Atmosferas explosivas*) são amplamente **adotados no mundo** e aplicados por fabricantes, organizações de comércio, compradores, consumidores, laboratórios de ensaio, autoridades e outras partes interessadas.

Destaca-se, ainda, que estes documentos brasileiros adotados geralmente **refletem a melhor experiência** da indústria, dos pesquisadores, dos consumidores e dos regulamentadores em todo o mundo, bem como cobrem as necessidades **comuns em vários países**. Os Documentos Técnicos Internacionais constituem uma das mais importantes bases para a **remoção das barreiras técnicas ao comércio**. Isto é explicitamente reconhecido no Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comercio (**TBT – Technical Barriers to Trade**) da Organização Mundial do Comercio (**OMC**).

Por estas razões, de acordo com esta diretiva da ABNT, alinhada com a IEC e ISO, é importante que seja **feito todo o esforço possível** para **adotar** e utilizar os Documentos Técnicos Internacionais e, conseqüentemente, **eliminar** documentos técnicos ABNT **conflitantes**. Somente por meio do desenvolvimento de um enfoque **global**, os benefícios da normalização podem ser plenamente obtidos. Entretanto, a adoção completa, em todos os casos, pode não ser viável devido a motivos como **segurança nacional**, proteção da saúde humana ou segurança, **proteção ao meio ambiente**, ou problemas climáticos, geográficos ou tecnológicos **fundamentais**. O Acordo TBT da OMC reconhece que estas são razões legítimas para desvios nacionais. No entanto, a ABNT ressalta que, mesmo para estes casos **excepcionais**, é necessário que todos os esforços sejam feitos para **reduzir os desvios a um mínimo possível**.

6 Evolução das Normas Técnicas Brasileiras adotadas publicadas ou revisadas pela ABNT sobre o tema “atmosferas explosivas”

Construindo juntos nossa história “Ex”: ABNT atinge 100 Normas Técnicas Brasileiras adotadas publicadas ou revisadas sobre o tema “atmosferas explosivas”

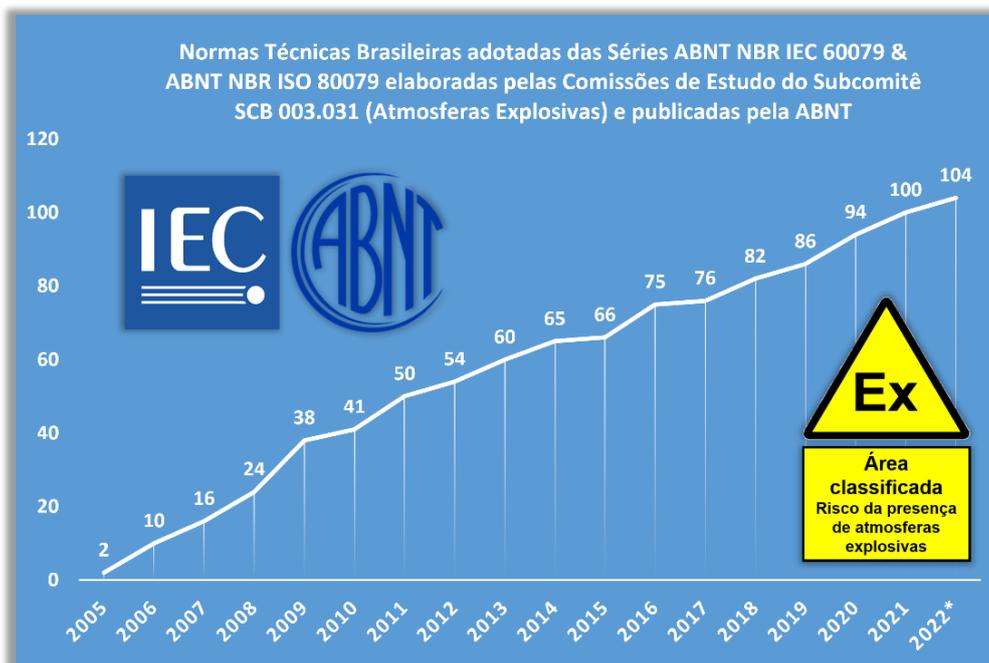
A ABNT atingiu, em 2021, o significativo marco de publicação ou atualização de 100 Normas Técnicas Brasileiras adotadas sobre o tema “atmosferas explosivas”.

As Normas Técnicas brasileiras adotadas das Séries **ABNT NBR IEC 60079** (Atmosferas explosivas) e **ABNT NBR ISO 80079** (Equipamentos mecânicos “Ex”), **idênticas** às respectivas normas técnicas internacionais, vêm sendo publicadas ou atualizadas desde 2005, quando foi publicada pela ABNT a primeira Norma Técnica Brasileira adotada da Série ABNT NBR IEC 60079.

As Normas Brasileiras sobre equipamentos e instalações em atmosferas explosivas, relacionadas com o segmento “Ex”, vêm sendo publicadas no Brasil desde o final dos anos **1960**. O início da elaboração de Normas Técnicas brasileiras da ABNT sobre atmosferas explosivas ocorreu em **1968**, com a publicação do Projeto de Norma “*experimental*” P-EB-239 - Equipamentos com invólucros à prova de explosão. Em **1969** foi publicado pela ABNT o projeto de Norma “*experimental*” P NB-158 - *Instalações Elétricas em Ambientes com Líquidos, Gases ou Vapores Inflamáveis*.

Ao longo das décadas de **1970** a **1990** foram publicadas outras normas brasileiras sobre o tema “Ex”, porém sem representar uma devida harmonização, equivalência ou **adoção** das respectivas normas técnicas internacionais, o que somente veio a ocorrer ao longo da primeira década dos anos 2000. Naquele período foram publicadas pela ABNT algumas normas brasileiras sobre atmosferas explosivas que, apesar de serem baseadas em normas da Série IEC 79, ainda possuíam alguns requisitos com base no NEC Art. 500, representando alguns “conflitos” de critérios de especificação de equipamentos e de instalação entre as duas Entidades.

A partir de 2000, todas as Normas Técnicas Brasileiras publicadas pela ABNT das Séries **ABNT NBR IEC 60079** e **ABNT NBR ISO 80079** são normas idênticas, adotando as respectivas normas IEC, elaboradas ou atualizadas pelas **seis Comissões de Estudo** que compõe o Subcomitê SCB 003.031 (**Atmosferas explosivas**) da ABNT/CB/003 (Eletricidade).



NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR IEC 60079-0

Quarta edição
11.11.2020

Atmosferas explosivas
Parte 0: Equipamentos — Requisitos gerais

Explosive atmospheres
Part 0: Equipment — General requirements

NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR IEC 60079-14

Terceira edição
07.11.2016

Atmosferas explosivas
Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas

Explosive atmospheres
Part 14: Electrical installations design, selection and erection

NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR IEC 60079-17

Terceira edição
27.10.2014

Versão corrigida
10.10.2017

Atmosferas explosivas
Parte 17: Inspeção e manutenção de instalações elétricas

Explosive atmospheres
Part 17: Electrical installations inspection and maintenance

NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR IEC 60079-19

Quarta edição
01.09.2020

Atmosferas explosivas
Parte 19: Reparo, revisão e recuperação de equipamentos

Explosive atmospheres
Part 19: Equipment repair, overhaul and reclamation

O Organograma do Subcomitê SCB 003:031 com as suas seis Comissões de Estudo, bem como as interfaces de trabalho com o Cobei e com o Comitê Técnico TC 31 da IEC estão apresentadas na Figura a seguir.



São indicados a seguir os principais temas abordados em Normas Técnicas brasileiras sobre “equipamentos e instalações em atmosferas explosivas” sob escopo de cada uma das seis Comissões de Estudo (CE) que compõe o Subcomitê SCB 003:031:

CE 003:031.001: Procedimentos de classificação de áreas contendo gases inflamáveis, projeto, montagem, inspeção, manutenção, reparo, revisão ou recuperação de equipamentos e instalações “Ex”. Características físico-químicas de substâncias inflamáveis. Competências pessoais em atmosferas explosivas.

CE 003:031.002: Requisitos gerais de equipamentos “Ex”. Equipamentos “Ex” com elementos de separação ou níveis de proteção (EPL - *Equipment Protection Level*) combinados. Dispositivos de proteção “Ex”. Condições adversas de instalações “Ex”. Lanternas “Ex” para capacetes. Tipos de proteção Ex “d”, Ex “m”, Ex “o”, Ex “q”.

CE 003:031.003: Tipos de proteção Ex “e” e Ex “n”. Sistemas de traçamento elétrico resistivo “Ex”. Detectores “Ex” para gases inflamáveis.

CE 003:031.004: Tipo de proteção Ex “i”. Sistemas intrinsecamente seguros. Segurança intrínseca de potência (Power “i”). Ethernet intrinsecamente segura a dois fios (2-WISE).

CE 003:031.005: Sistema de gestão da qualidade para fabricantes de produtos elétricos e mecânicos “Ex”. Tipos de proteção para equipamentos mecânicos “Ex”: Ex “b”, Ex “c”, Ex “h”, Ex “k”. Graus de proteção proporcionados por invólucros (Códigos IP). Vocabulário sobre equipamentos e instalações “Ex”. Tipo de proteção Ex “p”. Ambientes protegidos por ventilação artificial Ex “v”.

CE 003:031.006: Riscos eletrostáticos em atmosferas explosivas. Classificação de áreas contendo poeiras combustíveis. Procedimentos de ensaios de poeiras combustíveis. Tipo de proteção por invólucro contra ignição de poeiras combustíveis (Ex “t”). Selagem de processo. Tipo de proteção especial (Ex “s”).

Estas seis Comissões de Estudo do Subcomitê SCB 003:031 (Atmosferas explosivas) da ABNT/CB-003 (Eletricidade) são responsáveis por todos os trabalhos de acompanhamento dos processos de atualização, comentários, revisão, aprovação e publicação das Normas internacionais publicadas pelo Comitê Técnico TC 31 da IEC, bem pelos trabalhos de elaboração e atualização das respectivas Normas técnicas brasileiras adotadas sobre o tema “atmosferas explosivas” publicadas pela ABNT.

Nas reuniões periódicas realizadas pelas Comissões de Estudo são também executados os trabalhos de elaboração ou atualização das respectivas normas técnicas brasileiras adotadas, que são idênticas às respectivas normas técnicas internacionais, de acordo com os requisitos estabelecidos na **Diretiva 3 da ABNT** - Adoção de documentos técnicos internacionais.



Fazem parte destas seis Comissões de Estudo dezenas de profissionais brasileiros envolvidos em equipamentos e instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas, representantes de diversas Empresas, Entidades, Associações e Organismos.

Os profissionais brasileiros participantes destas Comissões de Estudo se reúnem continuamente para analisar os documentos técnicos recebidos do TC 31 (Equipment for explosive atmospheres) da IEC, e para contribuir com comentários elaborados com base em experiências existentes em empresas, entidades ou associações brasileiras, para o aperfeiçoamento das normas técnicas internacionais, resultando em comentários enviados para a IEC em nome do Comitê Brasileiro para a IEC - Cobei (Brazilian National Committee of the IEC).

Pode ser citada a grande participação nas contínuas reuniões destas Comissões de Estudo, de representantes de fabricantes de equipamentos elétricos, eletrônicos, de instrumentação, de automação, de telecomunicações e mecânicos “Ex”, bem como de empresas usuárias de serviços, instalações e equipamentos “Ex” das áreas de petróleo & gás, química, petroquímica, armazenamento de grãos, sucroalcooleira, de alimentos e portuária.

Participam também destas reuniões representantes de empresas de serviços de projeto “Ex”, empresas de serviços de montagem “Ex”, empresas de serviços de manutenção “Ex”, empresas de serviços de inspeção “Ex”, empresas de serviços de reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”, empresas de serviços de classificação de áreas.

Pode ser citada também a efetiva participação de representantes de organismos de certificação de equipamentos elétricos e mecânicos “Ex”, organismos de certificação de empresas de serviços “Ex”, organismos de certificação de competências pessoais “Ex”, laboratórios de ensaios de equipamentos elétricos e mecânicos “Ex”, além de provedores de treinamento “Ex”, empresas de consultoria, órgãos de classe e associações envolvidas com o tema “equipamentos e instalações em atmosferas explosivas”.

As Normas Técnicas Brasileiras adotadas das Séries ABNT NBR IEC 60079 e ABNT NBR ISO 80079 elaboradas pelas Comissões de Estudo do Subcomitê SCB 003:031 são idênticas, sem “desvios” técnicos nacionais em relação às respectivas normas internacionais da IEC. Seguindo a tendência e a convergência normativa mundial dos países membros da IEC, incluindo o Brasil, as Normas Técnicas nacionais que envolvem os processos de avaliação da conformidade e certificação de empresas de serviços “Ex”, certificação de competências pessoais “Ex” e certificação de equipamentos elétricos e mecânicos “Ex” são Normas adotadas, idênticas às respectivas normas internacionais da IEC.



Esta política de normalização brasileira adotada pela ABNT tem como objetivo harmonizar as Normas Técnicas nacionais com a Normalização internacional, de forma a padronizar os procedimentos de projeto, fabricação, ensaios, marcação, avaliação da conformidade, instalação, inspeção, manutenção, reparos, recuperação de equipamentos e certificação de competências pessoais “Ex”.

Ações como estas contribuem para a integração dos fabricantes, laboratórios de ensaios, empresas usuárias, organismos de certificação de produtos, serviços e pessoas e provedores de treinamentos brasileiros com o mercado e a comunidade internacional “Ex”, bem como para a elevação dos níveis de segurança, saúde, meio ambiente, avaliação de risco, ensaios, qualidade, desempenho, confiabilidade, e alinhamento dos procedimentos de execução de serviços e avaliação das competências pessoais, relacionados com as instalações nacionais “Ex”.

Como exemplos de significativos e sensíveis benefícios resultantes destes trabalhos, podem ser citados, dentre outros, a elevação dos níveis de segurança dos equipamentos e das instalações elétricas em atmosferas explosivas, o maior nível de conformidade normativa e a quebra de eventuais barreiras técnicas, além de permitir uma grande integração dos profissionais brasileiros com a comunidade técnica internacional “Ex” do TC 31 da IEC.

Desde 2003, quando estas seis Comissões de Estudo foram oficializadas pela ABNT/CB-003, já foram realizadas, até 2022, cerca de 1.000 reuniões de trabalho, as quais gradualmente resultaram nos benefícios da atual harmonização, alinhamento, convergência e adoção das normas técnicas brasileiras das Séries ABNT NBR IEC 60079 e ABNT NBR ISO 80079 sobre o tema “atmosferas explosivas”.

Os profissionais brasileiros, participantes destas Comissões de Estudo, incluindo cada um dos valorosos Coordenadores, Secretários e Membros, merecem ser reconhecidos e parabenizados pelos continuados esforços e trabalhos VOLUNTÁRIOS realizados em prol da atualização da normalização técnica brasileira adotada “Ex” e sua harmonização com a respectiva normalização internacional.

Mais informações sobre o andamento e o estágio atual de evolução de cada uma das Normas técnicas das Séries **ABNT NBR IEC 60079** e **ABNT NBR ISO 80079** podem ser encontradas no *Website* do Subcomitê SCB 003:031 - Atmosferas explosivas: <http://cobei-sc-31-atmosferas-explosivas.blogspot.com>

7 A segurança ao longo do “ciclo total de vida” das instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas

A segurança ao longo do **ciclo total de vida** das instalações de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricas e mecânicas “Ex”, tem por objetivo fazer com que os respectivos equipamentos sejam devidamente especificados, instalados, inspecionados, mantidos, reparados e recuperados, durante todo o tempo em que permanecerem instalados em áreas classificadas, de acordo com os requisitos especificados nas Normas Técnicas brasileiras adotadas aplicáveis da Série ABNT NBR IEC 60079.

São apresentadas a seguir algumas definições fundamentais sobre o assunto, de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série ABNT NBR IEC 60079 – **Atmosferas explosivas**:

- **ATMOSFERAS EXPLOSIVAS** são formadas por misturas com o ar de substâncias inflamáveis ou combustíveis na forma de gás, vapor, poeira ou fibras, as quais, após a ignição, permitem a propagação autossustentada de toda a mistura (explosão).
- **ÁREAS CLASSIFICADAS** são áreas nas quais uma atmosfera explosiva de gás inflamável ou de poeira combustível está presente ou na qual é provável sua ocorrência, a ponto de exigir requisitos especiais para as atividades de fabricação, instalação, utilização, inspeção, manutenção, reparo e auditorias de equipamentos elétricos, de instrumentação, de telecomunicações ou mecânicos “Ex”.

Podem ser citados como **exemplos** de instalações industriais que apresentam áreas classificadas devido à presença de atmosferas explosivas de gases inflamáveis ou de poeiras combustíveis:

- Refinarias de petróleo
- Indústrias químicas e petroquímicas (processo de fabricação tintas, vernizes, plásticos e resinas)
- Indústrias farmacêuticas e de cosméticos
- Indústrias alcooleiras, alimentícias e de biocombustíveis
- Terminais de Armazenamento de Petróleo e combustíveis
- Navios plataforma de produção, armazenamento e transferência de petróleo do tipo FPSO - *Floating Production Storage and Offloading*
- Plataformas offshore para prospecção, perfuração e produção de petróleo
- Terminais portuários para carregamento e descarregamento de gases e líquidos inflamáveis, soja, açúcar, fertilizantes, trigo ou outros tipos de poeiras combustíveis
- Tanques de armazenamento de combustíveis de navios e aviões
- Áreas de abastecimento de aviões em aeroportos
- Caminhões de transporte de produtos químicos inflamáveis ou gases liquefeitos
- Postos de serviço para abastecimento de Gasolina, Diesel, Álcool e GNV
- Indústrias de fabricação de móveis
- Terminais portuários marítimos, fluviais e lacustres de carga e descarga de granéis sólidos, líquidos inflamáveis ou poeiras combustíveis
- Terminais intermodais de transbordo, silos e armazéns destinados ao manuseio e transporte de grãos de origem vegetal (incluindo farelos, soja, milho, trigo), fibras combustíveis (incluindo algodão, juta, linho, serragem), ou produtos de origem mineral (incluindo carvão, minério de ferro, alumínio), fertilizantes e outros tipos de poeiras ou fibras combustíveis
- Porões de navios graneleiros

São exemplos de equipamentos de **automação, instrumentação, telecomunicações, elétricos e mecânicos** certificados para atmosferas explosivas (equipamentos “Ex”) **fixos, móveis ou pessoais ou portáteis**: luminárias LED, tomadas e plugues, painéis de distribuição de circuitos de força e automação, motores elétricos, botoeiras locais de comando, estações locais de controle, telefones celulares, *walkie-talkies, drones, tablets, robots, wearables*, roteadores de Wi-Fi, câmeras de circuito fechado de TV, sistemas de intercomunicação industrial, switches ópticos para redes Ethernet, redes de comunicação de campo (*Fieldbus*), lanternas manuais e portáteis, câmeras fotográficas, equipamentos de medição, equipamentos de testes e instrumentos eletrônicos ou digitais (sensores, atuadores, posicionadores), detectores de gases e analisadores de processo, bombas centrífugas, compressores, ventiladores, esteiras rolantes e elevadores de transporte de pessoas ou de carga, elevadores de canecas.

Para que uma planta “Ex” seja considerada **conforme e segura**, existe a necessidade de que as seguintes atividades sejam executadas de forma correta, de acordo com os requisitos indicados nas Normas Técnicas Brasileiras **adotadas** das Séries **ABNT NBR IEC 60079** e **ABNT NBR ISO 80079** e nas **Normas Regulamentadoras aplicáveis**:

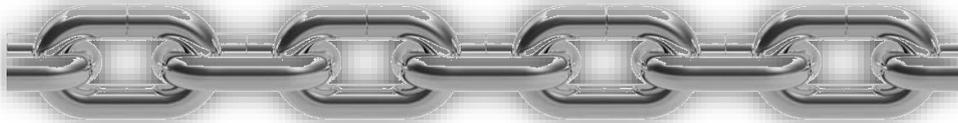
- Uma classificação de áreas adequada e atualizada
- Um projeto “Ex” adequado
- Uma seleção de equipamentos “Ex” adequados, nas áreas de eletricidade, instrumentação, automação, telecomunicações e mecânica
- Equipamentos devidamente certificados (envolvendo fabricantes, laboratórios de ensaios e organismos de certificação de produtos)
- Uma montagem dos equipamentos e sistemas “Ex” adequada
- Uma inspeção inicial “Ex” detalhada, após cada nova montagem, reforma ou ampliação
- Um comissionamento adequado dos equipamentos, sistemas e instalações “Ex”
- Uma operação “Ex” adequada
- Serviços de reparo e recuperação de equipamentos “Ex” adequados

- Auditorias periódicas, de forma a verificar se todos os requisitos normativos estão sendo de fato realizados
- Procedimentos adequados da **gestão da mudança**, sempre que houver necessidade de alteração do processo, dos procedimentos, das instalações, dos equipamentos ou das pessoas

Assim sendo, para que a **segurança** das instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas seja **estabelecida como sendo confiável**, é necessário que existam no mercado e que sejam contratadas somente empresas de serviços **certificadas**, que tenham evidenciado, por meio de um processo estruturado de **certificação**, suas competências para realizar as atividades dentro do seu escopo de serviços, para as quais são contratadas, à luz dos requisitos indicados nas Normas Técnicas adotadas das Séries ABNT NBR IEC 60079 e ABNT NBR ISO 80079.



Segurança durante o **ciclo total de vida** das instalações em atmosferas explosivas: a segurança total depende do “elo” mais fraco



A **segurança** das instalações elétricas em atmosferas explosivas depende de que todas as atividades sejam realizadas por pessoas competentes e por empresas de serviços certificadas

7.1 Responsabilidade pela segurança das instalações “Ex” ao longo do ciclo total de vida

A responsabilidade básica pela segurança e conformidade normativa e legal das instalações de automação, de instrumentação, de telecomunicações, elétricas e mecânicas “Ex” é dos respectivos **usuários** ou **proprietários** das instalações.

Isto se deve ao fato de que nos casos de ocorrências de acidentes, como por exemplo vazamentos e perdas de contenção de produtos inflamáveis ou combustíveis, onde pode haver a presença de fontes de ignição, com uma eventual explosão e suas consequências catastróficas, os usuários e proprietários das instalações são solicitados a evidenciar os procedimentos de gestão de segurança “Ex” existentes.

Por este motivo, sob o ponto de vista de **responsabilidade** pela segurança das instalações “Ex”, os **usuários** e **proprietários** de equipamentos e instalações “Ex” devem possuir um adequado sistema de **gestão de ativos** “Ex”, incluindo o controle das **competências pessoais** dos profissionais próprios ou contratados que são responsáveis por executar ou supervisionar os serviços de classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção, manutenção, recuperação e auditorias de equipamentos e instalações em áreas classificadas, ao longo do seu ciclo total de vida.

De acordo com o documento **Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC)** “Ex”, atualmente vigente no Brasil, em todos os certificados de conformidade de produtos “Ex”, emitidos por todos os organismos de certificação “Ex”, para todos os fabricantes de equipamentos e componentes elétricos “Ex” devem possuir a seguinte **“Nota Padronizada”**: *“As atividades de instalação, inspeção, manutenção, reparo, revisão e recuperação dos equipamentos são de **responsabilidade dos usuários** e devem ser executadas de acordo com os requisitos das normas técnicas vigentes e com as recomendações do fabricante”*.

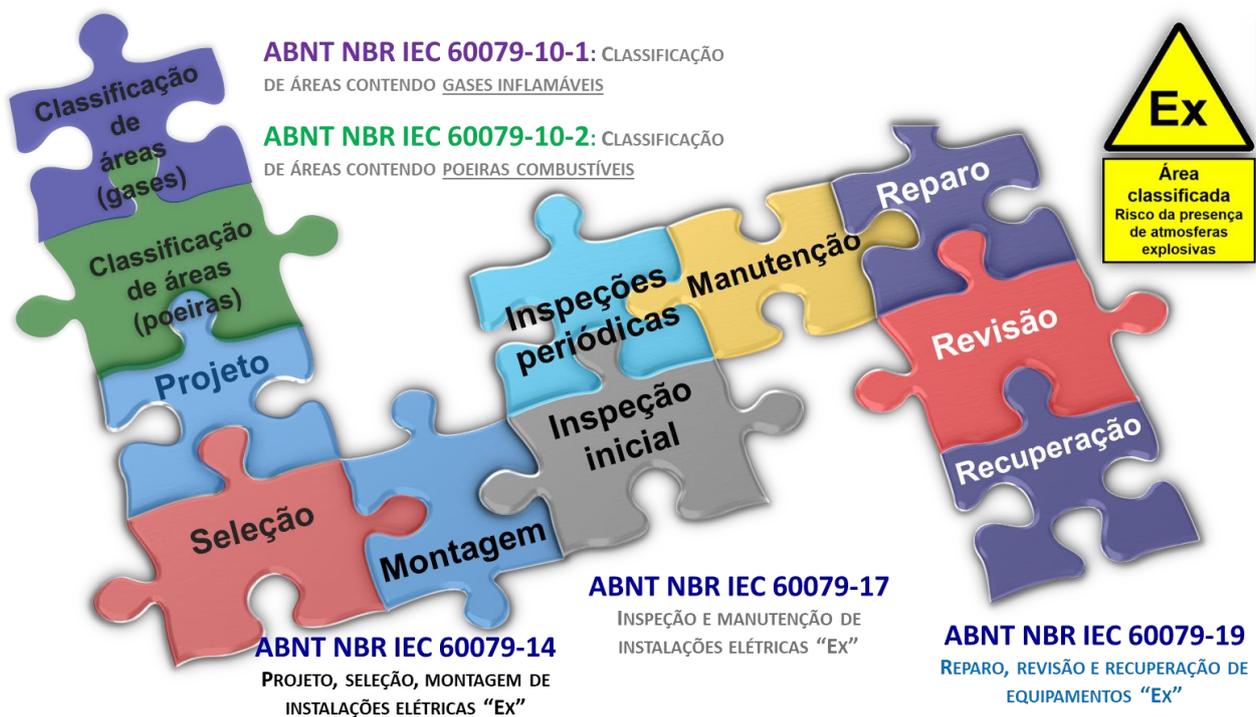
Esta **“NOTA PADRONIZADA”** sobre a responsabilidade das instalações “Ex” ser dos **usuários** ou **proprietários** dos equipamentos e instalações “Ex” pode ser considerada de **fundamental importância**, na medida que somente a certificação de equipamentos de automação, instrumentação, telecomunicações, elétricos e mecânicos “Ex” tem se mostrada **insuficiente** para garantir a segurança das instalações “Ex”. Isto se deve ao fato de que os equipamentos “Ex” certificados **perdem** as suas características de proteção nos casos em que são indevidamente submetidos a serviços incorretos de campo de instalação, inspeção, manutenção ou recuperação, ao longo do seu ciclo total de vida. Por estes motivos a avaliação da conformidade por meio da **certificação** não pode ficar “restrita” aos **equipamentos “Ex”**, devendo ser aplicada também para as **empresas de serviços “Ex”** e para as **competências pessoais “Ex”** dos profissionais envolvidos com a execução ou supervisão de serviços de campo

8 Aspectos gerais sobre serviços de classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção, manutenção, reparo e recuperação de equipamentos e instalações “Ex”

São indicadas a seguir as respectivas Normas Técnicas aplicáveis aos **serviços** de classificação de áreas, projeto, seleção de equipamentos, inspeção, manutenção e reparo de equipamentos “Ex”, publicadas pela ABNT:

- **ABNT NBR IEC 60079-10-1:** Classificação de áreas contendo gases inflamáveis
- **ABNT NBR IEC 60079-10-2:** Classificação de áreas contendo poeiras combustíveis
- **ABNT NBR IEC 60079-14:** Projeto, montagem e inspeção inicial de instalações “Ex”
- **ABNT NBR IEC 60079-17:** Inspeção e manutenção de instalações “Ex”
- **ABNT NBR IEC 60079-19:** Reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”

O inter-relacionamento entre estas normas técnicas sobre serviços “Ex” e competências pessoais de executantes e supervisores para atividades em atmosferas explosivas, está representado na Figura a seguir.



*Inter-relacionamento entre as Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série ABNT NBR IEC 60079 sobre **serviços** em atmosferas explosivas para o ciclo total de vida das instalações “Ex”*

9 Serviços de classificação de áreas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis

9.1 Conceitos gerais sobre classificação de áreas

A instalação de equipamentos ou sistemas de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos em uma planta industrial, por exemplo, de processamento de petróleo, petroquímica, sucroalcooleira, de alimentos, fertilizantes, silos e armazéns de grãos em instalações portuárias, postos de combustíveis, ou em qualquer local onde possam estar presentes produtos inflamáveis ou combustíveis, implica na adoção de medidas de proteção adicionais às requeridas em situações “convencionais”, sendo estas e o grau de proteção que elas conferem, dependentes do risco potencial envolvido.

Portanto, a classificação de áreas tem por finalidade **mapear** e determinar as extensões e abrangências das áreas que podem conter misturas explosivas e, conseqüentemente permitir a posterior **especificação** dos equipamentos e sistemas elétricos e mecânicos “Ex” **adequados** para cada tipo de área classificada.

Embora varie de acordo com as normas ou códigos industriais adotados em cada país ou empresa, a classificação de áreas sempre é feita em função do tipo de material inflamável ou combustível presente, e da probabilidade de sua presença, em concentrações que tornem explosiva sua mistura com o ar.

As áreas da planta de processamento são classificadas na fase inicial do projeto, envolvendo principalmente as especialidades de processamento e de segurança industrial, a partir das informações relativas a dados de processo, como a pressão, a concentração e o inventário dos diversos produtos inflamáveis ou combustíveis presentes no processamento da planta.

A partir da documentação de classificação de áreas, deve ser assegurado que a especificação e instalação dos equipamentos elétricos e mecânicos “Ex” **atenda** às exigências da área classificada onde serão instalados, com tipos de proteção “Ex”, EPL (*Equipment Protection Level*), grupo e classe de temperatura, de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras aplicáveis da Série ABNT NBR IEC 60079 ou ABNT NBR ISO/IEC 80079.

A documentação de classificação de áreas é um conjunto de documentos que fornecem informações sobre as áreas que contenham ou possam conter atmosferas potencialmente explosivas de uma planta industrial, como de processamento químico, petroquímico, de alimentos, de fertilizantes ou de petróleo, tanto *onshore* como *offshore*. Este grupo de documentos compreende desenhos de plantas e elevações, com as extensões das áreas classificadas, lista de dados de processo sobre as substâncias inflamáveis (líquidos, gases ou vapores) ou combustíveis (poeiras), lista dos dados das fontes de risco, e nos casos de espaços fechados, informações pertinentes ao projeto de ventilação, pressurização e de ar-condicionado, que possam afetar a classificação ou a extensão destas áreas classificadas.

Os documentos de classificação de áreas de uma instalação industrial, constituem um grupo de desenhos que mostram, em escala, o arranjo completo das instalações industriais da planta, incluindo as marcações das extensões das áreas classificadas. Estas extensões e tipos de áreas classificadas devem ser definidos com base nas informações contidas nas listas de dados de processo das substâncias inflamáveis ou combustíveis, e nas fontes de risco, para todas as instalações existentes.

A documentação de classificação de áreas deve ser elaborada com base na obtenção de informações referentes às características do processo e da planta. Para esta finalidade, adicionalmente às recomendações técnicas prescritas nas normalizações sobre classificações de áreas, devem ser consultados profissionais familiarizados com a respectiva planta, representantes das seguintes disciplinas: engenharia de processo; de segurança industrial; de operação; de manutenção e da inspeção de equipamentos e pessoal de projeto (incluindo as disciplinas de tubulação, caldeiraria, mecânica, instrumentação, automação, telecomunicações e elétrica). Sempre que possível, um **grupo multidisciplinar**, formado por profissionais representantes destas áreas, deve ser designado para os serviços de elaboração da documentação de classificação de áreas.

Para instalações *offshore*, a documentação de classificação de áreas deve também possuir as seguintes informações:

- As Normas técnicas ou regulamentos da sociedade de classificação naval aplicáveis ao projeto, incluindo o respectivo ano de edição;
- Indicação da localização de dispositivos estanques a gás, considerados na separação de áreas classificadas;
- Localizações de escotilhas e aberturas utilizadas para transporte de cargas;
- Os procedimentos e restrições operacionais aplicáveis, de forma a minimizar o risco de contaminação cruzada de ambientes;
- A indicação de ‘tag’ e função dos painéis e consoles de operação instalados em atmosferas explosivas que sejam mantidos pressurizados.

A documentação de classificação de áreas, elaborada em bases “preliminares”, ou seja, em fases de **projeto básico**, deve conter notas indicando que esta documentação preliminar foi emitida somente como base de referência, e não é válida para a operação da planta. Nestas situações, a documentação preliminar de classificação de área deve ser **revisada** de acordo com os dados reais e certificados de processo e de arranjo físico dos equipamentos, durante a fase de **detalhamento** do projeto.

Revisões podem ser necessárias ao longo do ciclo total de vida da instalação, com os reflexos decorrentes, em função de substituição ou adição de insumos ou substâncias, relocações, alterações de processo ou em procedimentos operacionais.

9.2 Princípios de segurança na classificação de áreas

Instalações onde os materiais inflamáveis ou combustíveis são manuseados ou armazenados devem ser projetadas, operadas e mantidas de modo que qualquer liberação destes materiais, conseqüentemente, a extensão da área classificada, seja a menor possível, seja em operação normal ou anormal, com relação à frequência, duração e quantidade de liberação.

É importante examinar as partes de equipamentos em processo e sistemas, os quais possam liberar material inflamável, e considerar modificações do projeto para minimizar a probabilidade e frequência de liberação, quantidade e a taxa de liberação de material.

Em casos de atividades de manutenção, exceto aquelas de operação normal, a extensão da zona pode ser afetada, mas é esperado que estas atividades sejam controladas por uma sistemática de **permissão de trabalho**. A documentação de classificação de áreas deve levar em consideração que as atividades de manutenção de rotina sejam realizadas de forma adequada, uma vez que a devida manutenção dos equipamentos de processo assegura que eles não representem indevidas fontes de liberação de gases inflamáveis ou poeiras combustíveis para o ambiente onde estes equipamentos se encontram instalados.

Os seguintes passos devem ser seguidos em uma situação que possa haver uma atmosfera explosiva de gás:

- a) Eliminar a probabilidade de ocorrência de uma atmosfera explosiva de gás ao redor da fonte de ignição, ou
- b) Eliminar a fonte de ignição.

Se estas medidas não forem possíveis de serem executadas, medidas de proteção, equipamentos de processo, sistemas e procedimentos devem ser selecionados e preparados de modo que a probabilidade de ocorrência simultânea dos eventos a) e b) acima seja a menor possível. Estas medidas podem ser usadas independentemente, se elas forem reconhecidas como sendo altamente confiáveis, ou em combinação, para atingir um nível equivalente de segurança.

9.3 Objetivos da classificação de áreas

A classificação de áreas é um método de análise e classificação do ambiente onde possa ocorrer uma atmosfera explosiva, de modo a facilitar a seleção adequada e instalação de equipamentos a serem usados com segurança nestes ambientes, levando em conta os grupos de gás, assim como as respectivas classes de temperatura.

Na maioria dos locais onde os produtos inflamáveis são utilizados, é difícil assegurar que jamais ocorrerá a presença de uma atmosfera explosiva. Pode também ser difícil assegurar que os equipamentos jamais se constituirão em fontes de ignição. Entretanto, em situações em que exista uma alta probabilidade de ocorrência de uma atmosfera explosiva, a confiabilidade é obtida pela instalação ou utilização de equipamentos “Ex” que tenham uma baixa probabilidade de se tornarem fontes de ignição. Por outro lado, onde houver uma baixa probabilidade de ocorrência de uma atmosfera explosiva, pode-se utilizar equipamentos “Ex” que não gerem centelhas, faíscas ou pontos quentes, ou seja, que não representem uma fonte de ignição em operação normal.

Em instalações *offshore* é prevista a necessidade de instalação de equipamentos com certificação “Ex” em áreas não classificadas, como o casario, devido ao fato da necessidade de permanecerem energizados quando o local da instalação pode apresentar a confirmação de presença de gás, por exemplo os equipamentos do sistema de fogo e gás, iluminação de rotas de fuga e rádios de comunicação com sistemas de terra.

Raramente é possível, por meio de uma simples análise de uma planta industrial, ou mesmo de um projeto, decidir que partes daquela indústria podem ser enquadradas na definição de zonas (**Zona 0, 1, 2, 20, 21 ou 22**). É necessário um estudo mais detalhado e isto envolve a análise das probabilidades básicas de ocorrência de uma atmosfera explosiva.

Uma vez que se tenha avaliado a probabilidade da frequência e duração de uma liberação (bem como o grau de risco), a taxa de liberação, concentração, velocidade, ventilação e outros fatores que afetam o tipo ou a extensão da zona, existe então uma base confiável para determinar a probabilidade de presença de mistura explosiva de gases inflamáveis (**Zonas 0, 1 ou 2**) ou de poeiras combustíveis (**Zona 20, 21 ou 22**) nas áreas classificadas.

Este estudo requer considerações detalhadas a serem aplicadas para cada item do equipamento de processo que contém produtos inflamáveis ou combustíveis e que poderia se tornar uma fonte de risco.

Especificamente as áreas classificadas que representam um maior risco de presença de atmosferas explosivas, como as áreas de **Zona 0, 20, 1 ou 21** devem ser minimizadas em número e extensão, quer seja a partir do projeto, quer seja por procedimentos operacionais adequados. Em outras palavras, o projeto e arranjo de equipamentos e instalações devem ter como um dos seus objetivos fazer com as áreas sejam, sempre que tecnicamente possível, do tipo **Zona 2 ou 22** ou área **não classificada**.

Se a existência da fonte de risco for inevitável, os itens dos equipamentos de processos devem ser limitados àqueles que dão origem a fontes de risco de grau secundário ou, na impossibilidade (isto é, onde for inevitável ter-se fontes de risco de grau primário ou contínuo), as fontes de risco devem ser muito limitadas em quantidade e vazões. Ao desenvolver uma classificação de áreas, estes princípios devem receber considerações prioritárias. Onde necessário, o projeto, operação ou localização dos equipamentos de processo deve assegurar que, mesmo quando operando

anormalmente, a quantidade de material inflamável ou combustível liberado seja minimizada, de modo a reduzir a extensão da área classificada.

Uma vez que a planta tenha sido classificada, e efetuados todos os registros necessários, é importante que nenhuma modificação no equipamento, ou no procedimento de operação deste, seja feita sem discussão prévia com todos os responsáveis pela classificação da área. Ações não autorizadas podem invalidar a classificação de áreas. É necessário assegurar que todos os equipamentos que afetam a área classificada, e que tenham sido submetidos à manutenção, tenham sido cuidadosamente verificados durante e após a sua montagem, com o fim de garantir que a integridade original de projeto, relativa à segurança, tenha sido mantida antes que estes equipamentos voltem a operar.

9.4 Identificação das fontes de risco para a classificação de áreas

Os elementos básicos para se definir as áreas classificadas em uma unidade industrial consistem na identificação das fontes de risco de liberação de produtos inflamáveis ou combustíveis presentes ou esperadas neste processo, e na determinação do seu grau.

As fontes de risco de liberação podem ser definidas como pontos ou locais nos quais um gás, vapor ou líquido inflamável ou uma poeira combustível possa ser liberado para a atmosfera de modo a possibilitar a formação de uma atmosfera explosiva.

Considerando que uma atmosfera explosiva somente pode existir se um gás ou vapor inflamável ou uma poeira combustível está presente com o ar, é necessário identificar se alguma dessas substâncias inflamáveis ou combustíveis pode existir na respectiva área. Existem também áreas classificadas Zona 0, onde o gás combustível está presente e onde é controlada a concentração de oxigênio, como por exemplo os tanques de cargas de navios do tipo FPSO, onde são utilizados sistemas de gás inerte para a inertização da atmosfera explosiva.

De maneira geral, estes gases, vapores ou poeiras (bem como líquidos e sólidos inflamáveis que podem dar origem a eles) estão contidos em equipamentos de processo que podem ou não estar totalmente fechados. É necessário identificar onde pode existir uma atmosfera explosiva em uma planta de processo, ou onde a liberação de materiais inflamáveis pode criar uma atmosfera explosiva externamente à planta de processo.

Cada equipamento do processo (como, tanques, bombas, agitadores, esteiras transportadoras, elevadores de caneca, tanques, tubulações, vasos, reatores, torres de fracionamento etc.) deve ser considerado como uma fonte potencial de risco de liberação de materiais inflamáveis ou combustíveis. Se o equipamento não contém material inflamável, fica claramente evidenciado que ele não criará uma área classificada ao seu redor. Este tipo de abordagem se aplica também se o equipamento de processo contém material inflamável ou combustível, porém ele não pode liberar esse material para o meio externo. Por exemplo, uniões soldadas de equipamentos e tubulações, não são consideradas como fontes de risco de liberação.

Se for estabelecido que o equipamento de processo pode liberar material inflamável para a atmosfera, é necessário, em primeiro lugar, determinar o grau de risco de liberação, de acordo com as definições, estabelecendo a frequência e a duração da liberação. Deve ser reconhecido que a abertura de partes de sistemas de processo fechados (por exemplo, durante troca de filtros ou enchimento por batelada) deve também ser considerada como fonte de risco de liberação, quando da elaboração da classificação de áreas. Por meio neste tipo de abordagem e procedimento, cada fonte de risco de liberação deve ser considerada como grau “contínuo”, “primário” ou “secundário”.

9.4.1 Exemplos de fontes de risco de grau CONTÍNUO

- A superfície de um líquido inflamável em um tanque de teto fixo, com respiro permanente para a atmosfera;
- A superfície de um líquido inflamável que esteja aberto para a atmosfera, continuamente ou por longos períodos (por exemplo, um separador de óleo/água).

9.4.2 Exemplos de fontes de risco de grau PRIMÁRIO

- Selos de bombas, compressores ou válvulas, se a liberação de material inflamável for esperada de ocorrer durante a operação normal;
- Pontos de drenagem de água em vasos que contém os líquidos inflamáveis, que podem liberar o material inflamável para a atmosfera durante a drenagem de água em operação normal;
- Pontos de coleta de amostra em que é previsto haver liberação de material inflamável para a atmosfera durante a operação normal;
- Válvulas de alívio, respiros e outras abertura em que é previsto haver liberação de material inflamável para a atmosfera durante a operação normal.

9.4.3 Exemplos de fontes de risco de grau SECUNDÁRIO

- Selos de bombas, compressores e válvulas onde a liberação de material inflamável para a atmosfera não é prevista de ocorrer em condições normais de operação;
- Flanges, conexões e acessórios de tubulação, onde a liberação do material inflamável para a atmosfera não é prevista de ocorrer em condições normais de operação;
- Pontos de coleta de amostras, onde a liberação do material inflamável para a atmosfera não é prevista de ocorrer em condições normais de operação;
- Válvulas de alívio, respiros e outras aberturas onde a liberação do material inflamável para a atmosfera não é prevista de ocorrer em condições normais de operação.

10 Zonas, Grupos e classes de temperatura em áreas classificadas de gases e poeiras

O que define que uma área seja considerada como sendo classificada é a probabilidade da presença da atmosfera explosivas, seja devido à gases inflamáveis ou a poeiras combustíveis.

Podem ser citados como exemplos de gases inflamáveis: gás natural, GLP e vapores de gasolina, querosene ou álcool. São exemplos de poeiras combustíveis: grãos ou farelos de trigo, milho, soja, açúcar, carvão e alimentos.

Tendo sido estabelecido o grau da fonte de risco, é necessário determinar a taxa de liberação e outros fatores que podem influenciar o tipo e extensão da zona. Se a quantidade de material inflamável possível de ser liberada é “pequena”, por exemplo, no caso de um laboratório, cujo risco potencial existe, pode não ser apropriado utilizar o procedimento normalizado de classificação de áreas. Nesses casos, as considerações devem ser particularizadas ao risco envolvido.

A probabilidade de presença de uma atmosfera explosiva de gás bem como o tipo de zona depende, principalmente, do grau da fonte de risco e da ventilação. A determinação dos tipos de **Zonas** das áreas classificadas é baseada na **frequência** ou na **probabilidade estatística** de ocorrência e duração de uma atmosfera explosiva de gás na área de processo considerada no estudo. As Normas Técnicas Brasileiras adotadas sobre classificação de áreas (ABNT NBR IEC 60079-10-1 e ABNT NBR IEC 60079-10-2), seguindo a Normalização Internacional IEC, classificam as áreas de risco em **Zonas** e **Grupos**.

Zona 0 / Zona 20: Área na qual uma atmosfera explosiva de gás inflamável (Zona 0) ou de poeira combustível (Zona 20) está **continuamente** presente ou por longos períodos ou frequentemente.

Zona 1 / Zona 21: Área na qual uma atmosfera explosiva de gás inflamável (Zona 1) ou de poeira combustível (Zona 21) pode ocorrer ocasionalmente em condições **normais** de operação.

Zona 2 / Zona 22: Área na qual uma atmosfera explosiva de gás inflamável (Zona 2) ou de poeira combustível (Zona 22) não é prevista de ocorrer em condições normais de operação, mas, se ocorrer, irá persistir somente por um **curto período**.

Alguns procedimentos para classificação de áreas, contidos em alguns “Códigos Industriais” e em algumas “Práticas Recomendadas” aplicadas em diversos países do mundo, inclusive no Brasil, consideram, de forma “simplificada”, que uma área na qual a probabilidade de ocorrência de presença de atmosfera explosiva seja maior do que 1 000 horas por ano, seja classificada como sendo **Zona 0 / Zona 20**.

Caso a probabilidade de ocorrência de presença de atmosfera explosiva seja menor do que 10 horas por ano, segundo estes procedimentos de classificação de áreas, consideram que a área classificada seja considerada como sendo **Zona 2 / Zona 22**. Caso a probabilidade de ocorrência de atmosfera explosiva seja menor do que 1 000 horas / ano e maior do que 10 horas / ano, estes Códigos Industriais ou Práticas recomendadas consideram que a área classificada seja considerada como sendo **Zona / Zona 21**.

A determinação do **Grupo** é estabelecida em função dos gases explosivos presentes no ambiente, sendo subdividido em **Grupo I, Grupo II ou Grupo III**.

Grupo I é relativo às instalações subterrâneas, como nas minas de carvão, onde se encontra basicamente a presença do gás metano.

Grupo II é relativo às instalações de superfície, sendo subdividido em Grupo IIA, IIB e IIC, de acordo com o gás representativo do local da instalação.

- **Grupo IIA:** gás representativo: **propano**;
- **Grupo IIB:** gás representativo: **eteno (etileno)**;
- **Grupo IIC:** gás representativo: **acetileno (e hidrogênio)**.

Grupo III é relativo às instalações contendo poeiras combustíveis, sendo subdividido em Grupo IIIA, IIIB e IIIC, de acordo com o tipo de poeira representativo do local da instalação.

- **Grupo IIIA:** fibras combustíveis ou materiais particulados;
- **Grupo IIIB:** poeiras não condutivas;
- **Grupo IIIC:** poeiras condutivas.

As classes de temperatura dos gases inflamáveis (Grupo II) e as temperatura máxima de superfície para equipamentos “Ex” são indicados na Figura a seguir.

Classes de temperatura dos gases (Grupo II) e temperatura máxima de superfície para equipamentos “Ex”

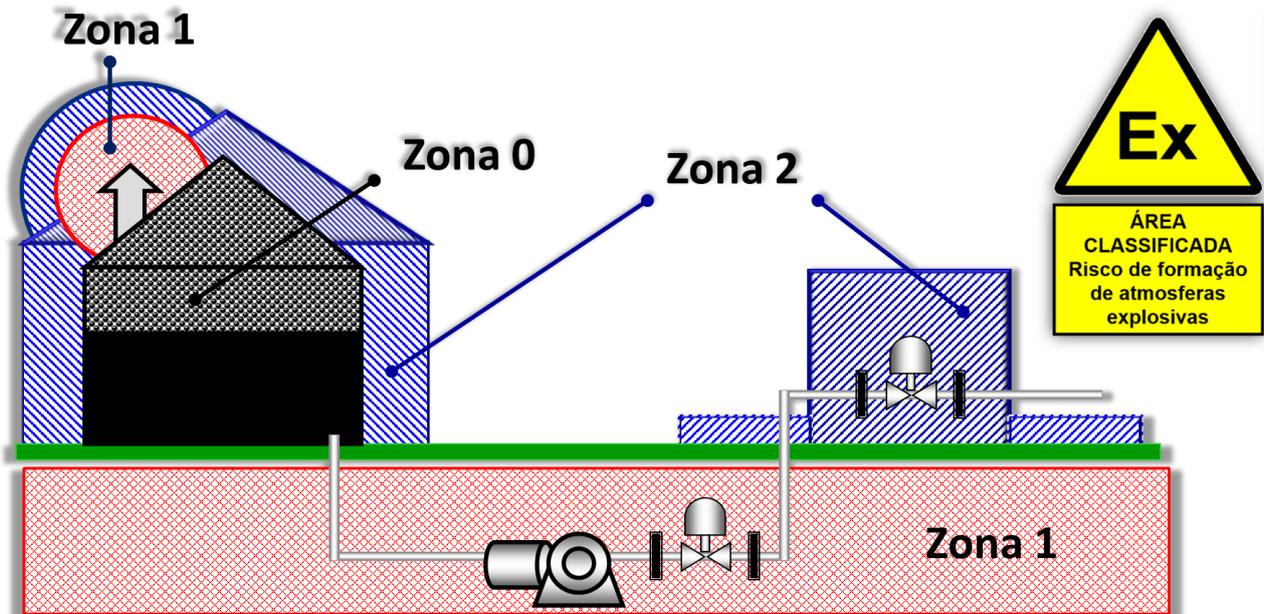
Classe de Temperatura da classificação de área	Temperatura de ignição dos gases inflamáveis ou vapores (°C)	Temperatura máxima de superfície dos equipamentos “Ex” (°C)	Classe de temperatura permitida dos equipamentos “Ex”
T1	$T \geq 450$	450	T1/T2/T3/T4/T5/T6
T2	$300 \leq T < 450$	300	T2/T3/T4/T5/T6
T3	$200 \leq T < 300$	200	T3/T4/T5/T6
T4	$135 \leq T < 200$	135	T4/T5/T6
T5	$100 \leq T < 135$	100	T5/T6
T6	$85 \leq T < 100$	85	T6

Classes de temperatura de áreas classificadas e temperaturas máximas de superfície para equipamentos “Ex” para gases inflamáveis

10.1 Exemplos de desenhos de plantas e de cortes de classificação de áreas

Com base nos desenhos de arranjo e de elevação das instalações físicas da planta, da lista de dados de processo e da determinação das extensões das áreas classificadas, são elaborados os respectivos desenhos de plantas e cortes das extensões de áreas classificadas.

É apresentado a seguir um exemplo “*qualitativo*” de documentação de classificação de áreas, tendo como base os conceitos de “Zonas”.



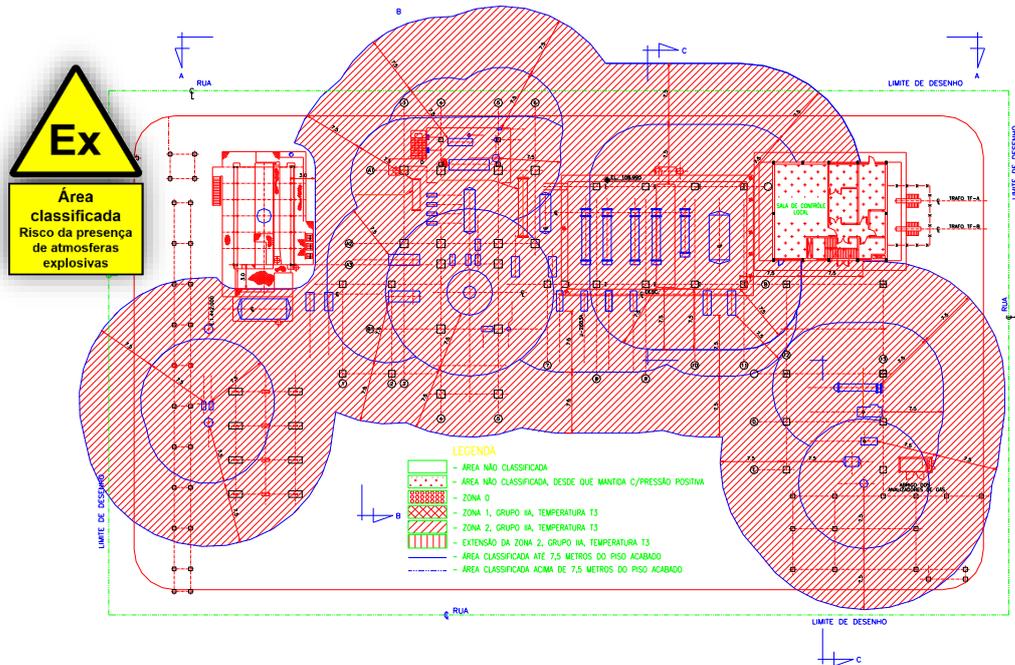
Exemplo de desenho de classificação de áreas contendo atmosferas explosivas de gases inflamáveis com a indicação das diferentes Zonas e extensões

As figuras a seguir mostram respectivamente exemplos típicos de desenhos de projeto de arranjo de equipamentos e de elevação, elaborados para plantas de processamento petroquímico em instalações terrestres. Nestes desenhos são indicados as extensões e os limites de classificação de áreas, sendo definidos, para cada área classificada, os respectivos dados de zona, grupo e classe de temperatura.

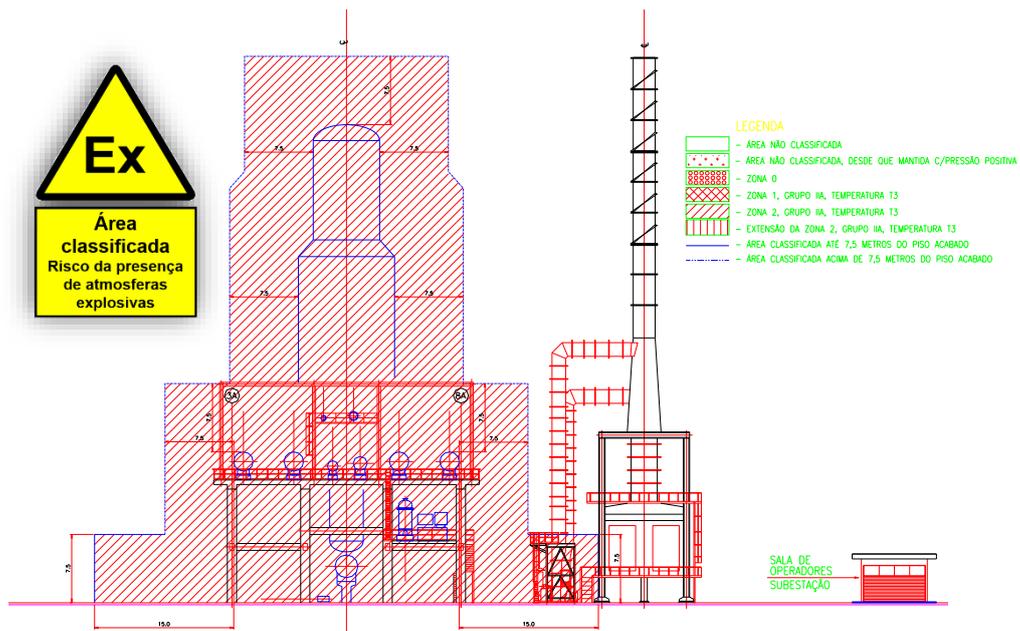
São indicadas também nestes desenhos, as fronteiras entre áreas classificadas e áreas seguras, bem como as áreas que podem ser consideradas como seguras somente se forem mantidas sob pressurização com ar, como casas de controle locais (onde normalmente são instalados os sistemas digitais de controle de processo) e as subestações (onde normalmente são instalados os painéis do tipo centro de controle de motores).

Por meio de legenda com diferentes tipos de hachuras, são diferenciadas, nos desenhos de classificação de áreas, as diferentes classificações de cada área, como áreas não classificadas, áreas do tipo **Zona 0, 1, 2, 20, 21 ou 22**, os diferentes **Grupos IIA, IIB, IIC, IIIA, IIIB ou IIIC** e as diferentes classes de temperatura (**T1, T2, T3, T4, T5 ou T6**).

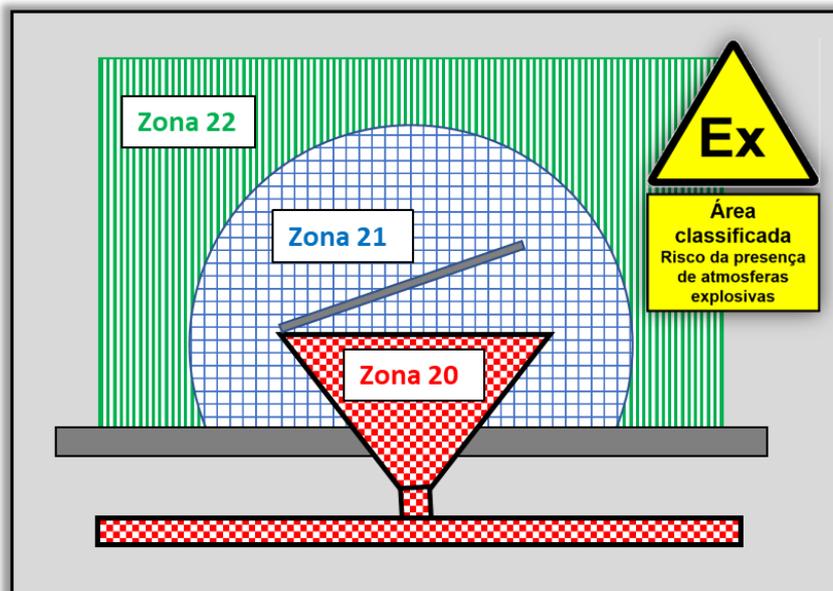
Com base nas informações de zona, grupo e classes de temperatura de cada área, obtidas destes desenhos, são especificados os tipos e características de proteção para os equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos, eletrônicos e mecânicos "Ex" a serem adquiridos e instalados no campo, em áreas classificadas.



Exemplo de desenho de projeto de planta de extensão de áreas classificadas em uma planta de petroquímica em instalação terrestre



Exemplo de desenho de projeto de elevação de extensão de áreas classificadas em uma planta de petroquímica em instalação terrestre.



Exemplo de desenho de elevação apresentando extensão de classificação de áreas contendo poeiras combustíveis

10.2 Sinalização de segurança em áreas classificadas

Sob o ponto de vista **normativo**, a utilização de placas de sinalização de segurança em áreas classificadas é apresentada nas Normas Técnicas Brasileiras adotadas **ABNT NBR IEC 60079-14** (*Instalações elétricas terrestres “Ex”*) e **ABNT NBR IEC 61892-7** (*Instalações elétricas marítimas “Ex”*).

Sob o ponto de vista **legal** a Norma Regulamentadora **NR-37** (*Segurança e saúde em plataformas de petróleo*) especifica que as áreas classificadas devem possuir **sinalização de segurança**, visível e legível, indicando a **proibição da presença de fontes de ignição**.

Na figura a seguir é apresentado um exemplo de placa de sinalização de segurança de áreas classificadas, com base nos requisitos indicados nas Normas Técnicas brasileiras adotadas **ABNT NBR IEC 60079-14** e **ABNT NBR IEC 61892-7**.



Exemplos de placa de sinalização de segurança em áreas classificadas de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras adotadas **ABNT NBR IEC 60079-14** e **ABNT NBR IEC 61892-7**

A padronização de formato, cor e conteúdo especificadas naquelas Normas para a placa de sinalização “Ex” tem por objetivo **alertar** as pessoas que estão envolvidas com a execução ou supervisão de atividades em áreas classificadas sobre o risco de formação de atmosferas explosivas no local de trabalho, alertando sobre a necessidade da devida

percepção de riscos e sobre a necessidade de seguir os **procedimentos de segurança e de trabalho**, os requisitos indicados nas **análises de risco** e os requisitos das respectivas **Permissões de Trabalho**.

A instalação de placas de sinalização de segurança em áreas classificadas é também destinada a **alertar** as pessoas envolvidas na execução ou supervisão de trabalhos em instalações “Ex” sobre os **riscos** de eventual geração de **fontes de ignição** a partir de equipamentos elétricos ou mecânicos, devido a eventual geração de superfícies quentes ou de centelhas ou faíscas, causadas por atrito ou cargas eletrostáticas, o que pode provocar explosões com consequências catastróficas.

11 Riscos associados ao manuseio de grãos em atmosferas explosivas de poeiras combustíveis

Em unidades industriais em que, durante o manuseio ou transporte de grãos ou farelos, a dispersão de poeiras ou partículas não possam ser evitadas, existe a ocorrência da suspensão e da deposição em camadas de poeiras combustíveis, promovendo riscos de acidentes às pessoas e às instalações.



Moega e plataforma de descarga de caminhões contendo poeiras combustíveis (farelo de soja)



Tulha de carregamento de vagões contendo poeiras combustíveis



Exemplos de movimentação de poeiras combustíveis para carga e descarga de navios graneleiros

As poeiras combustíveis provenientes dos grãos consistem em pequenas partículas criadas pela quebra e abrasão de partículas maiores em função do manuseio e do processamento. Poeiras combustíveis são partículas sólidas finamente divididas, com diâmetro nominal de **500 µm ou menor**, as quais podem formar misturas explosivas com o ar, nas condições normais de temperatura e pressão (-20 °C a +60 °C), 80 kPa (0,8 bar) a 110 kPa (1,1 bar), tendo o ar conteúdo normal de oxigênio, 21 % v/v.

Uma partícula em suspensão é considerada com dimensão menor a **63 µm**, uma vez que partículas maiores normalmente não ficam em suspensão. Considera-se partículas combustíveis em suspensão, partículas sólidas, incluindo fibras combustíveis, onde uma dimensão é maior que **500 µm** em tamanho nominal, que pode formar uma mistura explosiva com o ar, nas condições normais de temperatura e pressão, de acordo com a Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2.

11.1 Riscos de incêndios e explosões associados a poeiras combustíveis

Os incêndios envolvem exposição potencial dos particulados sólidos ao calor ou chamas, na forma de nuvem ou em deposição de camada. Um incêndio requer a existência simultânea de **três elementos** básicos para ser iniciado: oxigênio, produto inflamável ou combustível e uma fonte de ignição.



Triângulo do fogo ou da explosão

As medidas de controle e prevenção ao risco de incêndio devem ser antecipadas. Equipamentos eletromecânicos instalados em atmosferas explosivas contendo acúmulo de poeira em camada ou em suspensão, não devem apresentar

temperatura de superfície acima da temperatura mínima de ignição dos materiais a serem manuseados, e o acúmulo de poeira sobre os equipamentos deve ser evitado. São necessárias medidas adicionais de controle e prevenção, como a adoção de procedimentos de limpeza (*housekeeping*).



Acúmulo de camada de poeira combustível sobre motor elétrico de indução “Ex”



Acúmulo de camada de poeira combustível sobre luminária “Ex”



Acúmulo de camada de poeira combustível sobre caixa redutora de engrenagens “Ex”



Acúmulo de camada de poeira combustível sobre mancal de rolamento de equipamento “Ex”

O conhecimento prévio das Temperaturas Mínimas de Ignição (TMI) das poeiras combustíveis nas formas de camada ou de nuvem, existentes em uma determinada instalação, deve ser indicada na documentação de classificação de áreas e deve preceder à determinação da temperatura máxima de superfície (T_{MAX}) dos equipamentos elétricos e mecânicos “Ex” a serem instalados em áreas classificadas contendo poeiras combustíveis.

Os valores destas temperaturas podem estar indicadas nas respectivas FISPQ (*Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos*) ou podem ser obtidas por meio de ensaios realizados em laboratório.

11.1.1 Temperatura mínima de ignição de poeira combustível na forma de camada

O equipamento de ensaio para a determinação do valor da Temperatura Mínima de Ignição (**TMI camada**) de camada de poeira combustível consiste em uma placa aquecida e um anel contendo a poeira combustível a ser analisada. Os métodos para o ensaio estão descritos na Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2.



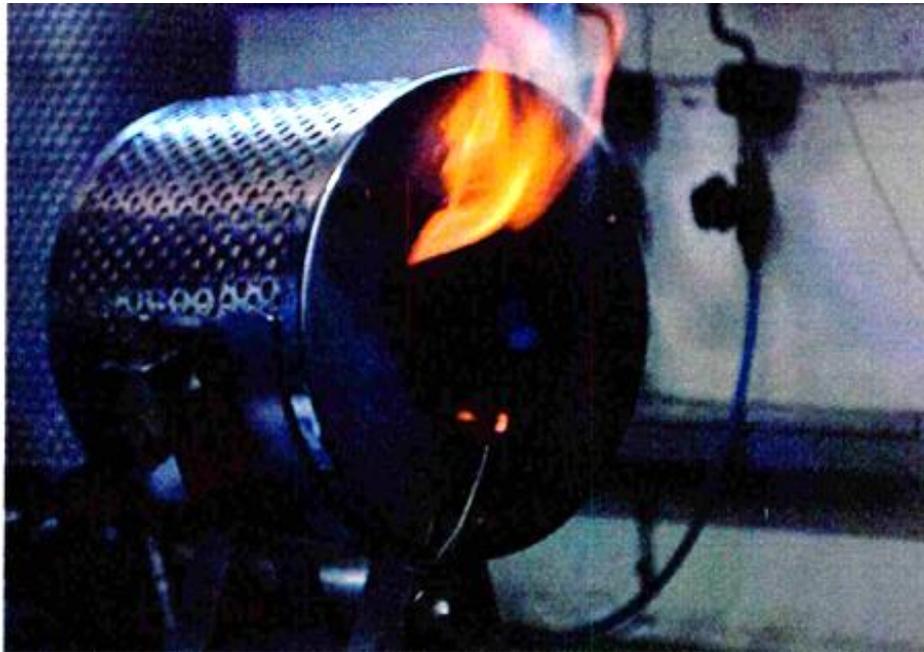
Placa aquecida para ensaios de determinação da temperatura mínima de ignição de poeira combustível na forma de camada. Fonte: CETAC (*Centro Tecnologia do Ambiente Construído*) - LFEX (*Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosões / IPT*)

A temperatura mínima de ignição de uma poeira combustível na forma de camada é a menor temperatura de uma superfície aquecida em que ocorre uma ignição de uma camada de poeira sob condições especificadas de ensaio. Portanto, para efeito de seleção de equipamentos “Ex”, a temperatura máxima de superfície do equipamento deve ser menor que a temperatura de ignição da poeira combustível na forma de camada: $T_{MAX} < TMI \text{ camada}$.

A Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-14 especifica que a temperatura de superfície de equipamentos “Ex” para poeiras combustíveis deve ser **TMI camada – 75 K**.

11.1.2 Temperatura mínima de ignição de poeira combustível na forma de nuvem

A temperatura mínima de ignição de uma poeira combustível na forma de nuvem em suspensão (**TMI nuvem**) é a menor temperatura de uma superfície aquecida, na qual a mistura que mais facilmente possa entrar em ignição da poeira com o ar, entra em ignição sob condições especificadas de ensaio indicadas na Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2



Forno do tipo BAM para determinação da temperatura mínima de ignição de poeira combustível
Fonte: CETAC - Centro Tecnologia do Ambiente Construído – LFEX (Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosões / IPT)

A temperatura máxima de superfície dos equipamentos elétricos e mecânicos “Ex” a serem instalados em áreas classificadas contendo poeiras combustíveis deve ser menor que a temperatura mínima de ignição dos produtos particulados em suspensão: $T_{MAX} < TMI \text{ nuvem}$.

A Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-14 especifica que a temperatura de superfície de equipamentos “Ex” para poeiras combustíveis deve ser $2/3 TMI \text{ nuvem}$.

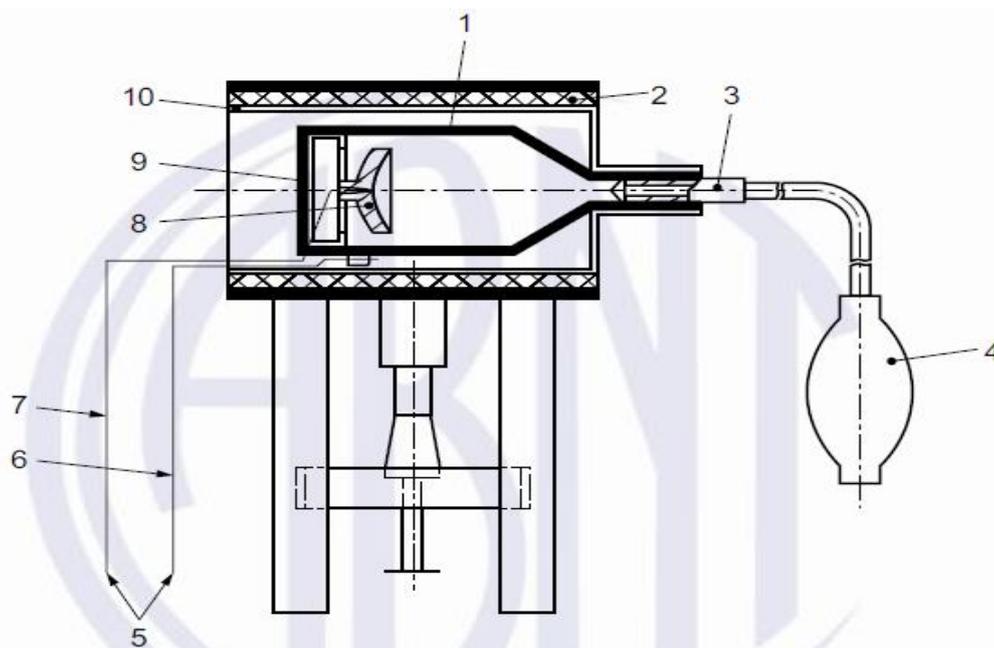


Diagrama de forno tipo BAM. (1) Câmara de ensaio, (2) elemento aquecedor 1 500 W, (3) tubo de entrada de ar, (4) bexiga de borracha, (5) conexão ao controlador, (6) termopar controle, (7) termopar medição, (8) bandeirola, (10) forno.
 Fonte: ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2

De acordo com a Norma NFPA 499, são apresentadas a seguir algumas das temperaturas de ignição de camadas ou suspensão de algumas poeiras combustíveis.

Poeira combustível	Valor de referência de temperatura mínima de ignição de camada ou nuvem de poeira combustíveis(°C)
Açúcar	370
Arroz	220
Bagaço de cana	275
Canela	230
Carvão	180
Casca de laranja	270
Celulose	260
Chocolate natural	240
Enxofre	220
Farinha de soja	190
Farinha de trigo	360
Goma arábica	260
Madeira	260
Milho	250
Rayon (Viscose)	250
Nylon	430
Epóxi	540
Policarbonato	710

Exemplos de temperaturas de ignição de camadas ou suspensão de algumas poeiras combustíveis Fonte: Adaptado de NFPA 499

De acordo com a NFPA 499, a TMI camada de uma poeira específica é normalmente inferior à TMI suspensão. Uma vez que isso não é universalmente verdadeiro, a mais baixa das duas temperaturas mínimas de ignição é listada de acordo com os dados da tabela indicada a seguir.

Poeira combustível	Código (Nuvem ou Camada)	TMI Camada ou Suspensão (°C)
Arroz		220
Farinha de Soja		190
Açúcar	CL	370
Trigo		220

“CL” (CLOUD) significa que é indicada a TMI da poeira combustível na forma de nuvem (ou suspensão). Quando nenhum símbolo aparecer na coluna “código”, então a temperatura de ignição da **camada** é mostrada.

Temperatura mínima de ignição de poeiras combustíveis na forma de nuvem ou camada. Fonte: Adaptado de NFPA 499

O conhecimento da **temperatura mínima de ignição (TMI suspensão)** é essencial para a adequada seleção dos equipamentos elétricos e mecânicos “Ex” a serem instalados em áreas classificadas contendo poeira combustível.



Exemplo de nuvem de poeira em expansão e em contato com refletores com tipo de proteção Ex “t”

11.1.3 Índice de combustibilidade de poeiras combustíveis

Variáveis adicionais podem ser determinadas com o objetivo de reduzir os danos causados em caso de explosão em instalações contendo poeiras combustíveis, como o conhecimento do **índice de combustibilidade** das poeiras (**Combustibility Index, CI**), que define por meio de ensaios laboratoriais, em que medida uma chama iniciada por ignição externa pode se propagar em leito de poeira combustível, de acordo com a **NFPA 652 - Standard on the Fundamentals of Combustible Dust**.

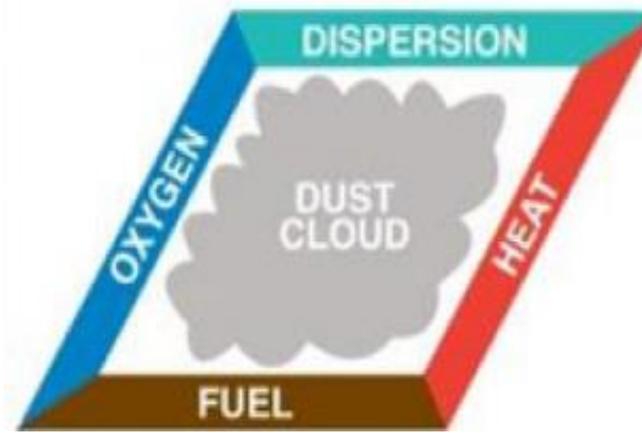


Exemplo de camada de poeira depositada sobre grades de moegas de descarregamento de farelo de soja

O **Índice de combustibilidade** de poeiras combustíveis varia desde 1 (sem chama) até 6 (rápida combustão). Este dado é relevante para a avaliação da possibilidade de propagação de chama que ocorre se $CI > 3$ e pode nortear projetos para proteção e procedimentos de segurança.

11.1.4 Risco de deflagração de poeiras combustíveis

As deflagrações são essencialmente “bolas de fogo” em expansão e envolvem a propagação de frentes de chamas com aumentos rápidos de pressão, que geram temperaturas entre 538 °C a 1 038 °C (**FLASH FIRE NFPA 499**), de acordo com a **NFPA 654 - Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids**.



Elementos para uma deflagração. Fonte: *OSHA Technical Manual – Section IV, Chapter 6, Combustible Dusts*

Uma deflagração requer **quatro elementos**: os três elementos indicados no triângulo do fogo ou da explosão, mais a **dispersão de poeira combustíveis** nas concentrações corretas no ar.

11.1.5 Risco de explosão de poeiras combustíveis

Uma explosão de poeira combustíveis requer **cinco elementos**: os quatro elementos para deflagração, mais o **confinamento da nuvem em suspensão**.



Cinco elementos para uma explosão de uma poeira combustíveis. Fonte: *OSHA Technical Manual - Section IV, Chapter 6, Combustible Dusts*

11.1.6 Energia mínima de ignição de uma mistura de poeira combustíveis no ar

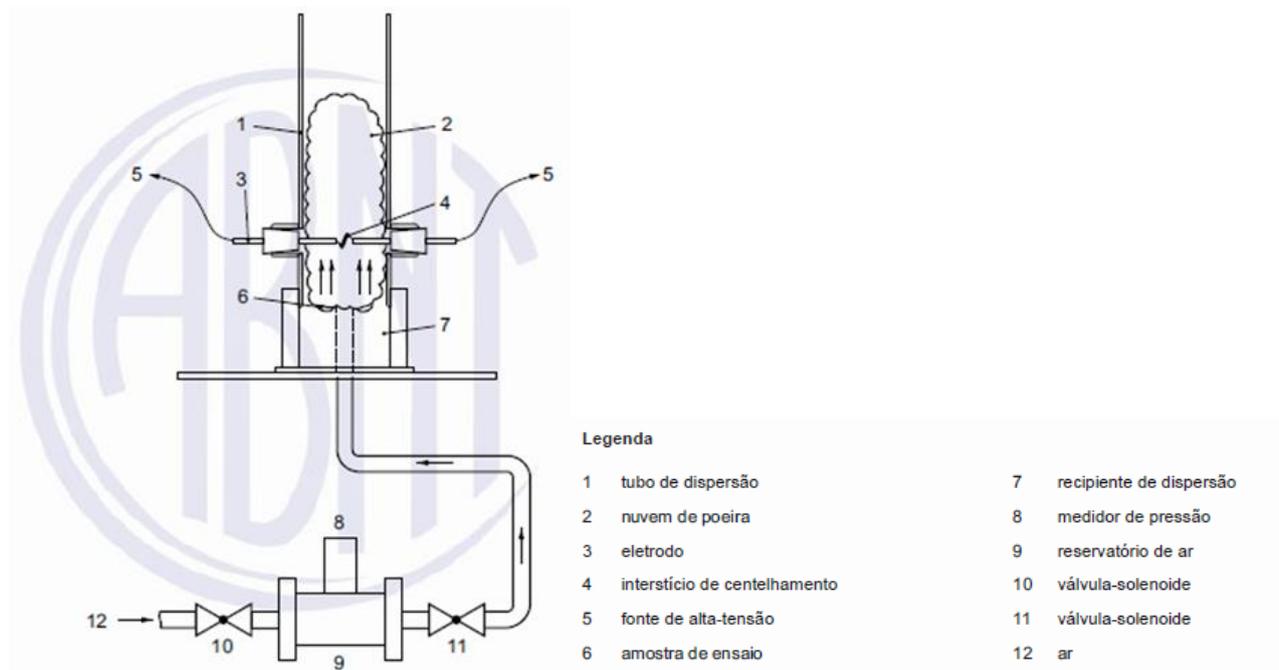
É a menor energia elétrica armazenada em um capacitor requerida para, sob condição de descarga, ser suficiente para causar a ignição da mistura mais sensível da poeira combustíveis com o ar, sob condições especificadas de ensaio.



Aparelho para a determinação da energia mínima de ignição de poeiras combustíveis

Fonte: CETAC (Centro Tecnologia do Ambiente Construído) – LFEX (Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosões / IPT)

A energia de ignição mínima pode ser determinada, tanto no tubo Hartmann modificado, como na esfera de 20 L ou no vaso de 1 m³ com a utilização de um dispositivo de descarga de capacitor adequado, de acordo com o indicado na Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2.



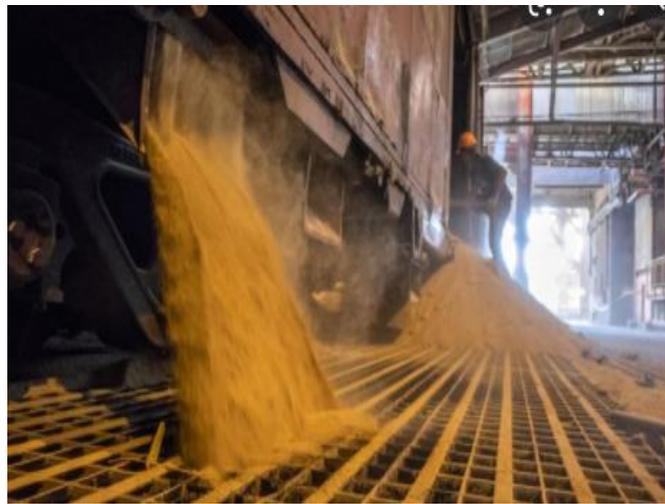
Equipamentos para a determinação da energia mínima de ignição de poeiras combustíveis

Fonte: Norma ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2

As nuvens de poeira combustíveis podem ser geradas durante as operações de descarga e armazenamento de produtos granulares e a sua ignição ocorre quando do contato com alguma fonte incidente de energia, sendo as mais comuns a descarga eletrostática e o arco elétrico.



Suspensão de poeira provocada pela movimentação de farelo ou grãos de poeiras combustíveis: Formação de pilha no interior de um armazém graneleiro



Suspensão de poeira provocada pela movimentação de farelo ou grãos de poeiras combustíveis: descarga de vagões em moega ferroviária

11.1.7 Granulometria de poeiras combustíveis

A granulometria caracteriza o tamanho das partículas de um produto moído, dado pelo diâmetro geométrico médio das partículas de uma amostra. O valor da granulometria é mais baixo no caso de poeiras muito **finas** ou de processos que resultem em partículas muito **pequenas**.

De forma geral, dados de explosividade de poeiras combustíveis são avaliados utilizando amostras com granulometria de $< 63 \mu\text{m}$. Na ausência de informações mais detalhadas, este é o valor adotado para a avaliação da poeira combustível considerada.

11.1.8 Risco de eventos secundários de poeiras combustíveis: Deflagração ou explosão

Eventos secundários podem ser causados por uma explosão **primária**, resultando em dispersão de poeira combustível seguida por incidentes ou explosões **secundárias**.

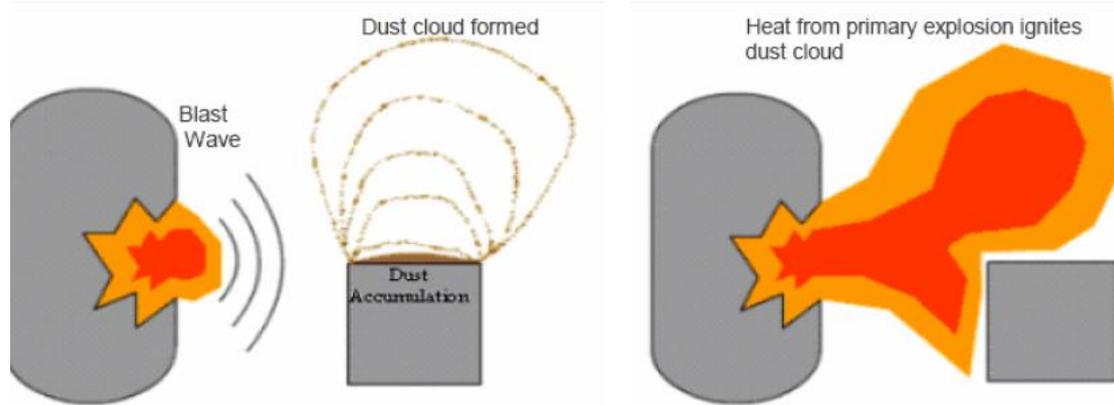


Ilustração de uma explosão **PRIMÁRIA** e de uma explosão **SECUNDÁRIA**

Ilustração de evento secundário decorrente de uma explosão primária de uma poeira combustível

Fonte: *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*

Evitar o acúmulo de poeira sobre qualquer estrutura (seja aquecida ou não) é uma das medidas mais eficazes de controle dos riscos de incêndio ou explosão.

Procedimentos adequados e rotinas de limpeza podem mitigar a ocorrência de eventos secundários e a propagação das chamas (em caso de incêndio).



Exemplos de acúmulo de poeira combustíveis em forma de camada sobre estruturas (não aquecidas) de equipamentos de processo

11.1.9 Concentração mínima de explosividade (CME) de poeiras combustíveis

Pode ser definida como sendo a quantidade mínima de poeira ou fibra combustível, a qual misturada com ar, se torna potencialmente explosiva.

Uma explosão de poeira pode existir se a concentração estiver dentro dos limites estabelecidos para cada material, da ordem de 20 g/m³ para a maioria das poeiras combustíveis de origem orgânica. Na Tabela a seguir são apresentados os limites de concentração mínima de explosividade para algumas poeiras combustíveis.

Material	Concentração mínima	Concentração ótima	Densidade da poeira
	g/m ³	g/m ³	kg/m ³
Amido de milho	1,13	14,2	21 - 23
Cortiça	0,99	5,7	23 - 24
Açúcar	1,28	14,2	23 - 25
Madeira	0,99	28,4	7,3 - 16
Polietileno	0,57	14,2	9,5 - 15,9

Limites de concentração mínima de explosividade para algumas poeiras combustíveis: Fonte: Adaptado de NFPA 499

O limite inferior da faixa de concentração de poeira no ar (LIE) é definido pelos ensaios de explosão descritos na Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2. De acordo com a Instrução Técnica Nº 27 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, quando as concentrações de poeiras são desconhecidas, os locais de risco devem ser avaliados periodicamente com a utilização de uma de bomba de amostragem. Estas concentrações de poeiras combustíveis nunca podem estar entre 20 e 4 000 g/m³.

11.1.10 Temperatura de Auto Ignição (TAI) de poeiras combustíveis

É a temperatura mínima em que ocorre uma combustão, independentemente da existência de uma fonte de ignição por faíscas, arcos ou centelhas. O ensaio de determinação da temperatura mínima de autoignição de poeiras combustíveis tem a finalidade de determinar a temperatura mínima em que uma poeira combustível se inflama sem entrar em contato com qualquer fonte de ignição por faíscas, arcos ou centelhas.



Detalhe do desprendimento de fumaça durante ensaio de Temperatura de Autoignição de poeira combustível.
Fonte: CETAC - Centro Tecnologia do Ambiente Construído – LFEX (Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosões / IPT)

A Figura a seguir apresenta o resultado do ensaio para determinação da temperatura de autoignição de Farelo de Soja, que correspondeu a 191,7 °C após 2,39 horas de ensaio.

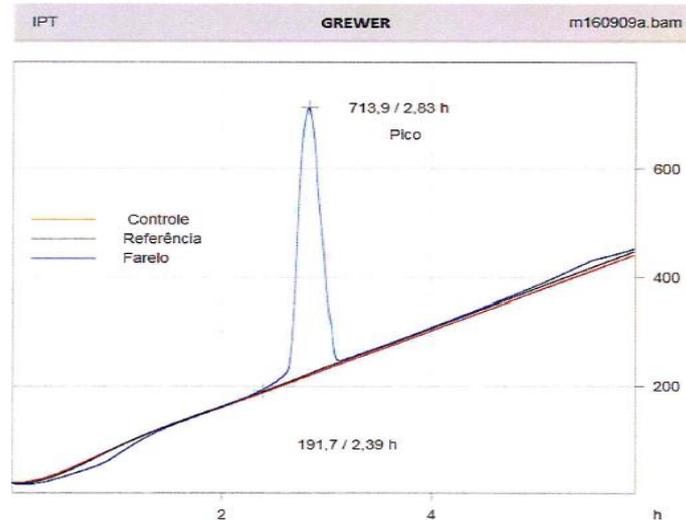


Gráfico de temperatura x tempo, ensaio de autoignição de Farelo de Soja

Fonte: CETAC (Centro Tecnologia do Ambiente Construído) – LFEEX (Laboratório de Segurança ao Fogo e Explosões / IPT)

11.2 Riscos de explosão em unidades de armazenamento e manuseio de grãos de poeiras combustíveis

Um **siló** é definido como sendo toda construção ou estrutura destinada ao armazenamento e à conservação de qualquer produto granular industrial ou agrícola. Os silos podem ser construídos de madeira, concreto armado, chapas metálicas lisas e corrugadas, plásticos, fibra de vidro, entre outros. Quanto ao seu tipo, são divididos em 3 grupos: elevados ou aéreos, subterrâneos e semisubterrâneos.



Tipos de silo: elevados de madeira, multicelulares poligonais e elevados. Fonte: Calil Junior, C.; Cheung. 2007



Tipos de silo: Pré- moldados de concreto, em tela metálica e tecido e horizontal semisubterrâneo. Fonte: Calil Junior; Cheung 2007

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil retomou dos Estados Unidos a posição de maior produtor de soja do mundo (2020). Em 31 de dezembro de 2020, o estoque de produtos agrícolas no Brasil totalizou 28

milhões de toneladas, representando uma alta de 5,7 % na comparação com 2019, indicando o forte potencial agrícola nacional.

De acordo com a Secretaria de Comércio Exterior (Secex), as exportações de minério de ferro do Brasil cresceram 11,7 % em agosto/2020, em comparação com o mesmo mês de 2019, somando 34,84 milhões de toneladas. Nas unidades de armazenamento e conservação disponíveis no Brasil há predominância dos **silos** e **armazéns**.

Número de estabelecimentos e capacidade útil de armazenamento agrícola no Brasil - 2º semestre 2020

Número de estabelecimentos	Capacidade (t)			
	Total	Convencional	Armazéns graneleiro	Silos
7 900	176 316 921	22 290 396	66 106 815	87 299 710

Acidentes com explosões ou incêndios envolvendo silos e armazéns contendo poeiras combustíveis são registrados com frequência no mundo inteiro, o que reforça a necessidade de instalações e equipamentos adequados a cada tipo de produto particulado ou poeira combustível, bem como o desenvolvimento de competências pessoais para este ramo de atividade industrial.



Colapso estrutural seguido de explosão de nuvem de poeira de milho. Fonte: Google, 2022



Incêndio em silo de cereais localizado em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso (13/01/2022)



Incêndio em um silo na planta da Cooperativa ACA em San Lorenzo, Argentina. Acesso em 26/11/2021. Fonte: https://www.facebook.com/watch/?v=278768594184365&extid=WA-UNK-UNK-UNK-AN_GK0T-GK1C&ref=sharing



Incêndio nos terminais de açúcar da Coopersucar. Maior incêndio da história do Porto de Santos. Fonte: G1, 18/10/2013

Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2013/10/maior-incendio-da-historia-do-porto-de-santos-so-deve-ser-extinto-domingo.html>

Em 07/02/2008 ocorreu uma explosão na Refinaria e ensacamento de açúcar da Empresa *Imperial Sugar* (Estados Unidos), resultando em 14 mortes e 38 feridos, sendo 14 com queimaduras graves. O relatório deste sinistro gerou significativas alterações em normas e regulamentos para ambientes contendo poeiras combustíveis nos EUA, com reflexos na normalização e legislação de diversos países.



Explosão ocorrida na Refinaria de Açúcar da Imperial Sugar, Estados Unidos. Fonte: *U.S. Chemical Safety Board. Imperial sugar company dust explosion and fire*. Disponível em: <http://www.csb.gov/imperial-sugar-company-dust-explosion-and-fire/>

11.3 Prevenção de riscos de explosão em unidades de armazenamento e manuseio de grãos de poeiras combustíveis

A prevenção de explosões ou de seus impactos em armazéns ou silos requer a observação das etapas relacionadas a seguir.

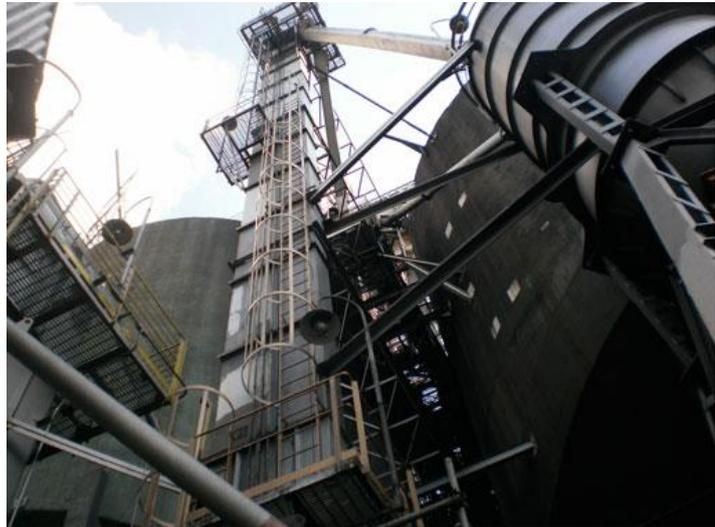
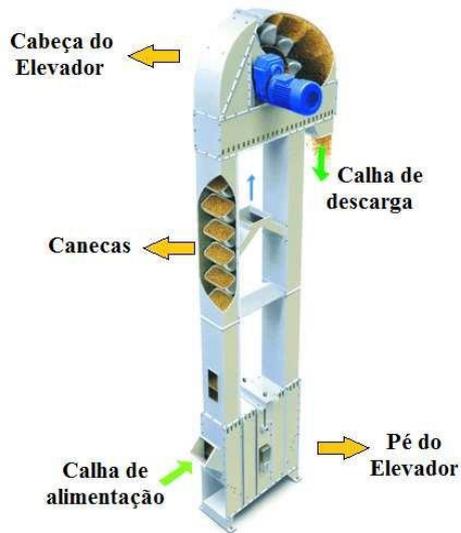
Etapa	Processo / Definir	Normas Técnicas Aplicáveis
Características dos materiais inflamáveis ou combustíveis	T _{MAX} , EMI, TAI, SIT	ABNT ISO/IEC 80079-20-1 ABNT ISO/IEC 80079-20-2 ABNT NBR IEC 60079-14 NFPA 499
Classificação de áreas	Classificação de áreas	ABNT NBR IEC 60079-10-1 ABNT NBR IEC 60079-10-2 ABNT IEC 60092-502 ABNT IEC 61892-7 API RP 505 NFPA 499
	EPL	ABNT NBR IEC 60079-0 ABNT NBR IEC 60079-14
	Zonas	ABNT NBR IEC 60079-10-1 ABNT NBR IEC 60079-10-2
	Grupos	ABNT NBR IEC 60079-10-2 ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-2
	Extensões	ABNT NBR IEC 60079-10-2 NFPA 499
Seleção de equipamentos de telecomunicações, de instrumentação, de automação, elétricos e mecânicos “Ex”	Seleção de equipamentos “Ex”	ABNT NBR IEC 60079-14 ABNT NBR ISO 80079-36 ABNT NBR ISO 80079-37
	Tipo de proteção “Ex”	Série ABNT NBR IEC 60079 Série ABNT NBR ISO 80079
	Grau de Proteção (IP)	ABNT NBR IEC 60529 ABNT NBR IEC 60034-5
Execução de projetos	Empresas de Serviços “Ex” Certificadas	ABNT NBR IEC 60079-14 ABNT NBR IEC 60079 – Partes 10-1, 10-2, 14, 17 e 19
Montagem de equipamentos e instalações “Ex” e sinalização de áreas classificadas		ABNT NBR IEC 60079-14 ABNT NBR IEC 61892-7 DIN 40012-3
Inspeção inicial	Detalhada	ABNT NBR IEC 60079-17
Partida e operação		ABNT NBR IEC 60079-14
Manutenção	Preventiva, preditiva	ABNT NBR IEC 60079-17
Inspeções	Iniciais, periódicas, por amostragem	ABNT NBR IEC 60079-17
Gestão de mudanças	Recuperação e modificação de equipamentos “Ex”	ABNT NBR IEC 60079-19
	Empresas de Serviços “Ex” Certificadas	ABNT NBR IEC 60079 – Partes 10-1, 10-2, 14, 17 e 19

11.4 Equipamentos utilizados no transporte e manuseio dos grãos, formas de prevenção e mitigação dos riscos de explosão e incêndio

Diversos equipamentos são utilizados na movimentação de produtos granulares, sendo indicados a seguir os mais comuns e que representam alto potencial de risco

11.4.1 Elevadores de canecas ou de caçambas para transporte de poeiras combustíveis

ELEVADORES DE GRÃOS: São amplamente utilizados no transporte vertical dos grãos agrícolas, minérios e outros materiais a granel, podendo ser do tipo centrífugo, contínuo, tubular etc.



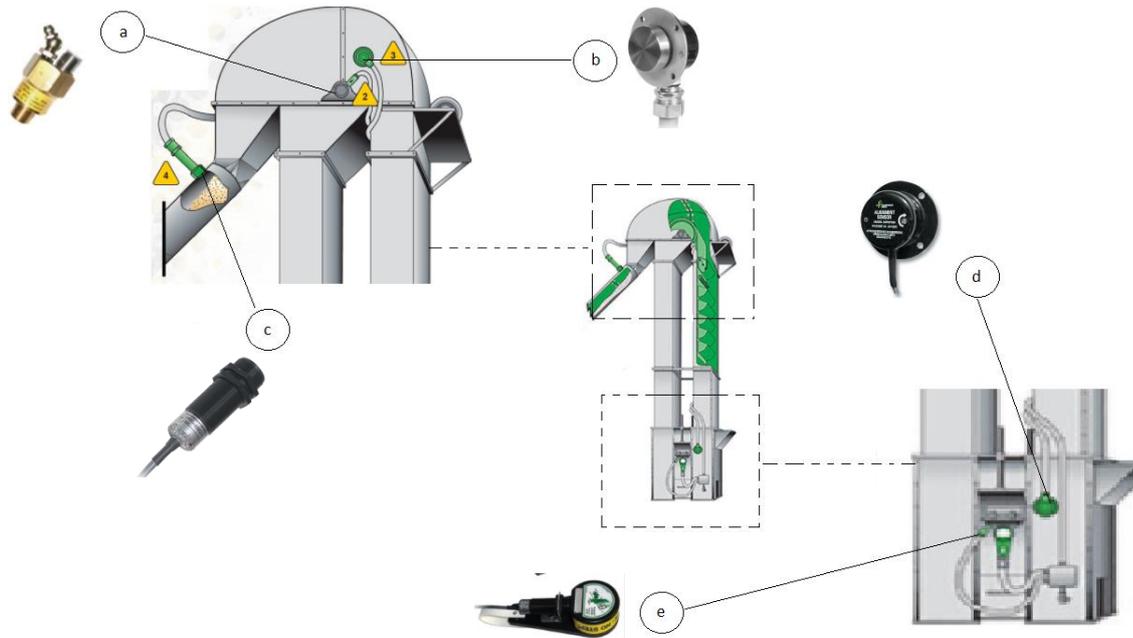
Elevador centrífugo de canecas (ou caçambas). Fonte: Google, 2022

De acordo com a OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), entre 1976 e 2011, ocorreram nos EUA 503 ocorrências de explosão em elevadores de canecas, causando 677 feridos e 184 fatalidades, o que demonstra a necessidades de medidas de prevenção contra a ocorrência de uma explosão e ou supressão, em casos em que as explosões ainda estejam em estágios incipientes.



Explosão em elevadores de canecas contendo grãos ou farelo de poeiras combustíveis. Fonte: Roberto Hajnal, 2021.

A prevenção de explosões ou de seus impactos em elevadores inclui basicamente: a montagem com materiais incombustíveis, monitoramento de temperatura dos mancais de rolamento, controle de velocidade do eixo movido (desligar à 80 % da velocidade nominal), monitoramento do alinhamento das canecas e correia, sensores de proteção contra sobrecargas por excesso de material, monitoramento dos rolamentos por vibração ou ultrassom, dispositivos de alívio de pressão em caso de explosão (painéis de alívio), portas para inspeção e limpeza do interior, supressão da concentração de poeira em suspensão em seu interior (abaixo do limite de explosividade a poeira combustível processada), revestimento antiderrapante no tambor de acionamento e aterramento elétrico adequado.



Dispositivos básicos de proteção de um Elevador de canecas. Fonte: Adaptado de 4B Group

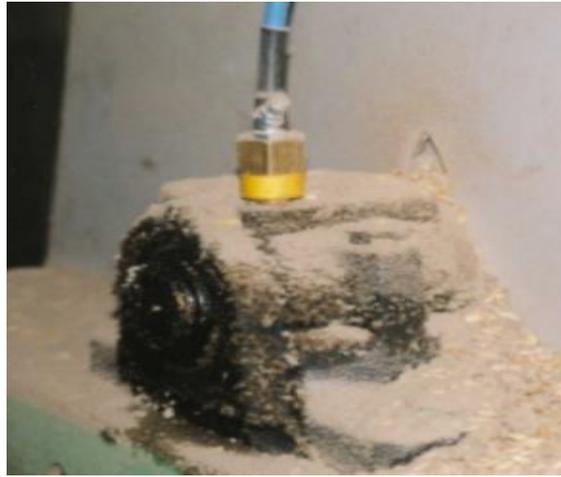
- (a) Sensor de temperatura de mancal de rolamento
- (b) Sensor de desalinhamento da correia
- (c) Sensor de embuchamento da caixa de transferência
- (d) Sensor de desalinhamento
- (e) Sensor de velocidade

O monitoramento de velocidade ou de movimento do eixo movido (contrário ao acionamento moto-redutor, ou motriz) visa eliminar o risco de incêndio ou explosões quando do travamento ou atrito do conjunto de canecas, rolamentos, do escorregamento e conseqüentemente do atrito do tambor motriz devido ao desalinhamento da correia, rompimento da correia, entre outros objetivos.



Dispositivos básicos de proteção instalados no "pé" de um elevador de canecas. Fonte: Google, 2022.

- (a) Sensor de proteção de desalinhamento da correia
- (b) Sensor de movimento ou velocidade

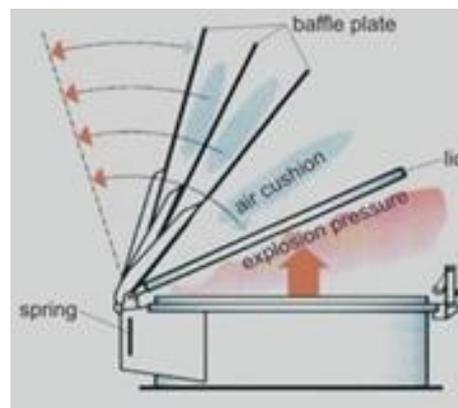


Dispositivo de proteção por temperatura em mancal de rolamentos de equipamento instalado em área classificada contendo poeira combustível. Fonte: Google, 2022.

Equipamentos enclausurados destinados ao manuseio de grãos ou farelos (correias transportadoras, filtros de manga, elevadores etc.) e outras instalações contendo poeira confinada, devem ser dotados de dispositivos de alívio em caso de explosão (sejam eles: painéis, membranas ou portas basculantes), projetados para romper a uma pressão predeterminada, permitindo que a “bola de fogo” e a pressão da explosão sejam adequadamente desviadas para uma área segura.



Membranas de alívio de explosão. Fonte: IEP TECHNOLOGIES



Portas para alívio de pressão em caso de explosão interna do ambiente enclausurado. Fonte: APOIO PROJETOS

Em áreas onde as membranas, portas ou janelas de alívio de explosão não podem ser empregadas com segurança (devido ao risco de eventos secundários), ventiladores sem chama ou corta chama podem ser instalados.

Os ventiladores sem chamas são fabricados de forma que não possam gerar fontes de ignição e são projetados para apagar a frente de chama ejetada e aliviar a pressão de uma explosão por poeira combustível. Estes equipamentos reagem dentro de frações de segundo, reduzindo os riscos de ocorrência de eventos secundários.



Ventiladores de explosão sem chamas. Fonte: *IEP TECHNOLOGIES*

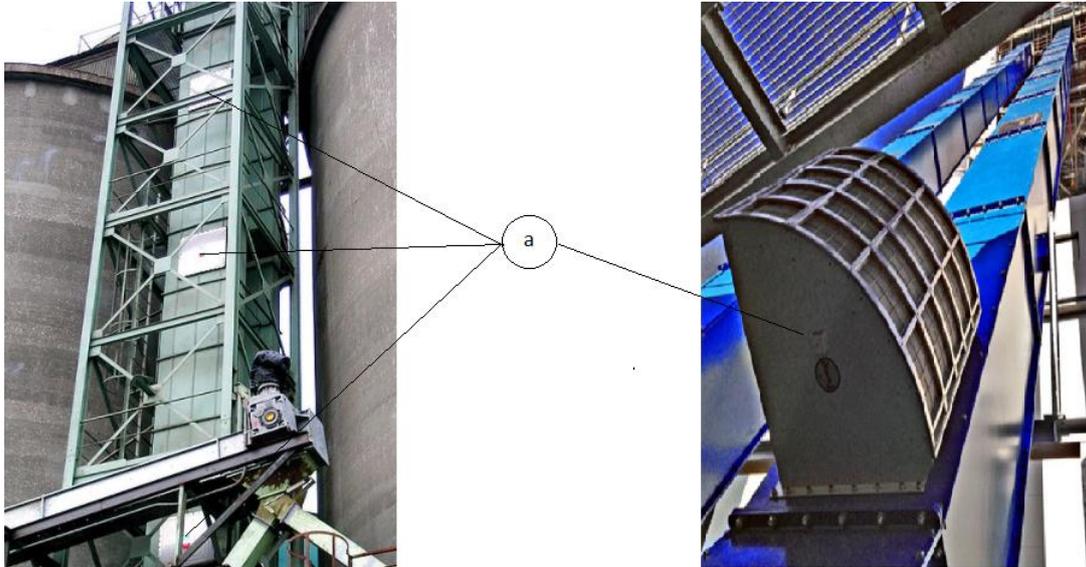
O dispositivo de alívio de explosões com corta chamas é uma solução de proteção para aplicação em equipamentos enclausurados. Os equipamentos enclausurados podem estar em atmosferas explosivas, em locais onde o alívio de explosão padrão não pode ser empregado devido ao risco de eventos secundários.

Quando ocorre uma explosão, o dispositivo de alívio abre e libera a pressão, bem como a chama da explosão, por meio de um abafador de chamas, resfriando assim os gases quentes e extinguindo a chama.



Ventiladores de explosão com corta chamas. Fonte: *IEP TECHNOLOGIES*

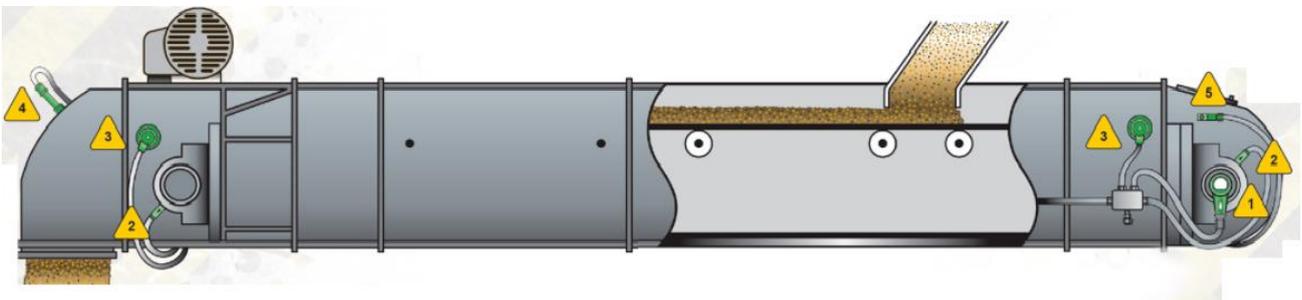
Os sistemas de alívio de pressão devem ser devidamente dimensionados, de acordo com as normas técnicas referenciadas. Esses dispositivos devem estar indicados em planta e devidamente destacados nos locais de instalação, sinalizados com a cor uma cor distinta da estrutura, para facilidade de conferência e inspeção pelo vistoriador.



Dispositivos para alívio em caso de explosão em elevadores de canecas. Fonte: Google, 2022

As partes frontais dos dispositivos de alívio de pressão devem estar desobstruídos e devidamente sinalizadas, de modo a não permitir circulação de pessoal durante a operação. Em caso de instalação interna, o equipamento deverá ser instalado próximo à parede externa do edifício, de modo a facilitar a instalação dos dutos de alívio, que farão com que os gases sejam canalizados para o ambiente externo

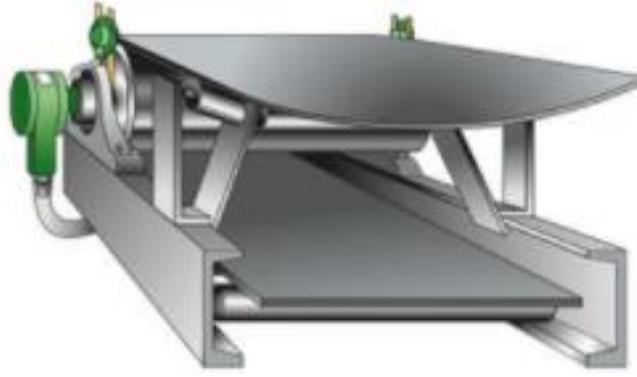
Elevadores internos devem ser fechados em poços estanques com paredes resistentes ao fogo e dotados de portas corta-fogo (PCF), com fecho automático, em todas as aberturas (Instrução Técnica Nº 27 do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo). A instalação de sistema de chuveiros automáticos do tipo “dilúvio” é utilizada como forma de combate em caso de incêndios.



Dispositivos de proteção em uma correia transportadora enclausurada. Fonte: Adaptado de 4B Group



Sensores para controle de temperatura de mancal de rolamentos. Fonte: DIRECT INDUSTRY



Sensores para controle de rotação e de temperatura em mancal de rolamentos. Fonte: Adaptado de *4B Group*



Sensor de temperatura instalado em mancal de rolamentos de esteira transportadora contendo poeiras combustíveis



Sensor de velocidade (rotação de cilindro de acionamento) instalado em esteira rolante para transporte de poeiras combustíveis em área classificada



Sensor de temperatura com barra de latão para monitoramento de desalinhamento instalado em esteira rolante enclausurada para transporte de poeiras combustíveis em áreas classificadas



Sensores indutivos magnéticos para monitoramento de desalinhamento de correia em elevador de canecas para transporte de poeiras combustíveis em áreas classificadas

11.4.2 Carregadores de navios com poeiras combustíveis (*Ship Loaders*)

Um *Ship Loader* é uma máquina de grande porte, utilizada para carregar continuamente materiais sólidos a granel, como por exemplo: minério de ferro, carvão, fertilizantes, grãos, farelos ou poeiras combustíveis, em navios ou barcas. Essas máquinas são geralmente localizadas em portos e atracações para facilitar a exportação de materiais a granel para os porões de navios.

Geralmente os *Ship Loaders* são projetados para atender aos requisitos específicos do projeto e da aplicação para a qual são destinados. Esses requisitos geralmente consideram o projeto do porto, as características dos materiais a serem transportados, a capacidade de carga e o tipo da embarcação.

Um *Ship Loader* consiste principalmente de uma coluna central, um braço extensível ou lança, um transportador de correia que se estende para fora da estrutura da lança, um mecanismo de giro e um chute de carregamento para transferir o produto de um transportador ou alimentador de origem, ao depósito da embarcação.

A lança pode se mover para frente e para trás, para cima e para baixo por acionamentos separados, de modo que possa preencher toda a largura do porão do navio, bem como se adaptar ao calado crescente do navio enquanto é carregado.

O *Ship Loader* é a máquina essencial para o ramo de transporte marítimo global de produtos a granel, incluindo as poeiras combustíveis. A globalização promoveu a necessidade de que os portos marítimos internacionais sejam equipados com maquinários de carregamento de navios eficientes e duráveis, capazes de lidar com a grande variedade de materiais que adentrem nos portos e sejam embarcados em curtos períodos de tempo. Essa necessidade de eficiência nas operações de carga e descarga promoveu avanços nas tecnologias de carregadores de navios.



Exemplo de carregador de porções de navios (*Ship Loader*) com poeiras combustíveis em terminal portuário



Exemplo de Ship Loader para carregamento de porções de navios com poeiras combustíveis, como soja, milho ou produtos fertilizantes

11.4.3 Esteiras transportadoras enclausuradas de poeiras combustíveis

Os transportadores de correia do tipo “enclausurados”, são utilizados para transporte de produtos como grãos, farelos, *pellets*, e poeiras combustíveis que poderiam facilmente ser dispersados na atmosfera, gerando uma grande quantidade de nuvens ou camadas de poeiras combustíveis.

O enclausuramento destas esteiras transportadoras serve para evitar essa indevida dispersão de poeiras combustíveis ao redor dos equipamentos de processo, contribuindo para a redução de perdas de produtos, redução de extensões de áreas classificadas e melhorias de aspectos ambientais, como sujeira e odores.

Dentre as principais características das esteiras transportadoras enclausuradas, podem ser destacadas as seguintes:

- Design totalmente enclausurado
- Não permite a dispersão de materiais particulados para o meio ambiente

- Os rolamentos estão acessíveis pelo lado externo do equipamento, não sendo necessária a exposição a partes móveis para serviços de inspeções e manutenção
- Facilidades de operação e manutenção
- Invólucros externos totalmente enclausurados
- Instalação de sistema de chuveiros de aspersão de água (*sprinklers*) no interior do invólucro da esteira



Exemplo de esteira transportadora “enclausurada” para transporte de poeiras combustíveis em terminal portuário de carregamento de soja, milho, sorgo ou produtos fertilizantes

11.4.4 Moegas para descarregamento de poeiras combustíveis de vagões ferroviários ou caminhões

A produção do agronegócio demanda desafios que precisam ser superados, como no armazenamento dos insumos nas moegas de descarregamento de grãos, farelos, *pellets* e de produtos fertilizantes.

A moega de grãos é uma estrutura utilizada para o recebimento dos grãos procedentes das colheitas, atuando diretamente no armazenamento e no abastecimento dos veículos de transporte de cargas, como nos vagões dos trens e nos caminhões.

O processo de funcionamento das moegas inclui o posicionamentos dos vagões ferroviários ou caminhões nessas estruturas elevadas, de forma que as cargas presentes nos compartimentos desses veículos caiam, pelo efeito da gravidade, passando por grelhas, até esteiras transportadoras rolantes subterrâneas, as quais levam esses grãos até os locais de armazenamento, por meio de elevadores de canecas ou de caçambas.

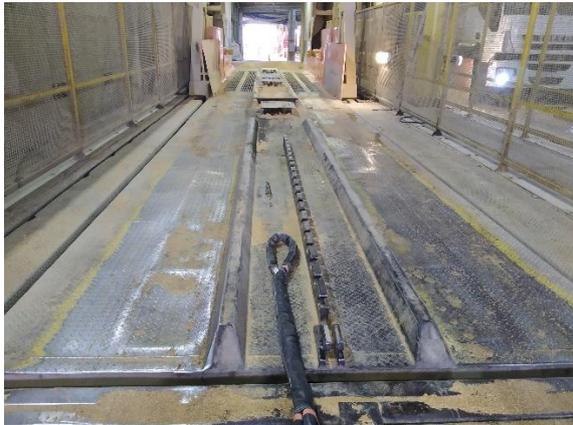
Para que as estruturas das moegas sejam utilizadas de forma adequada, é importante que os funcionários das empresas envolvidas no descarregamento e carregamento de grãos nos veículos de transporte saibam como identificar e equacionar os principais problemas que possam eventualmente ocorrer no processo de descarregamento.

Desta forma as moegas são as estruturas preparadas para o descarregamento de grãos, farelos ou *pellets* nos terminais, possuindo um sistema de recebimento, movimentação e transporte desses produtos até os compartimentos finais de estocagem, em silos ou armazéns graneleiros.

As moegas ferroviárias possuem também uma estrutura específica para receber balanças estáticas, que são sistemas onde os vagões são pesados. Pelo tipo e características de funcionamento dessas balanças, os trens precisam estar necessariamente parados, para que as balanças possam calcular adequadamente o peso das cargas dos diferentes produtos.

As moegas estão inseridas em uma linha produtiva que incorpora máquinas de pré-limpeza, secadores, transportadores e outros equipamentos projetados e protegidos para obter o adequado acondicionamento e processamento dos produtos contendo poeiras combustíveis.

Além de servir como um “depósito” para os grãos, farelos, *pellets* e outros produtos fertilizantes, as moegas proporcionam a estes produtos um ambiente limpo e livre de impurezas de forma a preservar a qualidade do armazenamento. As moegas possuem portas de acionamento rápido, para prevenir a passagem e o ingresso de sujeira que podem comprometer e atuar como indevidos agentes contaminadores dos produtos armazenados.



Exemplo de moegas para descarregamento, recebimento e transporte de poeiras combustíveis em terminal portuário de carregamento de soja, milho, sorgo ou produtos fertilizantes

12 Eletricidade estática em atmosferas explosivas - Riscos, controle e mitigação

12.1 Introdução

A possibilidade de riscos de ignição relacionados com a geração e o acúmulo da eletricidade estática ocorre frequentemente nas instalações industriais contendo atmosferas explosivas, decorrentes de fatores como a movimentação de fluidos, a existência inadvertida de condutores isolados ou a utilização de materiais não metálicos ou não condutivos em áreas classificadas, associados com deficiências nos sistemas de equipotencialização ou de aterramento.

No caso de instalações elétricas em atmosferas explosivas, o risco de ignição que pode ser decorrente da geração de faíscas é oriundo do acúmulo indevido de eletricidade estática, o qual pode levar a existência de elevadas diferenças de potenciais de tensão, capazes de produzir centelhamentos.

É reconhecido que as movimentações de grandes volumes de líquidos, gases e poeiras no interior das tubulações e dos equipamentos de processo, e do transporte pneumático na indústria do petróleo, petroquímica, química, sucroalcooleira e de alimentos geram uma grande quantidade de eletricidade estática, capazes de gerar diferenças de potenciais eletrostáticos que podem provocar centelhas, as quais, por sua vez, podem representar uma fonte de ignição de atmosferas explosivas que estejam presentes em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

Diversos casos de acidentes já foram registrados em atmosferas explosivas decorrentes de falhas de aterramento ou de equipotencialização de equipamentos móveis ou fixos, sejam eles metálicos ou não metálicos. Estas falhas proporcionaram o acúmulo de cargas eletrostáticas, que por sua vez deram origem a centelhas que serviram como fontes de ignição de atmosferas explosivas existentes, ocasionando grandes explosões, muitas delas com consequências fatais para as pessoas presentes aos locais destes acidentes.

Como um exemplo de como a eletricidade estática pode provocar grandes explosões de atmosferas explosivas, pode ser lembrado o acidente ocorrido em **1937** com o dirigível **Hindenburg**, que explodiu quando estava se preparando para aterrissar. Segundo pesquisas realizadas recentemente, os cabos que



estavam sendo conectados pelo pessoal de terra provocaram descargas eletrostáticas que foram geradas neste momento de aterramento, as quais foram responsáveis pela ignição da grande quantidade de hidrogênio contido na sua estrutura. De acordo com estas pesquisas, a presença de atmosfera explosiva nos dutos de ventilação foi provavelmente devido à existência de vazamentos em válvulas do sistema de hidrogênio. Naquele icônico acidente morreram 35 das 100 pessoas que estavam a bordo.

Pode também ser citado como exemplo das graves consequências da eletricidade estática em atmosferas explosivas, a explosão ocorrida em **2015** no FPSO Cidade de São Mateus, que resultou na morte de nove pessoas. De acordo com o relatório de análise do acidente elaborado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), uma das possíveis fontes de ignição foi o fluxo de água através de mangueiras de combate a incêndio, fabricadas com material **não condutivo**, o que pode ter contribuído respectivamente para a geração e o acúmulo de cargas eletrostáticas, cujo nível de potencial pode ter ocasionado uma centelha capaz de ter provocado a explosão.



De acordo com o respectivo Relatório de Investigação da Explosão, publicado pela Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente da **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)** em **11/2015**, foram identificadas **28 causas raízes**, as quais já estavam correlacionadas com os requisitos já anteriormente estabelecidos na Resolução ANP nº 43/2007, de **06/12/2007** - Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO).

<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/fps0-cidade-de-sao-mateus>

Ainda de acordo com o relatório de investigação da ANP, “*Analizando os fatos ocorridos no acidente em questão, observa-se uma entre as situações que se configuram como uma potencial fonte de eletricidade estática: a utilização de mangueira de incêndio para lavar o local no qual havia se formado a poça de condensado. Os fatos que ocorreram anteriormente à explosão mostram grande relação probabilística entre a fonte de ignição com a eletricidade estática*”.

Nos casos de aplicação em áreas classificadas, um dos principais recursos a serem considerados nos projetos e nas instalações elétricas, de instrumentação, de telecomunicações, mecânicas e de equipamentos de processo em atmosferas explosivas é a instalação de sistemas efetivos de **aterramento** ou de **equipotencialização**, que permitam o escoamento contínuo das cargas eletrostáticas, evitando o seu acúmulo.

O aterramento de equipamentos em atmosferas explosivas deve ser considerado inclusive em equipamentos não metálicos, como invólucros plásticos de equipamentos elétricos e juntas isolantes de equipamentos elétricos, mecânicos ou de processo, de forma a evitar o acúmulo de cargas eletrostáticas devido aos efeitos de fricção ou pela passagem ou movimentação de fluidos.

De forma a abordar adequadamente os riscos e as respectivas medidas **mitigadoras** de eletricidade estática em atmosferas explosivas, foram elaboradas as **ABNT IEC TS 60079-32-1 (Atmosferas explosivas - Parte 32-1: Riscos eletrostáticos – Orientações)** e **ABNT NBR IEC 60079-32-2 (Atmosferas explosivas - Parte 32-2: Riscos eletrostáticos – Ensaios)**.

Estas Normas sobre os **riscos, controle e mitigação** de eletricidade estática em atmosferas explosivas aborda o ponto de vista de **segurança** em instalações **elétricas** e **mecânicas** em atmosferas explosivas, descrevendo os mecanismos de geração e acúmulo de cargas eletrostáticas e os requisitos, boas práticas e procedimentos de projeto, operação, manutenção e inspeção necessários para a sua solução.

Para instalações **marítimas** em atmosferas explosivas, devem ser observados complementarmente, os requisitos apresentados por entidades classificadoras navais.

12.2 A geração da eletricidade estática em atmosferas explosivas

Podem ser citados como exemplos de equipamentos instalados em atmosferas explosivas sobre os quais existe a preocupação com o risco de ignição devido à geração ou acúmulo de cargas eletrostáticas: tanques de armazenamento,

vagões ou caminhões para transporte de materiais inflamáveis ou combustíveis, correias transportadoras, esteiras ou pontes rolantes, elevadores de canecas, contêineres ou equipamentos de processo ou tubulações fabricadas com materiais não metálicos (isolantes ou não condutivos), mangueiras fabricadas com materiais não condutivos, caminhões com vácuo, equipamentos para transporte pneumático e outros similares.

No caso em que os dois materiais serem condutivos, ocorre a recombinação das cargas eletrostáticas e nenhuma quantidade significativa de carga eletrostática permanece em nenhum dos dois materiais após a separação.

Nos casos em que um ou ambos os materiais sólidos forem do tipo “**não condutivo**”, a recombinação eletrostática não ocorre completamente e os materiais separados retêm parte de sua carga eletrostática. Em função da distância entre as cargas serem **extremamente pequenas** no momento do contato ou da separação, o potencial gerado pode ser alcançar tensões da ordem de muitos kV, independentemente da pequena quantidade de cargas eletrostáticas envolvidas, o que pode dar origem a centelhas e a fontes de ignição.

A eletricidade estática pode ser normalmente causada por dois materiais isolantes diferentes em movimento e que estejam em contato ou atrito. Os elétrons mais afastados do núcleo de um material são transferidos para o outro material, de forma que o material que perde elétrons se torna positivamente carregado. Esta condição pode permanecer por algum tempo, uma vez que os materiais são isolantes e não proporcionam um caminho efetivo de retorno dos elétrons.

Os materiais plásticos de invólucros com tipo de proteção **Ex “e” (segurança aumentada - Norma ABNT NBR IEC 60079-7)** normalmente recebem adição de carbono, que é um material condutor de cargas eletrostáticas, de forma a atender aos requisitos de resistência máxima superficial indicados na Norma **ABNT NBR IEC 60079-0 ($10^9 \Omega$ a $10^{11} \Omega$, dependendo da umidade relativa do ar)**. Além disso, este tipo de equipamento normalmente apresenta, em suas instruções específicas de instalação o alerta de que a limpeza deve ser feita um pano úmido, de forma a evitar a geração de cargas eletrostáticas.



Peças de vestuário fabricadas em nylon que são removidas do corpo são capazes de gerar cargas eletrostáticas em um nível de potencial suficiente para causar a ignição de gases inflamáveis, havendo registros históricos de ocorrência deste tipo de fonte de ignição.

As rápidas movimentações de fluidos, como em jatos ou *spray* podem também gerar cargas eletrostáticas. Um jato de aerossol a partir de um recipiente pode gerar no bocal tensões eletrostáticas da ordem de **5 kV**. De forma similar, tensões da ordem de **10 kV** ou mais, podem ser geradas no bocal de um equipamento de limpeza com vapor de alta pressão.

O fluxo de líquidos ou gases inflamáveis ou de poeiras combustíveis através de tubulações e de equipamentos de processo provoca a geração de cargas eletrostáticas, as quais se concentram nas superfícies dos materiais, podendo causar potenciais eletrostáticos de magnitude da ordem de muitos milhares de Volt (kV). Esta tensão eletrostática é inaceitável em áreas classificadas e deve ser eliminada assegurando-se que todas as tubulações e equipamentos de processo, elétricos e de automação estejam devidamente equipotencializados ou aterrados.

A utilização de materiais **não metálicos**, como equipamentos com invólucros **plásticos** ou sistemas de bandejamento com coberturas plásticas com **elevada resistência superficial** podem gerar ou acumular uma quantidade inaceitável de carregamento eletrostático em áreas classificadas, caso não sejam tomadas medidas de controle para evitar estas situações de risco potencial de fontes de ignição. Dependendo do nível de carregamento eletrostático e dependendo da energia mínima de ignição de substâncias inflamáveis, os elevados potenciais eletrostáticos são capazes de gerar centelhas que podem causar a explosão de atmosferas explosivas.

O carregamento eletrostático em **líquidos** é essencialmente o mesmo processo que ocorre em **sólidos**, mas pode depender da presença de íons ou de partículas microscópicas carregadas eletrostaticamente. Os íons ou partículas de uma polaridade podem ser adsorvidas na interface entre os líquidos e estas então atraem íons de polaridade oposta, as quais formam uma camada difusa de carga eletrostática no líquido, próxima da interface.

De acordo com os requisitos apresentados na especificação técnica internacional **IEC TS 60079-32-1**, o carregamento eletrostático por **contato** pode ocorrer nas interfaces de materiais sólido/sólido, líquido/líquido ou sólido/líquido. Os gases inflamáveis não podem ser carregados, mas nos casos em que um gás inflamável contiver partículas sólidas ou gotículas de líquidos em suspensão, estas podem ser carregadas eletrostaticamente por contato, de forma que o gás inflamável pode acumular cargas eletrostáticas, com riscos de geração de centelhas.

No caso de materiais sólidos **dissimilares** inicialmente não carregados eletrostaticamente e no potencial do sistema de terra, uma pequena quantidade de carga eletrostática é transferida de um material para o outro, quando estes entram em **contato**, devido ao movimento **relativo** entre eles. Os dois materiais são, desta forma, carregados eletrostaticamente com cargas opostas e conseqüentemente passa a existir um campo elétrico entre eles. Se os materiais são então separados, um trabalho é realizado para superar o efeito de atração ocasionado neste momento pelas cargas elétricas opostas e pela diferença de potencial gerada entre eles. Esta diferença de potencial tende a **carregar eletrostaticamente** os pontos residuais de contato.

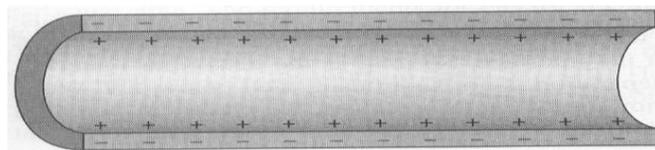
12.3 Os riscos de ignição relacionados com a geração e o acúmulo de eletricidade estática em atmosferas explosivas

A geração e o acúmulo de cargas eletrostáticas podem dar origem a riscos e problemas em uma ampla gama de indústrias e ambientes de trabalho, podendo provocar a ignição e explosão em indústrias de processos químicos, farmacêuticos, petroquímicos, silos de armazenamento de grãos e de processamento de alimentos.

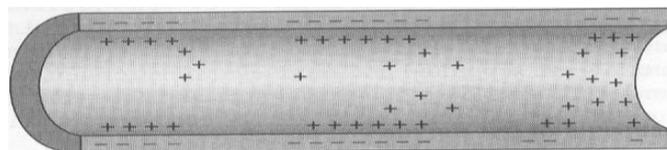
Uma das fontes **primárias** da geração de cargas eletrostáticas é o carregamento por contato entre diferentes materiais, ocasionando a eletrificação por contato. Nos frequentes casos de dois materiais ou substâncias previamente não carregadas entrarem em contato, como nos casos de **transferência** de materiais líquidos, sólidos ou na forma de poeira, ocorre geralmente uma transferência de cargas eletrostáticas na área de **fronteiras** em comum entre estes materiais. Além disto, no momento da **separação** destes materiais, cada superfície se carrega de uma carga igual, de polaridade **oposta**, gerando eletricidade estática.

Como exemplos de mecanismos de geração de eletricidade estática em áreas classificadas podem ser citados: o **fluxo** de líquidos inflamáveis ou poeiras combustíveis em tubulações e equipamentos de processo, o contato e separação de sólidos, por exemplo, na movimento de correias transportadoras ou em filmes plásticos sobre rolos, a movimentação de pessoas e o fenômeno de indução, devido a objetos que atingem um elevado potencial elétrico ou ficam carregados eletrostaticamente por estarem no interior de um campo elétrico.

O acúmulo de cargas eletrostáticas em tubulações e equipamentos de processo devido à movimentação de fluidos em seu interior é representada simplificada na figura a seguir.



Distribuição uniforme de cargas elétricas em tubulação sem fluxo de fluido em seu interior



Concentração de cargas elétricas em tubulação com fluxo de fluido gerando potencial eletrostático

Podem ser citados também como exemplos típicos de carregamento eletrostático em líquidos: o **fluxo** de um líquido através de tubulação, bomba ou filtro, ocasionando a agitação e a atomização do líquido. Se o líquido contém uma segunda fase imiscível na forma de sólidos finos em suspensão ou líquidos finamente dispersos ou bolhas de ar, o carregamento eletrostático é elevado, em função da grande área de interface.

Os objetos **condutivos** podem também se tornarem carregados por meio de **indução**, nos casos em que estes objetos tenham estado no interior de um campo elétrico produzido por outros objetos carregados, ou devido a condutores com um alto potencial elétrico presentes ao seu redor.

Todos os objetos podem também se tornar carregados eletrostaticamente se partículas carregadas ou moléculas ionizadas se acumularem sobre estes objetos.

Dentre os problemas associados com a geração e o acúmulo da eletricidade estática em áreas classificadas podem ser citados os seguintes:

- Falhas no sistema de aterramento e equipotencialização de máquinas, equipamentos de processo e de instalações industriais
- Riscos eletrostáticos causados pela movimentação de pessoas
- O armazenamento, manuseio e movimentação de **sólidos** e **poeiras combustíveis**, incluindo o transporte pneumático
- O armazenamento, manuseio e movimentação de **líquidos inflamáveis**
- A manipulação de gases e vapores inflamáveis em altas pressões e vazões

Podem ser citados como exemplos dos **riscos de ignição** causados pela geração ou pelo acúmulo de cargas eletrostáticas em áreas classificadas:

- Ignição ou explosão de atmosferas explosivas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis
- Choque eletrostático em combinação com outros riscos de geração de fontes de ignição, como quedas, impactos ou separação de objetos
- Choques eletrostáticos com riscos de ferimentos graves ou mesmo de perda de vida
- Danos a componentes eletrônicos

Uma descarga eletrostática ocorre quando o potencial do campo eletrostático ultrapassa a rigidez dielétrica do material dielétrico. Uma descarga eletrostática ocorre quando a força do campo elétrico excede o nível de dielétrico do ar atmosférico (da ordem de **10 a 20 kV/cm**) em condições ambientais normais.

Diversos tipos de descargas eletrostáticas podem levar a uma **ignição eletrostática**, dependendo das características (como a Mínima Energia de Ignição - MIE) dos gases inflamáveis ou poeiras combustíveis que estiverem presentes no local da instalação, em área classificada.

Além dos riscos relacionados a geração de **fontes de ignição** em áreas classificadas, a eletricidade estática pode também apresentar problemas **operacionais** durante os processos de **fabricação e manuseio**, como por exemplo, provocando a **aderência** dos materiais uns aos outros, ou atraindo poeiras ou materiais particulados.



12.4 Os riscos da eletricidade estática associados aos materiais condutores isolados

A eliminação das fontes de ignição com elevado potencial eletrostático em atmosferas explosivas pode ser considerada um ponto de partida óbvio na etapa de projeto das instalações industriais e dos equipamentos de processo. Uma das principais áreas de preocupação são aquelas que podem apresentar os denominados materiais “**condutores isolados**”. Estes materiais, peças ou equipamentos condutores são objetos condutivos que podem permanecer eletricamente isolados de sistemas aterrados de forma **acidental** ou **inadvertida**.

A isolação elétrica de objetos metálicos representa o risco de evitar que cargas eletrostáticas que tenham se acumulado no objeto possam se **dissipar** com segurança para o sistema de aterramento, resultando desta forma na elevação de seu potencial. No caso destes condutores isolados eletrostaticamente carregados se aproximem de um outro objeto que esteja aterrado ou com baixo potencial, pode haver o risco de ignição de uma atmosfera explosiva, devido à liberação de **energia** na forma de **centelhas** com energia capaz de causar uma explosão.

São tradicionalmente reconhecidos alguns tipos de conjuntos de montagem (*Skids*) interconectados no sistema de processo de uma planta, como por exemplo, os equipamentos de processamento de **poeiras combustíveis**, os quais representam uma preocupação de fonte de ignição em áreas classificadas, pois pode haver partes metálicas ou

equipamentos que podem estar eletricamente **isolados** entre si de forma acidental ou inadvertida. De forma similar, também são tradicionalmente reconhecidos como uma preocupação-os trechos **isolados** de tubulações para transporte de líquidos, gases ou para transporte pneumático, que podem também representar **condutores isolados**, resultando na geração e subsequente acúmulo de cargas eletrostáticas capazes de causar centelhamentos em atmosferas explosivas.

Nestes casos, se houver uma falha na continuidade de terra ou de equipotencialização, as cargas eletrostáticas não serão capazes de serem adequadamente **dissipadas**, permitindo a existência de uma alta tensão potencial, a qual será descarregada em uma primeira oportunidade. Desta forma, a geração e o acúmulo de cargas em equipamentos de processo ou de transporte de poeiras combustíveis, gases inflamáveis ou transporte pneumático representa um risco eletrostático em atmosferas explosivas a ser mitigado.

Pode haver nas instalações “Ex” diversos casos de condutores isolados, incluindo acoplamentos metálicos, flanges, acessórios de tubulação, válvulas, vasos transportáveis, containers portáteis, funis e até mesmo pessoas. Durante as operações diárias em instalações industriais em áreas classificadas, como na indústria do petróleo, petroquímica, farmacêutica, de alimentos, os condutores isolados são considerados como sendo uma fonte **possível** de acidentes envolvendo ignição de atmosferas explosivas.

12.5 Os riscos do acúmulo de cargas eletrostáticas em diesel de baixo teor de enxofre

Um exemplo de aplicação de meios de controle de eletricidade estática em área classificada é a adição de compostos do tipo “**aditivo antiestático**” em grandes tanques de armazenamento de **óleo diesel do tipo S-10**, com **baixo teor de enxofre**, da ordem de 10 ppm (partes por milhão).

O processo de **hidrotratamento** de diesel, gasolina, nafta e querosene de aviação, tem como base a injeção de **hidrogênio** (H_2) no produto a ser tratado, o qual se combina com **enxofre** (S), formando o **gás sulfídrico** (H_2S), sendo este **retirado** do processo, resultando em produtos derivados do petróleo praticamente **isentos** de enxofre. Sistemas de hidrotratamento ou hidrodessulfurização são normalmente existentes nas refinarias de petróleo, uma vez que são requeridos no processo de elaboração e “*blending*” (mistura) para a produção do **óleo diesel S-10**, com baixo teor de enxofre. Este tipo de processo, no entanto, remove também os compostos que são “promotores naturais” da **condutividade elétrica**, destes tipos de derivados do petróleo.

Foram verificados casos de risco de ignição no interior destes tanques, em função dos baixos valores de **condutividade** deste tipo de produto, o qual não permite uma adequada “migração” para as partes aterradas (como o costado metálico do tanque) das cargas eletrostáticas que são normalmente geradas durante as operações de enchimento e esvaziamento destes tanques.

A condutividade elétrica consiste na capacidade do combustível em **dissipar** cargas eletrostáticas que são-usualmente geradas durante a sua movimentação. Se a condutividade elétrica for suficientemente **alta**, as cargas eletrostáticas são adequadamente **dissipadas**, evitando o seu **acúmulo** e o risco de existência de **fontes de ignição** em atmosferas explosivas. O valor recomendado para a condutividade elétrica do óleo diesel do tipo **S-10** é de, no **mínimo**, 25 pS/m (Siemens por metro) na temperatura de entrega do produto.

De forma a permitir esta **migração** de cargas eletrostáticas e evitar a existência de potenciais eletrostáticos capazes de gerar centelhamentos, a adição de quantidade adequada dos “**aditivos antiestáticos**” faz com que a condutividade seja suficiente para permitir a devida **dissipação** do potencial eletrostático para as partes aterradas e evitar a ocorrência deste tipo de risco de ignição em atmosferas explosivas.

Deve ser ressaltado que o controle da condutividade elétrica do óleo diesel S-10 para os níveis estabelecidos (25 pS/m mín) acelera a **dissipação** das cargas eletrostáticas, mas não elimina os riscos associados com a **manipulação** de combustíveis. As práticas de segurança recomendadas para minimizar o risco associado à manipulação de combustível devem ser rigorosamente seguidas, incluindo a utilização de **baixas vazões**, principalmente na etapa inicial dos processos de transferências dos produtos.

As empresas do setor de petróleo e empresas **distribuidoras** de derivados necessitam manter procedimentos específicos para a coleta periódicas de **amostras** e análise com base em instrumentos medidores de **condutividade elétrica**, para fins de controle da qualidade desta característica do óleo diesel S-10 com baixo teor de enxofre.



12.6 Aterramento e equipotencialização de equipamentos e instalações em atmosferas explosivas

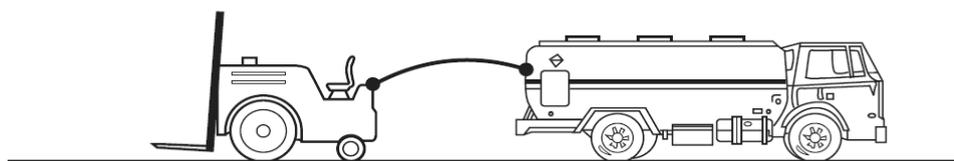
A **equipotencialização** é a técnica utilizada para minimizar a diferença de potencial entre dois objetos condutivos, de forma que fiquem no mesmo valor. Os objetos nestes casos não são aterrados. O **aterramento**, por outro lado, é a técnica de equalizar a diferença de potencial entre dois objetos condutivos e o terra. A **combinação** das técnicas de equipotencialização e de aterramento é utilizada de forma a manter o potencial do sistema sob consideração no potencial zero do sistema de terra.

Podem ser citados como principais **objetivos** dos circuitos de aterramento e equipotencialização:

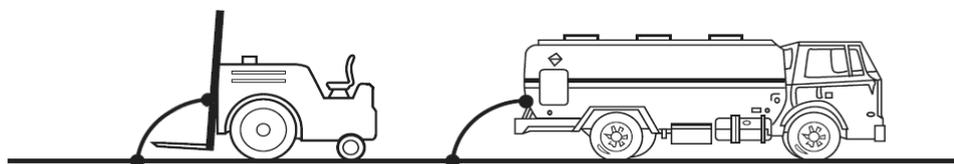
- Eliminar a possibilidade de choques elétricos para as pessoas
- Proporcionar a devida operação de dispositivos de proteção de forma que o tempo de duração das correntes de falta seja minimizado
- Equalizar o potencial de tensão de partes metálicas não destinadas à condução de corrente
- Evitar o acúmulo de cargas eletrostáticas geradas pela movimentação de fluidos nos equipamentos de processo

As atividades de equipotencialização e de aterramento de **aeronaves** durante o processo de reabastecimento evita o acúmulo de cargas eletrostáticas que são geradas pela **movimentação** do querosene ou da gasolina de aviação, as quais poderiam, em caso contrário, causar a ignição dos vapores combustíveis.

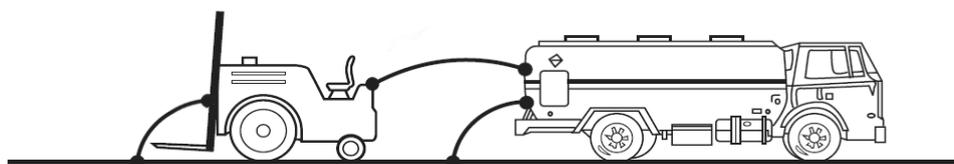
A seguir é apresentado um exemplo de **aterramento** e de **equipotencialização** para controle de eletricidade estática em atmosferas explosivas, com base nos requisitos especificados na ABNT IEC TS 60079-32-1 - *Atmosferas explosivas - Parte 32-1: Riscos eletrostáticos, orientações*.



Equipotencialização



Aterramento



Aterramento e equipotencialização

Aterramento e equipotencialização de equipamentos em áreas classificadas contra o acúmulo de cargas eletrostáticas

Em áreas classificadas, a **eliminação** das fontes de ignição pode ser considerada como um requisito fundamental, sendo que a implantação de um sistema efetivo de **aterramento** e de **equipotencialização** representa um critério **básico** de projeto.

Além de evitar o acúmulo de eletricidade estática, o sistema de **aterramento** contribui também para a devida atuação de **dispositivos de proteção contra faltas a terra**, no caso da ocorrência de falhas do isolamento para a terra em equipamentos e circuitos elétricos, os quais rapidamente desligam o circuito. Caso contrário, poderia ocorrer a existência de pontos quentes com temperatura excessiva (acima da classe de temperatura do local da instalação) ou a geração de arcos elétricos devido à falha do isolamento.

12.6.1 Condutores para equipotencialização de potencial de equipamentos e instalações em áreas classificadas

A Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-14** apresenta requisitos específicos sobre a **equalização de potencial** de equipamentos e instalações em áreas classificadas, especificando, dentre outros requisitos, a **seção nominal de condutores de equipotencialização**, ou seja, condutores que fazem com que as partes metálicas não destinadas à condução de corrente estejam devidamente **equipotencializadas** entre si e com o sistema de aterramento.

A seção nominal **mínima** dos condutores de equipotencialização para a conexão **principal** para uma barra de aterramento deve ser de **6 mm²** e as conexões **suplementares** devem possuir uma seção nominal mínima de **4 mm²**. A especificação da seção nominal dos condutores de equipotencialização deve levar em consideração a utilização de condutores com seções nominais **maiores**, devido à necessidade de **resistência mecânica** contra impactos, queda de objetos sobre os cabos e possibilidade de tráfego de pessoas ou de equipamentos pesados.

Por conexão “**principal**” pode ser entendido, por exemplo, o cabo que interliga **diretamente** (equipotencializa) uma **malha** de terra com uma **barra** de terra “**principal**”. Por conexões “**suplementares**” pode ser entendido, por exemplo, um cabo de equipotencialização que interliga uma barra terra “**principal**” com uma barra de terra “**secundária**”, instalada no interior de um painel de controle ou de uma caixa de junção.

Muitas vezes este conceito é aplicado de forma “conservativa”, sob o ponto de vista da frequente existência de uma conexão **metálica** dos equipamentos “Ex” com **tubulações** que já estão solidamente **equipotencializadas** com o sistema de terra. A possibilidade de não conexão por meio de cabos de equipotencialização a equipamentos “Ex” que já estejam equipotencializados por meio de conexão sólida com estruturas já equipotencializadas e aterradas é indicado na Seção “**equalização de potencial**” da Norma ABNT NBR IEC 60079-14. Nestes casos, a instalação eventualmente “**desnecessária**” de longos cabos de equipotencialização implicam em maior custo de aquisição de material e de montagem, sem a respectiva elevação dos níveis de segurança “Ex”, à luz dos requisitos de “**equalização de potencial**” apresentados na Norma ABNT NBR IEC 60079-14.

Sobre a equalização de potencial, a Norma ABNT NBR IEC 60079-14 indica que “*prensa-cabos que incorporam dispositivos de fixação que fixem a malha ou a armadura do cabo podem ser utilizados para fornecer a ligação equipotencial*”. Sobre este tema, a Norma ABNT NBR IEC 60079-14 indica também que “*Invólucros metálicos de equipamentos intrinsecamente seguros ou de energia limitada não necessitam estar conectados a um sistema de ligação equipotencial*”.

Como pode ser verificado não são todos os equipamentos ou instrumentos “Ex” que necessitam possuir condutores de equipotencialização. Por exemplo, se um instrumento “Ex” estiver **solidamente** fixado a uma estrutura **metálica**, como um suporte de fixação ou tubulação, que proporciona uma equalização muito melhor que um condutor com seção de 4 mm², a qual que proporcione uma **efetiva** ligação equipotencial com o sistema de **terra**, não existe neste caso, de acordo com a Norma ABNT NBR IEC 60079-14, a necessidade da instalação de um condutor de equipotencialização **específico**. Este tipo de montagem pode ser verificado em muitas instalações de campo para instrumentos “Ex”.

Neste mesmo exemplo, caso a estrutura metálica de suportaç o do equipamento “Ex” esteja fixada em material **n o condutor**, com no concreto (material n o condutivo), existe a necessidade desta estrutura met lica ser **equipotencializada** com o sistema de terra, por meio de um cabo com se o de 4 mm². Com esta “equipotencializa o” da estrutura met lica, os equipamentos “Ex” a serem nela fixados n o necessitam possuir um condutor “espec fico” de equipotencializa o.

Este tipo de liga o equipotencial est  claramente indicado na Norma ABNT NBR IEC 60079-14: “*Partes condutoras expostas n o necessitam estar individualmente conectadas ao sistema de liga o equipotencial, se eles estiverem firmemente fixados e em contato met lico com partes estruturais condutoras ou tubula es que s o conectadas ao sistema de liga o equipotencial.*”

Por este motivo, de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR IEC 6009-14, os instrumentos, caixas de jun o el trica, botoeiras, instrumentos ou equipamentos de telecomunica es somente necessitam possuir um condutor “**espec fico**” para equipotencializa o caso estejam fixados em uma estrutura **n o condutora**, a qual **n o proporcione** uma **efetiva** liga o equipotencial.

Nestes casos “particulares”, deve haver um cabo com se o nominal de 4 mm² que interliga uma barra de terra principal com uma barra de terra secund ria que esteja instalada no interior destes equipamentos que estejam eventualmente “**isolados**” (n o equipotencializados). Nos casos em que n o seja feita a equipotencializa o da estrutura met lica

engastada no concreto, então os equipamentos e instrumentos “Ex” fixados nesta estrutura “isolada” devem ser **individualmente** equipotencializados com cabos de 4 mm².

12.6.2 Aterramento de caminhões para controle de eletricidade estática

Os caminhões de transporte de produtos inflamáveis reconhecidamente apresentam características de geração e acúmulo de cargas eletrostáticas, durante as operações de **enchimento** e **descarregamento** (pela parte de cima ou de baixo), bem como durante a movimentação destes fluidos durante o **deslocamento** (transporte) e por ações do **vento** sobre a sua superfície externa. Estas características de risco eletrostático são agravadas em função das características isolantes dos **pneus**, fabricados com borracha, que não apresentam adequadas características condutivas.

De forma a **não permitir o acúmulo** de cargas eletrostáticas em caminhões de transporte de produtos inflamáveis, além de uma série de procedimentos de segurança a serem atendidos pelos equipamentos e pelo pessoal de operação, uma das medidas efetivas é o **aterramento** do veículo em uma estrutura aterrada e a **monitoração** da continuidade deste aterramento durante as operações de **enchimento** e **descarregamento**.

Dentre as principais ações que devem ser executadas na operação de caminhões contendo produtos inflamáveis capazes de gerar atmosferas explosivas, podem ser citadas as seguintes:

- Assegurar que o caminhão esteja **continuamente** conectado a um objeto ou estrutura aterrada
- Não deve ser “presumido” que uma estrutura esteja “aparentemente” aterrada, o que deve de fato ser “confirmado”
- Assegurar que o caminhão possua uma conexão com o sistema de aterramento que seja **continuamente monitorada** durante as operações de carregamento e de descarregamento
- Sempre que possível deve ser verificado se uma interrupção **manual** na conexão de aterramento de fato provoque a operação de um intertravamento **automático** que pare a operação de transferência de produtos
- Um caminhão devidamente aterrado assegura que as **mangueiras** não acumulam eletricidade estática **somente** nos casos que estas tenham sido fabricadas de material **condutivo** e que estejam em adequadas condições de manutenção, submetidas a procedimentos de inspeções periódicas ou testes regulares





Exemplo de monitor ativo intrinsecamente seguro para aterramento de caminhões com intertravamento de início de operação

12.7 Limitação de área superficial de partes ou equipamentos não metálicos

A abordagem básica para o controle da eletricidade estática em atmosferas explosivas é a seleção de materiais metálicos ou condutivos que possuam uma resistência de isolamento menor que 1 GΩ. Como alternativa, deve ser limitada a área superficial de partes não metálicas.

De acordo com as Normas Técnicas Brasileiras adotadas **ABNT NBR ISO 80079-36**, **ABNT NBR IEC 60079-0**, e **ABNT NBR IEC 60079-14**, respectivamente sob os pontos de vista de avaliação, fabricação, certificação de equipamentos “Ex” e de instalação de equipamentos em áreas classificadas, o acúmulo de cargas eletrostáticas em equipamentos elétricos “Ex” destinados a instalação em áreas classificadas do Grupo II (**Gases inflamáveis**) pode ser evitado pela limitação de sua **área de superfície**, de acordo com tabela apresentada a seguir, dependendo do nível de proteção de equipamento (EPL) pretendido.

Limitação de área de superfícies de equipamentos para instalação em áreas classificadas

EPL	Máxima área de superfície (mm ²)		
	Grupo IIA	Grupo IIB	Grupo IIC
Ga	5 000	2 500	400
Gb	10 000	10 000	2 000
Gc	10 000	10 000	2 000

Estes valores admissíveis para as áreas superficiais podem ser aumentados por um fator de **quatro**, se a área exposta de material não metálico estiver rodeada e em contato com estruturas **condutoras aterradas**.

12.8 Umidificação de materiais sólidos para evitar o carregamento eletrostático

Dentre as ações que podem ser tomadas para se evitar o carregamento eletrostático em áreas classificadas, pode ser citada a **umidificação** de materiais sólidos, de forma a reduzir a sua resistividade superficial. A resistividade superficial de alguns materiais sólidos isolantes pode ser reduzida a níveis dissipativos se a umidade relativa for mantida acima de **65 %**, na maioria dos casos, dependendo das características do material isolante existente.

Mesmo que o ar úmido seja não condutivo, a água ou a umidade presente no ar pode **adsorver sobre a superfície** de muitos materiais isolantes, dependendo da natureza higroscópica do material. Isto pode ser suficiente para evitar o acúmulo de cargas eletrostática, desde que exista um caminho adequado para que estas cargas possam ser dissipadas para a terra.

Entretanto, embora a superfície de alguns materiais (por exemplo o vidro ou fibras) possam adsorver umidade suficiente para assegurar uma **condutividade superficial** que seja suficiente para evitar o acúmulo de cargas eletrostáticas, outros materiais não apresentam esta característica, como o PTFE (politetrafluoroetileno / “teflon”) ou o polietileno, sendo capazes de acumular cargas eletrostáticas mesmo na presença de elevados níveis de umidade relativa do ar.

Também quando a umidade relativa do ar cai para valores abaixo de cerca de **30 %**, os materiais que são susceptíveis a umidificação geralmente voltam a se tornar **isolantes**, ocasionando o acúmulo de cargas eletrostáticas. O aumento da umidade relativa do ar, desta forma, não é efetivo em todos os casos e, em geral, não pode ser utilizado como a **única** medida de proteção contra o acúmulo de cargas eletrostáticas em áreas classificadas. Este requisito é particularmente importante em locais com elevado risco de presença de atmosferas explosivas, como em **Zona 0** ou **Zona 20**.

12.9 Valores de resistência de equipotencialização e de terra para fins de controle de eletricidade estática em atmosferas explosivas

Em instalações elétricas em atmosferas explosivas é recomendado que as partes metálicas dos equipamentos elétricos ou de processo possuam com um bom contato à terra e apresentem uma resistência da ordem de **10 Ω**. Embora valores da ordem de até **1 MΩ sejam aceitáveis** para as conexões metálicas para fins da dissipação da eletricidade estática, valores acima de 10 Ω podem dar uma indicação inicial de surgimento de problemas (por exemplo, corrosão ou uma conexão com mau contato), sendo recomendada uma verificação de campo das instalações nestes casos. É importante que todas as conexões de **terra** e de **equipotencialidade** sejam **confiáveis, permanentes**, não sujeitas a **deterioração** e submetidas a rotinas de **inspeção** elétrica e mecânica.

As partes condutivas **móveis** requerem conexões especiais para o aterramento, sendo recomendado que tenham uma resistência à terra não superior a **1 MΩ**.

Em áreas de **Zona 2** e **Zona 22**, onde o risco de geração de cargas eletrostáticas pode ser suficientemente baixo, a ligação à **terra** dos componentes metálicos, para controle **exclusivo** da eletricidade estática, pode não ser necessária em todos os casos, desde que haja um adequado sistema de **equipotencialização**.



Por princípio e critério geral de projeto, materiais **condutivos** ou **dissipativos** devem ser utilizados na fabricação dos equipamentos, de forma a evitar o acúmulo de eletricidade estática. Sob o ponto de vista de permitir a dissipação da eletricidade estática, o valor máximo para a resistência à terra de todas as partes destes equipamentos é de **1 MΩ**, embora valores de até **100 MΩ** possam ser aceitáveis, de acordo com as especificações indicadas na **ABNT IEC TS 60079-32-1**.

Um resumo das resistências máximas de terra é apresentado na Tabela a seguir sob o ponto de vista de **evitar o acúmulo** de cargas eletrostáticas, de acordo com a Especificação Técnica ABNT IEC TS 60079-32-1.

Resistências máximas de aterramento para o controle de eletricidade estática em áreas classificadas

Tipo de instalação	Máxima resistência de aterramento	Comentários
Valor padrão	1 MΩ	Valor básico de referência: 10 Ω.
Grandes equipamentos industriais metálicos fixos (vasos de reação, silos para armazenamento de poeira etc.)	1 MΩ	O aterramento é normalmente inerente à estrutura. Aterramentos especiais podem ser requeridos para itens montados em suportes estruturais não condutivos.

Tipo de instalação	Máxima resistência de aterramento	Comentários
Tubulações metálicas	1 MΩ	O aterramento é normalmente inerente à estrutura. Aterramentos especiais são requeridos entre as conexões (como por exemplo a instalação de “jumps” entre os flanges das tubulações) nos eventuais casos em que a resistência exceder o critério de 1 MΩ.
Partes metálicas móveis (tambores, tanques rodoviários e ferroviários etc.)	1 MΩ	Conexões à terra são normalmente requeridas durante as etapas de carregamento e descarregamento. Uma conexão de 10 Ω entre o ponto de aterramento e as conexões temporárias com as partes metálicas móveis é recomendada.
Instalações de componentes metálicos com elementos isolantes (válvulas etc.)	1 MΩ	Em casos especiais, um limite de 100 Ω pode ser aceito, mas em geral, se o critério de 1 MΩ não puder ser satisfeito, uma conexão especial à terra deve ser usada.
Itens fabricados com materiais dissipativos	1 MΩ a 100 MΩ	Materiais no limite de fronteira para materiais isolantes podem não precisar de ser conectados à terra, na ausência de processos geradores de elevada carga eletrostática.
Pisos em áreas classificadas	1 MΩ a 100 MΩ	Resistência da superfície do piso para a terra.
Veículos durante o reabastecimento	100 MΩ	Resistência de terra do posto de abastecimento.
	10 GΩ	Resistência de terra entre bocal de carregamento e o pátio através de um único pneu.
	1 MΩ	Resistência de terra entre o bocal de carregamento e a terra através de uma mangueira condutiva de abastecimento. No caso de mangueiras de abastecimento equipotencializadas eletricamente, o valor limite permitido é de 100 Ω.
Calçados utilizados para aterramento de pessoas em áreas classificadas	100 MΩ	Resistência entre a barra metálica para o toque da mão da pessoa e uma placa de metal localizada embaixo da sola de um dos calçados.
Aeronaves durante o reabastecimento	25 Ω	De acordo com as normas da aviação.

É reconhecido não ser possível aterrar efetivamente materiais **isolantes**. Por este motivo, outras medidas de controle mitigadoras para evitar o acúmulo de cargas eletrostáticas são necessárias para que estes materiais sejam utilizados com segurança em áreas onde uma atmosfera explosiva possa estar presente.

12.10 Requisitos de inspeção de aterramento e equipotencialização de instalações em atmosferas explosivas

Sobre os requisitos de **aterramento** e **equipotencialização** em áreas classificadas, a Norma técnica brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-17** (Inspeção e manutenção de instalações elétricas em atmosferas explosivas) especifica que medidas adequadas devem ser adotadas para assegurar que o aterramento e a ligação de equalização de potencial nestas áreas de risco sejam **mantidos em condições adequadas**, de acordo com indicado nos itens de verificação nas inspeções “Ex” indicados na **Tabela 1** (item B6 e B7), **Tabela 2** (itens B6 e B7) e **Tabela 3** (itens B3 e B4) daquela Norma, indicados a seguir.

ABNT NBR IEC 60079-17 - Tabela 1 – Programa de inspeção para equipamentos “Ex” com tipos de proteção Ex “d”, Ex “e”, Ex “n” ou Ex “t”

B.6: As conexões de aterramento, incluindo quaisquer conexões de **aterramento** suplementares estão satisfatórias (por exemplo, as conexões estão **apertadas** e os condutores são de seção nominal transversal **suficiente**). Verificação física ou visual, dependendo do grau de inspeção “Ex” aplicado.

B.7: A impedância da malha de falta (em sistemas TN) ou resistência de **aterramento** (sistemas IT) está satisfatória

ABNT NBR IEC 60079-17 - Tabela 2 – Programa de inspeção para equipamentos “Ex” com tipos de proteção Ex “i”

B.6: A continuidade de **aterramento** está satisfatória (por exemplo, as conexões estão apertadas e os condutores possuem seção transversal adequada) para circuitos não isolados galvanicamente.

B.7: As conexões de **aterramento** mantêm a integridade do tipo de proteção “Ex”

ABNT NBR IEC 60079-17 - Tabela 3 – Programa de inspeção para equipamentos “Ex” com tipos de proteção Ex “p” ou Ex “pD”

B.3: As conexões de **aterramento**, incluindo quaisquer ligações **suplementares** de aterramento, estão satisfatórias, por exemplo, as conexões estão **apertadas** e os condutores possuem seção transversal suficiente. Verificação física ou visual, dependendo do grau de inspeção “Ex” aplicado.

B.4: A impedância da malha de falta (sistemas TN) ou a resistência de **aterramento** (sistemas IT) está satisfatória

12.11 Normas Técnicas brasileiras adotadas ABNT IEC TS 60079-32-1 e ABNT NBR IEC 60079-32-2

A Comissão de Estudo **CE 003:031.006** do Subcomitê **SCB 003:031** (Atmosferas explosivas) da ABNT/CB-003 (Eletricidade), responsável pelo acompanhamento das Normas internacionais **IEC TS 60079-32-1** (*Atmosferas explosivas - Parte 32-1: Riscos eletrostáticos – Orientações*) e **IEC 60079-32-2** (*Atmosferas explosivas - Parte 32-2: Riscos eletrostáticos – Ensaios*), participou, em nome do **Brazil National Committee for IEC** (Cobei), de todo o processo de **elaboração, comentários, votação, aprovação e publicação** destes novos documentos.

Com a publicação destas novas Normas internacionais sobre os riscos da eletricidade estática em atmosferas explosivas, esta Comissão de Estudo do COBEI (ABNT/CB-003) elaborou as respectivas Normas Técnicas Brasileiras idênticas **ABNT TS IEC 60079-32-1 (Especificação Técnica)** e **ABNT NBR IEC 60079-32-2**, publicadas pela ABNT em 2020.

Estas duas novas normas técnicas brasileiras **adotadas** são totalmente alinhadas, harmonizadas, equivalentes e **idênticas**, em termos de conteúdo técnico, forma e apresentação, às duas respectivas normas internacionais da Série IEC 60079, sem desvios técnicos nacionais, atendendo aos requisitos especificados na **ABNT DIRETIVA 3 – Adoção de documentos técnicos internacionais**.

12.12 Soluções de problemas e controle de riscos relacionados à eletricidade estática em atmosferas explosivas

A eletricidade estática é facilmente capaz de causar a ignição de gases ou vapores inflamáveis em áreas classificadas, e a sua presença em processos químicos, petroquímicos e da indústria do petróleo e gás representa um risco elevado, que deve ser devidamente levado em consideração e devidamente **controlado**, por meio de medidas adequadas de segurança e de **prevenção** nas etapas de projeto dos equipamentos e das instalações, na especificação dos equipamentos e nos procedimentos de operação.

A solução para os riscos eletrostáticos em áreas classificadas geralmente não pode ser tratada de uma forma “isolada”. Em particular, devem ser tomadas as ações necessárias no sentido de prover as instalações “Ex” de sistemas de aterramento, inclusive onde estes possam interferir com outros sistemas de proteção, como por exemplo, a **proteção catódica** ou equipamentos, circuitos e sistemas intrinsecamente seguros.

No caso de sistemas de proteção catódica, os flanges terminais das tubulações, que são isolados dos flanges dos trechos da tubulação, não protegidos catodicamente, devem ser adequadamente **protegidos** contra a ocorrência de elevados potenciais **eletrostáticos**, por meio da instalação adicional de **supressores de surto** (varistores) cuja função é descarregar para o sistema de aterramento as eventuais tensões elevadas que possam surgir **entre as faces dos flanges** do trecho isolado e do trecho não isolado.

O objetivo fundamental de uma abordagem de segurança em instalações **elétricas** e **mecânicas** em atmosferas explosivas é manter no **menor nível possível** a carga eletrostática acumulada, gerada pelos fenômenos eletrostáticos. Este objetivo pode ser atingido



minimizando a utilização de materiais isolantes ou evitando a existência de **materiais condutivos isolados** do sistema de terra.

A utilização de materiais condutivos ou **dissipativos** pode ser considerada como uma prática recomendada, de forma que uma adequada e segura conexão com o sistema de terra possa **drenar** as cargas eletrostáticas acumuladas. A resistência dos materiais dissipativos se situa na faixa entre $10^5 \Omega$ a $10^{11} \Omega$.

As técnicas de **aterramento** e de **equipotencialização** são métodos considerados **eficazes** para evitar o acúmulo e permitir a dissipação de cargas eletrostáticas em atmosferas explosivas, prevenindo a ocorrência de riscos de ignição. Deve ser ressaltado que os materiais **condutores** que se tornem eventual, acidental ou inadvertidamente **isolados** do sistema de aterramento, podem apresentar potenciais eletrostáticos muito elevados, devido ao carregamento decorrente da movimentação de líquidos, como em tanques metálicos de armazenamento, estruturas metálicas existentes em tanques ou quaisquer outras partes metálicas isoladas que podem se tornar associadas à movimentação dos líquidos.

Isso pode ocasionar descargas centelhantes capazes de atuar como fontes de ignição em áreas classificadas. Portanto, todas as partes condutivas de um sistema envolvendo tubulações, válvulas e equipamentos de processo destinados ao armazenamento e movimentação de líquidos devem ser adequadamente **equipotencializadas** e interligadas ao sistema de terra.

Os tanques de armazenamento de produtos inflamáveis devem ser periodicamente inspecionados para assegurar que **não existam** partes metálicas **soltas** ou **partes condutivas não aterradas** de forma não intencional, por exemplo, partes flutuantes metálicas sobre o líquido inflamável contido no interior do tanque de armazenamento.

Dentre as soluções para os riscos de ignição decorrentes de descargas eletrostáticas em atmosferas explosivas estão o projeto de sistemas efetivos de **equipotencialização** e **aterramento**, a especificação de equipamentos de processo fabricados em materiais **metálicos** ou **condutivos**, a não existência intencional de materiais condutores **isolados**, a implantação de procedimentos de **operação** que reduzam a geração de cargas eletrostáticas, procedimentos de aterramento **temporário** de equipamentos de processo móveis ou transportáveis ou de veículos, e adequados procedimentos de **inspeção** e **manutenção** dos sistemas de aterramento em áreas classificadas.

As cargas eletrostáticas podem também ser reduzidas por meio de implantação de procedimentos de operação de processo, como por exemplo, a **redução** das **vazões** através das tubulações, pela adição de **compostos antiestáticos** nos líquidos de baixa condutividade, pela utilização de tubulações ou equipamentos **condutivos** ou fabricados de materiais com **alto teor de carbono** e de aterramento temporário de veículos ou de equipamentos móveis ou transportáveis.

A devida **conscientização** das pessoas envolvidas com atividades de projeto, montagem, inspeção, manutenção e operação de equipamentos e instalações, sobre os riscos relacionados com cargas eletrostáticas em áreas classificadas, tendo como base os requisitos especificados nas **ABNT IEC TS 60079-32-1** e **ABNT NBR IEC 60079-32-1** certamente contribuem para a redução de fontes de ignição que podem resultar em grandes explosões, contribuindo para a elevação dos níveis de **conformidade** normativa e de **segurança** das instalações e pessoas que trabalham em atmosferas explosivas.

12.13 Avaliação e mitigação dos riscos da eletricidade estática em equipamentos elétricos e mecânicos “Ex” - Norma ABNT NBR ISO 80079-36

A Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR ISO 80079-36**, relaciona **treze diferentes fontes possíveis de ignição** em atmosferas explosivas, sendo a **eletricidade estática** uma delas. De acordo com aquela Norma as centelhas capazes de gerar ignições devido à eletricidade estática podem ocorrer em atmosferas explosivas sob determinadas condições.

O centelhamento de partes isoladas eletrostaticamente e carregadas pode facilmente levar a descargas capazes de causar uma ignição. Em partes eletrostaticamente carregadas, fabricadas de materiais **não condutivos** (como a maioria dos plásticos), podem ocorrer descargas **ramificadas**. Em alguns casos específicos, durante processos de separação rápida (como em filmes em movimento sobre roletes, correias transportadoras, operações com braços de carregamento e transferências de grandes quantidades de hidrocarbonetos) ou por combinação de materiais condutivos e não condutivos, é também possível a propagação de descargas **ramificadas**. Descargas **propagantes** podem ocorrer também em material a granel.

A Norma ABNT NBR ISO 80079-36 apresenta, em seus: Anexo B (**Explicação do procedimento de avaliação do risco de ignição**), Anexo C (**Exemplos de avaliação de risco de ignição**) e Anexo E (**Considerações sobre utilização indevida que**

possa ser razoavelmente prevista durante o procedimento de avaliação de risco), procedimentos detalhados para a **avaliação** de equipamentos **elétricos** e **mecânicos** destinados a serem instalados em atmosferas explosivas, em relação às suas fontes potenciais de ignição (incluindo a eletricidade estática), as quais necessitam ser devidamente **controladas**, de forma a não se tornarem ativas.

A Norma ABNT NBR ISO 80079-36 apresenta também informações sobre eletricidade estática, em seus: Anexo D (**Ensaio de carregamento com materiais não condutivos**) e Anexo F (**Desenvolvimento de diferentes tipos de descargas eletrostáticas capazes de gerar ignição**).

13 Seleção de equipamentos “Ex” de acordo com EPL (*Equipment Protection Level*) requerido pela classificação de áreas

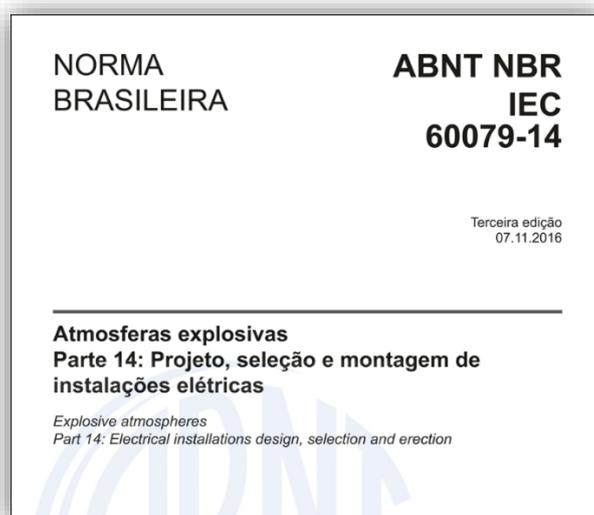
Recomenda-se que, dentro das possibilidades técnicas da instalação, que os equipamentos elétricos, eletrônicos e mecânicos, sempre que possível, sejam instalados em áreas não classificadas. Onde isso não for viável, recomenda-se que os equipamentos elétricos, eletrônicos, de instrumentação, de automação, de telecomunicações e mecânicos “Ex” sejam instalados em uma área com os **menores requisitos** de classificação de áreas, de **menores riscos** de presença de atmosferas explosivas de gases ou poeiras, e, portanto, que requeiram equipamentos elétricos ou mecânicos com um **EPL de nível mais baixo**.

As instalações elétricas, de instrumentação, de automação e de telecomunicações “Ex” em áreas classificadas também devem estar de acordo com os requisitos apropriados para instalações em áreas não classificadas. Entretanto, os requisitos de instalação de equipamentos elétricos, eletrônicos e mecânicos para áreas não classificadas são muitas vezes insuficientes para atender os elevados níveis de risco e de requisitos de segurança necessários para instalações destes tipos de equipamentos em áreas classificadas.

Este fato faz com que os projetos de instalações “Ex” possuam particularidades e requisitos específicos que os tornam mais específicos, elaborados e com um grau mais elevado de complexidade.

De acordo com os requisitos da **ABNT NBR IEC 60079-14**, equipamentos elétricos e de instrumentação devem ser especificados, dimensionados, instalados e utilizados de forma que operem dentro de suas faixas nominais de potência, tensão, corrente, frequência, regime de serviço e outras características onde a não-conformidade possa colocar em risco a segurança do equipamento e, conseqüentemente, de toda a instalação.

Em particular, cuidados devem ser tomados para assegurar que a tensão e a frequência sejam apropriadas para o sistema de alimentação no qual os equipamentos são utilizados e que a classificação da temperatura tenha sido estabelecida para a tensão e frequência nominais ou especificadas para os equipamentos.



Deve ser sempre observado que os equipamentos “Ex” sejam instalados de acordo com a documentação e manuais de instruções fornecidos pelos respectivos fabricantes, incluindo instruções de montagem, comissionamento e ensaios iniciais, tanto na partida como os procedimentos rotineiros de inspeção e de manutenção preditiva, preventiva e corretiva.

Para as situações apresentadas a seguir é previsto que a seleção do EPL (*Equipment Protection Level*) de equipamentos “Ex” é feita com relação às **ZONAS** dos locais de instalação. A Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-14 apresenta a metodologia “tradicional” de seleção do EPL, de acordo com as determinações das zonas de áreas classificadas com gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, de acordo com a tabela a seguir.

Nível de Proteção do Equipamento “Ex”
Requisitos indicados nas Normas
ABNT NBR IEC 60079-0 e ABNT NBR IEC 60079-14
Designação do EPL

PRIMEIRA LETRA do EPL: Local da instalação do Equipamento “Ex”		SEGUNDA LETRA do EPL: Nível de proteção proporcionado pelo equipamento “Ex”	
M	Minas subterrâneas de carvão (<i>Mining</i>)	a	Muito alto
G	Gases inflamáveis	b	Alto
D	Poeiras Combustíveis (<i>Dust</i>)	c	Elevado

Designação dos níveis de proteção (EPL – Equipment Protection Level) proporcionados por equipamentos elétricos e mecânicos com certificação “Ex”

Zona	Níveis de proteção de equipamentos (EPL) adequados para a instalação	Grupo
0	Ga	Grupo II Gases inflamáveis
1	Ga ou Gb	
2	Ga, Gb ou Gc	
20	Da	Grupo III Poeiras combustíveis
21	Da ou Db	
22	Da, Db ou Dc	

Níveis de proteção de equipamento (EPL) requeridos para áreas classificadas com gases inflamáveis ou poeiras combustíveis de acordo com a Zona do local da instalação

Fazendo-se uma comparação simplificada entre os EPL e os tipos de proteção, para fins de instalação em atmosferas explosivas de gás (**Grupo II**), de forma similar com as atuais e “tradicional” definições indicadas da Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-14, com base em definição de zonas (sem levar em consideração nenhuma avaliação adicional de risco), resultam nos seguintes critérios de seleção de EPL de equipamentos com relação à classificação de áreas:

- Equipamentos com EPL **Ga** são adequados para instalação em áreas classificadas de gás dos tipos **Zonas 0, 1 ou 2**;
- Equipamentos com EPL **Gb** são adequados para instalação em áreas classificadas de gás dos tipos **Zonas 1 ou 2**;
- Equipamentos com EPL **Gc** são adequados para instalação somente em áreas classificadas de gás do tipo **Zona 2**.

De forma similar, podem ser relacionados os EPL para instalação em atmosferas explosivas de poeiras (**Grupo III**), como apresentado a seguir:

- Equipamentos com EPL **Da** são adequados para instalação em áreas classificadas de poeiras dos tipos **Zona 20, 21 ou 22**;
- Equipamentos com EPL **Db** são adequados para instalação em áreas classificadas de poeiras dos tipos **Zonas 21 ou 22**;
- Equipamentos com EPL **Dc** são adequados para instalação somente em áreas classificadas de poeiras do tipo **Zona 22**.

É recomendado que as instalações sejam projetadas e os equipamentos e materiais sejam instalados de forma a propiciar facilidades de acesso para as posteriores atividades de inspeções periódicas e nas intervenções para manutenção preventiva, preditiva e corretiva, de acordo com os requisitos indicados na Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-17**. Na conclusão da montagem, antes da energização definitiva e antes da partida da

instalação, as atividades de inspeção inicial **detalhada** dos equipamentos e das instalações “Ex” devem ser realizadas de acordo com os requisitos indicados nesta mesma Norma.

14 Principais características que os equipamentos elétricos e mecânicos utilizados em áreas classificadas devem atender

Ao se instalar equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos em uma planta de processamento de petróleo ou petroquímico, sucroalcooleira, de alimentos, fertilizantes, portuária, terminais de combustíveis ou farmacêutica, ou em um local onde possam estar presentes gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, as medidas de proteção tomadas, os tipos de proteção dos equipamentos “Ex” e os níveis de proteção dos equipamentos “Ex” (EPL – *Equipment Protection Level*) proporcionados, dependem do risco potencial envolvido.

Uma das principais características técnicas que os equipamentos, produtos, dispositivos e sistemas elétricos e mecânicos para instalação em atmosferas explosivas devem atender é não representem uma “*fonte de ignição*” que possa causar a explosão da atmosfera explosiva que possa estar presente no local da instalação.

Estas características podem ser obtidas por meio de um invólucro externo adequado (por exemplo invólucros pressurizados ou invólucros do tipo “*à prova de explosão*”), ou de equipamentos que não gerem centelhas ou faíscas (equipamentos com segurança aumentada ou equipamentos não acendíveis) ou por meio de redução dos níveis de energia nos circuitos elétrico ou ópticos (segurança intrínseca ou proteção óptica).

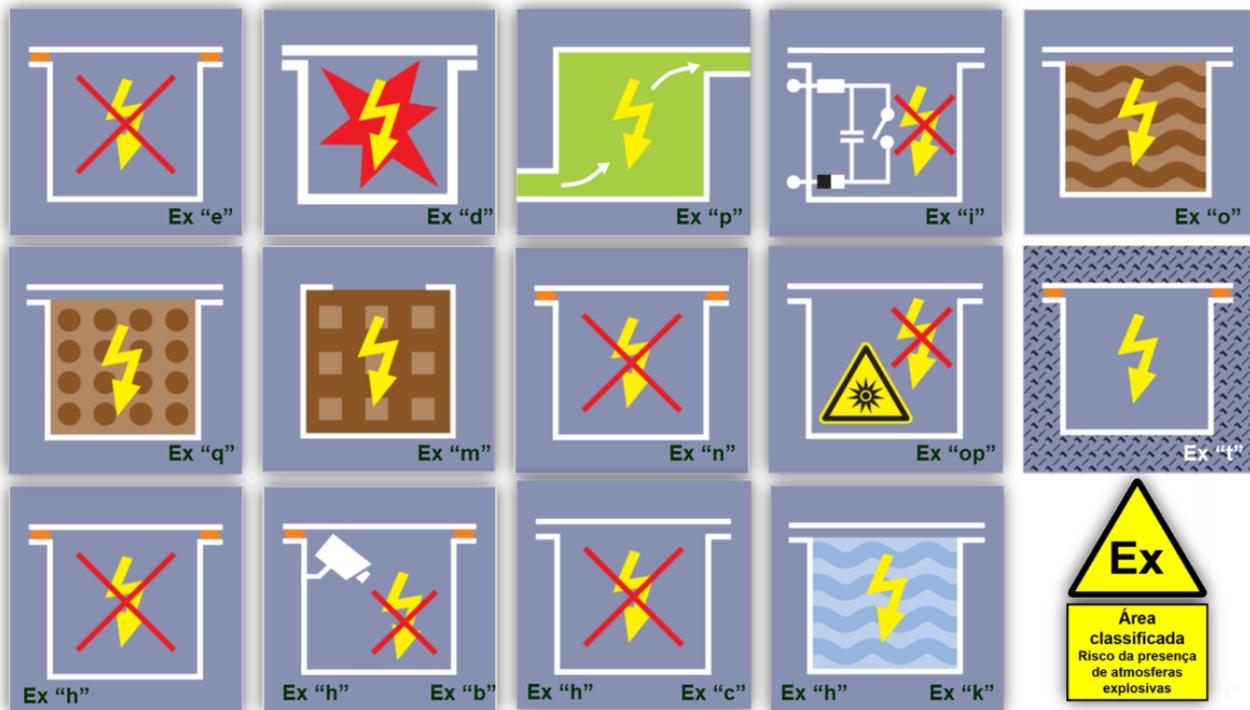
As medidas específicas de proteção aplicadas aos equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos para evitar a ignição de atmosferas explosivas caracterizam os “**tipos de proteção Ex**”. Estes tipos de proteção são normalizados nas Normas Técnicas Brasileiras adotadas das Séries ABNT NBR IEC 60079 e ABNT NBR ISO 80079 – *Atmosferas explosivas*.

14.1 Equipamentos para atmosferas explosivas: Tipos de proteção “Ex” normalizados

São relacionados a seguir alguns dos principais tipos de proteção “Ex” mais comumente aplicados a equipamentos “Ex” nas áreas de automação, telecomunicações, instrumentação, elétrica ou mecânica:

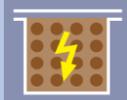
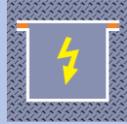
- **Ex “eb” / Ex “ec”** – Segurança aumentada – Norma ABNT NBR IEC 60079-7
- **Ex “ia”, “ib”, “ic”** – Segurança intrínseca – Norma ABNT NBR IEC 60079-11
- **Ex “nA”** – Não centelhante – Norma ABNT NBR IEC 60079-15
- **Ex “op”** – Proteção óptica – Norma ABNT NBR IEC 60079-28
- **Ex “pzc” / Ex “pxb” / Ex “pyb”** – Invólucros pressurizados – Norma ABNT NBR IEC 60079-2
- **Ex “db eb”** – Invólucro à prova de explosão com entrada indireta por caixa de terminais de segurança aumentada – Normas ABNT NBR IEC 60079-1 e ABNT NBR IEC 60079-7
- **Ex “db”** – Invólucro à prova de explosão com entrada direta – Norma ABNT NBR IEC 60079-1
- **Ex “t”** – Proteção de equipamentos contra ignição de poeira combustível por invólucros - Norma ABNT NBR IEC 60079-31
- **Ex “h”** – Proteção para equipamentos mecânicos “Ex” – Norma ABNT NBR ISO 80079-36
- **Ex “b”** – Proteção por controle de fontes de ignição – Norma ABNT NBR ISO 80079-37
- **Ex “c”** – Proteção construtiva para equipamentos mecânicos “Ex” – Norma ABNT NBR ISO 80079-37
- **Ex “k”** – Proteção por imersão em líquido – Norma ABNT NBR ISO 80079-37

São apresentadas a seguir figuras representativas dos principais tipos de proteção “Ex” aplicados a equipamentos elétricos ou mecânicos destinados à instalação ou utilização em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.



São apresentados a seguir os **conceitos** e **exemplos** de aplicação e respectivas Normas Técnicas Brasileiras adotadas dos principais **tipos de proteção “Ex”** aplicados a equipamentos de **instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos e mecânicos** destinados a instalação ou utilização em atmosferas explosivas.

Tipo de proteção “Ex”	Representação do tipo de proteção	Conceito da proteção contra ignição	Exemplos de aplicação	Norma Técnica Brasileira adotada aplicável
Segurança aumentada (Ex “eb”)		Tipo de proteção aplicado a equipamentos elétricos ou componentes Ex nos quais medidas adicionais são aplicadas de forma a proporcionar uma segurança aumentada contra a possibilidade de temperaturas excessivas e a ocorrência de arcos e centelhas	Motores Luminárias Caixas de junção Prensa-cabos	ABNT NBR IEC 60079-7
Segurança aumentada (Ex “ec”) / Não acendível (Ex “na”)		Tipo de proteção aplicada a equipamento elétrico que, em operação normal e em certas ocorrências normalmente esperadas e especificadas, ele não seja capaz de provocar ignição em uma atmosfera explosiva de gás em seu entorno	Motores Luminárias Caixas de junção Instrumentos	ABNT NBR IEC 60079-7 ABNT NBR IEC 60079-15
Segurança intrínseca (Ex “i”)		Tipo de proteção baseada na restrição da energia elétrica dentro de equipamentos e de fiação de interconexão exposta à atmosfera potencialmente explosiva para um nível abaixo do qual possa causar ignição por faiscamento ou por efeitos de aquecimento	Instrumentos Sensor Transmissor Atuador Instrumentos portáteis Barreiras / isoladores galvânicos	ABNT NBR IEC 60079-11
Involúcro pressurizado (Ex “p”)		Tipo de proteção que consiste em evitar o ingresso de uma atmosfera externa dentro de um invólucro ou ambiente, pela manutenção do gás de proteção interno, com uma pressão superior à pressão da atmosfera externa	Motores pressurizados Painéis locais de controle pressurizados Analisadores pressurizados	ABNT NBR IEC 60079-2
Encapsulamento em resina (Ex “m”)		Tipo de proteção no qual as partes que são capazes de provocar ignição em uma atmosfera explosiva por centelhamento ou aquecimento são totalmente encapsuladas em um composto ou outro invólucro não metálico com adesão, de modo a evitar a ignição de uma atmosfera explosiva de gases inflamáveis ou de camada de poeira combustível sob condições de operação ou de instalação	Solenoides Fitas de LED Sensores Displays Componentes de sinalização	ABNT NBR IEC 60079-18

Tipo de proteção “Ex”	Representação do tipo de proteção	Conceito da proteção contra ignição	Exemplos de aplicação	Norma Técnica Brasileira adotada aplicável
Imersão em líquido (Ex “o”)		Tipo de proteção no qual o equipamento elétrico ou partes dele são imersas em um líquido de proteção, de forma que uma atmosfera explosiva de gás ou vapor que possa estar acima da superfície do líquido ou no exterior do invólucro não possa entrar em ignição	Transformadores (até 245 kV). Equipamentos eletrônicos de potência	ABNT NBR IEC 60079-6
Imersão em areia (Ex “q”)		Tipo de proteção na qual as partes capazes de causar a ignição de uma atmosfera explosiva de gás são fixadas em posição e completamente imersas por material de enchimento, de forma a evitar a ignição de uma atmosfera explosiva externa de gás	Reatores eletrônicos ou drivers para luminárias	ABNT NBR IEC 60079-5
Proteção óptica (Ex “op”) Ex “op is”		Ex “op is” - Radiação óptica inerentemente segura: Radiação visível ou em infravermelho que é incapaz de produzir energia suficiente sob condições normais ou de falha especificada para causar a ignição de uma atmosfera explosiva específica	Switches ópticos Conversores eletro-ópticos Fibras ópticas Luminárias LED	ABNT NBR IEC 60079-28
Proteção óptica (Ex “op”) Ex “op sh”		Ex “op sh” – com intertravamento: Sistema para confinar a radiação visível ou infravermelha dentro de uma fibra óptica ou outro meio de transmissão com desligamento por intertravamento para reduzir de forma confiável a intensidade do feixe não confinado a níveis seguros, dentro de um período especificado, no caso de falha do confinamento tornando a radiação não confinada	Switches ópticos Conversores eletro-ópticos Fibras ópticas	ABNT NBR IEC 60079-28
Proteção óptica (Ex “op”) Ex “op pr”		Ex “op pr” - Radiação óptica protegida: Radiação visível ou em infravermelho que está confinada em uma fibra óptica ou outro meio de transmissão sob condições normais de construção ou construções com proteção mecânica adicional baseado na premissa de que não há fuga de radiação pelo confinamento	Switches ópticos Conversores eletro-ópticos Fibras ópticas	ABNT NBR IEC 60079-28
Proteção por invólucro contra ignição de poeiras combustíveis (Ex “t”)		Tipo de proteção para atmosferas com poeiras combustíveis, onde o equipamento elétrico é fornecido com um invólucro que provê proteção contra ingresso de poeira e meios de limitar as temperaturas de superfície	Motores Luminárias Caixas de Junção Instrumentos Tomadas e plugues	ABNT NBR IEC 60079-31
Invólucro do tipo “à prova de explosão” (Ex “d”)		Invólucro no qual as partes que podem causar a ignição de uma atmosfera explosiva de gás são confinadas e que é capaz de suportar a pressão desenvolvida durante uma explosão interna de uma mistura explosiva, sem que haja a propagação da explosão interna para a atmosfera explosiva de gás ao redor do invólucro	Invólucro para componentes centelhantes, como disjuntores, chaves, contatores e relés	ABNT NBR IEC 60079-1
Proteção por controle das fontes de ignição (Ex “b”)		Tipo de proteção contra ignição onde dispositivos mecânicos ou elétricos são utilizados em conjunto com equipamentos não elétricos, para reduzir, de forma manual ou automática, a probabilidade de uma fonte potencial de ignição se tornar uma fonte efetiva de ignição	Bombas Ventiladores Compressores Caixas de engrenagens Esteiras transportadoras	ABNT NBR ISO 80079-37
Proteção por imersão em líquido (Ex “k”)		Tipo de proteção onde as fontes potenciais de ignição são tornadas não efetivas ou separadas da atmosfera explosiva pela imersão total das fontes de ignição em um líquido de proteção ou por imersão parcial e recobrimento contínuo de suas superfícies ativas com um líquido de proteção, de forma que uma atmosfera explosiva que possa estar acima do líquido, ou no lado externo do invólucro do equipamento não possa entrar em ignição	Bombas Ventiladores Compressores Caixas de engrenagens	ABNT NBR ISO 80079-37
Proteção segurança construtiva (Ex “c”)		Tipo de proteção contra ignição onde medidas construtivas são aplicadas de forma a proteger contra a possibilidade da ignição a partir de superfícies quentes, faíscas mecânicas e compressão adiabática geradas por partes móveis	Bombas Ventiladores Compressores Caixas de engrenagens Agitadores Esteiras rolantes	ABNT NBR ISO 80079-37

Principais tipos de proteção aplicados a equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos “Ex”

14.2 Equipamentos para atmosferas explosivas com tipos de proteção “Ex” combinados

Muito frequentemente os equipamentos de automação, instrumentação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos “Ex” incorporam, no mesmo produto, a **combinação** de diferentes tipos de proteção “Ex”. Esta técnica de fabricação de equipamentos e componentes “Ex” tem, dentre seus objetivos, explorar os benefícios específicos proporcionados pelos diferentes tipos de proteção, facilitando o processo de fabricação, reduzindo os custos de fabricação e facilitando, sob o ponto de vista dos usuários finais dos equipamentos, os serviços de campo de montagem, inspeção e manutenção “Ex”.

A combinação de diferentes tipos de proteção “Ex” em um mesmo componente ou equipamento “Ex” teve início na década de 1970, com os invólucros de segurança aumentada (Ex “e”), instalados como caixas de terminais para entradas **INDIRETAS** de cabos para o interior de invólucros metálicos Ex “d”. Com esta combinação dos tipos de proteção Ex “de”, utilizando **buchas de passagem** Ex “d” para a entrada dos cabos nos invólucros Ex “d”, foram proporcionados ganhos em termos de facilidades de serviços de instalação e manutenção de campo destes equipamentos “Ex”, que passaram a dispensar a necessidade de instalação de unidades seladoras, niples, adaptadores de rosca, prensa-cabos ou uniões macho/fêmea do tipo “à prova de explosão”.

A partir da década de 1990, com a crescente utilização da técnica de injeção em plástico, são disponíveis no mercado equipamentos ou componentes “Ex” que incorporam, dentre outras, as proteções **combinadas** Ex “d e”, Ex “e m”, Ex “d e m” ou Ex “d e m op q”, Ex “e i m”, Ex “b c” e Ex “c k”. Estes tipos de proteção “Ex” **combinados** são frequentemente encontrados em instrumentos, motores, botoeiras locais de comando, painéis locais de controle e automação, painéis locais de distribuição de circuitos de força, luminárias, equipamentos pessoais, equipamentos portáteis, *wearables*, equipamentos de medição e de testes e equipamentos mecânicos “Ex”.

14.3 Exemplos de instalação de equipamentos com tipos de proteção “Ex”

São apresentados a seguir alguns exemplos de instalação de campo de equipamentos com tipos de proteção “Ex”.



Exemplo de instalação de painel pressurizado (Ex “pzc”) contendo unidade terminal remota de SDCD e PLC



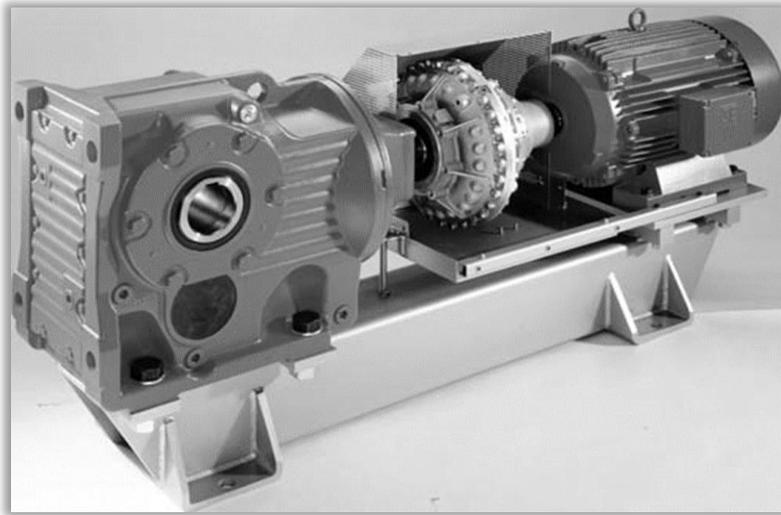
Exemplo de instalação de painéis de distribuição de força e controle instalado em área classificada –
Marcações Ex dem IIC T5 Gb / Ex tb T 100 °C Db



Exemplo de instalação de motores com tipo de proteção Ex "pzc" – Invólucro Pressurizado – Norma
ABNT NBR IEC 60079-2, com tensão nominal de 13.8 kV instalados em área classificada Zona 2 - Grupo IIA - Classe de
Temperatura T3



Exemplo de instalação de instrumentos transmissores, caixas de Junção Ex "e" com circuitos Ex "i" na cor azul clara



Exemplo de instalação de motor Ex “eb” acionando uma caixa de engrenagens Ex “bc”

15 Passo a passo para a especificação de equipamentos “Ex” para áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis

Tendo em vista a grande quantidade de características que devem ser observadas ao especificar equipamentos “Ex” de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos para serem instalados em áreas classificadas, não é raro ocorrerem erros na especificação, no processo de compra ou no recebimento destes equipamentos “Ex”.

Dessa forma, visando auxiliar na tarefa de especificar corretamente e evitar que a especificação técnica fique indevidamente “limitada” a solicitar apenas que o equipamento “Ex” tenha um “*certificado Inmetro*”, são apresentados os seguintes passos a serem seguidos nas etapas de especificação para compra de equipamentos “Ex”:

1º Passo – Verificar a classificação da área do local da instalação do equipamento “Ex” - Zona 0, 1 ou 2, 20, 21 ou 22

Essa informação irá indicar o EPL (*Equipment Protection Level*) - Ma ou Mb; Ga, Gb ou Gc ; Da, Db ou Dc , requerido para o local onde o equipamento “Ex” será instalado.

A metodologia “tradicional”, indicada na Norma ABNT NBR IEC 60079-14, consiste em fazer a correção direta entre a **zona** com o **EPL**, como mostrado na tabela apresentada a seguir, para facilidade de aplicação.

Metodologia “tradicional” para a seleção de EPL com base em Zona, de acordo com a Norma ABNT NBR IEC 60079-14

Zona	Níveis de proteção de equipamentos (EPL) adequados para a instalação	Grupo
0	Ga	Grupo II Gases inflamáveis
1	Ga ou Gb	
2	Ga, Gb ou Gc	
20	Da	Grupo III Poeiras combustíveis
21	Da ou Db	
22	Da, Db ou Dc	

Uma metodologia “*alternativa*” pode ser aplicada em casos nos quais fatores potencializadores de riscos de uma explosão ou das consequências de uma eventual ignição de uma atmosfera explosiva estejam presentes.

Por exemplo, em algumas plataformas de produção de petróleo do tipo FPSO, na **Casa de Bombas**, que consiste em um compartimento com a ventilação bastante **limitada**, normalmente é classificado como **Zona 1**, o que resultaria, pela metodologia “*tradicional*”, em um EPL “**Gb**” para a escolha de equipamentos eletroeletrônicos a serem instalados no seu interior.

No entanto, nestes casos, ao analisar os riscos de uma explosão e suas consequências para a segurança industrial (os sistemas da plataforma) e das pessoas, pode-se chegar à conclusão de que devem ser utilizados equipamentos com nível de proteção **muito alto**, ou seja, EPL “Ga”.

2º Passo – Determinar a temperatura de ignição do gás, vapor ou poeira que pode estar presente no local

O equipamento “Ex” deve ser especificado de maneira que a **temperatura máxima de superfície** não atinja a temperatura de ignição de gás, vapor ou poeira que pode estar presente no local da instalação.

Os critérios das classes de temperaturas das substâncias e de seleção das temperaturas máximas de superfície permitidas para gases inflamáveis e poeiras combustíveis estão apresentados ao longo deste trabalho.

3º Passo – Determinar o grupo de gases (I, IIA, IIB ou IIC) ou poeiras combustíveis (IIIA, IIIB ou IIIC) da substância inflamável ou combustível presente no local da instalação

O equipamento “Ex” deve ser especificado de maneira que o **grupo** indicado em sua marcação “Ex” esteja de acordo com o grupo da classificação de áreas do local da instalação.

Os critérios de seleção dos grupos dos equipamentos “Ex”, com base nos grupos de gases inflamáveis ou poeiras combustíveis indicados na documentação de classificação de áreas do local da instalação estão apresentadas ao longo deste trabalho.

4º Passo – Determinar o tipo de proteção “Ex” mais adequado à aplicação, com base no EPL já determinado

Nesse passo, é importante assegurar que o tipo de proteção “Ex” escolhido atende ao EPL requerido para o equipamento “Ex”, tanto para gases inflamáveis como para poeiras combustíveis.

A tabelas apresentadas a seguir resumem os principais tipos de proteção “Ex” e os EPL que estes proporcionam ao equipamento “Ex”, para áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

Tipos de proteção “Ex”, EPL e Normas Técnicas para áreas classificadas contendo GASES INFLAMÁVEIS

EPL	Zona	Tipo de proteção “Ex”	Código “Ex”	Norma ABNT NBR
Gc	2	À prova de explosão (componentes centelhantes encapsulados)	d_c	IEC 60079-1
		Intrinsecamente seguro “tradicional”	i_c	IEC 60079-11
		Intrinsecamente seguro “de potência”	Power “i”	IEC 60079-39
		Encapsulamento em resina	m_c	IEC 60079-18
		Não acendível	nA	IEC 60079-15
		Segurança aumentada	e_c	IEC 60079-7
		Respiração restrita	nR	IEC 60079-15
		Equipamento centelhante encapsulado	nC	IEC 60079-15
		Invólucros pressurizados	pz_c	IEC 60079-2
		Conceito de <i>Fieldbus</i> IS (FISCO)	ic	IEC 60079-11
		Ethernet a dois fios intrinsecamente segura	2 WISE i_c	IEC TS 60079-47
		Proteção de equipamentos e sistemas de transmissão utilizando radiação óptica	op is, pr, sh	IEC 60079-28
		Proteção especial “c”	s_c	IEC 60079-33
		Proteção geral para equipamentos mecânicos “Ex”	h_c	ISO 80079-36
		Segurança construtiva (Equipamentos mecânicos “Ex”)	c_c	ISO 80079-37
		Controle das fontes de ignição - Equipamentos mecânicos “Ex”	b_c	ISO 80079-37
		Imersão em líquido (Equipamentos mecânicos “Ex”)	k_c	ISO 80079-37
Qualquer tipo de proteção “Ex” adequado para Zonas 0 (EPL Ga) ou Zona 1 (EPL Gb)				
		Invólucro à prova de explosão	db	IEC 60079-1

EPL	Zona	Tipo de proteção “Ex”	Código “Ex”	Norma ABNT NBR
Gb	1	Segurança aumentada	e_b	IEC 60079-7
		Intrinsecamente seguro “tradicional”	i_b	IEC 60079-11
		Intrinsecamente seguro “de potência”	Power “i”	IEC 60079-39
		Encapsulamento em resina	m_b	IEC 60079-18
		Imersão em líquido	o_b	IEC 60079-6
		Invólucro pressurizado	px_b, py_b	IEC 60079-2
		Imersão em areia	q	IEC 60079-5
		Conceito de <i>Fieldbus</i> intrinsecamente seguro (FISCO)	ib	IEC 60079-11
		Ethernet a dois fios intrinsecamente segura	2 WISE i_b	IEC TS 60079-47
		Proteção de equipamento e sistemas de transmissão utilizando radiação óptica	op is, op pr, op sh	IEC 60079-28
		Proteção especial “b”	s_b	IEC 60079-33
		Proteção geral para equipamentos mecânicos “Ex”	h_b	ISO 80079-36
		Segurança construtiva (Equipamentos mecânicos “Ex”)	c_b	ISO 80079-37
		Controle das fontes de ignição (Equipamentos mecânicos “Ex”)	b_b	ISO 80079-37
		Imersão em líquido (Equipamentos mecânicos “Ex”)	k_b	ISO 80079-37
Qualquer tipo de proteção “Ex” adequado para Zona 0 (EPL Ga)				
Ga	0	À prova de explosão (sensores de gás)	d_a	IEC 60079-1
		Intrinsecamente seguro	i_a	IEC 60079-11
		Ethernet a dois fios intrinsecamente segura	2-WISE i_a	IEC TS 60079-47
		Encapsulamento em resina	m_a	IEC 60079-18
		Equipamento com elementos de separação ou níveis de proteção combinados	Gb + Gb	IEC 60079-26
		Proteção de equipamentos e sistemas de transmissão utilizando radiação óptica	op is	IEC 60079-28
		Proteção especial “a”	s_a	IEC 60079-33
		Proteção geral para equipamentos mecânicos “Ex”	h_a	ISO 80079-36
Proteção para equipamentos mecânicos “Ex”	c_a, b_a, k_a	ISO 80079-37		

Tipos de proteção “Ex”, EPL e Normas Técnicas para áreas classificadas contendo POEIRAS COMBUSTÍVEIS

EPL	Zona	Tipo de proteção “Ex”	Código “Ex”	Norma ABNT NBR
Dc	22	Intrinsecamente seguro “tradicional”	i_c	IEC 60079-11
		Intrinsecamente seguro “de potência”	Power “i_c”	IEC TS 60079-39
		Ethernet a dois fios intrinsecamente segura (2 WISE)	2 WISE - i_c	IEC TS 60079-47
		Encapsulamento em resina	m_c	IEC 60079-18
		Proteção por invólucro contra ignição de poeira combustível	t_c	IEC 60079-31
		Invólucros pressurizados	pz_c	IEC 60079-2
		Proteção para equipamentos mecânicos “Ex”	h_c, b_c, c_c, k_c	ISO 80079-36/37
		Qualquer tipo de proteção “Ex” adequado para Zona 21 (EPL Db) ou Zona 20 (EPL Da)		
Db	21	Intrinsecamente seguro “tradicional”	i_b	IEC 60079-11
		Intrinsecamente seguro “de potência”	Power “i_b”	IEC TS 60079-39
		Ethernet a dois fios intrinsecamente segura (2 WISE)	2 WISE - i_b	IEC TS 60079-47
		Encapsulamento em resina	m_b	IEC 60079-18
		Proteção por invólucro contra ignição de poeira combustível	t_b	IEC 60079-31
		Invólucros pressurizados	px_b, py_b	IEC 60079-2
		Proteção para equipamentos mecânicos “Ex”	h_b, b_b, c_b, k_b	ISO 80079-36/37
		Qualquer tipo de proteção “Ex” adequado para Zona 20 (EPL Da) ou Zona 1 (EPL Db)		
Da	20	Intrinsecamente seguro “tradicional”	i_a	IEC 60079-11

EPL	Zona	Tipo de proteção “Ex”	Código “Ex”	Norma ABNT NBR
		Ethernet a dois fios intrinsecamente segura (2 WISE)	2 WISE - i _a	IEC TS 60079-47
		Encapsulamento em resina	m _a	IEC 60079-18
		Proteção por invólucro contra ignição de poeira combustível	t _a	IEC 60079-31
		Proteção para equipamentos mecânicos “Ex”	h _a , b _a , c _a , k _a	ISO 80079-36/37

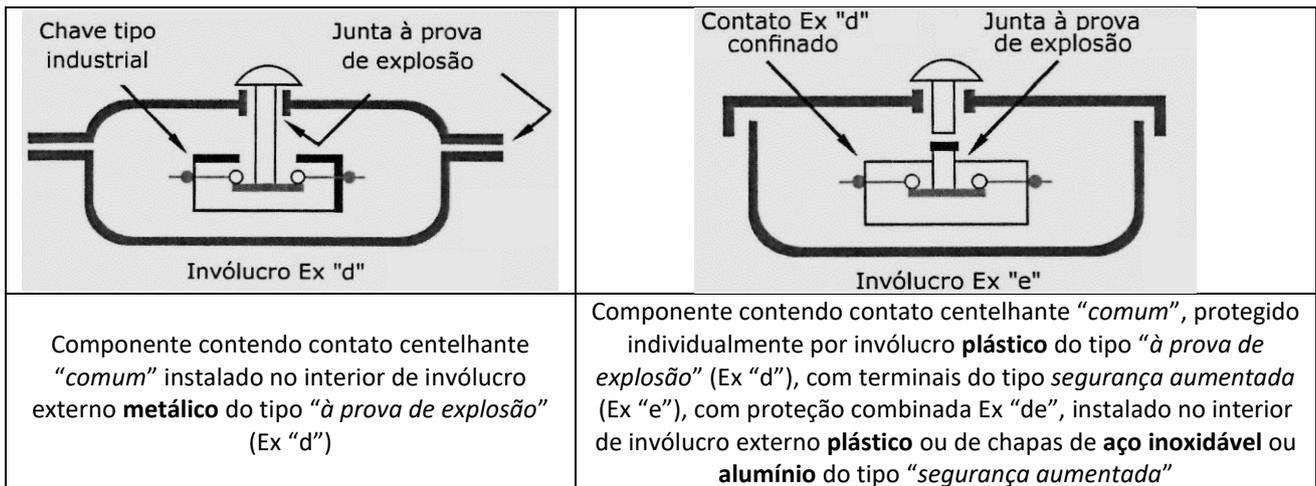
5º Passo – Determinar o tipo de proteção “Ex” que proporcionem maiores facilidades de serviços de campo

Além do cuidado de especificar um EPL que atenda aos requisitos de classificação de área do local da instalação do equipamento “Ex”, é importante escolher um equipamento que possua um tipo de proteção “Ex” que seja adequado à aplicação, considerando as **facilidades de montagem, inspeção e manutenção** dos equipamentos “Ex” no campo, bem como os padrões adotados da empresa, indicados em **detalhes típicos de instalação “Ex”**, os quais são abordados com detalhes ao longo deste trabalho.

Por exemplo, para ligação de cabos entre instrumentos e um multicabo ou a ligação de cabos para circuitos de força, controle ou automação, podem ser utilizadas **caixas de junção “Ex”** com tipo de proteção de **segurança aumentada (Ex “e”)** com invólucros externos em material **termoplástico** ou de **aço inoxidável**, ao invés de caixas de junção com invólucro metálico do tipo *“à prova de explosão”* (Ex “d”) que requerem procedimentos de montagem, manutenção e inspeção mais “complexos”.

Ou ainda, como exemplo, podem ser utilizadas **botoneiras ou painéis de controle “Ex”** contendo componentes com **proteção combinada Ex “de”**, nos quais as partes **centelhantes** de componentes elétricos (marcação tipo “U”), como botões de comando, chaves comutadoras de força e controle, contatores e relés são encapsulados em pequenos invólucros de **plástico**, os quais são certificados com os tipos de proteção *à prova de explosão* (Ex “d”), com terminais do tipo *segurança aumentada* (Ex “e”).

Estes dispositivos Ex “de” são instalados no interior de invólucros de **segurança aumentada** (Ex “e”), com invólucros externos em material **termoplástico** ou de chapas de **aço inoxidável ou de alumínio**. Este tipo de produto **dispensa** a necessidade de um invólucro externo **metálico** do tipo *“à prova de explosão”*, dispensando também a necessidade de instalação de acessórios de eletrodutos Ex “d”, como por exemplo, unidades seladoras de eletroduto, niples e uniões macho/fêmea. Este tipo de proteções combinadas Ex “de” (ou Ex “em”) representa uma solução tecnológica significativa, como apresentado de forma simplificada na figura a seguir.



Os equipamentos deste tipo, com **invólucros Ex “e”** contendo componentes com proteção combinada **Ex “de”** apresentam, dentre outros, os benefícios de menor peso e de **dispensar** a necessidade de instalação de prensa-cabos, unidades seladoras, uniões macho/fêmea, niples do tipo ou adaptadores de rosca do tipo *“à prova de explosão”*. Sob o ponto de vista de serviços de campo em áreas classificadas, estes equipamentos apresentam maiores **facilidades** de montagem, inspeção e manutenção, contribuindo para a redução de “desvios”.

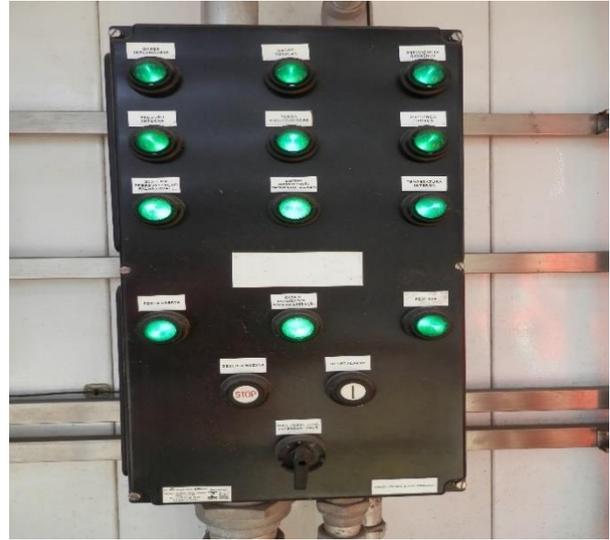
Deve ser ressaltado que todos os tipos de proteção “Ex” podem ser considerados **“seguros”**, porém somente se os respectivos equipamentos de automação, instrumentação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos “Ex” tiverem sido

devidamente instalados, inspecionados, mantidos ou reparados, ao longo do seu **ciclo total de vida**. Por estes motivos devem ser especificados equipamentos “Ex” que proporcionem serviços de campo mais **simples**, sob o ponto de vista dos **usuários** e dos **proprietários** dos equipamentos e instalações “Ex”, os quais são os **responsáveis** pela segurança de suas instalações.

São apresentados a seguir alguns exemplos de instalações de equipamentos elétricos e para automação “Ex” em áreas classificadas com a utilização de proteção combinada Ex “de”, que dispensam invólucros metálicos externos do tipo à prova de explosão e a instalação de prensa-cabos, unidades seladoras, uniões macho/fêmea, niples do tipo ou adaptadores de rosca do tipo “à prova de explosão”.



Botoeira local de comando contendo internamente **componentes centelhantes** em invólucro **plástico** Ex “d” e terminais de segurança aumentada Ex “e”. Tipos de proteção combinados Ex “de”. Tipos de proteção combinados Ex “de”. Invólucro externo em poliéster reforçado com fibra de vidro ou outros materiais **plásticos**



Painel local de controle contendo internamente **componentes centelhantes** em invólucro **plástico** Ex “d” e terminais de segurança aumentada Ex “e”: botões de comando, sinaleiros LED e chave de comando. Tipos de proteção combinados Ex “de”. Tipos de proteção combinados Ex “de”. Invólucro externo em poliéster reforçado com fibra de vidro ou outros materiais **plásticos**



Painel local de controle contendo internamente **componentes centelhantes** em invólucro **plástico** Ex “d” e terminais de segurança aumentada Ex “e”: botões de comando, sinaleiros LED e chave de comando. Tipos de proteção combinados Ex “de”. Invólucro externo em chapas de **aço inoxidável**



Botoeira local de comando para acionamento de motor “Ex”, contendo internamente **componentes centelhantes** em invólucro **plástico** Ex “d” e terminais de segurança aumentada Ex “e”. Tipos de proteção combinados Ex “de”. Invólucro externo em poliéster reforçado com fibra de vidro ou outros materiais **plásticos**



Botoeira local de comando para acionamento de motor “Ex”, contendo internamente **componentes centelhantes** em invólucro **plástico** Ex “d” e terminais de segurança aumentada Ex “e”. Tipos de proteção combinados **Ex “de”**. Invólucro externo em poliéster reforçado com fibra de vidro ou outros materiais **plásticos**



Painel local de controle contendo internamente **componentes centelhantes** em invólucro **plástico** Ex “d” e terminais de segurança aumentada Ex “e”: chaves de comando. Tipos de proteção combinados **Ex “de”**. Invólucro externo em poliéster reforçado com fibra de vidro ou outros materiais **plásticos**

Exemplos de instalação de equipamentos “Ex” contendo componentes centelhantes com marcação Ex “de” (componente Ex “d” em **plástico**, com terminais Ex “e”) e invólucro externo do tipo segurança aumentada (Ex “e”) em **aço inoxidável** ou materiais plásticos, como **poliéster reforçado com fibra de vidro**

Ainda com relação a especificação técnica de tipos de proteção “Ex” que proporcionem serviços de campo mais simplificados, incluindo serviços de montagem, inspeção e manutenção, podem ser citados, como exemplos, as **luminárias LED** com invólucros plásticos, em alumínio ou aço inoxidável, que incorporem uma combinação de tipos de proteção como Ex “e”, Ex “m”, Ex “op”, Ex “d” e Ex “q”. Estas luminárias LED “Ex”, por **dispensarem** invólucros externos metálicos do tipo “à prova de explosão” (Ex d”), dispensam também a instalação de campo de diversos **acessórios** do tipo “à prova de explosão”, como prensa-cabos, unidades seladoras de eletrodutos, niples e uniões macho/fêmea Ex “d”, o que contribui para uma maior facilidade de serviços de campo “Ex”.

São apresentados a seguir alguns exemplos de instalações de equipamentos elétricos e para automação “Ex” em áreas classificadas com a utilização de proteção combinada **Ex “d e m op q”**, que dispensam invólucros metálicos externos do tipo à prova de explosão e a instalação de prensa-cabos, unidades seladoras, uniões macho/fêmea, niples do tipo ou adaptadores de rosca do tipo “à prova de explosão”.

Deve ser ressaltado que além da significativa redução de custos de manutenção, a utilização de luminárias LED “Ex” contribuem também para a redução de consumo de energia e para um maior tempo de vida útil (novamente reduzindo os custos de manutenção de necessidade de troca de lâmpadas queimadas), quando comparadas com as “*tradicionais*” luminárias com lâmpadas fluorescentes com à vapor de sódio de baixa pressão.



<p>Luminária LED “Ex” com invólucro plástico Ex “e”, terminais de segurança aumentada Ex “e”, LEDs avaliados de acordo com o tipo de proteção Ex “op” e componentes internos encapsulados (Ex “m”). Invólucro externo em poliéster reforçado com fibra de vidro ou outros tipos de materiais plásticos</p>	<p>Luminária LED “Ex” com invólucro em chapas de aço inoxidável ou de alumínio Ex “e”, terminais de segurança aumentada Ex “e”, LEDs avaliados de acordo com o tipo de proteção Ex “op” e componentes internos encapsulados (Ex “m”)</p>
	
<p>Luminárias LED “Ex” com invólucro em chapas de aço inoxidável ou de alumínio Ex “e”, terminais de segurança aumentada Ex “e”, LEDs avaliados de acordo com o tipo de proteção Ex “op” e componentes internos encapsulados (Ex “m”)</p>	<p>Luminárias LED “Ex” com invólucro em chapas de aço inoxidável ou de alumínio Ex “e”, terminais de segurança aumentada Ex “e”, LEDs avaliados de acordo com o tipo de proteção Ex “op” e componentes internos encapsulados (Ex “m”)</p>
	
<p>Luminária LED “Ex” com invólucro plástico Ex “e”, terminais de segurança aumentada Ex “e”, LEDs avaliados de acordo com o tipo de proteção Ex “op” e componentes internos encapsulados (Ex “m”). Invólucro externo em poliéster reforçado com fibra de vidro ou outros tipos de materiais plásticos</p>	<p>Luminária LED “Ex” com invólucro em chapas de aço inoxidável ou de alumínio Ex “e”, terminais de segurança aumentada Ex “e”, LEDs avaliados de acordo com o tipo de proteção Ex “op” e componentes internos encapsulados (Ex “m”)</p>

Exemplos de instalação de **luminárias LED “Ex”** com invólucro em chapas de **aço inoxidável** ou **alumínio** ou em material **plástico**, com terminais Ex “e”, LEDs avaliados de acordo com o tipo de proteção Ex “op” e componentes internos encapsulados (Ex “m”), incorporando a **combinação** de diversos tipos de proteção “Ex”

6º Passo – Solicitar a apresentação do certificado de conformidade “Ex” na proposta técnica

Deve ser incluído na Especificação Técnica para a compra que o equipamento “Ex” tenha certificado válido no Brasil, atendendo aos requisitos indicados na legislação vigente. Isso implica dizer que, mesmo os equipamentos sejam importados, eles precisam passar por um processo de certificação em um Organismo de Certificação “Ex” brasileiro.

Para evitar erros nos processos de compra de equipamentos de automação, telecomunicações, instrumentação ou elétricos “Ex”, nos casos de equipamentos “de prateleira” (aqueles que não necessitem de um projeto específico), é uma boa prática solicitar o fornecimento dos respectivos certificados de conformidade “Ex” junto da **proposta técnica** do fornecedor ou do fabricante. Isso eventualmente pode não ser possível, nos casos excepcionais de

equipamentos “engenheirados”, nos quais o certificado pode ser emitido somente após a colocação do pedido de compra. No entanto, para a grande maioria dos casos, os equipamentos “Ex” já possuem os respectivos certificados de conformidade “Ex” disponíveis para serem encaminhados juntamente com as respectivas propostas técnicas.

Deve ser ressaltado que esse passo, apesar de necessário, **não é suficiente** para que o equipamento “Ex” se mantenha **seguro** durante o seu **ciclo total de vida**, como é demonstrado ao longo deste trabalho. Por este motivo, não basta que os equipamentos de automação, instrumentação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos “Ex” tenham sido certificados. É necessário que estes equipamentos “Ex” sejam devidamente **instalados, inspecionados, mantidos ou recuperados**, durante todo o tempo em que permanecem instalados em áreas classificadas. Estes serviços devem ser realizados por **profissionais “Ex”** competentes e por **empresas de serviços “Ex”** competentes.

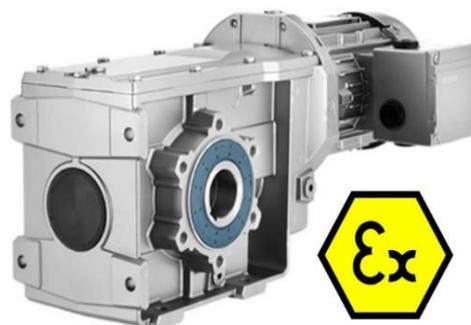
16 Equipamentos mecânicos para atmosferas explosivas

Casos históricos de acidentes envolvendo explosões em instalações industriais ocasionadas por equipamentos mecânicos, tem sido registrados desde o início do Século 20. Desta forma, sob o ponto de vista de segurança industrial em atmosferas explosivas, os equipamentos mecânicos também necessitam possuir requisitos construtivos, de forma que não possam gerar faíscas ou centelhas ou pontos quentes, provenientes de atrito entre partes móveis, por fricção ou por falta de lubrificação de suas partes constituintes.

Os equipamentos mecânicos são historicamente reconhecidos como portadores de fontes próprias de risco potencial de ignição. Sob o ponto de vista de segurança industrial, os equipamentos mecânicos também apresentam, de forma similar aos equipamentos elétricos, eletrônicos, de automação e de telecomunicações, riscos de se tornarem fontes de ignição, devido por exemplo, à geração de centelhas, faíscas, eletricidade estática ou de partes aquecidas acima da temperatura de autoignição das substâncias inflamáveis ou combustíveis que estejam ao seu redor.

Por este motivo, os equipamentos mecânicos destinados a serem instalados em áreas classificadas necessitam ser devidamente projetados, dimensionados, avaliados, ensaiados em laboratório, certificados e marcados de acordo com os requisitos indicados nas respectivas normas técnicas brasileiras de tipos de proteção “Ex” para equipamentos mecânicos.

Podem ser citados como **exemplos** de equipamentos mecânicos que são instalados em atmosferas explosivas: bombas (centrífugas, recíprocas, alternativas ou axiais), compressores, ventiladores, turbinas, agitadores, misturadores, caixas de engrenagens para variação de velocidade, acoplamentos para equipamentos rotativos, freios, unidades de ar condicionado, válvulas de controle, motores hidráulicos e pneumáticos e combinação de dispositivos para fabricação de máquinas, como elevadores, esteiras rolantes, pontes rolantes, transportadores de canecas, guindastes, equipamentos para fixação de umbilicais eletro hidráulicos em plataformas de petróleo e demais montagens de equipamentos mecânicos “Ex”.



As Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série **ABNT NBR ISO 80079** possuem por objetivo a especificação dos métodos básicos de proteção e dos requisitos para o projeto, fabricação, ensaios e marcação de equipamentos **mecânicos “Ex”**, destinados a serem instalados em áreas classificadas. É previsto, nestes casos, que uma atmosfera explosiva pode estar presente no exterior ou no interior dos equipamentos mecânicos “Ex”. Além disto, uma atmosfera explosiva existente no exterior do equipamento mecânico “Ex” pode ser levada para o seu interior por meio de respiração natural, resultante de variações na pressão ou na temperatura interna do equipamento.

Estas Normas são aplicáveis a equipamentos mecânicos “Ex” destinados a serem utilizados em áreas classificadas do **Grupo I** (*Minas subterrâneas de carvão*), **Grupo II** (*Gases Inflamáveis*) ou **Grupo III** (*Poeiras combustíveis*).

A Norma **ABNT NBR ISO 80079-36** abrange equipamentos mecânicos e montagens de equipamentos destinados a geração, transferência, armazenagem, medição, controle e conversão de energia ou processamento de material, que são capazes de causar uma explosão devido a suas próprias fontes potenciais de ignição.

As experiências em instalações industriais têm mostrado que é essencial realizar uma avaliação de risco de ignição abrangente dos equipamentos mecânicos “Ex”, de forma a identificar todas as fontes potenciais de ignição e determinar se estes equipamentos podem se tornar fontes efetivas de ignição durante todo o tempo de vida útil prevista do equipamento mecânico.

Uma vez que estes riscos de ignição sejam compreendidos e documentados, é então possível definir as medidas necessárias de proteção “Ex”, dependendo do nível de proteção do equipamento (EPL) requerido, de forma a minimizar a probabilidade destas fontes de ignição se tornarem efetivas.

16.1 Avaliação dos riscos de ignição de equipamentos mecânicos “Ex”

De acordo com a Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR ISO 80079-36** (*Atmosferas explosivas – Parte 36: Equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas - Métodos e requisitos básicos*), o fabricante do equipamento mecânico “Ex” deve efetuar uma avaliação de risco de ignição, de forma a demonstrar que o equipamento não possua fontes efetivas de ignição durante falhas raras de ocorrer ou durante falhas que possam ser esperadas ou durante operação normal do equipamento, dependendo do nível de proteção de equipamento (EPL – *Equipment Protection Level*) pretendido. De acordo com os resultados de avaliações e ensaios realizados por organismos de certificação e por laboratórios de ensaios, é atribuído o EPL ao equipamento mecânico “Ex” sob avaliação, seja Ga/Da, Gb/Db ou Gc/Dc.

- Os equipamentos mecânicos “Ex” com **EPL Ga/Da** podem ser instalados em áreas classificadas dos tipos **Zona 0** ou **Zona 20**, respectivamente.
- Os equipamentos mecânicos “Ex” com **EPL Gb/Db** podem ser instalados em áreas classificadas do tipo **Zona 1** ou **Zona 21**, respectivamente.
- Os equipamentos mecânicos “Ex” com **EPL Gc/Dc** podem ser instalados em áreas classificadas do tipo **Zona 2** ou **Zona 22**, respectivamente.

Esta avaliação de risco deve ser feita mediante uma abordagem escalonada, a ser seguida pelo fabricante do equipamento mecânico “Ex”. No início da avaliação de risco o fabricante deve decidir qual das seguintes **treze** fontes possíveis de ignição são aplicáveis, isto é, estão relacionadas com o equipamento e estão presentes, para o equipamento mecânico “Ex” sob avaliação: **(1)** Superfícies quentes, **(2)** Chamas ou gases aquecidos, incluindo partículas quentes, **(3)** Faíscas geradas mecanicamente, **(4)** Dispositivos elétricos, **(5)** Correntes parasitas ou proteção catódica contra corrosão, **(6)** Eletricidade estática, **(7)** Descargas eletrostáticas, **(8)** Radiofrequência ou ondas eletromagnéticas, **(9)** Radiação óptica, **(10)** Radiação ionizante, **(11)** Ultrassom, **(12)** Compressão adiabática e ondas de choque e **(13)** Reações exotérmicas, incluindo a auto ignição de poeiras combustíveis.

16.2 Características dos tipos de proteção Ex “c”, Ex “b” e Ex “k”

A Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR ISO 80079-37** especifica os requisitos para o projeto e a fabricação de equipamentos mecânicos destinados para instalação em atmosferas explosivas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, protegidos pelos tipos de proteção por segurança construtiva - **Ex “c”**, controle de fontes de ignição – **Ex “b”**, e por imersão em líquido - **Ex “k”**.

Os tipos de proteção **Ex “c”**, **Ex “b”** e **Ex “k”** especificados na Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR ISO 80079-37** podem ser utilizados de forma individual ou em combinação entre si, de forma a atingir os requisitos pretendidos de EPL (*Equipment Protection Level*) para equipamentos do **Grupo I** (Minas subterrâneas de carvão), **Grupo II** (Gases inflamáveis) e **Grupo III** (Poeiras combustíveis), dependendo dos resultados da avaliação de risco de ignição, como indicado na Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR ISO 80079 36**.

De acordo com a Norma **ABNT NBR ISO 80079-37**, os tipos de proteção **Ex “c”**, **Ex “b”** e **Ex “k”** para equipamentos mecânicos “Ex” possuem as seguintes características básicas:

SEGURANÇA CONSTRUTIVA Ex “c”: Tipo de proteção contra ignição onde medidas construtivas são aplicadas de forma a prover proteção contra a possibilidade de ignição a partir de fontes quentes, faíscas de origem mecânicas ou compressão adiabática gerada por partes móveis.

CONTROLE DE FONTE DE IGNIÇÃO Ex “b”: Tipo de proteção contra ignição onde dispositivos elétricos, eletrônicos ou mecânicos são utilizados em conjunto com equipamentos mecânicos, de forma reduzir, automaticamente ou manualmente, a possibilidade de uma fonte potencial de ignição se tornar uma fonte efetiva de ignição. Podem ser citados como exemplos destes dispositivos, um sensor de nível para alarmar a perda de nível de óleo de lubrificação, ou um sensor de temperatura para alarmar a existência de um mancal aquecido, ou um sensor de rotação para alarmar uma rotação acima do normal.

IMERSÃO EM LÍQUIDO Ex “k”: Tipo de proteção onde as fontes potenciais de ignição são tornadas não efetivas ou separadas de atmosferas explosivas, por meio da submersão total destas fontes de ignição em um líquido de proteção, ou por submersão parcial e recobrimento contínuo das superfícies ativas destas fontes de ignição com um líquido de

proteção, de forma que uma atmosfera explosiva que possa estar presente acima do líquido de proteção, ou no lado externo do invólucro do equipamento “Ex”, não possa entrar em ignição.

Seguindo a tendência normativa **internacional** da **IEC**, iniciada em **2016**, a **ABNT** iniciou também, em **2018**, com a publicação das normas técnicas **brasileiras** adotadas **ABNT NBR ISO 80079-36** e **ABNT NBR ISO 80079-37**, o estabelecimento normativo para a especificação dos requisitos de segurança, qualidade, confiabilidade e desempenho dos equipamentos **mecânicos** “Ex”, destinados a serem instalados em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

16.3 Requisitos legais no Brasil sobre avaliação de equipamentos mecânicos em atmosferas explosivas

Foi publicada em 2018 e atualizada em 2022 a Norma Regulamentadora **NR-37 – Segurança e saúde em plataformas de petróleo**. A NR-37 estabelece os requisitos mínimos de segurança, saúde e condições de vivência no trabalho a bordo de plataformas de petróleo em operação nas águas jurisdicionais brasileiras.

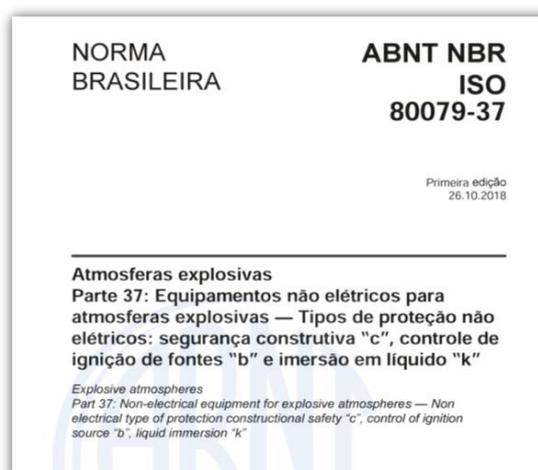
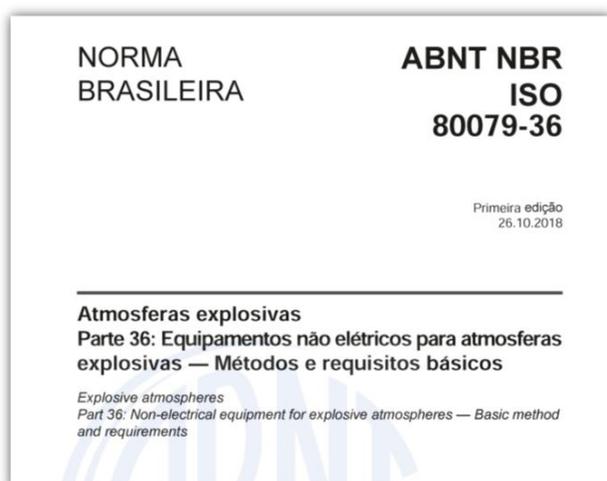
A Norma Regulamentadora NR-37 apresenta requisitos a serem seguidos pelas empresas responsáveis pelo gerenciamento e pela execução das **operações e atividades** nas plataformas de petróleo, pelas empresas detentoras de direitos de **exploração e produção** de petróleo e gás natural, pelos **trabalhadores** e pelas empresas **terceirizadas** que prestam serviços a bordo de plataformas de petróleo.

A Norma Regulamentadora NR-37 possui um conteúdo **detalhado** de requisitos, incluindo, dentre outros, requisitos sobre comissionamento, modificações, manutenção, reparos, descomissionamento, capacitação, qualificação e habilitação, sinalização de segurança, instalações elétricas, armazenamento de substâncias perigosas, análises de risco das instalações e de processos, sistema de detecção e alarme de incêndio e de gases, prevenção e controle de vazamentos ou explosões, bem como de trabalhos a quente.

São apresentados na Norma Regulamentadora NR-37 diversos requisitos relacionados com **equipamentos e instalações em atmosferas explosivas**. Vale ressaltar que este tema é consideravelmente aplicável a plataformas de petróleo, uma vez que grande parte das instalações industriais destas plataformas estão localizadas em áreas classificadas.

A Norma Regulamentadora NR-37 introduziu no Brasil, de forma **INÉDITA** na legislação brasileira, em 2018, requisitos de avaliação de equipamentos **mecânicos** instalados em áreas classificadas de plataformas de petróleo.

NR-37 – Seção 37.24.8: *Os equipamentos mecânicos instalados em áreas classificadas devem ser avaliados de acordo com os requisitos especificados na Norma Técnica ABNT NBR ISO 80079-36 – Atmosferas explosivas - Parte 36: Equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas - Métodos e requisitos básicos, ou ABNT NBR ISO 80079-37 - Atmosferas explosivas - Parte 37: Equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas - Tipos de proteção não elétricos: segurança construtiva “c”, controle de ignição de fontes “b” e imersão em líquido “k” e alterações posteriores.*



A Norma Regulamentadora NR-37 requer a conformidade de equipamentos **mecânicos** destinados à instalação em áreas classificadas, de acordo com os requisitos especificados na Norma Brasileira adotada **ABNT NBR ISO 80079-36 - Atmosferas explosivas – Parte 36: Equipamentos não elétricos para utilização em atmosferas explosivas - Métodos e requisitos básicos**, publicada pela ABNT em **10/2018**. Esta Norma apresenta, dentre outros requisitos, um procedimento

para a **avaliação de risco** dos equipamentos mecânicos com instalação pretendida em atmosferas explosivas. Esta avaliação de risco tem como base, a identificação de **13 possíveis fontes de ignição** (dentre as quais as centelhas elétricas representam somente **uma** destas 13 fontes de ignição), de forma a assegurar que os riscos de ignição tenham sido devidamente avaliados e mitigados, em um processo de avaliação da conformidade.

A Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR ISO 80079-36** abrange equipamentos mecânicos e montagens de equipamentos destinadas a geração, transferência, armazenagem, medição, controle e conversão de energia ou processamento de material, que sejam capazes de causar uma explosão, devido às suas próprias fontes potenciais de ignição.

As experiências em instalações industriais têm mostrado que é essencial realizar uma **avaliação de risco de ignição** abrangente dos equipamentos mecânicos “Ex”, de forma a identificar todas as fontes potenciais de ignição e determinar se estes equipamentos podem se tornar fontes **efetivas** de ignição durante todo o tempo de vida útil prevista para o equipamento mecânico.

Uma vez que estes riscos de ignição sejam compreendidos e documentados, é então possível definir as medidas necessárias de proteção “Ex”, dependendo do nível de proteção do equipamento (**EPL – Equipment Protection Level**) requerido, de forma a minimizar a probabilidade destas fontes de ignição se tornarem **efetivas**. Esta avaliação de risco deve ser feita mediante uma abordagem escalonada, a ser seguida pelo fabricante do equipamento mecânico “Ex”.

Esta avaliação de risco deve ser elaborada pelos fabricantes dos equipamentos mecânicos “Ex” e posteriormente avaliada por um Organismo de Certificação “Ex”. A marcação destes equipamentos “Ex” avaliados de acordo com a Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO 80079-36 é **Ex “h”**.

Historicamente tem sido registradas explosões envolvendo fontes de ignição causadas por equipamentos mecânicos desde o início do Século 20. No âmbito da Comunidade Europeia, por exemplo, a Diretiva ATEX de **1992**, que entrou em vigor em 2003, já especificava a necessidade de certificação compulsória de equipamentos mecânicos “Ex”. Apesar da certificação de equipamentos mecânicos ainda não fazer parte do escopo do respectivo RAC (*Requisitos de Avaliação da Conformidade*) de equipamentos “Ex” emitido pelo **Inmetro**, existem no Brasil e no mundo diversos equipamentos mecânicos “Ex” certificados de acordo com a ISO 80079-36. Somente no âmbito da certificação internacional **IECEX**, por exemplo, foram emitidos desde 2016, muitas **centenas** de **certificados** de acordo com as Normas internacionais **ISO 80079-36** (Ex “h”) e **ISO 80079-37** (Ex “c”, Ex “b”, Ex “k”).

Nas suas edições de 2018 e 2022 a Norma Regulamentadora NR-37 ainda não requer a existência de um “*regulamento*” específico para esta avaliação de equipamentos mecânicos em áreas classificadas em plataformas de petróleo. De acordo com o texto da Edição de 2018 e 2022, as avaliações dos equipamentos mecânicos instalados em áreas classificadas de plataformas de petróleo são de responsabilidade dos **proprietários** ou **operadores** dos equipamentos e das instalações.

Com base nos requisitos da NR-37 de 2022, as avaliações dos equipamentos **mecânicos** instalados em áreas classificadas de plataformas de petróleo podem ser feitas por **PRIMEIRA PARTE** (Autodeclaração emitida por parte dos **fabricantes** dos equipamentos mecânicos), por **SEGUNDA PARTE** (Avaliações executadas pelos **proprietários** dos equipamentos mecânicos ou por empresas especializadas contratadas por ele) ou por **TERCEIRA PARTE** (Avaliação independente e certificação por **Organismo de Certificação** “Ex”).

Com amadurecimento deste assunto relacionado com a avaliação da conformidade de equipamentos **mecânicos** “Ex” no Brasil, sob o ponto de vista da necessidade de *segurança dos equipamentos e das instalações em atmosferas explosivas*, por parte dos proprietários das instalações “Ex” e das partes interessadas da sociedade, é possível que uma próxima edição da NR-37 requeira que os equipamentos **mecânicos** a serem instalados em áreas classificadas sejam **certificados** por Organismos de Certificação “Ex”, de forma **similar** como é feito atualmente a certificação de equipamentos de **instrumentação**, de **automação**, de **telecomunicações** e **elétricos** “Ex”.

Em função do desenvolvimento deste assunto no Brasil, acompanhando a respectiva evolução no cenário internacional, pode ser recomendado que **doravante** os proprietários de equipamentos **MECÂNICOS** em áreas classificadas passem a considerar a necessidade de inclusão de requisitos de **CERTIFICAÇÃO** de equipamentos **mecânicos** para instalação em áreas classificadas do Grupo II - Gases inflamáveis (Zonas 1 ou 2), com tipos de proteção Ex “h”, Ex “b”, Ex “c” ou Ex “k”, de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras adotadas **ABNT NBR ISO 80079-36** ou **ABNT NBR ISO 80079-37**.

17 A importância dos detalhes típicos no projeto e na montagem de instalações “Ex”

Uma das etapas iniciais dos empreendimentos relacionados com instalações em áreas classificadas é fase de **projeto** (básico e de detalhamento) e de **seleção de equipamentos** elétricos, de instrumentação, de automação e de telecomunicações “Ex”, a serem supridos e posteriormente instalados.

Os requisitos para a execução destas atividades estão descritos na Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-14 - Atmosferas explosivas - Parte 14: Projeto, seleção de equipamentos e montagem de instalações em áreas classificadas**.

Um dos documentos normalmente elaborados na etapa de **projeto e seleção** de equipamentos “Ex” são os chamados **“detalhes típicos de projeto”**, que tem por objetivo apresentar a especificação técnica e a forma de montagem “típica” para diversos tipos de equipamentos “Ex” que são, por sua vez, de aplicação “típica”, como: motores, luminárias, caixas de junção, botoeiras, painéis de distribuição de circuitos de força, controle e instrumentação, tomadas de força e instrumentos transmissores, atuadores e posicionadores “Ex”.

Em muitos casos, quando as Empresas desenvolvem projetos para novas instalações industriais que irão operar em áreas classificadas, elas optam por contratar os serviços de Empresas de Projeto, para o detalhamento dos projetos “Ex” das disciplinas de instrumentação, automação, telecomunicações, eletricidade e mecânica. Normalmente, dependendo das características do contrato com as empresas contratadas para a execução do projeto “Ex”, faz parte do escopo da Empresa Projetista a elaboração dos Detalhes Típicos de Projeto “Ex”, com base na documentação disponível pela empresa de projeto e considerando as diferentes experiências individuais de cada Empresa Projetista.

A inclusão no escopo das empresas projetistas da elaboração dos detalhes típicos de projeto, não contribui para a “padronização” de materiais, uma vez que cada empresa de projeto pode possuir seus próprios detalhes construtivos, os quais podem ser diferentes dos detalhes de projeto elaborados por outras empresas de projeto, para outros projetos ou outras instalações. Isso pode acarretar a indevida “multiplicidade” de tipos de equipamentos, produtos, componentes, tipos de proteção “Ex” e métodos de instalação, resultando em uma indevida “despadronização” de materiais, o que leva à grande, indevida e desnecessária variedade de equipamentos e componentes “Ex” para reposição, elevando desnecessariamente os níveis no estoque de sobressalentes.

Além disto, as diferentes empresas de projetos podem ter diferentes experiências e filosofias de projeto em instalações em áreas classificadas, incluindo sistemas de distribuição de cabos por bandejas ou eletrodutos, especificação de materiais de instalação com especificações diversas (como por exemplo, materiais de instalação em aço inoxidável, aço galvanizado ou alumínio) instalações aparentes ou subterrâneas e equipamentos com diferentes tipos de proteção “Ex”.

Por outro lado, muitas empresas usuárias de equipamentos e instalações em áreas classificadas possuem seus próprios **detalhes típicos de projeto “Ex”**, desenvolvidos com o passar do tempo, com o objetivo de **consolidar** as suas próprias **experiências, boas práticas e lições aprendidas** acumuladas ao longo do histórico de suas operações, muitas vezes colhidas em diferentes instalações, em diferentes localidades, com diferentes tipos de processo e diferentes influências externas.

A existência de detalhes típicos de projeto “Ex” próprios das Empresas proprietárias dos equipamentos e das instalações “Ex” contribui significativamente para a **padronização** de materiais, equipamentos ou componentes “Ex” a serem utilizados, bem como para a redução de **itens de estoque**, favorecendo a redução de **custos** de armazenamento e de gestão de ativos “Ex”.

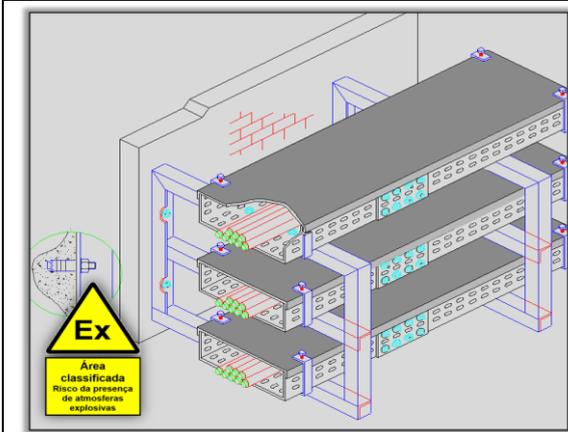
Pode ser citado neste caso de padronização de detalhes típicos de projeto “Ex” o exemplo indicado na **Norma PETROBRAS N-2040 - Rev. F - Elaboração, Apresentação e Gerenciamento de Documentos de PROJETOS DE ELETRICIDADE - Procedimento**. Esta Norma é categorizada como “**pública**”, estando disponível para livre acesso na página “**Canal Fornecedor**” daquela Empresa, na Internet. Nesta Norma sobre projetos de eletricidade são abordados requisitos específicos sobre os **detalhes típicos de projeto** a serem utilizados para fins de especificação dos equipamentos “Ex”, bem como para a montagem em campo destes equipamentos “Ex”. Esta Norma possuía a **Seção 5.5.3 - Documentação Elaborada e Emitida no Projeto de Detalhamento de Eletricidade**, na qual é apresentada a **NOTA 4: É recomendado que os DETALHES TÍPICOS de instalações elétricas sejam elaborados, de preferência, pelos USUÁRIOS DO PROJETO, de forma a CONSOLIDAR as suas BOAS PRÁTICAS existentes ou PADRÕES de suas instalações**.

Dentre os conjuntos de desenhos de DETALHES TÍPICOS a serem utilizados ou elaborados, incluem-se os seguintes: detalhes típicos de sistemas de ILUMINAÇÃO, detalhes típicos de DISTRIBUIÇÃO de FORÇA e CONTROLE e detalhes típicos de SUPORTES e FIXAÇÕES. [PRÁTICA RECOMENDADA].

A seguir são apresentados alguns **exemplos** que ilustram alguns detalhes típicos de projeto, elaborados por usuários de equipamentos e instalações em áreas classificadas, incorporando suas **experiências, boas práticas e padronizações** de

equipamentos e componentes “Ex”. São apresentados também a seguir alguns **exemplos** de montagem de campo de equipamentos elétricos e de instrumentação “Ex”, atendendo aos detalhes típicos aplicáveis utilizados na fase de projeto de detalhamento de instalações em áreas classificadas.

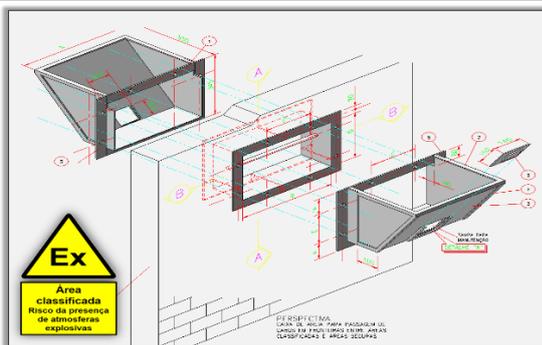
Os exemplos de detalhes típicos a seguir apresentados, utilizados por diversas empresas da indústria do petróleo e petroquímica, tanto do Brasil como de outros países do mundo, incorporam diferentes sistemas de fiação, sistemas de encaminhamento de cabos, sistemas de entradas de cabos nos invólucros, tipos de equipamentos elétricos e de instrumentação e diferentes tipos de proteção “Ex” disponibilizados no mercado por fabricantes de equipamentos “Ex”:



Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de sistema de distribuição de fiação de cabos em áreas classificadas por meio de BANDEJAMENTOS e LEITOS



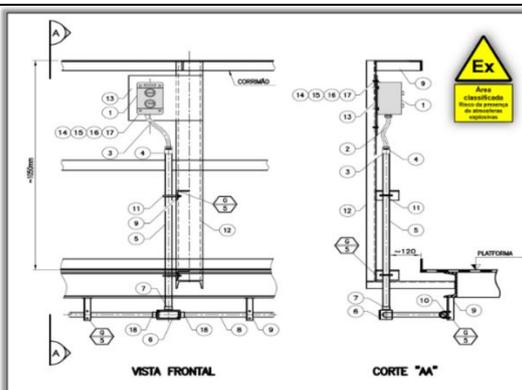
Exemplo de montagem de distribuição de cabos em áreas classificadas por meio de sistema de bandejamentos e leitos



Exemplo de detalhe típico de CAIXAS DE AREIA para passagem de cabos para circuitos de elétrica, instrumentação, automação ou telecomunicações em região de FRONTEIRAS entre áreas classificadas e áreas não classificadas



Exemplo de montagem de CAIXAS DE AREIA para passagem de cabos para circuitos de elétrica, instrumentação, automação ou telecomunicações em FRONTEIRAS entre áreas CLASSIFICADAS e áreas NÃO CLASSIFICADAS

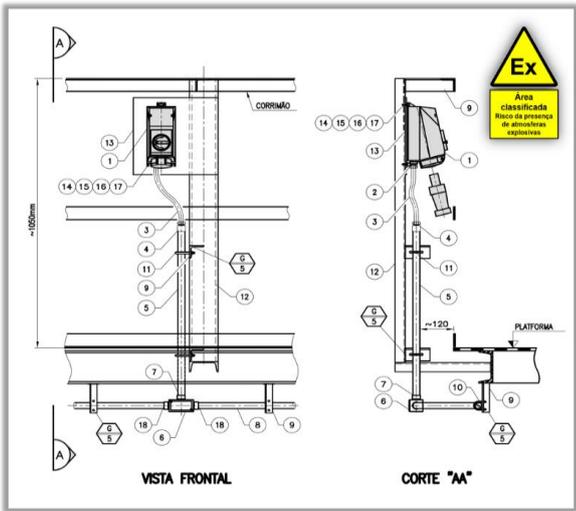


Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de BOTOEIRA LOCAL DE CONTROLE “Ex” com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à



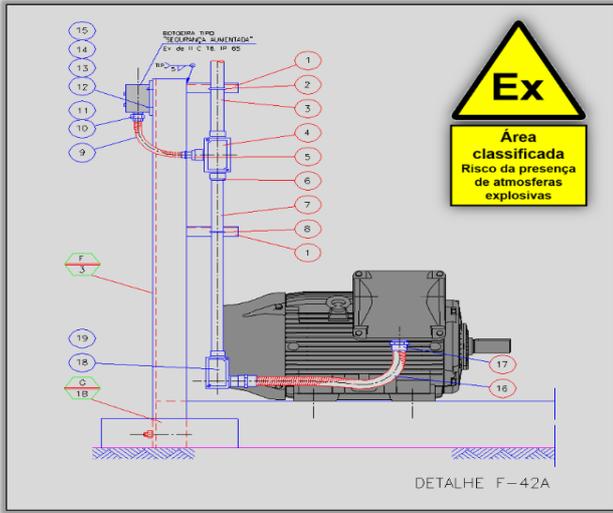
Exemplo de montagem de botoeira local de comando Ex “dem”. Ao fundo, exemplo de instalação de motor de indução trifásico com marcações Ex “eb”, Ex “ec” ou Ex “tb”

prova de explosão-em invólucro plástico”. Exemplo de marcações: Ex de IIC T6 Gb / Ex tb IIIC T85 °C Db



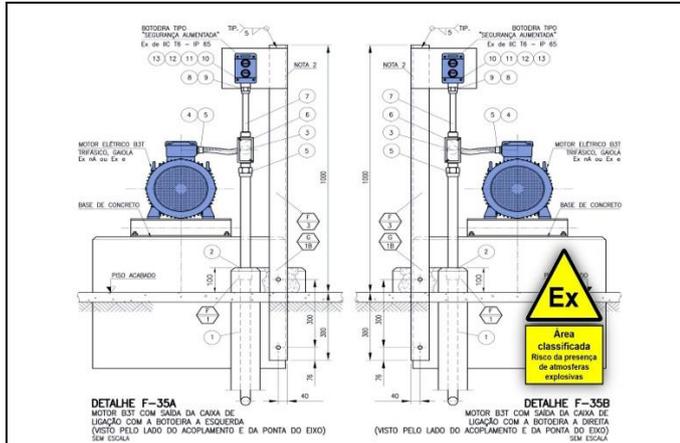
Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de TOMADA DE FORÇA “Ex” com tensão nominal de 230 V ou 480 V, com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico” ou Ex “t”. Exemplo de marcações: Ex IIC T4 Gb / Ex tb IIIC T135 °C Db

Exemplo de montagem de tomada de força “Ex” 230 V com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico” ou Ex “t”. Exemplo de marcações: Ex de IIC T4 Gb / Ex tb IIIC T135 °C Db



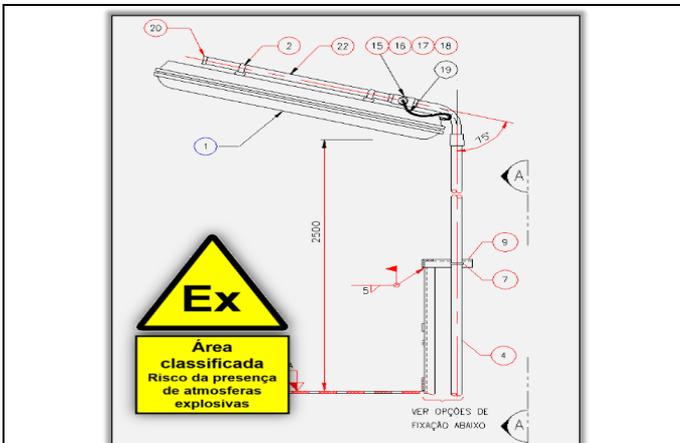
Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de motor de indução trifásico com marcações Ex “eb”, Ex “ec” ou Ex “tb”. Forma construtiva IM B3L (Norma ABNT NBR IEC 60034-7) e botoeira local de comando com marcações: Ex de IIC T6 Gb / Ex tb IIIC T85°C Db

Exemplo de instalação de motor de indução trifásico com marcações Ex “eb”, Ex “ec” ou Ex “tb” e de botoeira local de comando Ex “de”



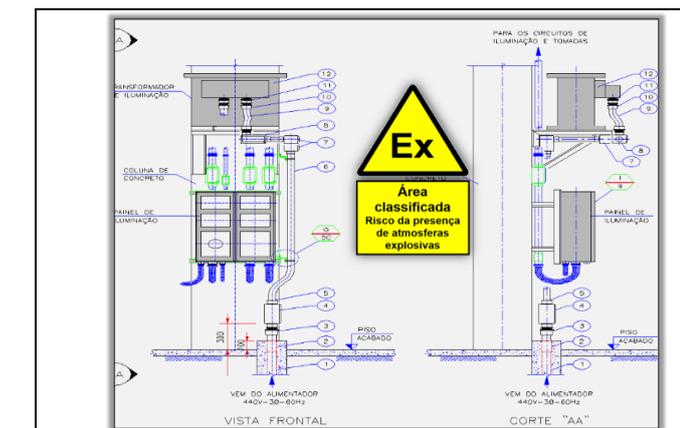
Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de motor de indução trifásico com marcações Ex “eb”, Ex “ec” ou Ex “tb”. Forma construtiva IM B3T (Norma ABNT NBR IEC 60034-7) e botoeira local de comando com marcações: Ex db eb IIC T6 Gb / Ex tb IIIC T85°C Db

Exemplo de instalação de motor de indução trifásico com marcações Ex “eb”, Ex “ec” ou Ex “tb” e de botoeira local de comando com componentes centelhantes com invólucro plástico com marcação Ex “db eb”



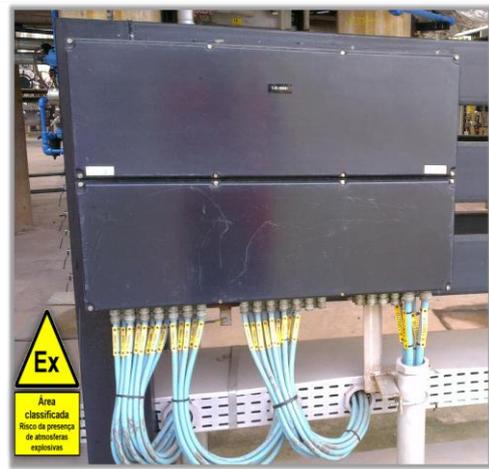
Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de luminárias “Ex” LED. Exemplo de marcações: Ex d e m op q IIC T5 Gb / Ex tb IIIC T100°C Db, Ex nC nR IIC T5 Gc / Ex tb IIIC T100°C Db

Exemplo de instalação de luminárias “Ex” LED que proporcionam EPL Gb, Gc ou Db



Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de painel de distribuição “Ex” para circuitos de força e controle com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico”. Exemplo de marcações: Ex dem IIC T5 Gb / Ex tb IIIC T100 °C Db. Transformador trifásico com tipo de proteção “segurança aumentada” ou Ex “t”. Exemplo de marcações: Ex ec IIC T4 Gc / Ex tb IIIC T135 °C Db

Exemplo de montagem de painel de distribuição “Ex” para circuitos de força e controle com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico” ou Ex “t”. Exemplo de montagem de transformador trifásico com tipo de proteção “segurança aumentada” ou Ex “t”.



Exemplo de montagem de caixa de junção Ex “e” para distribuição de circuitos controle e automação com tipo de proteção “segurança aumentada” ou Ex “t”. Exemplo de marcações: Ex e IIC T5 Gb / Ex tb IIIC\ T100 °C Db



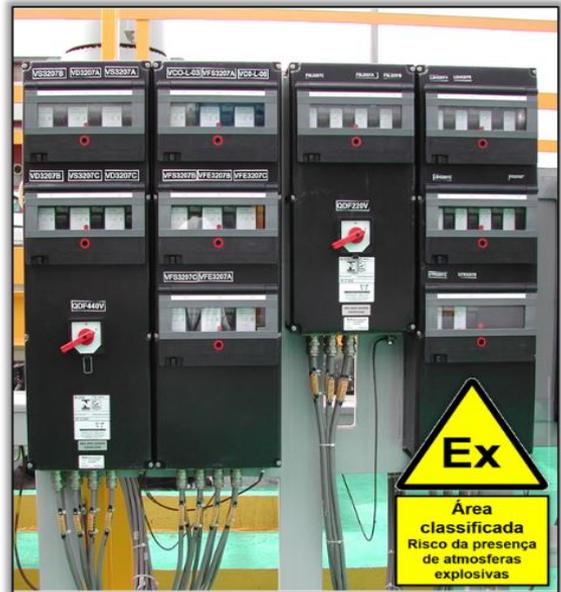
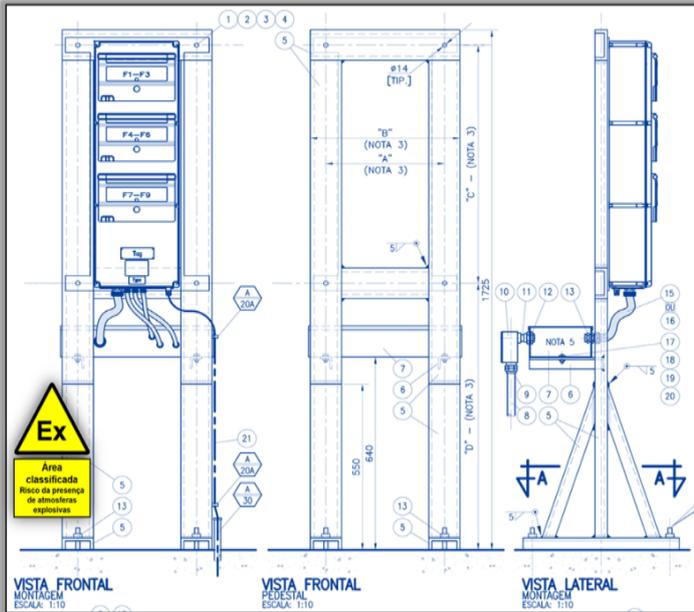
Exemplo de montagem de painel de distribuição “Ex” para circuitos de força e controle com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico” ou Ex “t”.



Exemplo de montagem de caixas de junção Ex “e”, com invólucros em chapas de aço inoxidável, para distribuição de circuitos controle e automação, com tipo de proteção “segurança aumentada” ou Ex “t”. Exemplo de marcações: Ex eb IIC T5 Gb / Ex tb IIIC T100 °C Db



Exemplo de montagem de painéis de distribuição “Ex”, com invólucros em chapas de aço inoxidável, para circuitos de força e controle, com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico” ou Ex “t”



Exemplo de montagem de painel de distribuição “Ex” para circuitos de força e controle com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico” (Ex “de”) ou Ex “t”. Exemplo de marcações: Ex de IIC T5 Gb / Ex tb IIIC T100 °C Db

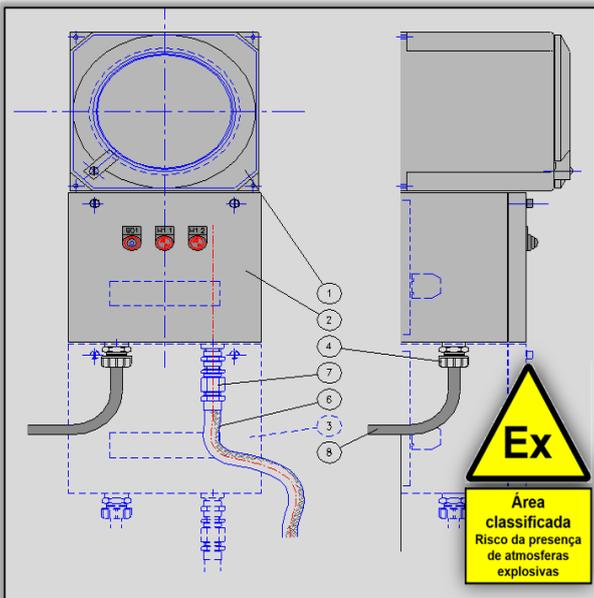
Exemplo de montagem de painel de distribuição “Ex” para circuitos de força e controle com tipo de proteção “segurança aumentada” e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico” ou Ex “t”



Exemplo de montagem de painel “Ex” para distribuição circuitos de força e controle, com tipo de proteção “segurança aumentada” (Ex “e”) e componentes centelhantes “à prova de explosão” ou “encapsulados” com invólucro plástico (Ex “db eb mb”) ou Ex “t”

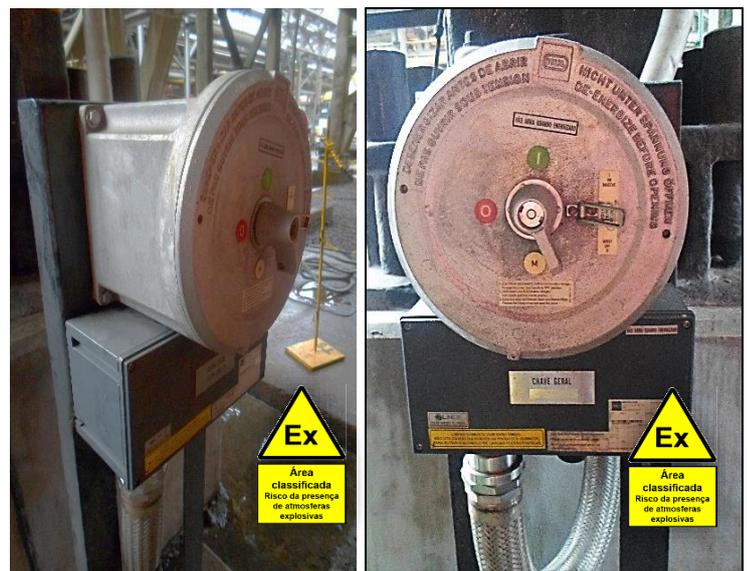
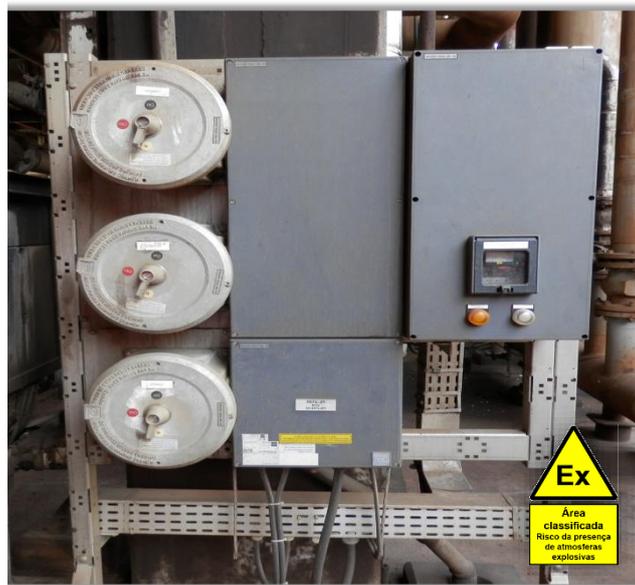


Exemplo de montagem de painel “Ex” para distribuição circuitos de força e controle, com tipo de proteção “segurança aumentada” (Ex “e”) e componentes centelhantes “à prova de explosão com invólucro plástico” (Ex “db eb mb”) ou Ex “t”



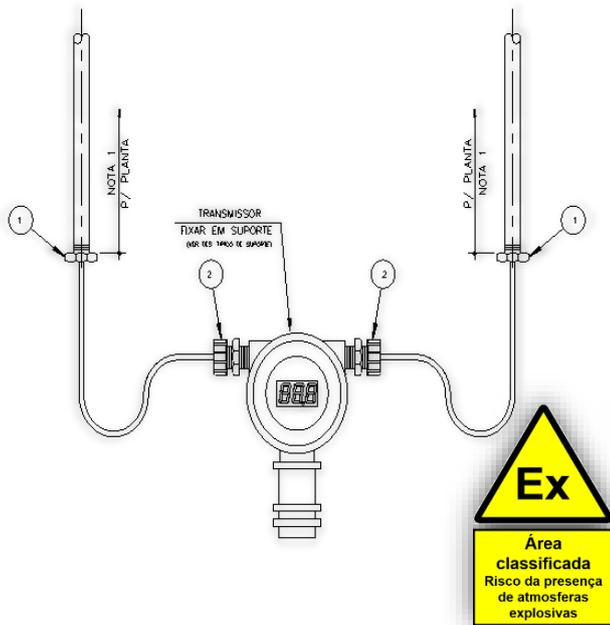
Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de Painel de distribuição “Ex” de circuitos de força e controle, com invólucro metálico do tipo de proteção “à prova de explosão”. Exemplo de marcações: Ex de IIC T4 Gb / Ex tb IIC T135 °C Db. Tampas **ROSCADAS** e entradas **INDIRETAS** de cabos por meio de caixa de terminais do tipo “segurança aumentada” (Ex “e”)

Exemplo de montagem de painel de distribuição “Ex” de circuitos de força, com invólucro metálico com tipo de proteção Ex “de” ou Ex “t”. Exemplo de marcações: Ex de IIC T4 Gb / Ex tb IIC T135 °C Db. Tampas **ROSCADAS** e entradas **INDIRETAS** por meio de caixa de terminais do tipo Ex “e”



Exemplo de montagem de painel “Ex” para distribuição de circuitos de força e controle, com invólucro metálico com tipo de proteção Ex “db eb” ou Ex “t”. Tampas **ROSCADAS** e entradas **INDIRETAS** por meio de caixa de terminais do tipo Ex “e” (*Segurança aumentada*). Exemplo de marcações: Ex db eb IIC T4 Gb / Ex tb IIC T135 °C Db

Exemplo de montagem de painel “Ex” para distribuição de circuitos de força e controle, com invólucro metálico com tipo de proteção Ex “db eb” ou Ex “t”. Tampas **ROSCADAS** e entradas **INDIRETAS** por meio de caixa de terminais do tipo Ex “e” (*Segurança aumentada*). Exemplo de marcações: Ex db eb IIC T4 Gb / Ex tb IIC T135 °C Db



Exemplo de detalhe típico de projeto para montagem de instrumentos sensores e transmissores com marcações Ex “ib”, Ex “db”, Ex “em” ou Ex “tb”. Entrada de cabo do tipo não armado (Zona 2/22) por meio de prensa-cabos Ex “d” ou Ex “t”

Exemplo de montagem de instrumentos sensores e transmissores com marcações Ex “ib”, Ex “db” ou Ex “tb”. Entrada de cabo do tipo não armado (Zona 2/22) por meio de prensa-cabos Ex “d” ou Ex “t”

Considerações sobre detalhes típicos de projeto para montagem de equipamentos elétricos e de instrumentação “Ex”

A seguir são destacados alguns dos principais benefícios e a importância da disponibilidade de conjunto de detalhes típicos, elaborados pelos próprios usuários ou proprietários de equipamentos e instalações “Ex” em instalações terrestres ou marítimas, para áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis:

1. Documentação que determina os requisitos de especificação técnica e detalhes de montagem de equipamentos “Ex” seriados, que apresentam requisitos “seriados” de montagem “típica”
2. Documentação importante para a **padronização** de equipamentos “Ex”, redução da quantidade de itens em estoque, redução de custos de estoque, facilidades de intercambialidade e facilidade de montagem de campo
3. Permitem a padronização da documentação de projetos “Ex”, inclusive para diferentes plantas da mesma Empresa, localizadas em diferentes áreas
4. Documentação importante para **consolidação** de experiências e boas práticas acumuladas ao longo do tempo
5. Evita a indevida “multiplicidade” de detalhes típicos de projeto, que podem ser gerados por diferentes empresas projetistas, em diferentes projetos, para diferentes localidades
6. Documentação importante para utilização e orientação das **equipes de montagem de campo**, com relação aos requisitos de instalação de equipamentos “Ex”, métodos de suportes e fixação de sistemas de encaminhamento de cabos, além da listagem *padronizada* dos materiais, equipamentos e componentes “Ex” a serem utilizados
7. Documentação utilizada nos serviços de **inspeções de campo** dos equipamentos e instalações “Ex”, tanto nas inspeções **iniciais** detalhadas, como nas inspeções **periódicas**, de forma a confirmar que as montagens existentes estão de acordo com a documentação do projeto “Ex”
8. Documentação de projeto a ser incorporada ao “prontuário das instalações Ex”, de acordo com os requisitos **legais** aplicáveis, de forma a evidenciar o atendimento dos requisitos normativos de projeto e de montagens “Ex”, tanto em instalações **terrestres** (indicados nas Normas Regulamentadoras NR-10, NR-20 e NR-29, por exemplo) como em instalações **marítimas** (indicados na Norma Regulamentadora NR-37, por exemplo)
9. Os detalhes típicos de projeto são aplicáveis a diferentes especialidades de equipamentos e montagens “Ex”, incluindo as áreas de elétrica, instrumentação, automação e telecomunicações “Ex”

18 Serviços de inspeção de equipamentos e instalações “Ex”

Uma vez que as instalações de automação, de instrumentação, de telecomunicações e elétricas em áreas classificadas apresentam características específicas de projeto, às quais têm o objetivo de torná-las adequadas para operar em atmosferas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, é essencial, por razões de segurança, que durante toda a vida útil destas instalações, seja preservada a integridade destas características e dos tipos de proteção “Ex” dos equipamentos.

Neste sentido, as atividades de inspeção e manutenção de equipamentos e instalações “Ex” podem ser consideradas como sendo o “coração” de todo processo de gestão de segurança, de ativos “Ex”, de processos e de pessoas, relacionados com o tema “segurança dos equipamentos e das instalações em atmosferas explosivas”.

Somente por meio da aplicação periódica de inspeções das instalações é possível evitar casos potenciais de riscos ou de não conformidades. Estes casos podem ser representados, por exemplo, pela falta da instalação de unidades seladoras, unidades seladoras instaladas sem colocação de resina interna, tampas de invólucros à prova de explosão abertas ou com parafusos soltos, conexões de eletrodutos em invólucros à prova de explosão com menos de 5 roscas de fixação, ou execução de modificações (furações) não autorizadas em invólucros à prova de explosão.

Também podem ser indicados como pontos de falhas em instalações de equipamentos “Ex” a existência de invólucros ou edificações pressurizadas sem a devida pressurização ou com pressurização deficiente ou inoperante.

É nesta fase de inspeção das instalações “Ex” de campo que pode ser percebida as vantagens e os benefícios da utilização de equipamentos de automação, de instrumentação ou elétricos com tipos de proteção “Ex” mais “modernos” ou mais “recentes” no mercado, ao longo das últimas décadas, quando comparados aos equipamentos com invólucros metálicos do tipo à prova de explosão. Durante as inspeções de campo, fazendo-se uma comparação entre diferentes instalações, com os tipos de proteção Ex “d” e Ex “p”, torna-se mais simples verificar, por exemplo, a conformidade de sistemas intrinsecamente seguros ou de equipamentos encapsulados, do que verificar a conformidade de instalações com equipamentos utilizando técnicas de proteção do tipo à prova de explosão com invólucros externos metálicos ou invólucros pressurizados.

Mesmo as partes dos equipamentos “Ex” localizadas fora das áreas classificadas necessitam, sob certas circunstâncias, serem levadas em consideração quando da aplicação dos procedimentos de inspeção “Ex”, como por exemplo, no caso da instalação de circuitos e sistemas intrinsecamente seguros, onde os equipamentos associados (barreiras e isoladores galvânicos) podem ser instalados em áreas seguras, como no interior de Casas de Controle Locais.

Outros exemplos são os equipamentos “Ex” que são instalados em áreas não classificadas mas que são alimentados por baterias ou sistemas de alimentação segura, os quais necessitam continuar em operação mesmo em caso de desligamento geral de emergência dos sistemas (*shutdown* de emergência), nos eventos de ocorrências de grandes vazamentos de gases inflamáveis.

Os equipamentos automação, de instrumentação ou elétricos “Ex” instalados em atmosferas explosivas devem ser inspecionados, pelo menos, a intervalos de **três anos**, por pessoal devidamente treinado, qualificado ou com competências pessoais “Ex” **certificadas**. Os resultados dos ensaios e os relatórios das inspeções devem ser arquivados nos respectivos Prontuários das Instalações “Ex”.

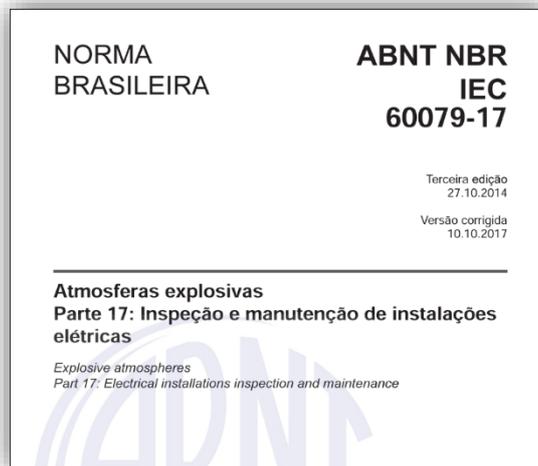
Os equipamentos elétricos e mecânicos “Ex” instalados em atmosferas explosivas devem ser mantidos em um estado de integridade, de forma que continuem atendendo às suas especificações de instalação. Entretanto, isto não requer, normalmente, que os equipamentos existentes atendam, em cada caso, aos requisitos normativos e especificações técnicas de instalação “posteriores” à época de sua construção, que podem ser, eventualmente, mais rigorosas. Todos os equipamentos devem, porém, estar de acordo com as respectivas especificações e instruções de instalação elaboradas pelos fabricantes dos equipamentos “Ex”.

Os eventuais “desvios” ou “não conformidades” encontradas nos equipamentos e instalações de campo devem ser corrigidos o mais rapidamente possível, de forma a evitar que os equipamentos com certificação “Ex” possam se tornar indevidas fontes de ignição devido a estes “desvios” encontrados nas inspeções em áreas classificadas.

É de fundamental importância que todos os equipamentos de instrumentação, automação, sistemas de segurança e de telecomunicações, elétricos e mecânicos instalados em áreas classificadas sejam inspecionados **periodicamente**, de

forma a evitar que possam a se tornar indevidas fontes de ignição em atmosferas explosivas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

Os procedimentos, requisitos e listas de verificação indicados na Norma Técnica Brasileira **ABNT NBR IEC 60079-17** devem ser aplicados quando da execução de serviços de **inspeção e manutenção** de sistemas elétricos, de instrumentação, de automação ou de telecomunicações em atmosferas explosivas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.



A grande quantidade de “desvios” ou de “não conformidades” verificada durante inspeções e auditorias das instalações de instrumentação, automação, de telecomunicações e elétricas em atmosferas explosivas, mostram que a simples aquisição de equipamentos com certificação “Ex” é **insuficiente** para garantir a segurança destas instalações e das pessoas que nelas trabalham.

Embora a fabricação de novos equipamentos “Ex” ser feita com base em processos adequadamente controlados e submetidos a sistemas de certificação e a regulamentos legais, observa-se que os níveis requeridos de **competência pessoais “Ex”** para execução das atividades de estudos de classificação de áreas, seleção e especificação de equipamentos “Ex”, projeto, montagem, inspeção e manutenção em atmosferas explosivas, não são processos tão bem controlados.

Essas falhas nas competências pessoais frequentemente levam as pessoas responsáveis, envolvidas nestas atividades a “deficiências” básicas nos conhecimentos e habilidades requeridos nas atividades “Ex”, o que compromete os níveis de segurança de toda a cadeia de atividades e, conseqüentemente, das instalações “Ex”, em grande parte das plantas das indústrias de petróleo, gás, álcool, alimentos, petroquímica, química e farmacêutica.

A terceirização de serviços também requer programas de avaliação de conformidade, para a determinação dos níveis mínimos de conhecimentos, qualificação e competências dos profissionais envolvidos. Podem ser verificados, no mercado, elevados índices de rotatividade no setor de prestação de serviços industriais, inclusive naqueles envolvendo atmosferas explosivas. No caso de instalações relacionadas com áreas classificadas, esta rotatividade pode comprometer o nível de qualificação dos profissionais que executam serviços nestas áreas, caso estas pessoas não possuam os devidos treinamentos, competências e certificações “Ex”. Esta falta de competência pode levar a desconhecimento dos requisitos normativos e legais, comprometendo a confiança nos serviços executados.

As etapas de inspeção e manutenção das instalações “Ex” podem ser consideradas um dos elos mais importantes na corrente de ações de segurança que englobam as instalações “Ex”, desde as etapas iniciais de projeto e de seleção dos equipamentos até os serviços de montagem e manutenção, passando pelo processo de avaliação da conformidade por meio da certificação dos equipamentos “Ex”, de empresas de serviços de projeto, montagem, inspeção, manutenção ou reparo e recuperação de equipamentos “Ex”, e de competências pessoais “Ex”.

As atividades de inspeções das instalações em atmosferas explosivas fazem com que as eventuais não conformidades existentes que forem detectadas possam ser prontamente tratadas e corrigidas, de forma a assegurar que os equipamentos “Ex” continuem apresentando suas funções e tipos de proteção para os quais foram fabricados e certificados.

Sob o ponto de vista de **segurança das instalações industriais “Ex” e das pessoas que nelas trabalham**, bem como da **preservação da vida e do meio ambiente**, ao longo do ciclo total de vida das instalações “Ex”, a Norma ABNT NBR IEC 60079-17 pode ser considerada, como sendo uma das **Normas “Ex” mais importantes**.

Isto se deve ao fato de que a aplicação adequada e periódica desta norma, possibilita assegurar que as instalações industriais em atmosferas explosivas estejam sempre de acordo com os requisitos de proteção proporcionados pelos equipamentos “Ex”, bem como estejam adequados em função dos agentes agressivos presentes no ambiente industrial, como poeira, sujeira, salinidade, ataques químicos corrosivos e dos agentes agressivos para as instalações marítimas (como ventos, umidade, salinidade, água do mar, corrosão galvânica e corrosão atmosférica).

É com base nos requisitos e nas listas de verificação indicados nessa **Norma** que devem ser estabelecidos os programas de inspeções periódicas nas instalações “Ex”, de forma que as características construtivas dos equipamentos sejam mantidas ao longo de todo o tempo.

Considerando, por exemplo, uma vida útil de 50 anos para uma instalação industrial “Ex”, pode ser verificada a importância e o impacto das atividades rotineiras de inspeção e manutenção de equipamentos “Ex”, no sentido de se manter e assegurar a conformidade das instalações e dos requisitos de proteção dos equipamentos ao longo de todo o tempo em que permanecem instalados em áreas de risco.

Dentro do **ciclo de vida** de uma instalação industrial “Ex”, as atividades iniciais de classificação de áreas, projeto, especificação técnica dos equipamentos “Ex”, compra, parecer técnico sobre as propostas, recebimento, montagem e comissionamento são realizadas em período relativamente curto, da ordem de meses, dependendo do porte das instalações. Os requisitos para a realização dessas atividades são estabelecidos nas normas ABNT NBR IEC 60079-10-1, ABNT NBR IEC 60079-10-2 e ABNT NBR IEC 60079-14.

No entanto, a partir do momento da conclusão das etapas de montagem e de comissionamento, são iniciadas as atividades de inspeção e os serviços rotineiros de manutenção. Além disso, sempre que requeridos, devem ser realizados os serviços de reparo, revisão e recuperação dos equipamentos elétricos, de instrumentação e mecânicos com tipos de proteção “Ex”. Os requisitos para a execução dessas atividades são estabelecidos nas normas ABNT NBR IEC 60079-17 e ABNT NBR IEC 60079-19.

Ao contrário do curto período das atividades iniciais de projeto e de montagem, a inspeção e a manutenção são rotineiras, aplicadas não em meses, mas durante anos ou décadas, ao longo de todo o tempo de operação das plantas industriais. Durante todo esse longo período, os equipamentos “Ex” permanecem expostos a atmosferas explosivas e às condições de risco de ignição. Dessa forma, pode ser verificada a importância da aplicação dos requisitos de inspeção e manutenção de equipamentos “Ex”, no sentido de garantir a segurança deste tipo de instalações e das pessoas que nelas trabalham.

As atividades de inspeção e manutenção de equipamentos e instalações “Ex” podem ser consideradas como sendo uma das mais importantes e efetivas atividades de campo, em todo processo de gestão de segurança, de processos e de pessoas relacionadas com atmosferas explosivas, em função da aplicação destes serviços de forma rotineira e periódica.

18.1 Graus e tipos de inspeções em equipamentos e instalações “Ex”

As instalações em atmosferas explosivas requerem uma supervisão e um acompanhamento durante toda a sua vida útil (**ciclo total de vida**). Portanto, as atividades de classificação de áreas, especificação e seleção dos equipamentos, certificação de conformidade e montagem de equipamentos e instalações “Ex” não são suficientes para assegurar a continuidade da segurança das instalações durante o ciclo total de vida das instalações em atmosferas explosivas.

Esta constatação pode ser verificada pelas ocorrências que são noticiadas no Brasil e no mundo, envolvendo incêndios, explosões, acidentes fatais e contaminações do meio ambiente em instalações industriais contendo atmosferas explosivas.

É necessário manter uma rigorosa rotina periódica de inspeções “Ex”, com base em procedimentos normalizados, durante toda a vida útil das instalações. As inspeções periódicas visam detectar não conformidades e modificações de campo não autorizadas, de forma que estes “desvios” ou “incorreções” sejam corrigidos, mantendo as instalações “Ex” adequadas e seguras de acordo com os requisitos das Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série ABNT NBR IEC 60079 e de acordo com os requisitos legais aplicáveis.

Os procedimentos, requisitos e listas de verificação indicados na Norma Técnica Brasileira **ABNT NBR IEC 60079-17** devem ser aplicados quando da execução de serviços de inspeção e manutenção de sistemas de instrumentação, de automação, de telecomunicações ou elétricos em atmosferas explosivas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

As inspeções periódicas visam detectar não conformidades e modificações de campo não autorizadas, de forma que estas “incorrecções” sejam corrigidas, mantendo as instalações “Ex” adequadas de acordo com os requisitos das Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série **ABNT NBR IEC 60079**, bem como seguras e de acordo com os requisitos legais aplicáveis.

A Norma ABNT NBR IEC 60079-17 apresenta três **GRAUS** de inspeção que podem ser aplicados nas inspeções realizadas em áreas classificadas: VISUAL, APURADO E DETALHADO.

INSPEÇÃO VISUAL: Inspeção que identifica, sem a utilização de equipamentos de acesso ou ferramentas, “desvios” ou “defeitos” que são **evidentes visualmente**, como: ausência de parafusos, entradas de cabos não utilizadas sem tamponamento, equipamentos com invólucros abertos, quebrados ou sem aterramento, falta de unidades seladoras ou modificações não autorizadas, que sejam **visivelmente aparentes**.

As inspeções visuais representam as intervenções menos “invasivas” dos equipamentos e instalações em áreas classificadas. Estas inspeções são realizadas com os equipamentos “Ex” energizados e em operação, e não requerem que os equipamentos sejam desenergizados ou liberados, bem como não requerem a utilização de ferramentas especiais, permitindo que sejam encontrados desvios que são obviamente detectados pela verificação visual externa dos equipamentos “Ex”.

INSPEÇÃO APURADA: Inspeção que **engloba** os aspectos cobertos pela inspeção **visual** e, além disso, identifica “desvios” ou “defeitos”, como parafusos **soltos**, prensa-cabos que não apertam adequadamente o cabo, unidades seladoras sem selagem interna ou equipamentos “Ex” que não estejam de acordo com os requisitos de classificação de área, que somente são detectáveis pela utilização de equipamentos de acesso ou ferramentas.

As inspeções apuradas são realizadas com requisitos adicionais àqueles utilizados nas inspeções visuais, sendo realizadas também com os equipamentos “Ex” energizados e em operação. Estas inspeções apuradas permitem encontrar equipamentos com certificação “Ex” contendo “desvios” que não são detectados somente pela avaliação visual, e requerem a utilização de ferramentas, por exemplo, para verificar que os prensa-cabos ou parafusos de fixação das tampas dos invólucros “Ex” se encontram devidamente apertados.

INSPEÇÃO DETALHADA: Inspeção que verifica “desvios” ou “defeitos” que somente são visíveis com a **abertura** dos invólucros, com a consulta aos documentos de projeto ou certificados de conformidade e utilizando instrumentos de testes. Somente podem ser executadas com os equipamentos **desenergizados**. É um grau de inspeção que **engloba** aqueles aspectos cobertos pela inspeção **apurada** e, adicionalmente, identifica defeitos como terminais sem aperto, danos ou corrosão em faces de juntas de invólucros Ex “d”, que somente são detectáveis com a **abertura** do invólucro ou utilização, sempre que necessário, de ferramentas e equipamentos de ensaios. As inspeções **iniciais** de uma instalação nova ou de reinstalação de equipamentos “Ex” existentes, deve ser do tipo **detalhada**.

O grau de inspeção **detalhado** engloba aqueles aspectos cobertos pelas inspeções apuradas e, adicionalmente, identificam defeitos ou desvios como danos nas juntas e áreas de passagem de chama ou parafusos quebrados ou com roscas espanadas em invólucros metálicos do tipo “à prova de explosão”, bem como terminais sem aperto, que somente são detectáveis com a abertura do invólucro ou pela utilização, quando necessário, de ferramentas e equipamentos de ensaios. As inspeções do tipo “iniciais” de uma instalação nova devem ser executadas com grau detalhado.

As inspeções detalhadas são as inspeções mais completas que podem ser realizadas em equipamentos e instalações “Ex”. As inspeções detalhadas são realizadas com requisitos **adicionais** àqueles utilizados nas inspeções apuradas, sendo realizadas com os equipamentos “Ex” desenergizados e fora de operação, incluindo a verificação **externa** e **interna** dos invólucros, além da verificação dos dispositivos existentes no interior dos equipamentos “Ex”.

As inspeções detalhadas são capazes de encontrar equipamentos com certificação “Ex” que estejam instalados com gaxetas degradadas ou juntas de vedação ressecadas, ou com terminais que estejam com conexões soltas ou corroídas, que podem causar mau contato, arcos, centelhas ou pontos quentes.

As inspeções detalhadas incluem também a verificação das juntas dos invólucros metálicos do tipo “à prova de explosão” com juntas flangeadas, com tampas fixadas por meio de parafusos, de forma a assegurar que as faces destas

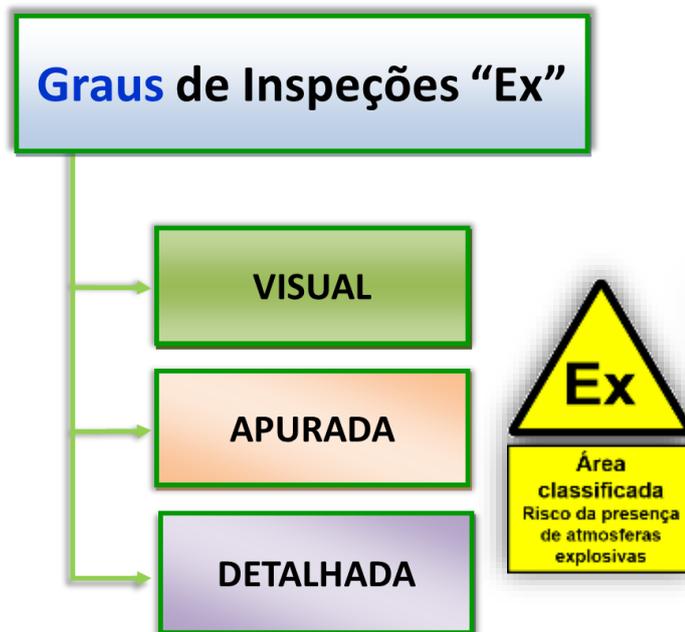
juntas estão livres de danos ou riscos ou sinais de corrosão, bem como da devida aplicação de graxa ou vaselina contra ingresso indevido de água, antes do fechamento dos invólucros, além de verificar o devido aperto de cada um dos diversos parafusos.

As inspeções detalhadas incluem também a verificação, dentre diversos outros requisitos, da devida selagem das unidades seladoras Ex “d”, do aperto dos prensa-cabos Ex “d”, do atendimento dos “*requisitos específicos de utilização*” (descritos nos certificados de conformidade com Sufixo “X”) e da compatibilidade dos parâmetros de segurança intrínseca de cada circuito, incluindo barreira ou equipamento associado [Ex “i”], equipamento de campo Ex “i” e os cabos de interligação.

Toda inspeção inicial de uma instalação nova ou de instalação existente cujo equipamento “Ex” tenha sido temporariamente removido para serviços de manutenção preventiva (em bancada, por exemplo), ou serviços de recuperação (em oficinas de serviços “Ex” certificadas, por exemplo), e posteriormente reinstalados, deve ser do tipo detalhada. As inspeções detalhadas devem ser realizadas sempre que um equipamento “Ex” seja reparado ou recuperado, bem como nos equipamentos que tenham sido encontrados com algum tipo de desvio, como por exemplo, uma modificação não autorizada.

Uma inspeção detalhada deve ser realizada sempre que forem realizados serviços rotineiros de manutenção que envolvam a abertura ou a desmontagem dos equipamentos “Ex”.

O GRAU de inspeção, bem como o INTERVALO entre inspeções deve levar em consideração os resultados das inspeções anteriores, os fatores de agressividade do meio ambiente, o tipo de equipamento e as recomendações dos fabricantes.



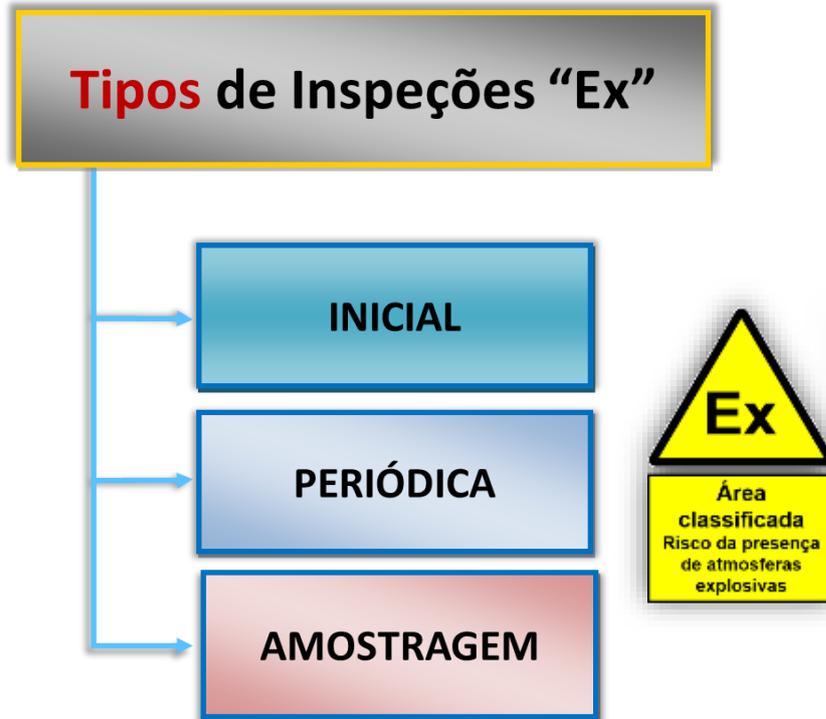
A Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-17** apresenta três **TIPOS** de inspeção em áreas classificadas: inicial, periódica ou por amostragem.

INSPEÇÕES INICIAIS: Inspeções de todos os equipamentos, sistemas e instalações de instrumentação, de automação, de telecomunicações e elétricas “Ex”, antes que estes sejam colocados em serviço. Neste tipo de inspeção é utilizado o grau de inspeção detalhado.

As inspeções iniciais proporcionam uma avaliação dos equipamentos “Ex”, com o objetivo de identificar se estes foram devidamente **selecionados**, com relação ao tipo de proteção, grupo de gás ou de poeira, classe de temperatura, temperatura máxima de superfície e EPL, bem como verificação completa, interna e externa, que eles foram devidamente **instalados**, de acordo com a Norma Técnica Brasileira **ABNT NBR IEC 60079-14**, além da verificação do atendimento dos “*requisitos específicos de instalação*” (nos casos em que os respectivos certificados de conformidade apresentem um sufixo “X”) e dos requisitos dos fabricantes. Neste tipo de inspeção é utilizado o grau **detalhado**.

INSPEÇÕES PERIÓDICAS: Inspeção de todos os equipamentos, sistemas e instalações instrumentação, de automação, de telecomunicações e elétricas, realizada de forma rotineira. Neste tipo de inspeção é normalmente utilizado o grau de inspeção visual ou apurado.

INSPEÇÕES POR AMOSTRAGEM: Inspeção de uma parte representativa de equipamentos, sistemas e instalações, que é utilizada para o ajuste do intervalo de tempo das inspeções periódicas. Neste tipo de inspeção é normalmente utilizado o grau de inspeção visual ou apurado.



19 Exemplos de desvios encontrados em equipamentos e instalações “Ex” durante inspeções

São apresentados a seguir alguns exemplos de “desvios” encontrados nos equipamentos com certificação “Ex”, durante as inspeções de equipamentos e instalações instrumentação, de automação, de telecomunicações ou elétricas em áreas classificadas contendo atmosferas explosivas de gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

Estes tipos de desvios invalidam as características de segurança contra a ocorrência de explosão por parte dos equipamentos elétricos “certificados”, fazendo com que estes equipamentos “Ex”, mesmo tendo sido “originalmente” certificados pelos respectivos fabricantes junto a Organismos de Certificação reconhecidos, e considerados como sendo “seguros” na condição de “novos”, representem um “risco de ignição” nas condições em que se encontram em áreas classificadas, em função de “desvios” introduzidos em muitos casos durante atividades ou serviços de campo, por profissionais responsáveis pelas atividades de execução ou supervisão de serviços de montagem, manutenção ou recuperação de equipamentos e instalações em áreas classificadas. Existem também desvios gerados por profissionais que atuam na área de operação, que por vezes quebram botões, sinalizadores e chaves de equipamentos “Ex”, por operação indevida nestes dispositivos.

Existem desvios que se originam nos próprios equipamentos, sem a influência direta de pessoas, como por exemplo devido a processos corrosivos de invólucros, perda de características de resiliência de vedações e corrosão em invólucros de equipamentos “Ex” e em placas de marcação “Ex”. Além disso, existem danos nos equipamentos “Ex” que são provenientes de ações externas causadas por pessoal responsável pelo transporte e movimentação de equipamentos, como impactos com movimentação de materiais, incluindo andaime, guindastes e containers.



Exemplo de painel elétrico com invólucro metálico com certificação do tipo “à prova de explosão” encontrado instalado em área classificada com falta de parafusos de fixação da tampa



Exemplo de painel elétrico com invólucro metálico com certificação do tipo “segurança aumentada” encontrado instalado em área classificada com instalação de prensa cabo, porém sem o cabo instalado



Exemplo de unidade seladora de eletroduto com certificação do tipo “à prova de explosão” encontrada instalada em área classificada sem enchimento interno (vazia)



Exemplo de equipamento “Ex” sem a instalação de cabo de aterramento ou de equipotencialização



Exemplo de painel elétrico com invólucro metálico com certificação do tipo “à prova de explosão” encontrado instalado em área classificada com parafuso de fixação da tampa quebrado e chave de controle sem o eixo de vedação



Exemplo de cabos energizados indevidamente expostos em área classificada



Exemplo de equipamento **sem certificação** “Ex” instalado em área classificada



Exemplo de luminária com invólucro metálico com certificação do tipo “*segurança aumentada*” encontrada instalada em área classificada com dano na fixação do prensa-cabo. Pode ser observado também que o cabo está com a blindagem exposta na saída do prensa cabos (Norma ABNT NBR IEC 60079-17 – Itens de verificação T1-A11 e T1-B02), possivelmente por efeito de tração no cabo

Trata-se de um desvio “Ex” que inspetores atribuem como não conformidade (Norma ABNT NBR IEC 60079-17 – Item de verificação T1-B06). Para instalações com circuitos intrinsecamente seguros a topologia de aterramento faz parte do projeto de instalação e a inclusão de *loops* de terra pode influir no funcionamento das barreiras e consequentemente da proteção Ex “i”.

Há ainda uma tendência a incluir rabichos de aterramento com a associação ao anel de aterramento, que do ponto de vista de inspeção é mais favorável ao inspetor. Entretanto, do ponto de vista de manutenção, a inclusão do rabicho representa um ponto comum de falha. O aterramento a partir da blindagem de cabos armados e anéis de aterramento serrilhados é mais comumente aplicado em instalações marítimas, dada a sua capacidade de manter a integridade frente a agentes de corrosão.

Nos exemplos apresentados de graves desvios nos equipamentos e instalações de instrumentação, de automação, de telecomunicações e elétricas em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, podem ser identificados dois fatores em comum: todos os equipamentos elétricos “Ex” haviam sido originalmente **certificados** pelos respectivos fabricantes e todos os serviços foram executados ou supervisionados por profissionais **autorizados** pelas respectivas Empresas responsáveis, para intervenção em equipamentos e instalações elétricas, inclusive em áreas classificadas, de acordo com os requisitos legais vigentes.

Portanto, estes “desvios” evidenciam que somente a certificação de equipamentos “Ex” tem se mostrado **insuficiente** para garantir a segurança das instalações elétricas em áreas classificadas. A sistemática da avaliação da conformidade,

por meio da certificação, aplicável para a equipamentos elétricos “Ex” deve ser aplicada também para a certificação das Empresas de Serviços “Ex” e para a certificação das competências pessoais “Ex”.

Deve haver uma “sensibilização” para fomentar a alocação de profissionais **advertidos** para a detecção das anomalias “Ex” e possuam a devida percepção dos riscos envolvidos.

Os planos de inspeção de equipamentos e instalações “Ex” são executados no transcorrer do tempo. Entre as inspeções periódicas, a ocorrência de danos durante a operação podem gerar indevidos desvios “Ex”. Os profissionais das áreas de operação, segurança e de outras especialidades, mesmo não sendo “especialistas” em atmosferas explosivas, devem pelo menos reportar estes devidos para as pessoas que atuam com estes equipamentos e instalações “Ex”.

Por exemplo, a cultura de reportar, seja pela emissão de um registro de não conformidade (RNC) ou por meio de “cartões de segurança” ou de sistemas eletrônicos dedicados a este tipo de ação, colabora para o aumento da cobertura e da efetividade das inspeções “Ex”, direcionado as equipes de **manutenção** para a execução das intervenções necessárias para a correção destes desvios “Ex”.

A existência de “desvios” como esses, encontrados em equipamentos e instalações de instrumentação, automação, telecomunicações e elétricas em áreas classificadas devem ser corrigidos o **mais rapidamente possível**, de forma a evitar que os equipamentos elétricos com certificação “Ex” possam se tornar fontes de ignição no caso de presença de atmosferas explosivas de gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, as quais podem dar origem a acidentes com consequências catastróficas tanto para as instalações, quanto para as pessoas e para o meio ambiente.

20 Registro em banco de dados de inventário e gestão de ativos “Ex” e prazos de correção de desvios “Ex”

Com a implantação da sistemática especificada na Norma ABNT NBR IEC 60079-17 (**Inspeção e manutenção de instalações “Ex”**), pela realização de **inspeções periódicas** de equipamentos e instalações em atmosferas explosivas, e posteriormente, pela disponibilização da criação dos devidos **registros** das falhas encontradas em ordens de manutenção do sistema de gestão utilizado na Empresa, pode ser assegurado que as falhas existentes em especificação de equipamentos ou em instalações em atmosferas explosivas, passem a ser devidamente identificadas, priorizadas e corrigidas nos prazos especificados, evitando a recorrente e indevida “*normalização de desvios Ex*”.

O sistema de gestão de ativos “Ex”, em alguns casos, pode ser um sistema separado do sistema de gestão de manutenção da empresa. Algumas empresas desenvolvem seus próprios *softwares* dedicados para os serviços de Inspeção de equipamentos e instalações “Ex”.

Estes *softwares* “Ex”, devidamente alimentados pela base de dados criada com os registros dos equipamentos de automação, instrumentação, telecomunicações, elétricos e mecânicos instalados, pode utilizar de tecnologia algorítmica para priorização das eventuais correções dos desvios “Ex” encontrados nas inspeções, com base nos riscos associados a cada tipo de inspeção “Ex”, aos riscos apresentados pelo local da instalação dos equipamentos “Ex”, ao tipo de Zona de classificação de áreas e às características do desvio encontrado, em termos de invalidar ou não o tipo de proteção “Ex” identificado.

O registro dos equipamentos “Ex”, utilizado como banco de dados para a alimentação do *software*, pode ser feito inicialmente por meio de planilhas eletrônicas (como o Excel, por exemplo), ou outros arquivos que sejam compatíveis como “alimentação” ao *software* de gestão “Ex”. Esses arquivos devem ser populados com o máximo possível de informações relacionadas aos equipamentos “Ex” instalados, como as indicadas a seguir, mas não se limitando a estas:

- TAG do equipamento “Ex”
- Tipo do equipamento “Ex”
- Descrição da área onde se encontra instalado o equipamento “Ex”
- Descrição da subárea onde se encontra instalado o equipamento “Ex”
- Tipo de proteção “Ex” do equipamento “Ex”
- Grau de proteção (Código IP)
- Classe de temperatura (T1 a T6)
- Número do certificado de conformidade do equipamento “Ex”
- Meio de acesso ao equipamento “Ex” (por corda, escada ou andaime)
- Nível de corrosão existente no local da instalação do equipamento “Ex”
- Exposição a raios UV
- Exposição a chuva

- Classificação da área do local da instalação (Zona, Grupo e Classe de Temperatura)
- Pressão do gás na nos equipamentos de processo existentes na área

Um exemplo “prático” de TAG, que também indica a subárea onde está localizado, e o número do circuito associado, pode ser mnemônico, sequencial, e utilizar, por exemplo, a nomenclatura **ISA** para instrumentos. Assim, por exemplo: **XL-2207** é uma chave de nível, localizada na subárea 22. Os demais dados necessários, bem como os acima relacionados, devem constar da FD – Folha de Dados do equipamento ou instrumento que, após a aquisição, deve ser revisado na condição de “As-Built”, incorporando Modelo do Fabricante, características e informações técnicas adicionais, instruções de montagem, manutenção, operação, etc., e assim se constituindo na base da dados para a geração dos registros no Sistema de Planejamento da Manutenção e de Gestão de Ativos.

Outro exemplo de TAG que pode ser citado como exemplo: **PB-PM-2631** é a botoeira do motor da bomba P-2631, localizada na área A-26, cujo cabo de alimentação é o CF-PM-2631, e o cabo de comando é o C1-PB-PM-2631 que interliga esta botoeira ao painel CCM-26 na subestação elétrica.

A Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 61892-7 - **Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 7: Áreas classificadas**, apresenta, em seu Anexo H: **Lista de equipamentos elétricos e eletrônicos em áreas classificadas - Requisitos relacionados aos dados do INVENTÁRIO “Ex”**, os dados “mínimos” a serem cadastrados no sistema de gestão de ativos de instalações “Ex” marítimas.

De forma a manter a devida **rastreabilidade** de equipamentos **elétricos** e **eletrônicos** em atmosferas explosivas, é essencial manter um **registro** dos equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações e elétricos “Ex”. É reconhecido que **diferentes sistemas** podem ser utilizados, de forma a registrar os dados de todos os equipamentos “Ex”.

De acordo com a Norma ABNT NBR IEC 61892-7, a lista de dados e informações sobre o **inventário** dos equipamentos “Ex” apresentada a seguir não é considerada “**completa**”, mas representa uma adequada indicação de informações “**mínimas**” recomendadas a serem registradas para todos os equipamentos “Ex”:

- Identificador **único** do equipamento “Ex” (**TAG** de identificação)
- A localização do equipamento (módulo, área etc.)
- A classificação de **área** do local onde o equipamento “Ex” está instalado
- A descrição do **equipamento “Ex”, fabricante, tipo, modelo** etc.
- Os valores **nominais**, tensão, potência etc.
- Os tipos de **proteção “Ex”, EPL (Equipment Protection Level)**
- O **grupo** e **subgrupo** do gás
- A **classe de temperatura**
- As “**condições específicas de instalação**” indicadas no certificado “Ex” (Certificados com sufixo “X”)
- Para motores Ex “e”: I_A/I_N , tempo t_E
- Para equipamentos Ex “i” (**intrinsecamente seguros**), as informações aplicáveis de **parâmetros de entidade** para a **interconexão**, de acordo com a Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-25 – Sistemas Ex “i”**

É necessário que seja levado em consideração o fato de que quanto mais dados forem disponibilizados no banco de dados de registro do inventário dos equipamentos “Ex”, maior será a acuracidade do cálculo de risco apresentado pelos desvios “Ex” encontrados nas inspeções. Desta forma, os dados no registro de inventários dos equipamentos “Ex” devem ser o mais detalhado possível, e adequadamente preenchidos, para que não haja falta de informações relevantes.

Cada desenvolvedor de *software* possui a sua específica IP (*Intellectual Property*) e o algoritmo de categorização de prioridade de serviços de correção dos desvios “Ex” encontrados nas inspeções é desenvolvido a partir da necessidade da empresa, de suas experiências e lições aprendidas.

Sob o ponto de vista de prazos de correção dos desvios “Ex” encontrados nas inspeções, é recomendado que a priorização de reparos siga as recomendações de prazos estabelecidos pela ANP. Estes prazos para as prioridades mais críticas de correção (**Prioridades 1, 2 e 3**), relacionadas com riscos envolvendo a segurança dos equipamentos e das instalações “Ex”, devem estar **compatíveis** com os prazos definidos pela **Resolução ANP Nº 37**, de 28/08/2015, dependendo da criticidade da não conformidade: **30 dias** (grave), **90 dias** (moderada), **180 dias** (leve)

Não Conformidade (de acordo com a ANP)	Prazo para correção da não conformidade
Crítica (interdição total ou parcial das instalações)	Imediata

Não Conformidade (de acordo com a ANP)	Prazo para correção da não conformidade
Grave	30 dias
Moderada	90 dias
Leve	180 dias

Considerando a priorização de correção de desvios “Ex” indicada pela ANP, a estratégia de priorização deve ser a mesma, ou similar à seguida pelas empresas usuárias e proprietárias de equipamentos e instalações “Ex”.

Utilizando o mesmo banco de dados criado para a alimentação do *software* de gestão de ativos e de inspeção “Ex”, bem como para a priorização dos serviços de correção dos desvios “Ex”, as empresas usuárias podem também solicitar ao desenvolvedor destes *softwares* de gestão de ativos e de inspeções “Ex”, que as **recomendações de inspeção** também sejam incluídas no cálculo algorítmico da criticidade e respectivo prazo de correção.

Desta forma, o sistema de gestão “Ex” irá gerenciar, além das **datas** de realização das **correções** dos desvios “Ex” e respectivos **prazos máximos** de execução, também a **data da próxima inspeção** no equipamento “Ex”, bem como o **grau** de inspeção que deve ser aplicado: **visual, apurado ou detalhado**.

O Software de gestão de ativos e inspeção “Ex” pode também calcular, com base no risco determinado pelo respectivo algoritmo considerado, quais equipamentos “Ex” devem ser inspecionados no grau visual, e qual será sua frequência, dentro de, no máximo, 3 anos, de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR IEC 60079-17.

São apresentados a seguir exemplos de instalação de equipamentos “Ex” a serem inspecionados com riscos **BAIXO** e **ALTO**.

Exemplo de instalação de equipamento “Ex” a ser inspecionado com risco BAIXO:

Luminária com tipo de proteção Ex “e” instalada na acomodação de um FPSO.

Área **não classificada**, de acordo com o desenho de classificação de área.

De acordo com a estratégia de inspeção “Ex” do usuário, todos os equipamentos “Ex” no FPSO precisam ser inspecionados. Porém, neste exemplo, esse é um equipamento “Ex” que se encontra instalado em área **não classificada** e não pertence ao sistema de emergência da unidade. Portanto o equipamento “Ex” será isolado em caso de confirmação de presença de vazamento de gás combustível. Sendo assim, o risco de ignição de uma atmosfera explosiva, por esse equipamento “Ex”, pode ser considerado como sendo **muito baixo**,

Desta forma, uma inspeção com grau **visual**, em intervalos de **3 anos** pode ser considerada **suficiente** para assegurar que o conceito de proteção “Ex” do equipamento está devidamente mantido.

Exemplo de instalação de equipamento “Ex” a ser inspecionado com risco ALTO:

Luminária com tipo de proteção Ex “d”, instalada na **Pump Room** (cada de bombas) de um FPSO.

Area classificada como **Zona 1** de acordo com o desenho de classificação de área, e considerada como área de **alto risco** baseado em histórico de graves acidentes já ocorridos

Levando em consideração o risco de uma luminária Ex “d” instalada em Zona 1, bem como o fato de que essa luminária necessita ser aberta frequentemente para a execução de serviços de manutenção (como a proteção das juntas, substituição de vedações e aperto dos parafusos de fixação das tampas), o risco associado e esse equipamento “Ex” pode ser considerado **alto**.

Considerando estes dados, o software de gestão de ativos e inspeção “Ex” deve recomendar uma reinspeção com grau **detalhado**, a intervalos de **6 meses**, ou a cada ação “intrusiva” de serviços de manutenção no equipamento “Ex”, que quebrem a abertura e fechamento ou a remoção e a reinstalação deste equipamento “Ex”.

Cada empresa usuária de equipamentos e instalações “Ex”, seja em áreas classificadas contendo **gases inflamáveis** ou **poeiras combustíveis**, seja em instalações **terrestres** ou **marítimas**, deve ter a sua estratégia definida seguindo os requisitos de seus procedimentos internos de gestão de equipamentos e ativos “Ex”, sempre atendendo porém, aos requisitos indicados nas Normas Técnicas Brasileiras adotadas aplicáveis da Série ANBT NBR IEC 60079 – **Atmosferas explosivas**.

21 Serviços de reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”

Os serviços de reparo e revisão de equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricos ou mecânicos para atmosferas explosivas são normalmente realizados em empresas especializadas que possuam um profissional competente à sua disposição, ou nas instalações do fabricante, de forma que seja assegurada a aplicação do conhecimento necessário durante a execução dos serviços de reparo. Estas oficinas especializadas ou instalações do

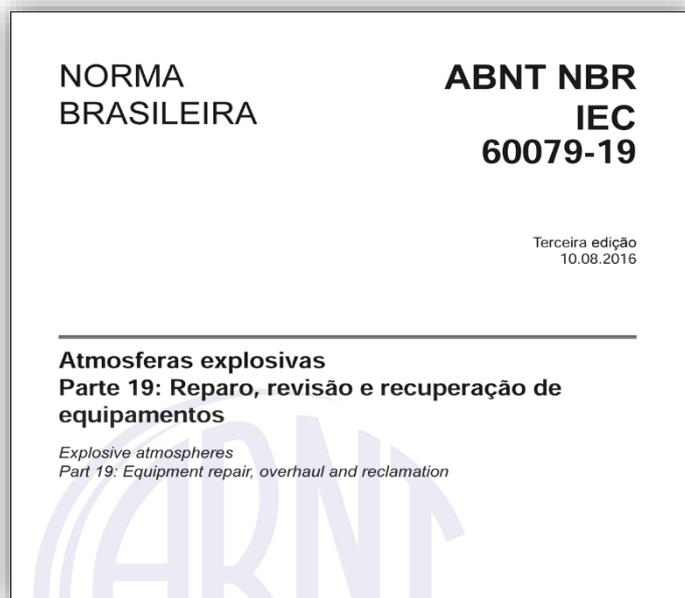
fabricante são também as organizações adequadas para a tomada da decisão necessária sobre se o resultado do reparo é aceitável ou não.

Quando partes defeituosas necessitarem de substituição, a utilização de peças sobressalentes originais fornecidas ou indicadas pelo fabricante deve ser utilizada, nos casos em que os fabricantes originais estejam disponíveis. Quando da execução de reparos que não afetem o tipo de proteção, certas exceções a esta regra geral podem ser aceitáveis, levando-se em consideração que nenhum reparo pode ser realizado de forma que possa afetar o tipo de proteção “Ex”, de acordo com a Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-19 – Reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”**.

Quando da execução dos serviços de reparo, um pré-requisito é a cuidadosa execução e o conhecimento das características do tipo de proteção em cada caso, de forma que na remontagem do equipamento, atenção especial seja dada à manutenção das características do tipo de proteção “Ex” e para assegurar que nenhuma alteração tenha ocorrido que possa prejudicar esta proteção “Ex”.

Para equipamentos com tipo de proteção do tipo à prova de explosão, por exemplo, estes cuidados e atenção incluem a verificação de que as folgas entre os invólucros e eixos foram mantidas dentro de limites aceitáveis. Os serviços de acabamento necessário sobre as superfícies das partes que formam as juntas, que não estejam mais em condições satisfatórias para o tipo de proteção “Ex”, devem ser limitados à remoção da corrosão superficial. Em eventos de ocorrência de danos mais severos, o profissional especialista ou um representante do fabricante deve ser consultado.

Os procedimentos e requisitos indicados na Norma Técnica Brasileira **ABNT NBR IEC 60079-19** devem ser aplicados nos casos de necessidade de reparo ou revisão de equipamentos elétricos, de instrumentação ou de automação em atmosferas explosivas.



Os equipamentos “Ex” reparados, revisados ou recuperados devem ser devidamente marcados, com uma plaqueta adicional, onde seja indicado, dentre outras informações obrigatórias, o número do relatório de serviços que foi elaborado e aprovado pelo profissional responsável pelo reparo.

A marcação indicada a seguir deve ser utilizada quando o reparo ou recuperação estiverem em conformidade com a Norma ABNT NBR IEC 60079-19 e o reparador tiver evidências suficientes da total conformidade com os **documentos de certificação** e as especificações do fabricante.



Marcação aplicada quando os serviços de reparos ou recuperação do equipamento “Ex” se encontram em conformidade com a os documentos de certificação

A marcação indicada a seguir deve ser utilizada quando os serviços de reparo ou recuperação do equipamento “Ex” se encontram em conformidade com os requisitos da Norma ABNT NBR IEC 60079-19 e das Normas dos tipos de proteção “Ex”, aplicáveis para a data de fabricação do equipamento “Ex”, mas não com os documentos da certificação (por exemplo, nos casos em que o usuário do equipamento “Ex” não possui a documentação do fabricante ou o certificado de conformidade “Ex”).



Marcação aplicada quando os serviços de reparos ou recuperação do equipamento “Ex” se encontram em conformidade com os requisitos Norma ABNT NBR IEC 60079-19 e das Normas dos tipos de proteção “Ex”, aplicáveis para a data de fabricação do equipamento “Ex”, mas não com os documentos da certificação

22 Norma Regulamentadora NR-37 - Segurança e saúde em plataformas de petróleo: Requisitos relacionados com equipamentos e instalações “Ex”

Foi publicada pelo Ministério do Trabalho em 20/12/2018 e atualizada em 19/02/2022, a Norma Regulamentadora **NR-37 – Segurança e saúde em plataformas de petróleo**, que estabelece os requisitos mínimos de segurança, saúde e condições de vivência no trabalho a bordo de plataformas de petróleo em operação nas águas jurisdicionais brasileiras.

A Norma Regulamentadora NR 37 apresenta requisitos a serem seguidos pelas empresas responsáveis pelo gerenciamento e pela execução das operações e atividades nas **plataformas de petróleo**, pelas empresas **detentoras de direitos de exploração e produção** de petróleo e gás natural, bem como pelos trabalhadores e pelas **empresas terceirizadas** que prestam serviços a bordo da plataforma de petróleo.

A NR 37 possui um conteúdo bastante **detalhado** e de **execução**, incluindo, diversos requisitos relacionados ao tema **“equipamentos e instalações em áreas classificadas”**, como por exemplo, comissionamento, inspeção, manutenção, recuperação, modificação e descomissionamento, capacitação, qualificação e habilitação, sinalização de segurança, instalações elétricas e mecânicas, armazenamento de substâncias perigosas, análises de risco das instalações e processos, sistema de detecção e alarme de incêndio e de gases, controle de fontes de risco de ignição, prevenção e controle de vazamentos ou explosões e trabalhos a quente.

Uma das motivações para a elaboração desta Norma Regulamentadora relacionada com plataformas de petróleo foi a **explosão** ocorrida em **02/2015** na casa de bombas do **FPSO Cidade de São Mateus**, no Litoral do Espírito Santo, que resultou na morte de **9 pessoas**. De acordo com o Relatório de Investigação da Explosão, publicado pela Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (**ANP**) em **11/2015**, foram identificadas **28 causas raiz**, as quais já estavam correlacionadas com os

requisitos já anteriormente estabelecidos na Resolução ANP nº 43/2007, de **06/12/2007** - Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO).

De acordo com o relatório publicado pela ANP sobre aquele acidente, “Não foi possível determinar a fonte de ignição da explosão, no entanto, a equipe de investigação determinou uma fonte como a mais provável. Esta fonte de ignição foi introduzida no local de vazamento pela ação da equipe de resposta. O uso de mangueiras de incêndio não condutivas com jato d’água dentro de atmosfera explosiva é fato marcante da falta de entendimento dos riscos envolvidos e da possibilidade de geração de carga eletrostática, como indicam as normas técnicas e demais boas práticas de engenharia”.



São apresentados na NR-37 alguns requisitos, transcritos e discutidos a seguir, relacionados com **equipamentos e instalações em atmosferas explosivas**. Deve ser ressaltado que este tema é diretamente aplicável a plataformas de petróleo, uma vez que grande parte das instalações industriais destas plataformas se encontram localizadas em áreas classificadas.

NR-37 – Seção 37.23.15: *A sala de bateria de acumuladores deve possuir sistema de detecção e alarme de hidrogênio (H₂), considerando na sua localização a influência do sistema de exaustão e insuflação do ar no compartimento.*

ANÁLISE: De acordo com os requisitos da Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 61892-7** (*Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 7: Áreas classificadas*), as salas de baterias devem ser destinadas somente à instalação das baterias de acumuladores, bem como possuir sistema de **ventilação** para a exaustão de gases inflamáveis (*hidrogênio*) que possa ser liberado pelos acumuladores em flutuação ou recarga, sejam essas liberações contínuas, em caso de utilização de acumuladores do tipo “**aberto**” ou liberações eventuais no caso de utilização de acumuladores do tipo “**regulado por válvula**” (VRLA - Valve Regulated Lead-Acid).

O objetivo de ventilar uma sala ou compartimentos de bateria de acumuladores é manter a concentração de hidrogênio **abaixo do seu LIE** (*Limite Inferior de Explosividade*) e limitar a concentração de oxigênio dentro dos limites normais. A concentração do LIE volumétrico do hidrogênio é de **4 %**.

As salas ou compartimentos de bateria de acumuladores devem ser considerados seguros quanto à possibilidade de ocorrência de uma explosão, quando, por meio de uma ventilação **natural** ou **forçada** (artificial), a concentração de hidrogênio for mantida **abaixo** deste limite inferior de explosividade.



De acordo com a Norma Regulamentadora NR-37 é requerida a instalação de **detectores de hidrogênio** no interior da sala de bateria de acumuladores, de forma a alarmar, no sistema supervisor, a presença indevida deste gás inflamável, por exemplo em uma concentração acima de 20 % de seu LIE.

Em função da densidade relativa do hidrogênio ser muito baixa (0,07), este gás tende a se acumular em pontos altos, como no teto de ambientes confinados. Por este motivo, os detectores de hidrogênio devem ser instalados de forma adequada, fixados diretamente ou o mais próximo possível do teto.

NR-37 – Seção 37.24: *Prevenção e controle de vazamentos, derramamentos, incêndios e explosões*

NR-37 – Seção 37.24.1: *A operadora da instalação deve **continuamente** implementar medidas, desde a fase de **projeto**, para **prevenir** e **controlar** vazamentos, **derramamentos**, **incêndios** e **explosões**.*

ANÁLISE: As Normas Técnicas Brasileiras das Séries **ABNT NBR IEC 60079** (*Atmosferas explosivas*) e **ABNT NBR ISO 80079** (*Equipamentos mecânicos “Ex”*), relacionadas com procedimentos, especificações e ensaios, apresentam como abordagem básica requisitos para a **prevenção** da ocorrência de fontes de ignição em áreas classificadas.

Sob esta abordagem preventiva de segurança ficam reduzidas as probabilidades de ocorrência de uma explosão e de suas **consequências catastróficas** para as instalações, pessoas e meio ambiente.

É mais seguro investir na **prevenção** de acidentes em instalações em atmosferas explosivas, em função das grandes e destrutivas **consequências** de uma eventual explosão.

De acordo com a NR-37 as medidas preventivas devem ser implementadas desde a fase de **projeto**, incluindo a elaboração da documentação de **classificação de áreas**, o projeto das instalações de **instrumentação, de telecomunicações, de automação e elétricas “Ex”** e a devida seleção dos equipamentos “Ex” a serem adquiridos e instalados.

Sob o fundamental aspecto da confiança dos equipamentos e instalações “Ex” estarem seguros “**continuamente**”, devem ser implementados procedimentos de manutenção “Ex” preventiva e preditiva, inspeções iniciais e periódicas “Ex” e auditorias periódicas do sistema de gestão “Ex”.

Além disto, devem ser **continuamente** verificadas e avaliadas as **competências pessoais “Ex”** dos profissionais próprios e contratados para a execução ou supervisão de serviços em áreas classificadas. As Competências Pessoais “Ex” devem ser avaliadas de acordo com os serviços a serem executados, como montagem, inspeção, manutenção ou recuperação “Ex”.

A Seção 4.14 (**Controle de fontes de ignição**) da Norma internacional IEC 61892-1:2019 (*Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 1: Requisitos e condições gerais*) se apresenta “transcrita” como **Anexo I (Controle de fontes de ignição)** da Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 61892-7 (Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 7: Áreas classificadas)**.

Essa adequada abordagem de segurança, sob o ponto de vista do **ciclo total de vida dos equipamentos e instalações “Ex”** proporciona a devida **confiança** da **continuidade** da segurança durante todo o tempo de operação das instalações “Ex”, sem a ocorrência de indevidas fontes de ignição.

De acordo com o “glossário” apresentado na NR-37, “**ciclo de vida da plataforma**” consiste das atividades de construção, comissionamento, operação, modificação, descomissionamento e desmonte de plataformas.

NR-37 – Seção 37.24.6: *Em áreas sujeitas à existência ou à formação de **atmosferas explosivas** ou misturas inflamáveis, a operadora da instalação é responsável por implementar medidas específicas para **controlar as fontes de ignição**.*

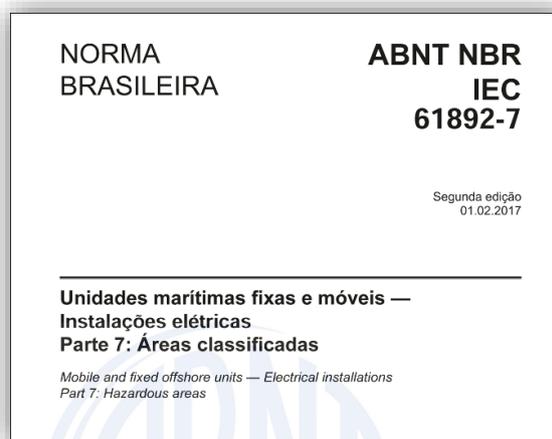
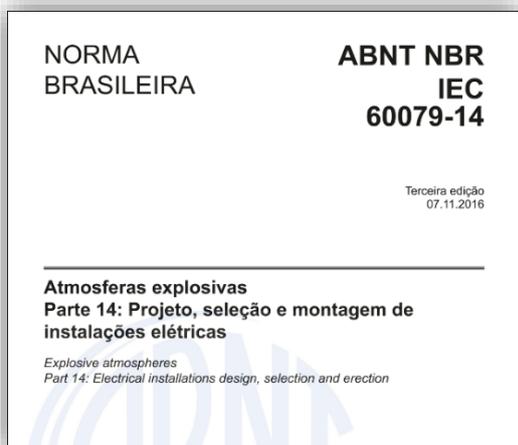
ANÁLISE: Os requisitos para o “**controle de fontes de ignição**” em instalações elétricas de unidades marítimas fixas e móveis são apresentados na Seção 4.14 (**Controle de fontes de ignição**) da Norma internacional IEC 61892-1:2019 (*Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 1: Requisitos e condições gerais*).

Estes requisitos para “**controle de fontes de ignição**” estão “transcritos” como Anexo I (**Controle de fontes de ignição**) da Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 61892-7 (Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 7: Áreas classificadas)**.

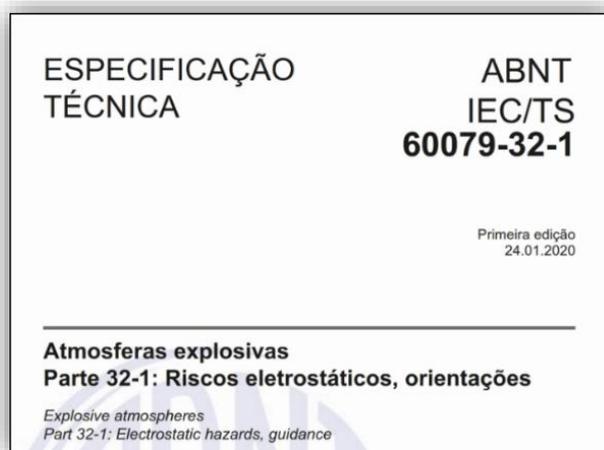
De forma a evitar e proteger contra a ocorrência de ignição de líquidos ou gases inflamáveis, deve ser executado, no projeto dos sistemas **elétrico, de instrumentação, de automação ou de telecomunicações**, um mapeamento sistemático de todas as “**fontes potenciais de ignição**”. Além disto, as medidas necessárias de ordem técnica, operacional e organizacional devem ser implantadas de forma a reduzir o “**risco de uma ignição**” decorrente da presença de uma “**fonte de ignição**”.

Em áreas classificadas os equipamentos de instrumentação, de automação, de telecomunicações e elétricos devem possuir certificação de conformidade “Ex”, emitidas por organismos de certificação “Ex”, para tipos de proteção “Ex” como por exemplo Ex “i” (**segurança intrínseca**), Ex “e” (**segurança aumentada**), Ex “m” (**encapsulamento**) ou Ex “p” (**invólucros pressurizados**) e Ex “op” (**proteção óptica**), dentre outros.

Nestes locais, os equipamentos “Ex” devem ser selecionados e as instalações devem ser executadas de acordo com as Normas Técnicas **ABNT NBR IEC 60079-14** (*Atmosferas explosivas - Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas*) e **ABNT NBR IEC 61892-7** (*Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 7: Áreas classificadas*).



Especificamente sobre os riscos de formação ou acúmulo de **cargas eletrostáticas** em áreas classificadas e sobre os modos de **mitigação** existe a **ABNT IEC TS 60079-32-1** - Atmosferas explosivas - Parte 32-1: Riscos eletrostáticos, orientações.



NR-37 – Seção 37.24.7: Os equipamentos **elétricos, de instrumentação, de automação e de telecomunicações** instalados em áreas classificadas devem atender aos requisitos legais vigentes de certificação, sendo que os respectivos **serviços de projeto, seleção, instalação, inspeção, manutenção e recuperação** devem estar de acordo com a NR-10 e partes aplicáveis da norma técnica **ABNT NBR IEC 60079 – Atmosferas explosivas** e alterações posteriores.

ANÁLISE: A Norma Regulamentadora NR-37 apresenta, de forma **INÉDITA** na legislação brasileira sobre o tema “atmosferas explosivas”, requisitos sobre os “**serviços**” de projeto, seleção, instalação, inspeção, manutenção e recuperação de equipamentos e instalações “Ex”.

Este tipo de abordagem pode ser considerado importante, de forma a ressaltar que a segurança das instalações “Ex” não se limita apenas à certificação dos **equipamentos** de instrumentação, de automação, de telecomunicações ou elétricos “Ex”. Essa adequada abordagem abrange a segurança das instalações em atmosferas explosivas ao longo do seu **“ciclo total de vida”**, ao considerar também a necessidade dos devidos serviços **“rotineiros”** ou **“diários”** ou **“periódicos”** de **inspeção** e **manutenção** dos equipamentos e das instalações “Ex”, que são realizados durante todo o período de operação das instalações.

De acordo com o “glossário” apresentado na NR-37, **“ciclo de vida da plataforma”** consiste das atividades de construção, comissionamento, operação, modificação, descomissionamento e desmonte de plataformas.

Os “serviços” a serem realizados em áreas classificadas são especificados nas Seguintes Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série **ABNT NBR IEC 60079 (Atmosferas explosivas)**:



ABNT NBR IEC 60079-10-1: Atmosferas explosivas - Parte 10-1: Classificação de áreas - Atmosferas explosivas de gases inflamáveis <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=RzIIaXAvZHMzQjZ3UII4N05KTTVIUG85cnREQmh1MHIBVzYOK1dvZUduYz0=>

ABNT NBR IEC 60079-14: Atmosferas explosivas - Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=S3NSR2R6VnY2NJFBWGHlR0xidKjRVGZLU1diN0dWQ3doYmpibm5SNUZibz0=>

ABNT NBR IEC 60079-17: Atmosferas explosivas - Parte 17: Inspeção e manutenção de instalações elétricas <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=OEtPYI9OMG0zSjRtQld3N1Y3ZGRjSHhVdD6THJ2QWRwQ2JLWFgxaG9BYz0=>

ABNT NBR IEC 60079-19: Atmosferas explosivas - Parte 19: Reparo, revisão e recuperação de equipamentos <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=V3V2Zm5tSGtpUGERn2JOSctNcGZIQk1JM3JibFFNbTzR0hLdGpITINQMD0=>

Estas Normas Técnicas Brasileiras da Série ABNT NBR IEC 60079 são referenciadas na seguinte Norma Técnica Brasileira adotada: **ABNT NBR IEC 61892-7:** Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 7: Áreas classificadas <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=SjF6UIBaRHdGS0dvdVh5U2xwdWpLYTlod2ptK0hwYVhDYzJmeUNaWlI3Uj0=>

A Norma Regulamentadora NR-37 também deixa claro que a preocupação da segurança em áreas classificadas não está limitada aos equipamentos **“elétricos”**, uma vez que os equipamentos e instalações de **instrumentação, automação e de telecomunicações** também podem apresentar os riscos de indevidas **“fontes de ignição”**.

A Norma Regulamentadora faz também referência **“explícita”** aos requisitos sobre segurança de **equipamentos e instalações de instrumentação, de automação de telecomunicações e elétricas** instalados ou utilizados em áreas classificadas, apresentados nas Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série **ABNT NBR IEC 60079 – Atmosferas explosivas**.

De acordo com o documento **Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) “Ex”**, atualmente vigente no Brasil, em todos os certificados de conformidade de produtos “Ex”, emitidos por todos os organismos de certificação “Ex”, para todos os fabricantes de equipamentos e componentes elétricos “Ex” devem possuir a seguinte **“Nota Padronizada”**: **“As atividades de instalação, inspeção, manutenção, reparo, revisão e recuperação dos equipamentos são de responsabilidade dos usuários e devem ser executadas de acordo com os requisitos das normas técnicas vigentes e com as recomendações do fabricante”**.

Esta **“NOTA PADRONIZADA”** sobre a responsabilidade das instalações “Ex” ser dos **usuários** ou **proprietários** dos equipamentos e instalações “Ex” pode ser considerada de **fundamental importância**, na medida que somente a certificação de equipamentos de automação, instrumentação, telecomunicações, elétricos e mecânicos “Ex” tem se mostrada **insuficiente** para garantir a segurança das instalações “Ex”. Isto se deve ao fato de que os equipamentos “Ex” certificados **perdem** as suas características de proteção nos casos em que são indevidamente submetidos a serviços incorretos de campo de instalação, inspeção, manutenção ou recuperação, ao longo do seu ciclo total de vida. Por estes motivos a avaliação da conformidade por meio da **certificação** não pode ficar **“restrita”** aos **equipamentos “Ex”**, devendo ser aplicada também para as **empresas de serviços “Ex”** e para as **competências pessoais “Ex”** dos profissionais envolvidos com a execução ou supervisão de serviços de campo

Com relação à proteção contra a ocorrência de explosão a Norma Regulamentadora **NR 10** requer que os equipamentos e sistemas elétricos destinados à instalação em atmosferas explosivas sejam avaliados quanto à sua conformidade, no

âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação. No presente momento os *Requisitos de Avaliação da Conformidade* (RAC) “Ex” requer que os equipamentos **elétricos** instalados ou utilizados em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis sejam **certificados** com os tipos de proteção “Ex” especificados nas Normas Técnicas da Série **ABNT NBR IEC 60079** (*Atmosferas explosivas*).

NR-37 – Seção 37.24.8: Os equipamentos **mecânicos** instalados em áreas classificadas devem ser avaliados de acordo com os requisitos especificados na norma técnica **ABNT NBR ISO 80079-36** – *Atmosferas explosivas - Parte 36: Equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas - Métodos e requisitos básicos*, ou **ABNT NBR ISO 80079-37** – *Atmosferas explosivas - Parte 37: Equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas - Tipos de proteção não elétricos: segurança construtiva “c”, controle de ignição de fontes “b” e imersão em líquido “k” e alterações posteriores*.

ANÁLISE: A NR-37 requer a verificação da conformidade de equipamentos **mecânicos** destinados à instalação em áreas classificadas de acordo com os requisitos especificados na Norma **ISO 80079-36**.

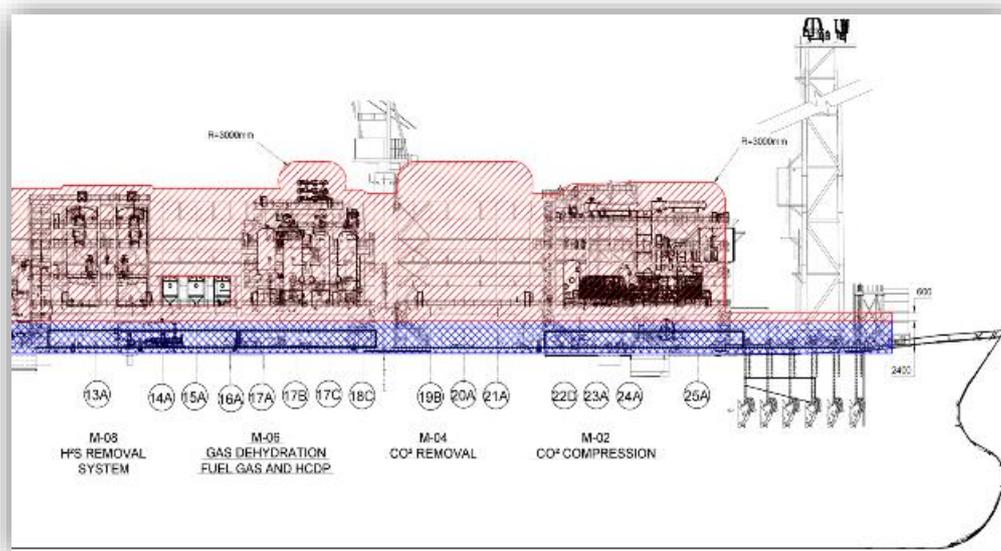
A respectiva Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR ISO 80079-36** (*Atmosferas explosivas – Parte 36: Equipamentos não elétricos para utilização em atmosferas explosivas - Métodos e requisitos básicos*), idêntica em relação à respectiva Norma internacional, em termos de conteúdo técnico, estrutura e apresentação, publicada pela ABNT em **10/2018**, especifica, dentre outros requisitos, um procedimento para a **avaliação de risco de ignição** dos equipamentos **mecânicos** com instalação pretendida em atmosferas explosivas.

Esta avaliação de risco tem como base a identificação de **13 (treze) possíveis fontes de ignição**, dentre as quais as centelhas **elétricas** representam somente **UMA destas 13 fontes de ignição**, de forma a assegurar que os riscos de ignição tenham sido devidamente **avaliados e mitigados**, em um processo de avaliação da conformidade.

NR-37 – Seção 37.24.9: A operadora da instalação deve **assinalar e classificar nas plantas da plataforma as áreas, externas e internas, sujeitas à existência ou à formação de atmosferas contendo misturas inflamáveis ou explosivas**, de acordo com a norma **ABNT NBR IEC 60079** e alterações posteriores.

ANÁLISE: A NR-37 requer que o responsáveis pelas Plataformas de Petróleo elaborem a respectiva **documentação de classificação de áreas**.

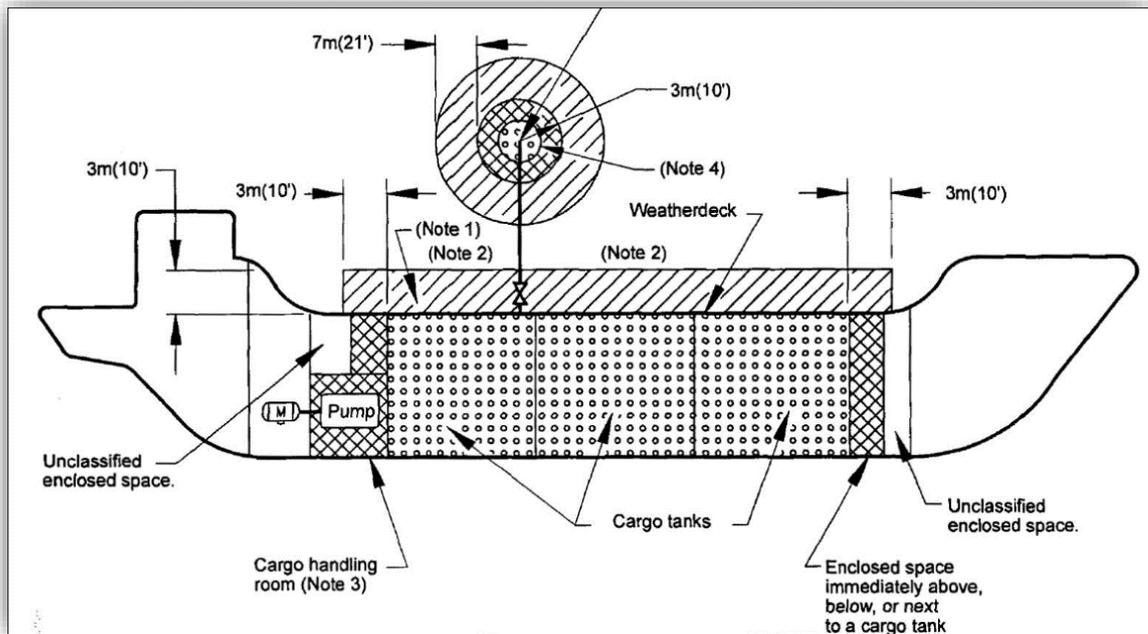
Esta documentação está descrita, por exemplo, na Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-10-1** (*Classificação de áreas contendo gases inflamáveis*) ou códigos industriais ou normas de empresas, as quais contêm requisitos específicos de classificação de áreas para os sistemas de processo e equipamentos específicos.



A Norma ABNT NBR IEC 60079-10-1 faz referência a “**Práticas Recomendadas**”, **Códigos Industriais ou Normas Técnicas nacionais** de diversos países, que também apresentam procedimentos de classificação de áreas, os quais são amplamente utilizadas em diversos países do mundo, inclusive no Brasil, como por exemplo:

- **EI 15** - *Classification Code for Petroleum Installations Handling Flammable Liquids* (Energy Institute)

- **IGEM SR 25** – *Hazardous area classification of natural gas installations (Institution of Gas Engineers and Managers)*
- **API RP 505** – *Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities classified as Class I, Zone 0, Zone 1 and Zone 2 (American Petroleum Institute)*
- **NFPA 59A** – *Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (National Fire Protection Association)*
- **TRBS 2152** – *Technische Regeln für Betriebssicherheit – “Technical Rules for Plant Safety Provisions” (Technische Regeln für Betriebssicherheit – “Technical Rules for Safety at Work”)*
- **DGVU-Regel 113-001** – *Ex-RL “Explosion Protection- Regulations – Rules for avoiding the dangers of explosive atmospheres with examples collection” (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung).*

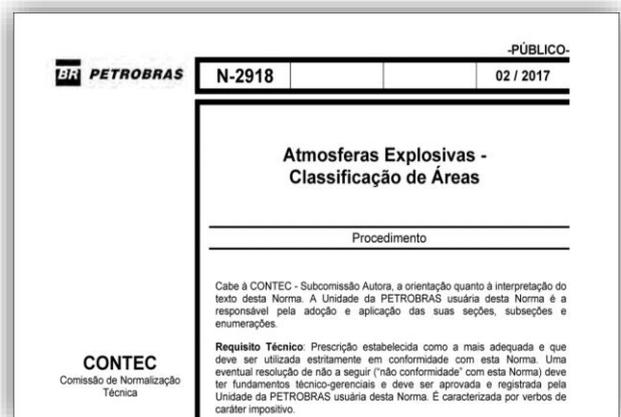


Diversas Empresas operadoras da indústria do petróleo possuem as suas **próprias** normas sobre classificação de áreas, **específicas** para este tipo e características de processo, as quais incorporam suas experiências e lições aprendidas.

A PETROBRAS, por exemplo, possui uma norma específica sobre o assunto, a **Norma N-2918 (Atmosferas explosivas – Classificação de áreas)**, publicada em **02/2017**, a qual consolida os requisitos daquela empresa, com base em experiências acumuladas desde a década de **1950**, para a classificação de áreas de instalações terrestres e **marítimas** para a indústria de petróleo e petroquímica, para áreas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

A Norma PETROBRAS N-2918 encontra-se disponível para acesso **público** na página “Canal Fornecedor / Regras de Contratação / Catálogo de Padronização” no Website da PETROBRAS. <https://canalfornecedor.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/catalogo-de-padronizacao/>

NR-37 – Seção 37.24.9.1: As **áreas classificadas** devem possuir **sinalização de segurança**, visível e legível, indicando a proibição da presença de **fontes de ignição**.



ANÁLISE: A Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 61892-7** (*Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 7: Áreas classificadas*) apresenta em seu **Anexo F** (*Instalações em atmosferas explosivas - Placas de sinalização de segurança para áreas classificadas*), os requisitos para as estas placas de sinalização de segurança de instalações em áreas classificadas para Plataformas de Petróleo.

A presença de fontes de ignição em áreas classificadas é permitida sob condições específicas previstas em Permissões de Trabalho, precedidas das devidas análises de risco, de forma a assegurar que os trabalhos a quente serão executados em locais onde não exista a presença de atmosfera explosiva, durante o período da execução destes trabalhos.

Para detalhes maiores sobre segurança de trabalhos a quente, com geração de fontes de ignição em áreas classificadas, ver a Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-14 - Anexo B** (*Orientação para procedimento de trabalho seguro para atmosferas explosivas de gás*).



23 A segurança operacional durante o ciclo total de vida das instalações “Ex” - SGSO “Ex”

A segurança operacional é obtida por meio da prevenção, mitigação e resposta a eventos que possam causar explosões ou acidentes que coloquem em risco a vida humana ou o meio ambiente, por meio da adoção de um **Sistema de Gestão** que assegure a integridade das instalações durante o seu **ciclo total de vida**. Por outro lado, a Segurança ocupacional tem o objetivo de promover a proteção do trabalhador no seu local de trabalho, visando a redução de acidentes pessoais e doenças ocupacionais, bem como de identificar, avaliar e controlar situações de risco, proporcionando um ambiente de trabalho mais seguro e saudável para as pessoas.

A Segurança de processo tem o objetivo de gerenciar a **integridade** de sistemas operacionais, processos, manutenção e instalações, bem como de impedir a **perda de contenção** de produtos químicos tóxicos, inflamáveis ou combustíveis, devido ao seu potencial de gerar **explosão**, incêndio ou efeitos tóxicos, que podem resultar em lesões pessoais, danos materiais, perda de produção ou impacto ambiental. Desta forma, pode ser entendido que a segurança operacional é composta pelo conjunto da segurança ocupacional e da segurança de **processo**.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) por meio da Resolução Nº 43/2007, para instalações marítimas de perfuração e de produção, publicada em 06/12/2007 e da Resolução Nº 5/2014 - Regulamento Técnico do **Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO)** para refinarias de petróleo, publicada em 29/01/2014, tornou obrigatório (compulsório) que todas as refinarias atendam às práticas de gestão contidas naqueles regulamentos, após o prazo de implantação de dois anos. Ou seja, desde 2016, tornou-se **mandatória** a aplicação dessas práticas de SGSO.

Criado a partir das resoluções da ANP, o **Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO)** é um conjunto de práticas de gestão direcionado para minimizar **riscos** de ocorrência de acidentes nas instalações das plataformas e refinarias. Esta preocupação decorre do fato que os acidentes que podem ocorrer neste tipo de instalação industrial, podem gerar grandes consequências para as instalações, pessoas e meio ambiente, em função das grandes quantidades de substâncias inflamáveis, combustíveis e tóxicas envolvidas e das grandes explosões e vazamentos que podem ser resultantes destes acidentes.



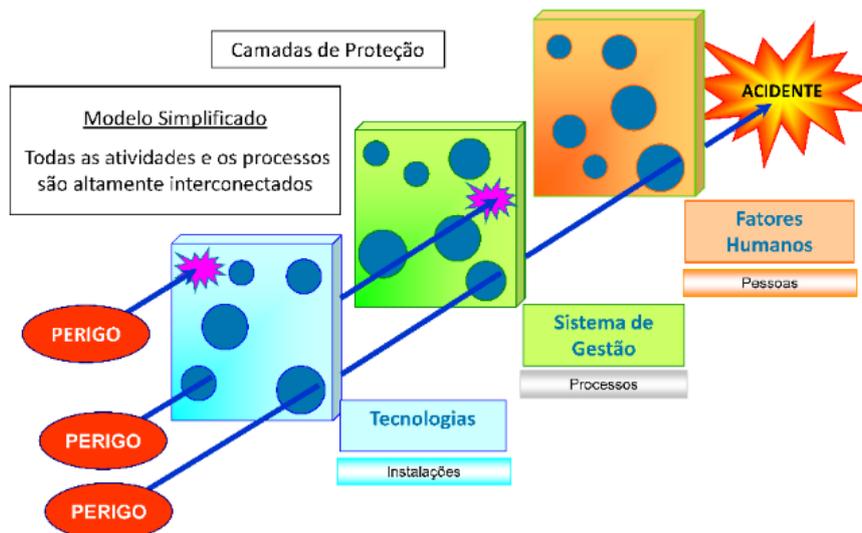
Pilares básicos para um Sistema de Gestão de Segurança Operacional: Pessoas, Processos e Instalações

O SGSO possui, como atributos chave, as perspectivas relacionadas com as **pessoas**, os **processos** e as **instalações**, ao longo do **ciclo total de vida** das instalações da indústria de Óleo & Gás. Os atributos chave do SGSO, incorporando as perspectivas relacionadas com as **pessoas**, os **processos** e as **instalações**, ao longo do **ciclo total de vida** das instalações da indústria de Óleo & Gás, representam os fatores que contribuem para as causas da ocorrência dos acidentes.

Aplicando-se os conceitos do SGSO para **equipamentos e instalações em atmosferas explosivas**, é possível conceber um SGSO “Ex”, o qual inclui: documentação de **classificação de áreas**, controle do **inventário** dos equipamentos elétricos, mecânicos, de instrumentação, de telecomunicações e mecânicos existentes, tanto **fixos** como **móveis**, os **certificados de conformidade** dos equipamentos “Ex” instalados, documentação de **projeto** de instalações “Ex”, programa de **inspeções iniciais e periódicas** “Ex”, relatórios de manutenção, inspeções e reparos, controle de **treinamento** e de **reciclagem** sobre “atmosferas explosivas” dos profissionais envolvidos com serviços em áreas classificadas, controle de **certificação** de **executantes** e **supervisores** (próprios e contratados) de acordo com as **Unidades de Competências Pessoais** “Ex” aplicáveis a cada atividade “Ex” e programa de **auditorias internas** para a verificação da continuidade e atualização da aplicação dos requisitos das Normas da Série ABNT NBR IEC 60079 - Atmosferas explosivas.

Por meio de um adequado SGSO “Ex” é possível evitar a ocorrência da indevida “**normalização de desvios Ex**”, observada em instalações em atmosferas explosivas contendo equipamentos com certificação “Ex”, muitas vezes indevidamente referenciados de forma “genérica” como sendo equipamentos do tipo “**à prova de explosão**”.

A expressão “**normalização dos desvios**” foi inicialmente utilizada durante análise das causas das explosões ocorridas com o ônibus espacial **Challenger** (1986). O termo é aplicado para descrever as situações em que a degradação de equipamentos ou instalações “Ex” ou a adoção de práticas inseguras passa a ser “**aceita**” pela organização por **não gerar consequências catastróficas “imediatas**”. Com o tempo, a situação degradada dos equipamentos e das instalações “Ex” passa a ser vista como “**normal**” e os riscos que não eram assumidos originalmente passam a se tornar indevidamente “**aceitos**”.



Perdas de camadas de proteção levam ao alinhamento de causas básicas que podem levar a um acidente catastrófico no caso de existência simultânea de fontes de ignição e de atmosferas explosivas

No âmbito do Brasil, ainda pode ser verificada uma grande necessidade de **conscientização** dos riscos e perigos das instalações industriais, incluindo aquelas contendo **atmosferas explosivas** formadas por **gases inflamáveis** ou **poeiras combustíveis**, com o objetivo de implantação de um sistema de **gestão** de segurança operacional “Ex”.

Pode ser verificado que ainda existem empresas que estão preocupadas prioritariamente com a posse dos documentos de certificação dos equipamentos instalados, sem a devida preocupação com os aspectos de **peçoal** e de **procedimentos** de trabalho que são utilizados para as atividades de **operação, projeto, montagem, inspeção, manutenção, reparos e auditorias internas**.

Deve ser ressaltado, sob o ponto de vista de **segurança operacional**, que somente a certificação dos equipamentos **elétricos** ou **mecânicos “Ex”** **tem se mostrado insuficiente** para garantir a segurança das instalações e das pessoas que nelas trabalham. Neste sentido, sob o ponto de vista do **ciclo total de vida** das instalações, é necessária a implantação **prioritária** de sistemas de certificação de **empresas de serviços “Ex”** e de **competências pessoais “Ex”**, alinhadas com os sistemas **internacionais** existentes, internacionalmente elaborados e consensados, os quais incorporam as **melhores práticas mundiais** sobre o assunto “Ex”, objetivando estender a sua proteção.

Os requisitos básicos para a implantação de um adequado SGSO “Ex” estão detalhados nas Normas Técnicas Brasileiras da Série **ABNT NBR IEC 60079**, dentre as quais podem ser destacadas: **ABNT NBR IEC 60079-10-1** (*Classificação de áreas contendo gases inflamáveis*), **ABNT NBR IEC 60079-10-2** (*Classificação de áreas contendo poeiras combustíveis*), **ABNT NBR IEC 60079-14** (*Projeto, seleção de equipamentos e montagem de instalações “Ex”*), **ABNT NBR IEC 60079-17** (*Inspeção e manutenção de equipamentos e instalações “Ex”*) e **ABNT NBR IEC 60079-19** (*Reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”*).

Pode ser verificado que existem empresas no Brasil que processam, armazenam ou transportam produtos inflamáveis ou combustíveis, que sequer possuem documentação de classificação de áreas, demonstrando um grande desconhecimento e falta de atendimento dos **requisitos legais e normativos** existentes no Brasil, como a Norma Regulamentadora **NR-10** (*Segurança em eletricidade*), Norma Regulamentadora **NR-20** (*Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis*), Norma Regulamentadora **NR-37** (*Segurança em plataformas de petróleo*) e as Normas Técnicas Brasileiras adotadas das Séries **ABNT NBR IEC 60079** (*Atmosferas explosivas*) e **ABNT NBR ISO/IEC 80079** (*Equipamentos mecânicos “Ex”*).

Neste aspecto, deve ser ressaltado que a atual legislação brasileira sobre os requisitos de avaliação da conformidade de conformidade de equipamentos para atmosferas explosivas (RAC “Ex”), aborda apenas os requisitos de certificação de equipamentos **elétricos** para atmosferas explosivas contendo gases inflamáveis e poeiras combustíveis. Ainda não estão incorporados na legislação brasileira publicada pelo **Ministério do Trabalho**, pela **ANP** ou pelo **Inmetro**, os requisitos de segurança sob o necessário ponto de vista de segurança operacional ao longo do **ciclo total de vida** das instalações “Ex”, incluindo a avaliação da conformidade, por meio da certificação das **competências pessoais** e das **empresas de serviços “Ex”**, incluindo serviços de classificação de áreas, projeto, montagem, instalação, inspeção, manutenção, reparos e recuperação de equipamentos e instalações em atmosferas explosivas.

Como pode ser visto, para garantir a segurança das instalações elétricas em atmosferas explosivas, bem como dos trabalhadores envolvidos em indústrias como de óleo & gás, petroquímica, química, sucroalcooleira, farmacêutica, de grãos, alimentos, fertilizantes e portuária, dentre outras, é necessário que haja uma abordagem ao longo do **ciclo total de vida** das instalações “Ex” e não somente sob o ponto de vista dos **equipamentos elétricos ou mecânicos “Ex”** quando estes saem das fábricas, na condição de “novos”. Este tipo de abordagem constitui a base para os sistemas internacionais de certificação do **IECEX - Sistema Internacional de Avaliação da Conformidade da IEC para Atmosferas Explosivas**.

As **Nações Unidas** têm trabalhado em estreita cooperação com a **IEC** e com **IECEX**, de forma a desenvolver um modelo de legislação comum na área de equipamentos e instalações em ambientes com áreas classificadas. Em função desta cooperação, as Nações Unidas têm apoiado e incentivado a aplicação dos requisitos de certificação de **competências pessoais**, de **empresas de serviços “Ex”** e de **equipamentos elétricos e mecânicos**, elaborados por consenso pelos países participantes do IECEx, na legislação “nacional” de cada país membro. De acordo com as Nações Unidas, os programas internacionais de certificação “Ex” do IECEx devem ser utilizados para o **alinhamento** de regulamentos nacionais existentes nos diversos países com estas as **melhores práticas internacionalmente harmonizadas** sobre o assunto “Ex”.

De forma a fornecer a base para uma harmonização deste assunto, foi elaborado pelas Nações Unidas, em **2011**, juntamente com o IECEx, um documento intitulado “**Marco Regulatório Comum para Equipamentos Utilizados em Ambientes de Atmosferas Explosivas**”. Este documento é baseado na abordagem do “ciclo total de vida” das instalações, o que requer a execução correta de diversas atividades envolvidas, incluindo projeto, classificação de áreas, seleção, instalação, inspeção, manutenção e reparos dos equipamentos “Ex”.

Pode ser verificado, do ponto de vista **normativo e legal**, que o Brasil, por meio de Entidades como a ABNT, o Ministério do Trabalho, o Inmetro e outros segmentos da sociedade, estão alinhados e atuantes na aplicação das recomendações das **Nações Unidas** e do **IECEX** sobre certificação em atmosferas explosivas, incorporando as bases para o Sistema de Gestão Operacional “Ex”.

24 A indevida “normalização” dos desvios “Ex”: Como evitar?

Como pode ser observado nas inspeções de instalações de instrumentação, automação, telecomunicações e elétricas em áreas classificadas, os indevidos desvios de montagem, inspeção, manutenção e reparos de equipamentos e instalações “Ex” nestas áreas, passam a ser indevidamente aceitos pelas organizações, na medida em que não estejam causando acidentes catastróficos imediatos.

Infelizmente, em diversas inspeções que são feitas em equipamentos e instalações de instrumentação, automação, telecomunicações e elétricas em áreas classificadas, podem ser encontrados diversos “desvios” ou “falhas” relacionadas com os serviços de projeto, montagem, inspeção, manutenção ou reparo de equipamentos ou instalações “Ex”.

Estes desvios ou falhas, que comprometem o nível da segurança proporcionada pelos equipamentos e instalações “Ex”, podem fazer com que estes equipamentos, mesmo tendo sido devidamente “certificados”, se tornem fontes de ignição, no caso da presença de uma atmosfera explosiva no local da instalação.

Estas situações de risco podem ser atribuídas, dentre outros fatores, ao fato de que estas falhas existentes em equipamentos ou instalações “Ex” não originam uma explosão ou acidente catastrófico “*imediato*”, na medida em que podem perdurar na instalação até que haja efetivamente uma “perda de contenção” por parte dos equipamentos de processo, com a presença de fontes de liberação de gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, as quais formam atmosferas explosivas, resultando nas conhecidas e graves explosões, com catastróficas consequências para a vida das pessoas, para o meio ambiente e para o patrimônio e instalações.

Em função destes desvios aparentemente não apresentarem um “risco imediato” de explosão, as correções destes desvios em equipamentos e instalações “Ex” são eventualmente “postergadas” de forma indevida, fazendo com que estes desvios passem a ser perigosamente “aceitos”, passando indevidamente a “fazer parte da paisagem”, inclusive sob o incorreto argumento de que “*este equipamento “Ex” se encontra com este tipo de desvio há muito tempo e até o presente momento não provocou nenhuma explosão*”.

Estas situações, envolvendo a perda de características de proteção dos equipamentos elétricos ou mecânicos “Ex”, têm sido consideradas “normais”, diferentemente daquelas que envolvem a perda de contenção ou o vazamento de substâncias inflamáveis ou combustíveis em vasos de pressão ou equipamentos e tubulações de processo, as quais são prontamente tratadas e sanadas, em função do risco “imediato” de acidente catastrófico ou explosão.

Por outro lado, são também verificados casos práticos muito mais graves e de maior risco operacional, onde a falha na execução de serviços adequados de manutenção preventiva ou corretiva faz com ocorram vazamentos “frequentes” através de válvulas de bloqueio ou de tubulações de processo, que levam fontes de liberações de grau “secundário” atuarem indevidamente como fontes de liberações de grau “primário”. Uma medida indevida de mitigação, neste caso, seria considerar a área do local do vazamento “frequente” como Zona 1, ao invés de Zona 2, devido à presença, na “prática”, de uma atmosfera explosiva em condição “normal” de operação. As normas técnicas sobre classificação de áreas especificam que esta classificação é considerada sob condições “normais” de operação, incluindo com a aplicação dos serviços adequados de manutenção de rotina.

Nestes casos, pode ser verificada a ocorrência uma indevida “aceitação” da existência de desvios nos equipamentos ou instalações “Ex”, fazendo com que a correção destas falhas sejam equivocadamente “adiadas”, devido a uma “insensibilidade” ou de uma “falta de percepção do elevado potencial de risco”, que pode ser denominada como um fenômeno de indevida “normalização dos desvios Ex”, sendo priorizada a execução de outros serviços de manutenção, que apresentem um impacto ou risco mais “imediate”, sob os pontos de vista de confiabilidade, produção ou segurança.

A expressão “normalização dos desvios” foi inicialmente utilizada pela socióloga Diane Vaughan durante as análises das causas da explosão ocorrida com o ônibus espacial *Challenger*, durante seu lançamento, em 28/01/1986, como mostrado na Figura a seguir.



Explosão do ônibus espacial Challenger, em 28/01/1986, lançado apesar dos reconhecidos problemas, pela NASA, existentes nas juntas de vedação dos tanques de combustíveis dos foguetes (History Channel)

Vaughan observou que a causa raiz daquele desastre do *Challenger* estava ligada à decisão repetida dos oficiais da NASA de lançar o ônibus espacial, apesar da existência de uma perigosa e reconhecida falha de projeto relacionada à falta de resiliência, a baixas temperaturas, dos anéis de vedação dos tanques de combustível dos foguetes. Diane Vaughan afirma que esse fenômeno ocorre quando “as pessoas de uma organização se tornam tão insensíveis a uma prática irregular que esta passa a não parecer errada”.

Esta “insensibilidade” surge de forma gradual, às vezes ao longo de anos, pois os desastres, catástrofes ou explosões não acontecem de forma imediata, até que outros desvios e fatores críticos estejam alinhados e simultaneamente presentes, como nos casos de alinhamento dos “furos” de um “queijo suíço”, na analogia com a perda das barreiras de proteção.

De uma forma geral, a expressão “normalização dos desvios” é aplicada para descrever as situações em que a degradação de equipamentos ou a adoção de práticas inseguras passa a ser “aceita” pela organização por não gerar consequências catastróficas “imediatas”. Com o tempo, a situação degradada passa a ser vista como “normal” e riscos que não eram assumidos originalmente passam a se tornar indevidamente “aceitos”.

Neste sentido, a normalização dos desvios pode ser considerada como um processo gradual, por meio do qual uma prática ou procedimento inaceitável, se torna indevidamente aceitável. Na medida em que o comportamento indevido é repetido sem a ocorrência de resultados catastróficos, ele passa a se tornar “aceito” ou mesmo “normalizado” pela organização. Isto significa que as pessoas de dentro da organização se tornam de tal forma “acostumadas” com um comportamento de desvio, que elas não mais consideram o “desvio” como uma falha ou risco, apesar do fato que estes desvios não atenderem aos requisitos normativos ou regras de segurança.

Quanto mais os desvios ocorrem, mais as pessoas de dentro da organização se tornam indevidamente “acostumadas” com eles. Para pessoas de “fora” da organização, que tenham as devidas competências pessoais, a percepção de situações ou atividades com desvios são claras. No entanto, as pessoas de “dentro” da organização passam a não reconhecer estes desvios, porque eles parecem como sendo ocorrências “normais”, passando a “fazer parte da paisagem”.

Aplicando esta abordagem proveniente de experiências existentes na indústria aeroespacial, para a área da indústria petroquímica e do petróleo e gás, relacionada com a segurança de equipamentos e instalações em atmosferas explosivas, a expressão “normalização de desvios Ex”, pode ser aplicada para descrever situações em que a degradação de equipamentos ou instalações “Ex”, ou a adoção de práticas inseguras, passam a ser “aceitas” pela organização por não gerar consequências catastróficas ou explosões de uma forma “imediata”. Com o tempo, a degradação de equipamentos ou instalações “Ex” passa a ser vista como “normal” e os riscos podem se tornar indevidamente “tolerados” ou “aceitos”.

Com relação às instalações de instrumentação, de automação, de telecomunicações e elétricas em atmosferas explosivas, pode ser verificado, sob o ponto de vista prático, considerando as inspeções que são executadas em equipamentos e instalações em áreas classificadas, que a “normalização dos desvios” pode ocorrer também pela existência de “obstáculos” à utilização do processo correto, fatores relacionados ao tempo ou custo para a execução do serviço, necessidade de continuidade operacional, desconhecimento das normas técnicas, “pressão” dos colegas ou por falta de procedimentos adequados por parte da organização.

É necessário explorar o impacto desse fenômeno comportamental, da indevida “normalização dos desvios Ex” sobre as fatalidades, destruição do patrimônio e os impactos negativos ao meio ambiente, decorrentes de explosões envolvendo equipamentos e instalações em atmosferas explosivas. É necessário também aplicar esta aprendizagem e conceito de “normalização dos desvios”, trazido da indústria aeroespacial, adotando as medidas que as organizações envolvidas com processos de alto risco encontraram, para evitar o processo de *normalização dos desvios “Ex”*, também encontrado nas indústrias do petróleo e gás natural (terrestre e marítima), petroquímica, de alimentos, silos de armazenamento de grãos e portuária, entre outras.

24.1 O MITO “Ex”

Contribuindo para a “normalização dos desvios Ex” pode ser constatada na prática a existência, em especial por parte dos usuários de equipamentos elétricos “Ex”, de um certo “MITO”, com base na hipótese de que basta a aquisição de equipamentos com “**certificados Inmetro**”, atendendo aos requisitos legais existentes, para garantir a **segurança** das instalações em atmosferas explosivas. Pode ser verificado, no entanto, durante as frequentes inspeções de campo que são realizadas em instalações em áreas classificadas, que a atual certificação de equipamentos elétricos “Ex” tem se mostrado **insuficiente** para garantir a segurança das instalações “Ex” e das pessoas que nelas trabalham, ao longo do seu ciclo total de vida.

Isto pode ser verificado em função de diversos acidentes e explosões envolvendo instalações em indústrias químicas, petroquímicas e de petróleo (tanto em instalações terrestres como marítimas). Nestas instalações, mesmo com a existência e a instalação de equipamentos de automação, instrumentação, telecomunicações e elétricos “Ex” com “certificação Inmetro”, em diversos casos, estes equipamentos atuaram como “**fontes de ignição**” da atmosfera explosiva existente no ambiente, provocando explosões e acidentes de elevada gravidade.

Neste sentido, sob o ponto de vista de segurança industrial, tem sido comprovado que de **pouco adianta** os equipamentos de automação, instrumentação, telecomunicações e elétricos “Ex” terem sido certificados por organismos de certificação, se eles são indevidamente **especificados, instalados, inspecionados, mantidos ou reparados**, ao longo do **ciclo total de vida** em que permanecem instalados em áreas classificadas contendo atmosferas explosivas de gases inflamáveis ou de poeiras combustíveis.



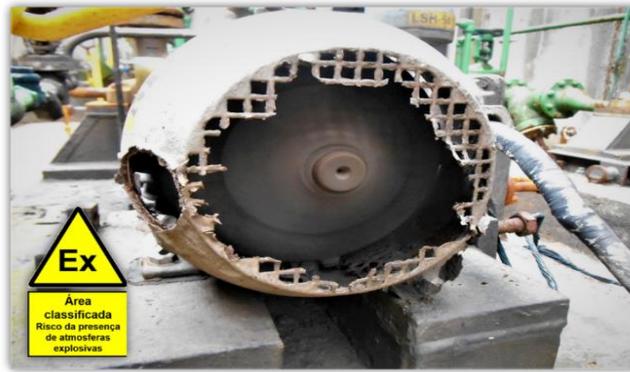
Equipamentos intrinsecamente seguros, com certificação Ex “i”, encontrados instalados em área classificada, conectado a caixas de junção com cabos com capa externa na cor “azul claro”, sem a instalação de barreira de segurança intrínseca ([Ex “i”]) para a proteção dos respectivos circuitos



Luminária do tipo “segurança aumentada”, com certificação Ex “e” encontrada em área classificada com prensa-cabo sem aperto, com ingresso de água para o interior do invólucro



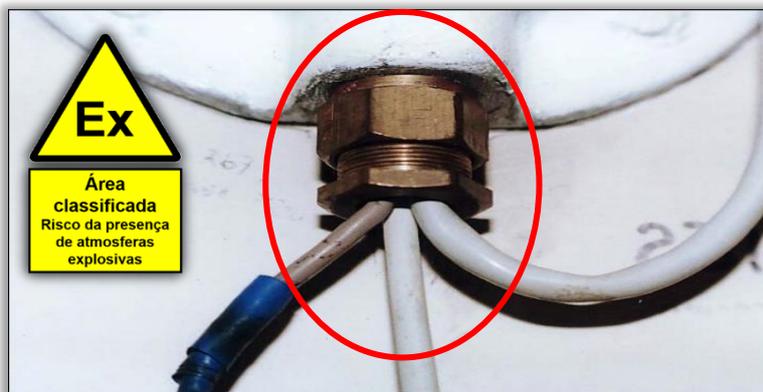
Exemplo de indevido desvio “Ex”: Caixa de terminais (“Junction-Box”) com certificação Ex “e” (segurança aumentada) encontrada instalada no campo, em área classificada, com entrada de cabos não utilizada aberta (sem bujão “Ex”)



Motor elétrico com certificação “não acendível” (Ex “nA”) encontrado instalado em área classificada com tampa defletora corroída e danificada, com a exposição do ventilador externo

O que pode ser verificado é que a falta de **segurança** das instalações “Ex”, em diversos casos, é devida a falta de documentação de classificação de áreas, falha de especificação dos equipamentos “Ex”, falhas de projeto, falhas de montagem, falhas de inspeção, falhas de manutenção ou por falhas nos serviços de reparo ou recuperação dos equipamentos “Ex”. Estas “falhas” ou “desvios” podem ser atribuídas, na maioria dos casos, às falhas humanas, decorrentes de falta de **qualificações, treinamentos, experiências, competências ou certificação** das pessoas que executam ou que supervisionam os serviços de classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos dos equipamentos e instalações “Ex”, bem como na falta de **competências e certificação** das **empresas** executantes estes tipos de serviços para atmosferas explosivas.

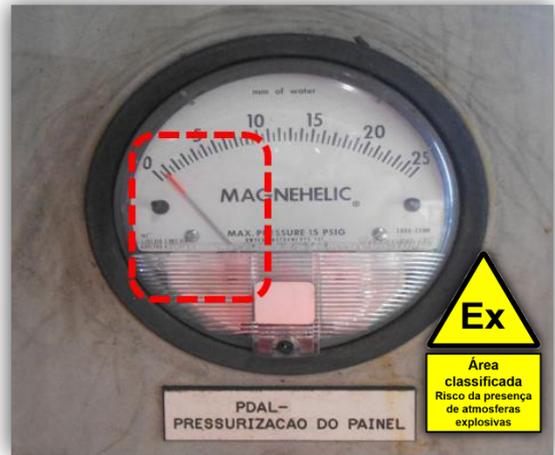
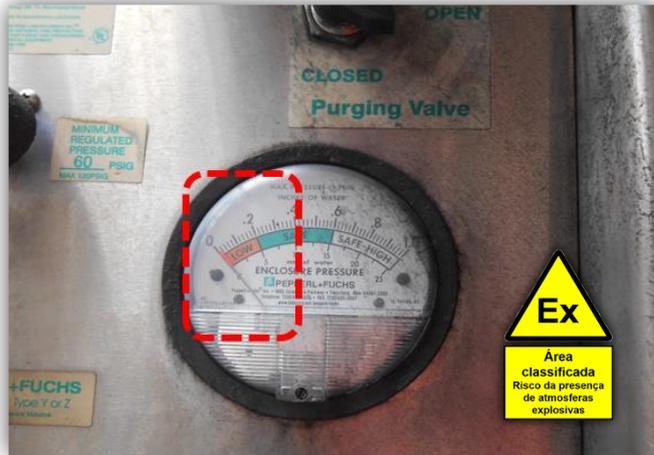
Frequentemente as empresas de projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos de equipamentos e instalações “Ex” apresentam **deficiências** de gestão, de procedimentos técnicos de trabalho e de qualificação do seu pessoal de execução e de supervisão, os quais não possuem as devidas **experiências e conhecimentos**, que os tornem competentes para desempenharem com a **eficiência e segurança** necessárias, os serviços “Ex” para as quais são solicitados.



Exemplo de “normalização de desvios Ex”: Invólucro com certificação Ex “d” com prensa-cabo com certificação Ex “d” com a instalação incorreta de três cabos



Exemplo de “normalização de desvios Ex”: Acionador elétrico de válvula de bloqueio motorizada, com invólucro metálico certificado “à prova de explosão”, encontrado com sinal de dano ao invólucro devido à necessidade de utilização de talhadeira e marreta para abertura da tampa e instalação incorreta de prensa-cabo Ex “e” de material plástico



Exemplos da indevida “normalização de desvios Ex”: Equipamentos com invólucros com certificação Ex “p” (pressurizados) encontrados sem pressurização interna, conforme indicado nos respectivos pressostatos



Exemplo da indevida “normalização de desvios Ex”: Instrumento com certificação Ex “d” encontrado com entrada de cabo não utilizada plugueada indevidamente com tampão plástico para proteção de rosca (sem bujão “Ex”)



Exemplo de indevido desvio “Ex”: Invólucro metálico com certificação Ex “d” encontrado instalado em campo, em área classificada, com a conexão direta de eletroduto flexível com capa da PVC

Nos exemplos apresentados de “desvios” ou “não conformidades” de campo encontrados nos equipamentos e instalações elétricas em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, podem ser identificados **dois fatores em comum**: todos os equipamentos elétricos “Ex” haviam sido originalmente **certificados** pelos respectivos fabricantes e todos os serviços foram executados ou supervisionados por profissionais **autorizados**

pelas respectivas empresas responsáveis, para intervenção em equipamentos e instalações elétricas, inclusive em áreas classificadas, de acordo com os requisitos **legais** vigentes.

Estes “desvios” evidenciam que somente a certificação de **equipamentos “Ex”** tem se mostrado **insuficiente** para garantir a segurança das instalações elétricas em áreas classificadas. A sistemática da **avaliação da conformidade**, por meio da **certificação**, aplicável para **equipamentos “Ex”** deve ser aplicada também para a certificação das **Empresas de Serviços “Ex”** e para a certificação das **competências pessoais “Ex”**.

Resumindo, sob o ponto de vista de segurança das instalações contendo áreas classificadas, pode ser verificado que somente a certificação dos equipamentos **elétricos ou mecânicos “Ex”** tem se mostrado **INSUFICIENTE** para garantir a **segurança** destas instalações ou das pessoas que nelas trabalham, ou para a proteção do meio ambiente, considerando a grande quantidade de falhas encontradas nos equipamentos e instalações “Ex”, decorrentes muitas vezes da “normalização de desvios Ex”. Deve ser ressaltado que essa “normalização” dos desvios ocorre uma vez que estas “falhas”, ou “desvios” ou “não conformidades” encontradas no campo não resultam em explosões catastróficas **“imediatas”**.

Portanto, pode ser considerado então um **“MITO”** o entendimento de que a simples aquisição de equipamentos elétricos **“certificados”** possa garantir a segurança em áreas classificadas. É necessária a adoção de uma nova **abordagem**, sob o ponto de vista do **ciclo total de vida** das instalações em atmosferas explosivas, levando em consideração a necessidade de **avaliação da conformidade**, por meio da **certificação**, não somente dos **equipamentos** de instrumentação, de automação, de telecomunicações, elétricos ou mecânicos “Ex”, mas também a avaliação da conformidade por meio da **certificação** das **empresas de serviços “Ex”** e das **competências pessoais** dos profissionais executantes e supervisores envolvidos em serviços em áreas classificadas.

24.2 Como evitar a indevida normalização dos desvios “Ex”?

São apresentadas a seguir algumas ações que contribuem para evitar a ocorrência ou a continuidade da indevida “normalização dos desvios Ex” e que podem ser seguidas para a elevação do nível de segurança dos equipamentos e instalações em áreas classificadas.

24.2.1 Abordagem da segurança das instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas sob o ponto de vista do “ciclo total de vida” das instalações “Ex”

Existe a necessidade de focar a segurança em áreas classificadas não somente sob o ponto de vista “restrito” dos **equipamentos elétricos “Ex”** certificados, de acordo com os atuais regulamentos existentes no Brasil publicados pelo Inmetro, mas também na segurança destes equipamentos **ao longo de todo o tempo** em que permanecem instalados em áreas classificadas, sujeitas aos riscos de explosões.

O que pode ser verificado, na prática, é que muitos equipamentos “Ex”, mesmo sendo **certificados**, são **indevidamente** especificados, ou instalados ou mantidos ou inspecionados ou reparados, fazendo com que eles **percam** as características dos tipos proteção “Ex” e passem a representar uma fonte de ignição. Sob o enfoque da “normalização dos desvios Ex”, estas “falhas” ou “desvios” ou “não conformidades” de campo encontradas em equipamentos e instalações “Ex” passam a ser indevidamente **“aceitos”** com o passar do tempo, em função de não apresentarem normalmente consequências catastróficas **“imediatas”**.

Nestas situações, quando houver a presença de uma atmosfera explosiva ao redor destes equipamentos “Ex”, eles podem provocar uma explosão, mesmo tendo sido devidamente **certificados**, em função de falhas introduzidas pelos usuários dos equipamentos, as quais não são tratadas com a devida prioridade.

Fazendo-se uma analogia com uma **CORRENTE**, composta por diversos ELOS. A resistência de uma corrente depende do seu **elo mais fraco**. De forma similar, a segurança das instalações em atmosferas explosivas pode ser entendida como sendo a composição de diversos “elos”, os quais necessitam estar fortes para EVITAR a existência de uma fonte de ignição que possa provocar uma explosão.





A corrente de segurança das instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas: A segurança total das instalações é limitada pelo seu “elo mais fraco”

Como exemplos dos ELOS desta corrente podem ser citadas os serviços de classificação de áreas, especificação dos equipamentos “Ex”, montagem, inspeção, manutenção, reparos, recuperação, auditorias e gestão das instalações e dos equipamentos elétricos, de instrumentação, de automação e de telecomunicações e mecânicos “Ex”.

Como pode ser entendido, o “ELO” representado pelos equipamentos “Ex”, no qual estão incluídos os fabricantes, os laboratórios de ensaios e os organismos de certificação, representa **somente um dos elos** da corrente de segurança das instalações “Ex”. A simples posse dos **certificados** de conformidade dos equipamentos “Ex” instalados não é suficiente para garantir a segurança das instalações e das pessoas que nelas trabalham, apesar de ainda ser a preocupação **básica** de muitos usuários, empresas de seguros ou entidades responsáveis pelas auditorias e avaliação da conformidade de instalações em áreas classificadas.

Cada um destes “elos” da “corrente de segurança Ex” somente pode ser considerado “forte” caso os respectivos serviços forem executados por **pessoas** ou **empresas** de serviços devidamente **competentes** ou certificadas, evidenciando o conhecimento na aplicação dos requisitos normativos indicados nas respectivas Normas Técnicas Brasileiras das Séries ABNT NBR IEC 60079 e ABNT NBR ISO/IEC 80079.

Somente desta forma, contando com empresas e pessoas comprovadamente **competentes**, os usuários podem **CONFIAR** que as instalações “Ex” estão **seguras**, no caso de um vazamento de substâncias inflamáveis ou combustíveis entrar em contato com equipamentos “Ex” elétricos, eletrônicos ou mecânicos, sem que haja o risco da ocorrência de uma explosão.

A abordagem de certificação com base no “**ciclo total de vida**” das instalações “Ex” reconhece este fato de que somente a “tradicional” certificação de equipamentos elétricos e mecânicos “Ex” **não é suficiente** para garantir a segurança das instalações em atmosferas explosivas, das pessoas que nelas trabalham ou do meio ambiente, sendo que a “normalização dos desvios Ex” contribui para que as falhas e desvios existentes em equipamentos e instalações permaneçam ocorrendo, apesar destes desvios serem reconhecidamente existentes.

Sob o ponto de vista do ciclo total de vida das instalações elétricas, de instrumentação, de automação, de telecomunicação e mecânicas em atmosferas explosivas, os equipamentos “Ex” devem estar seguros **durante todo o tempo** em que permanecem instalados em áreas classificadas, ao **longo de décadas**, e não somente quando estes equipamentos **saem das fábricas**.

24.2.2 Investir em qualificação, treinamento, reciclagem, competência e certificação “Ex” das pessoas

Investir nas **pessoas** que executam ou supervisionam serviços em atmosferas explosivas, incluindo classificação de áreas, projeto, seleção de equipamentos elétricos e mecânicos “Ex”, inspeção, manutenção, reparo, revisão e recuperação de equipamentos elétricos e mecânicos e instalações “Ex” contribui para que não continue ocorrendo a indevida “normalização de desvios Ex”.

Isto se deve ao fato de que as pessoas, sendo devidamente “competentes” em suas atividades e estando “cientes” dos requisitos normativos aplicáveis e providas com as devidas “percepções do risco” sobre a possibilidade de explosão catastrófica, atuem no sentido de que os serviços sejam executados de forma adequada e que eventuais desvios ou falhas de equipamentos e instalações “Ex” sejam devidamente registrados em sistemas de gestão de ativos e de manutenção, sendo regularizadas o mais rapidamente possível.



Para evitar a indevida “normalização de desvios Ex”, devem ser requeridas a **qualificação, treinamento, experiência, conhecimento, competência e certificação** dos técnicos e engenheiros envolvidos com atividades em atmosferas explosivas, incluindo:

- Usuários de equipamentos e instalações de equipamentos elétricos, eletrônicos, de instrumentação, de telecomunicações ou mecânicos “Ex”
- Executantes, supervisores, técnicos e engenheiros envolvidos com atividades de operação, segurança industrial, projeto, montagem, inspeção, manutenção, reparos e auditorias em áreas classificadas
- Empresas de serviços de classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção e manutenção de instalações elétricas e mecânicas “Ex”
- Empresas de serviços de reparo, revisão e recuperação de equipamentos elétricos, de instrumentação, de automação, de telecomunicações ou mecânicos “Ex”
- Provedores de treinamentos “Ex”
- Empresas de consultoria sobre equipamentos e instalações “Ex”
- Organismos de Certificação de Competências Pessoais “Ex”, de Serviços “Ex” e de Equipamentos “Ex”
- Fabricantes de equipamentos elétricos, eletrônicos, de instrumentação, de automação ou de telecomunicações “Ex”
- Fabricantes de equipamentos mecânicos “Ex”
- Auditores de equipamentos e instalações elétricas e mecânicas “Ex”
- Laboratórios de ensaios de equipamentos elétricos e mecânicos “Ex”
- Empresas de seguros de instalações industriais contendo áreas classificadas de gases inflamáveis ou poeiras combustíveis

Para estas pessoas “Ex” e para as respectivas empresas de serviços “Ex” é necessário que seja requerida a devida qualificação, experiências, conhecimentos, competências e **certificação**, incluindo para os serviços ou atividades de classificação de áreas, projeto, seleção de equipamentos elétricos e mecânicos “Ex”, inspeção, manutenção, reparo, revisão e recuperação de equipamentos elétricos e mecânicos e instalações “Ex” e auditorias de instalações em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.



Na medida em que estas pessoas e empresas de serviços “Ex” tenham o devido conhecimento dos requisitos definidos nas Normas aplicáveis da Série ABNT NBR IEC 60079, existe um menor risco de que haja uma indevida “normalização de desvios Ex”, ou que estes desvios passem a ser indevidamente “tolerados” ou “aceitos” com o passar do tempo, em função de não causarem uma catástrofe **imediate**.

24.2.3 Implantação de sistema de gestão de segurança e de ativos de equipamentos e instalações “Ex”

Neste sentido, pode ser feito um comparativo com os requisitos aplicados aos equipamentos de **processo**, como os vasos de pressão, que são especificados na Norma Regulamentadora **NR-13 - Caldeiras e vasos de pressão**. As caldeiras e vasos de pressão também requerem rigorosos requisitos de **segurança** e de **inspeção**, em função do elevado risco de explosão em casos de perdas de contenção por parte dos equipamentos de processo.

Para atendimento da Norma Regulamentadora NR-13 e dos respectivos prazos de parada periódica para inspeção e manutenção, muitas empresas optam em possuir um **SPIE (Sistema Próprio de Inspeção de Equipamentos)**, que passa periodicamente por processo de avaliação e de auditorias externas. A existência de um SPIE faz com que o acompanhamento contínuo das caldeiras e dos vasos de pressão, representados pelos equipamentos de processo, permita um maior **intervalo** entre as paradas programadas para as inspeções e manutenção. O SPIE é uma ferramenta importante para a garantia da segurança operacional e contribui significativamente para a conformidade com as práticas do **Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO)**.

De forma similar, na área de **instalações elétricas em atmosferas explosivas** existe a necessidade de que haja um tipo de **SPIE “Ex”**, representado também por um sistema de cadastro, acompanhamento, inspeções periódicas e manutenção dos equipamentos “Ex”, de forma a assegurar que estes equipamentos estejam devidamente **instalados, mantidos ou reparados**, ao longo do seu **ciclo total de vida**.

Com base neste sistema de **gestão de ativos “Ex”** é possível haver uma **confiança** de que os equipamentos “Ex” não representam uma fonte de ignição e que não haverá uma explosão em uma eventualidade de liberação inesperada de gases inflamáveis ou de poeiras combustíveis devido à eventuais **perdas de contenção** por parte dos equipamentos de processo e vasos de pressão.

Se por um lado o **SPIE** assegura a integridade física das **caldeiras, vasos de pressão e dos equipamentos de processo** (como vasos, tanques, fornos, caldeiras, reatores e torres de destilação) evitando a liberação de gases inflamáveis ou poeiras combustíveis para o meio ambiente, o **SPIE “Ex”** pode assegurar a integridade dos **equipamentos e instalações “Ex”**, de forma a não representarem **fontes de ignição** capazes de causar uma explosão, caso haja falha de algum equipamento de processo, com perda de sua capacidade de contenção e a conseqüente formação de uma atmosfera explosiva.



Instalações de instrumentação, de telecomunicações, elétricas e mecânicas em áreas classificadas: Gestão de risco “Ex” contra a indevida existência de fontes de ignição

Um sistema de gestão “Ex” para os equipamentos e instalações em atmosferas explosivas pode ser entendido como um SGSO “Ex” no caso de incluir: documentação de **classificação de áreas**, do controle do **inventário** dos equipamentos elétricos, mecânicos, de instrumentação, de telecomunicações e mecânicos existentes, tanto **fixos** como **móveis**, dos **certificados de conformidade** dos equipamentos “Ex” instalados, documentação de **projeto** de instalações “Ex” (ABNT NBR IEC 60079-14), programa de **inspeções iniciais e periódicas “Ex”** (ABNT NBR IEC 60079-17), relatórios de

manutenção e de inspeções (ABNT NBR IEC 60079-17), relatórios de reparos e recuperação (ABNT NBR IEC 60079-19), controle de **treinamento** e de **reciclagem** sobre “atmosferas explosivas” dos profissionais envolvidos com serviços em áreas classificadas, controle de **certificação** de **executantes** e **supervisores** (próprios e contratados) de acordo com as **Unidades de Competências Pessoais “Ex”** aplicáveis a cada atividade “Ex” e programa de **auditorias internas** para a verificação da continuidade e atualização da aplicação dos requisitos das Normas da Série **ABNT NBR IEC 60079 – Atmosferas explosivas**.

No sistema de gestão “Ex”, todos os equipamentos e sistemas “Ex” devem ser devidamente **cadastrados** e periodicamente inspecionados, de forma a permitir o acompanhamento, de forma técnica e gerencial, da evolução do planejamento das inspeções iniciais e periódicas, assegurando inclusive que não seja excedido o **prazo máximo de três anos** para inspeção de cada um dos itens “Ex” fixos, móveis, portáteis ou pessoais existentes, instalados ou utilizados em cada instalação.

Com a implantação da sistemática especificada na Norma ABNT NBR IEC 60079-17 (**Inspeção e manutenção de instalações “Ex”**), de **inspeções periódicas** de equipamentos e instalações em atmosferas explosivas, e posteriormente da criação dos devidos **registros** das falhas encontradas em ordens de manutenção do sistema de gestão utilizado na Empresa, pode ser assegurado que as falhas existentes em especificação de equipamentos ou em instalações em atmosferas explosivas sejam devidamente identificadas, priorizadas e corrigidas nos prazos determinados, com base nos riscos potenciais de se tornarem fontes de ignição, evitando que ocorra esta indevida “*normalização de desvios Ex*”.

24.2.4 Investir em equipamentos “Ex” que possuam características construtivas com requisitos mais simples para os serviços de campo de montagem, inspeção, manutenção e reparos “Ex”

A eventual complexidade de requisitos para os serviços de **campo** realizados pelos proprietários ou usuários, para montagem, inspeção, manutenção e reparo de equipamentos “Ex” é um fator agravante de risco que pode levar a uma indevida “*normalização de desvios Ex*”. Um exemplo deste tipo de situação é aquele que ocorre nos equipamentos que possam necessitar de uma quantidade muito grande parafusos para fixação de suas tampas, dificultando os serviços de montagem e manutenção de campo.

Em inspeções realizadas de campo, são frequentemente encontrados “desvios” relacionados com os serviços de instalação, manutenção, inspeção e reparo de equipamentos “Ex”, como ingresso de água pelos eletrodutos, corrosão das faces das juntas metálicas, roscas de alumínio dos invólucros espanadas pelos parafusos de aço para fixação das tampas, falta de parafusos de fixação das tampas, falta de instalação de unidades seladoras, falta de selagem das unidades seladoras, selagem incorreta das unidades seladoras, falta de instalação de niples certificados, falta de instalação de união macho/fêmea certificadas, conexões roscadas com menos de cinco fios de rosca conectadas, superfícies flangeadas das juntas metálicas com a existência de danos, riscos ou trincas nas áreas de passagem de chama e colocação indevida de silicone nas juntas flangeadas, na tentativa de evitar o ingresso de água.



Exemplo de caixa de terminais (“Junction-Box”) com invólucro metálico do tipo “à prova de explosão”, com junta flangeada, com a necessidade de instalação e aperto de grande quantidade de parafusos para a fixação da tampa

Estes “desvios” nos serviços de campo de montagem e de manutenção “Ex” que, com o transcorrer do tempo, passam a ser indevidamente “aceitos”, por não ocasionarem consequências catastróficas “**imediatas**”, podem ser considerados como parte do fenômeno da indevida “*normalização de desvios Ex*”, comprometendo a segurança originalmente proporcionada pelos equipamentos “certificados”, nas suas condições de “**novos**”, quando saem das fábricas dos respectivos fabricantes.

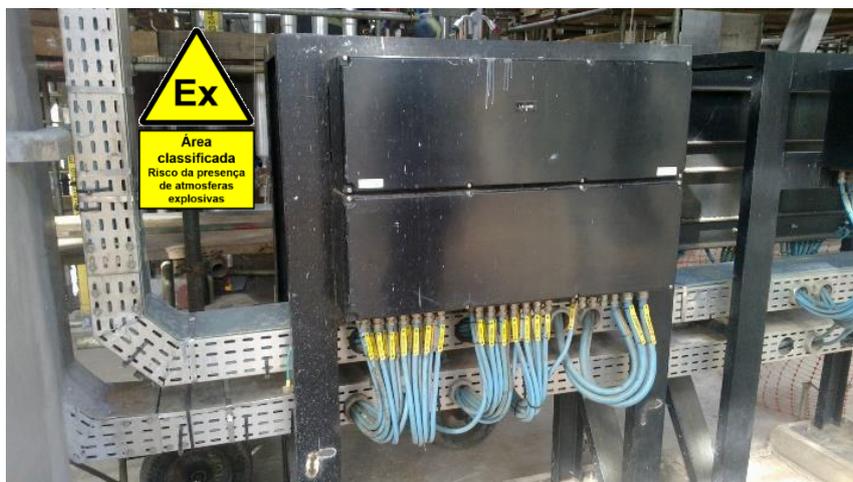
Deve ser ressaltado que **TODOS** os tipos de proteção “Ex”, devidamente especificados em Normas Técnicas Brasileiras adotadas das Series ABNT NBR IEC 60079 e ABNT NBR ISO 80079, incluindo por exemplo os equipamentos de instrumentação, de automação, de telecomunicações, elétricos ou mecânicos com tipos de proteção **Ex “d”, Ex “de”, Ex “m”, Ex “i”, Ex “op”, Ex “t”, 2-WISE, Ex “h”, Ex “c”, Ex “k” ou Ex “b”** podem ser considerados “**SEGUROS**”, desde que os equipamentos sejam devidamente **instalados, mantidos e reparados** ao longo do seu **ciclo total de vida**.

No entanto, com base em casos práticos encontrados em inspeções efetuadas em campo, pode ser observada a ocorrência de “desvios” relacionados com equipamentos “Ex” devido a eventuais “*procedimentos complexos de serviços de campo*”, exigidos para a execução dos serviços de montagem, inspeção, manutenção e reparo, o que requer um maior nível de **competência** do pessoal envolvido. No entanto, infelizmente, nem sempre isso acontece na prática, para as atividades de execução e supervisão nas especialidades de instrumentação, telecomunicações e elétrica “Ex”.

Face a disponibilidade de diversos equipamentos “Ex” no mercado nacional, podem ser especificados equipamentos com tipos de proteção, como segurança aumentada (Ex “e”), encapsulamento em resina (Ex “m”), segurança intrínseca (Ex “i”) ou proteção contra ignição de poeiras combustíveis por invólucro (Ex “t”), que requerem procedimentos de campo mais **simples** para os serviços de **montagem, inspeção, manutenção e recuperação** comparando com os procedimentos exigidos para os invólucros metálicos à prova de explosão (Ex “d”).

A especificação de equipamentos com invólucros com tipo de proteção **Ex “e”** (*segurança aumentada*), apresenta dentre outros, os benefícios de proporcionar serviços de campo mais **simplificados** em relação a outros tipos de proteção “Ex”. Este tipo de proteção Ex “e” é aplicável aos casos em que os equipamentos “Ex” **não possuam** uma fonte de centelhamento em operação normal ou pontos de alta temperatura. Podem ser citados como exemplos “típicos” de equipamentos Ex “e”, as **caixas de junção** (*Junction-box*) “Ex” e as **luminárias LED** “Ex”.

O tipo de proteção Ex “e” pode ainda ser utilizado em **combinação** com outros tipos de proteção, como **Ex “m”** (*proteção de equipamentos por encapsulamento*), com marcação **Ex “em”**, os quais também proporcionam procedimentos **simplificados** de serviços de montagem, inspeção e manutenção de campo.



*Exemplo de caixas de terminais (“Junction-Boxes”) com invólucros **plásticos** com tipo de proteção Ex “e” (segurança aumentada), com requisitos de serviços de campo simplificados, sem a necessidade de instalação de unidades seladoras, niples ou uniões macho/fêmea com tipo de proteção Ex “d”*



*Exemplo de caixas de terminais (“Junction-Boxes”) com invólucros **metálicos**, em aço inoxidável, com tipo de proteção Ex “e” (segurança aumentada), com requisitos de serviços de campo simplificados, sem a necessidade de instalação de unidades seladoras, niples ou uniões macho/fêmea com tipo de proteção Ex “d”*

Em casos eventuais, quando não existem alternativas técnicas para a especificação de equipamentos com invólucros **metálicos** do tipo “à prova de explosão”, podem ser especificados invólucros Ex “d” com tampas **ROSCADAS** e com entradas **INDIRETAS**. Neste tipo de produto “Ex”, disponível no mercado desde a década de **1970**, os cabos externos ao equipamento (cabos instalados pelos usuários) são conectados a caixas de terminais do tipo **segurança aumentada** (Ex “e”), não necessitando da abertura dos invólucros metálicos à prova de explosão, reduzindo o **risco de erros humanos** nos serviços de campo para montagem, inspeção ou manutenção. Além disto, o invólucro Ex “d” nas versões com tampa **ROSCADA**, dispensa a necessidade de instalação de uma grande quantidade de parafusos para a fixação de tampas nos flanges.

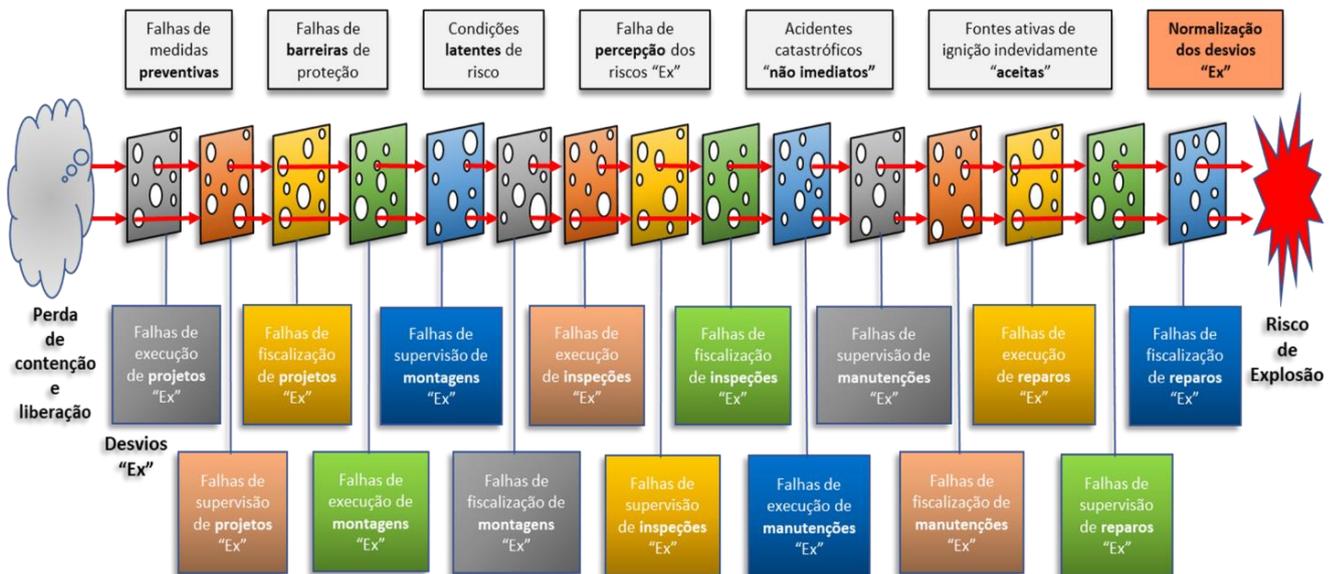
24.3 Considerações gerais sobre medidas de prevenção e mitigação de riscos “Ex”

Pode ser verificado que muitos acidentes e explosões ocorrem porque não foram devidamente analisados os potenciais de consequências **catastróficas** decorrentes de **erros humanos** nas atividades relacionadas com serviços realizados em atmosferas explosivas.

De forma a contribuir para se evitar a ocorrência de novos acidentes e explosões em atmosferas explosivas, levando em consideração as ocorrências encontradas de normalização de desvios “Ex”, é importante que sejam revisados e atualizados os **critérios de projeto** e de **especificação** técnica de equipamentos “Ex”, incorporando as atuais **tecnologias** disponíveis no mercado, que proporcionam procedimentos de montagem, inspeção, manutenção e reparos mais **simplificados**.

É fundamental que os equipamentos elétricos, de instrumentação, de automação, de telecomunicações e mecânicos “Ex” sejam especificados de forma a **minimizar** as consequências de **erros humanos**, bem como implantar procedimentos de inspeções **iniciais** detalhadas e de inspeções **periódicas** apuradas, **registrando** os desvios “Ex” encontrados, cujas correções devem ser devidamente **priorizadas**, de acordo com a **gravidade** de cada um dos desvios encontrados.

Devem ser também analisadas as consequências sobre os “**quase acidentes**” ou “**desvios Ex**” que tornam os equipamentos “Ex” certificados como prováveis **fontes de ignição**, incluindo medidas mitigadoras, como treinamentos periódicos e revalidações de **certificação** de competências pessoais “Ex” de executantes e de supervisores. Além disto, é necessário também que exista implantado um adequado **sistema de gestão de segurança** dos equipamentos e instalações “Ex”, que acompanhe e monitore os requisitos **técnicos, de gestão e de competências pessoais** requeridas.



A normalização dos desvios “Ex”: Perda continuada de barreiras de proteção ocasionadas por falhas humanas pode levar a um acidente em caso de perdas de contenção de gases inflamáveis ou poeiras combustíveis em áreas classificadas

Neste sentido, pode ser percebido, entendido e reconhecido que as pessoas cometem **erros**, reforçando a importância de especificar e instalar equipamentos elétricos e mecânicos “Ex” que requeiram procedimentos mais **simplificados** para os serviços em campo, de montagem, inspeção, manutenção, reparo, revisão e recuperação, de forma que a possibilidade de ocorrência destes erros humanos seja reduzida.

Contribui também de forma significativa para a segurança das instalações em áreas classificadas, a implantação de um **sistema de gestão de ativos “Ex”**, com foco nos requisitos especificados nas normas técnicas brasileiras adotadas da Série ABNT NBR IEC 60079 relacionadas com os serviços de projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos “Ex”.

24.4 Considerações sobre a indevida “normalização dos desvios Ex”

1. Deve ser reconhecido, como **valor empresarial**, sob o ponto de vista de **segurança** industrial, que as pessoas cometem **erros**, reforçando a importância da **certificação** das competências pessoais dos executantes, supervisores e fiscais de contratos envolvendo serviços de projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos de equipamentos elétricos, de instrumentação, de automação e de telecomunicações “Ex”
2. Sob o ponto de vista de produtos, **TODOS** os tipos de proteção “Ex” podem ser considerados **seguros**, sob o ponto de vista da **avaliação da conformidade** através da certificação, onde é atestada a conformidade dos produtos, na condição de “**novo**”, quando os equipamentos saem das fábricas dos respectivos fabricantes. No entanto, sob o ponto de vista do **ciclo total de vida**, estes equipamentos somente proporcionam as proteções “Ex” para os quais foram certificados, caso sejam submetidos a serviços **adequados** de campo, como montagem, manutenção e recuperação, de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras adotadas aplicáveis da Série **ABNT NBR IEC 60079**.
3. Sob o ponto de vista de **segurança** das instalações contendo áreas classificadas, considerando a quantidade de “desvios Ex” em serviços de classificação de áreas, projeto, montagem, manutenção, inspeção e reparo dos equipamentos e instalações em atmosferas explosivas, encontrados durante inspeções das instalações “Ex”, pode ser verificado, que somente a certificação dos **equipamentos** elétricos ou mecânicos “Ex” tem se mostrado **insuficiente** para garantir a **segurança** destas instalações ou das pessoas que nelas trabalham
4. Pode ser considerado um “**mito**” o entendimento de que a simples aquisição de **equipamentos** “Ex” com “**certificação Inmetro**” possa garantir a segurança necessária das pessoas, do patrimônio e do meio ambiente em áreas classificadas. É necessária a adoção de uma nova **abordagem**, sob o ponto de vista da avaliação da conformidade para o **ciclo total de vida** das instalações em atmosferas explosivas, considerando a necessidade de avaliação da conformidade através da certificação das **empresas de serviços** “Ex” e das **competências pessoais** dos executantes e supervisores envolvidos com serviços em áreas classificadas

5. Pode ser verificado que os desvios encontrados em equipamentos e instalações em áreas classificadas são executados ou supervisionados por profissionais que atendem aos requisitos legais vigentes, incluindo **qualificação, capacitação, treinamentos e autorização** por parte das respectivas Empresas responsáveis. Este tipo de situação evidencia que existem **lacunas** nos requisitos legais aplicáveis, nos quais não estão prescritos, com os necessários níveis de **detalhes**, os requisitos específicos para as **competências pessoais** para execução ou supervisão de serviços em áreas classificadas, levando à ocorrência dos desvios “Ex” encontrados nos equipamentos e nas instalações
6. Diversas ações feitas ao longo das últimas décadas, relacionadas com o tema “**Competências Pessoais Ex**” realizadas no Brasil e em outros países do mundo, evidenciam os esforços que são realizados em diversos fóruns normativos, legais e empresariais, de forma a **evitar** a indevida “**normalização dos desvios Ex**”, verificada nas inspeções que são realizadas nas instalações terrestres e marítimas “Ex”. Este tipo de ocorrência tem como base **falhas humanas** relacionadas com a falta das devidas **competências** pessoais dos executantes e supervisores de serviços “Ex”
7. Os indevidos desvios “Ex” em relação aos requisitos normativos especificados nas Normas Técnicas Brasileiras ABNT NBR IEC 60079 - **Parte 14, Parte 17 e Parte 19**, fazem com que múltiplas camadas de proteção **falhem** em suas funções de **gerenciamento de controle da integridade** dos ativos “Ex”
8. As certificações de competências pessoais “Ex” (Unidades **Ex 001 a Ex 010**) são efetuadas com base nestas Normas Técnicas e proporcionam a devida “**CONFIANÇA**” de que os profissionais certificados foram devidamente **avaliados** por um **Organismo de Certificação de Competências Pessoais**, por meio de exames **teóricos e práticos** em seus conhecimentos e experiências, sendo periodicamente **acompanhados** na atualização de seus conhecimentos e competências pelos Organismos de Certificação “Ex” emissores dos certificados
9. Os “**DESVIOS**” encontrados no campo são realizados por pessoas **AUTORIZADAS** pelas respectivas empresas a intervirem em equipamentos e instalações elétricas, inclusive em áreas classificadas, evidenciando “**LACUNAS**” em requisitos legais vigentes no Brasil e em outros países
10. A sistemática da avaliação da conformidade por meio da certificação, aplicada a **EQUIPAMENTOS** elétricos e mecânicos “Ex” deve ser aplicada **TAMBÉM** na certificação de **EMPRESAS de SERVIÇOS** “Ex” e na certificação de **COMPETÊNCIAS PESSOAIS** “Ex”
11. Encontra-se disponível no **Brasil**, por meio de Organismos de Certificação “Ex” **brasileiros**, a certificação de **PRODUTOS**, de **SERVIÇOS** e de **COMPETÊNCIAS PESSOAIS** “Ex”
12. Empresas **brasileiras** das indústrias de petróleo e petroquímica, entre outras, passaram a incluir em seus **contratos para prestação de serviços**, as exigências de **CERTIFICAÇÃO de competências pessoais** “Ex” e de **empresas de serviços** “Ex”

24.5 Bibliografia relacionada à solução de problemas relacionados com a indevida normalização de desvios “Ex”

1. Norma Brasileira **ABNT NBR IEC 60079-14**: Atmosferas explosivas – Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas
2. Norma Brasileira **ABNT NBR IEC 60079-17**: Atmosferas explosivas – Parte 17: Inspeção e manutenção de instalações elétricas
3. Norma Brasileira **ABNT NBR IEC 60079-19**: Atmosferas explosivas – Parte 19: Reparo, revisão e recuperação de equipamentos
4. Norma Brasileira **ABNT IEC TS 60079-32-1**: Atmosferas explosivas – Parte 32-1: Riscos eletrostáticos – Orientações
5. Norma Brasileira **ABNT NBR IEC 61892-7**: Instalações elétricas marítimas – Parte 7: Áreas classificadas
6. Norma Regulamentadora **NR 10** - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade (Secretaria do Trabalho)
7. Norma Regulamentadora **NR-37** - Segurança e saúde em plataformas de petróleo (Secretaria do Trabalho)
8. Livro “**O ciclo total de vida das instalações em atmosferas explosivas**”, Paco Editorial
9. *The normalization of deviance*, Diane Vaughan
10. Norma Brasileira **ABNT NBR ISO 10015**: Gestão da qualidade - Diretrizes para gestão da competência e desenvolvimento de pessoas

11. Norma Internacional **IEC TS 60079-44**: Atmosferas explosivas – Parte 44: Competências pessoais (*em processo de elaboração no TC 31 da IEC*)
12. Norma Internacional **ISO 45001**: Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional – Requisitos com orientação e uso (*Norma ISO traduzida pela ABNT, disponível em português*)

25 O padrão APL e o conceito de redes Ethernet intrinsecamente seguras a dois fios (2-WISE)

Esta Seção deste Guia aborda as principais características, funcionalidades e benefícios dos equipamentos, dispositivos e sistemas intrinsecamente seguros a dois fios (**2-WISE**), bem como as características da **Ethernet APL** (*Advanced Physical Layer*), de acordo com o padrão **10BASE-1TL**. Este tipo de tecnologia permite a utilização de redes Ethernet nos equipamentos sensores e atuadores “Ex” instalados em áreas classificadas de gases inflamáveis ou de poeiras combustíveis.

Esta solução possibilita que os sistemas de automação de processo possam utilizar redes Ethernet de forma padronizada, desde o chão de fábrica, até as ações de gestão de ativos e controle avançado na “nuvem”, alinhada com os requisitos da **indústria 4.0** e com a convergência entre a Tecnologia da Informação (**TI**) e a Tecnologia de Operação (**TO**).

25.1 Aplicação da segurança intrínseca a redes Ethernet em áreas de processo e dispositivos do “chão de fábrica”

A **Ethernet** pode ser considerada, de fato, como o padrão de comunicação no ambiente corporativo, porém, não atende as necessidades da automação de processos sem modificações. Já a Ethernet com o meio físico **APL** (*Advanced Physical Layer*) permite a utilização de circuitos de campo com grandes distâncias, com tipo de proteção por segurança intrínseca com capacidade de comunicação e fonte de alimentação de força, por meio de cabos com dois fios (**2-WISE**).

As plantas de processo operam normalmente por muitas décadas e, para tanto, necessitam ser **confiáveis** e **seguras** para as pessoas e para o meio ambiente. Os riscos de explosão em **áreas classificadas** requerem que a aplicação de novas tecnologias “Ex” tenha sido totalmente **avaliada e testada**, para que proporcionem **benefícios** sob os pontos de vista **comercial**, **econômico** e de **gestão** de ativos. Por outro lado, as novas tecnologias “Ex” não podem ser baseadas em equipamentos ou sistemas complexos ou que requeiram elevados requisitos específicos de treinamentos, conhecimentos ou competências pessoais.

O padrão APL é uma tecnologia básica de Ethernet, que permite um amplo e inovador desenvolvimento de produtos, incluindo *switches*, sensores e atuadores “Ex”. Este padrão Ethernet permite que todos obtenham os benefícios proporcionados pela digitalização das plantas de processo e a crescente **integração** e **convergência** entre as áreas de **IT** (*Tecnologia da Informação*) e de **OT** (*Tecnologia de Operação*), incluindo as empresas de engenharia, os integradores de instalações, as empresas de serviços, os fornecedores de dados e os usuários finais.

A convergência sobre o desenvolvimento da tecnologia **APL** foi estabelecida em **2018**, apoiada por entidades envolvidas com o desenvolvimento de novos padrões, bem como pelos principais fabricantes e fornecedores de sistemas de automação de processo. O padrão APL proporciona comunicação, com a utilização de **cabos com dois fios**, por distâncias de até **1 000 m** a uma velocidade de **10 Mb/s** (bits por segundo), no modo *full duplex*. Isto é mais de 300 vezes mais rápido que as “tradicionais” tecnologias, como **HART** ou **Fieldbus**. O padrão APL é uma extensão lógica do padrão Ethernet, que proporciona os atributos e características requeridas para a operação **segura** e **confiável** para os dispositivos de campo de uma indústria de processo.

Estas características da tecnologia APL incluem o atendimento aos requisitos para proteção de equipamentos, dispositivos e circuitos para instalações em **áreas classificadas** contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis. O documento **ABNT IEC TS 60079-47** define a proteção por **segurança intrínseca** para todos os níveis de **Zonas** e **EPL** para os **Grupos I, II e III**, incluindo simples procedimentos de verificação, por parte dos usuários, dos parâmetros de entidade de segurança intrínseca, sem a necessidade de cálculos complexos.



ABNT IEC TS 60079-47 - Atmosferas explosivas - Parte 47: Proteção de equipamentos pelo conceito de Ethernet intrinsecamente segura a dois fios (2-WISE)

Com a implantação do padrão **APL** e dos equipamentos **2-WISE**, a eficiência operacional das instalações pode ser aumentada por meio de rápidos acessos aos diversos dados de processo, acelerando o desenvolvimento de instalações de produção com sistemas mais **complexos** de automação de processo.

25.2 Definições aplicáveis a redes Ethernet e sistemas de comunicação

São indicadas a seguir algumas das principais definições relacionadas com o padrão APL e os equipamentos 2-WISE:

2-WISE	<i>2-Wire Intrinsically Safe Ethernet System</i> . Sistema elétrico intrinsecamente seguro com base no padrão APL, com valores limites padronizados para os parâmetros de segurança intrínseca, para cada porta de dispositivo 2-WISE
10BASE-T1L	Definição de padrão de comunicação a 10 Mbit/s com possibilidade de alimentação elétrica sobre cabos de par trançado (dois fios) com distâncias de até 1 000 m
Ethernet-APL	<i>Ethernet Advanced Physical Layer</i> (Ethernet até os dispositivos de campo com dois fios)
HART	<i>Highway Addressable Remote Transducer</i> , protocolo de comunicação padronizado sobre sinais analógicos do tipo 4 a 20 mA
IEEE 802.3 cg	<i>IEEE Standard for Ethernet - Amendment 5: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors</i> (Norma Ethernet 10 Mb/s, incluindo 10BASE-T1L, publicada em 07/11/2019)
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i> (Internet Industrial das coisas)
PHY	Conjuntos de dispositivos, componentes e circuitos eletrônicos físicos requeridos para implementar as funções da camada física do padrão 10BASE-T1L
Segurança intrínseca	Método de permitir a operação segura de equipamentos em atmosferas explosivas por limitação de energia
Sistema 2-WISE	Montagem de equipamentos interconectados com dispositivos 2-WISE, especificada em um documento descritivo do sistema, na qual os circuitos ou partes dos circuitos, destinadas a serem instaladas em atmosferas explosivas, são intrinsecamente seguros

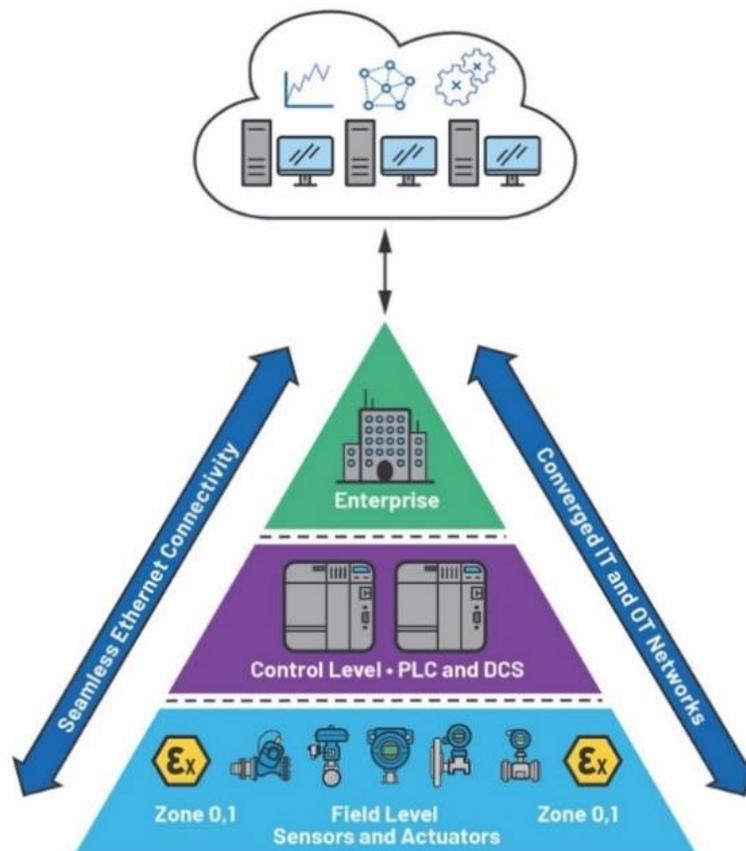
25.3 Generalidades sobre sistemas de automação de processo com padrão Ethernet

O padrão de comunicação **10BASE-T1L** é um padrão para a camada física de Ethernet, especificada na Norma **IEEE 802.3cg - Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors**, publicada pelo IEEE em 07/11/2019. Este padrão altera, de forma radical, a implantação da automação de processos industriais, uma vez que permite aumentar, de forma significativa, a **eficiência operacional** das plantas por meio de uma **conectividade completa** da rede Ethernet, incluindo os dispositivos “Ex” de campo, como sensores e atuadores. O padrão 10BASE-T1L equaciona o problema até então existente, que limitava a utilização de rede Ethernet nas instalações de campo nos sistemas de automação de processo.

As alterações proporcionadas por este padrão incluem o menor nível de potência, a maior largura de faixa de comunicação de dados, as maiores distâncias envolvidas na fiação de campo, a possibilidade deilhamento de dados e aplicação em circuitos intrinsecamente seguros, para **Zonas 0, 1, 22, 20, 21 ou 22**.

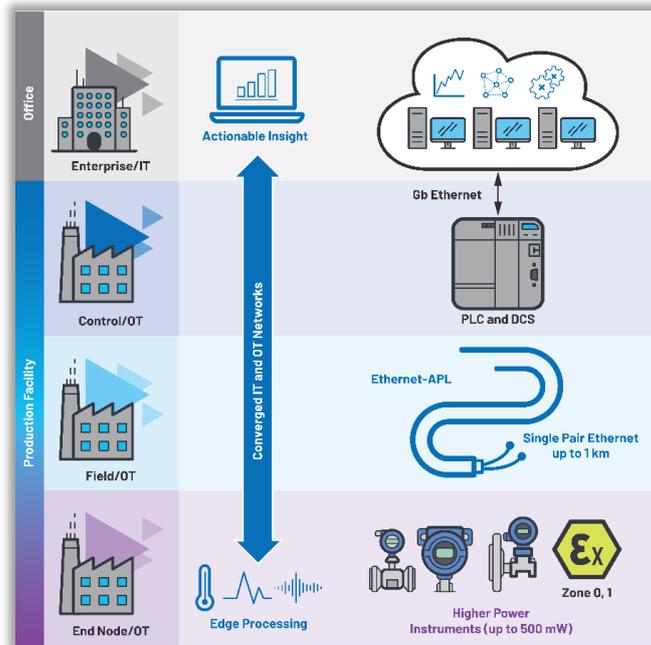
Pelo equacionamento destes desafios, tanto para a atualização (*retrofit*) de instalações existentes, como para novas instalações, o padrão 10BASE-T1L permite novas aplicações que não eram até então disponíveis, como a combinação de variáveis de processo, a utilização de parâmetros secundários, informações sobre a integridade dos ativos, e comunicação **completa** no padrão **Ethernet** desde os sensores e atuadores “Ex” de campo até o processamento de dados, engenharia, supervisão, controle avançado e gestão de ativos na “nuvem”.

Um modelo de **convergência** entre IT (**Tecnologia de Informação**) e OT (**Tecnologia da Operação**), na forma de uma “pirâmide” da automação de processos, é apresentado na Figura a seguir. Com a adoção do padrão APL e 2 WISE é possível a conectividade **Ethernet** sem interrupções ou interfaces (*seamless*) desde os dispositivos “Ex” de campo até a supervisão e controle de processo, controle avançado, análise de dados, engenharia e gestão de ativos das instalações



*Convergência entre IT e OT – A “pirâmide” da automação de processo: Conectividade **Ethernet** sem interrupções ou interfaces (*seamless*) desde os dispositivos de campo até a supervisão e controle de processo, controle avançado, análise de dados, engenharia e gestão de ativos das instalações*

Um exemplo da possibilidade de conectividade Ethernet, sem interrupção desde o campo até a nuvem, na automação de sistemas de controle de processo com padrão Ethernet-APL / 10BASE-T1L e 2-WISE, é mostrado na Figura a seguir:



Conectividade Ethernet sem interrupção desde o campo até a nuvem na automação de sistemas de controle de processo com padrão Ethernet-APL e 10BASE-T1L.

Para a substituição de circuitos com comunicação por meio de sinais analógicos do tipo 4 a 20 mA ou do tipo **FieldBus** (como o **FISCO**) por redes **Ethernet** em aplicações em automação de processo, tanto os aspectos de fonte de alimentação de força como de comunicação de dados necessitam ser providos para os sensores e atuadores sobre um **par simples de cabo trançado**. Este tipo de cabo apresenta os benefícios de ser de “baixo custo”, pequeno diâmetro e fácil instalação, quando comparado com os cabos com características construtivas mais complexas.

A distância entre os dispositivos de campo nas aplicações de automação de processo com padrão 10BASE-T1L, com cabos com comprimentos de até **1 000 m**, representa uma alteração significativa, comparada com as tecnologias até então existentes para as camadas de nível físico, limitadas até então a cerca de 100 m.

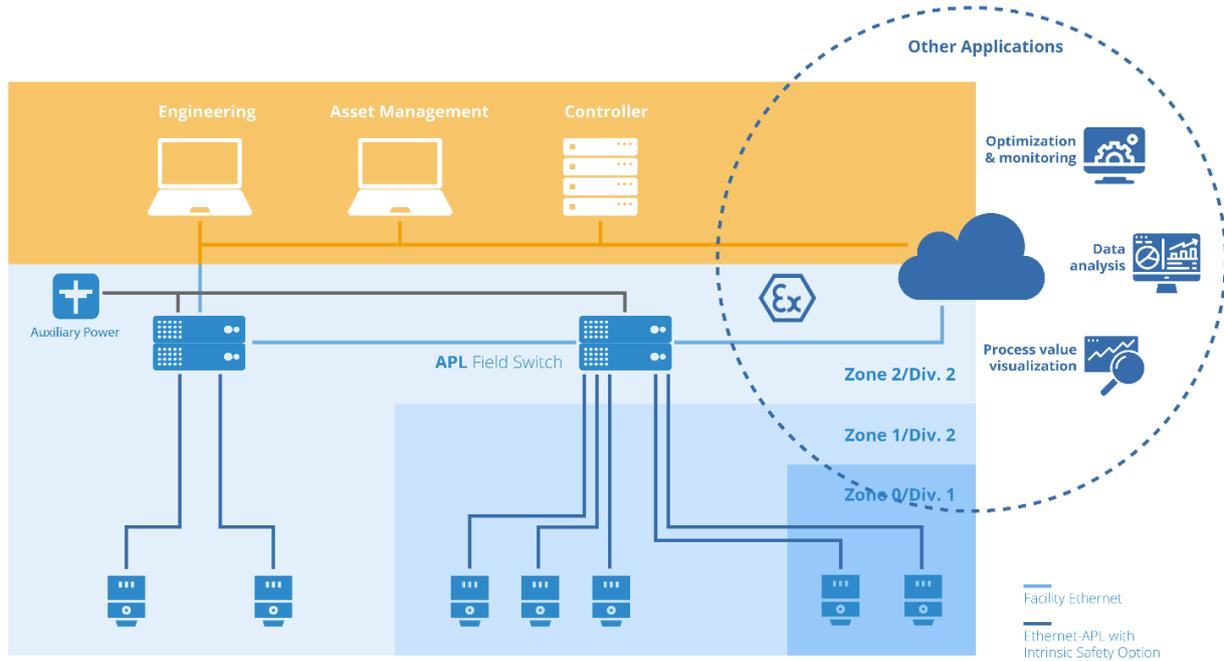
Com o atendimento das grandes distâncias requeridas em aplicações de automação de processo, combinada com a necessidade de potência muito baixa e dispositivos de campo “robustos”, com proteção por segurança intrínseca (Ex “i”) adequados para instalação em atmosferas explosivas (**até Zona 0 ou Zona 20**), uma nova abordagem para a aplicação da tecnologia de camada de rede Ethernet para a automação de processo era requerida, do ponto de vista de tecnologia. O padrão de comunicação de camada física **10BASE-T1L** representa esta abordagem, que permite estas aplicações.

Uma das principais capacidades do padrão de camada física 10BASE-T1L é a comunicação ponto a ponto, do tipo **full duplex**. Este padrão suporta dois níveis de amplitude de sinal: **2.4 V pico a pico** para cabos até 1 000 m, ou **1.0 V pico a pico** em distâncias mais reduzidas.

O modo com amplitude a 1.0 V pico a pico significa que esta tecnologia de camada de rede física pode também ser utilizado em aplicações em **áreas classificadas** contendo atmosferas explosivas de gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, atendendo a níveis restritos de máxima energia nos circuitos, os quais devem ser incapazes de gerar fontes de ignição.

Estes modos de operação possibilitam a implantação de longas distâncias de transmissão sobre a tecnologia de cabo a dois fios, com potência e dados sobre cabos de par trançados, relacionados à tecnologia com meio SPE (*Single Pair Ethernet*).

Os níveis de abrangência da automação de processo, desde os instrumentos “Ex” de campo ao controle avançado e gestão de ativos nas “nuvens” são apresentados na Figura a seguir.



Níveis de abrangência da automação de processo – Dos instrumentos de campo ao controle avançado e gestão de ativos nas “nuvens”

25.4 Benefícios das soluções de automação de processo com base na Ethernet

Por meio da **convergência** sobre a utilização de redes no padrão **Ethernet**, como o atual método padronizado de comunicação nos níveis de controle e de dispositivos de campo na automação de processo, é desnecessária a utilização de **gateways**, os quais necessitam de elevados níveis de potência e introduzem uma redução na taxa de comunicação de dados. Isto também permite uma adequada “transição” para redes Ethernet das infraestruturas “fragmentadas” dos sistemas **FieldBus**, como o FISCO, as quais podem criar desnecessariamente “ilhas de dados”, tornando limitado o acesso de dados no nível dos dispositivos de campo.

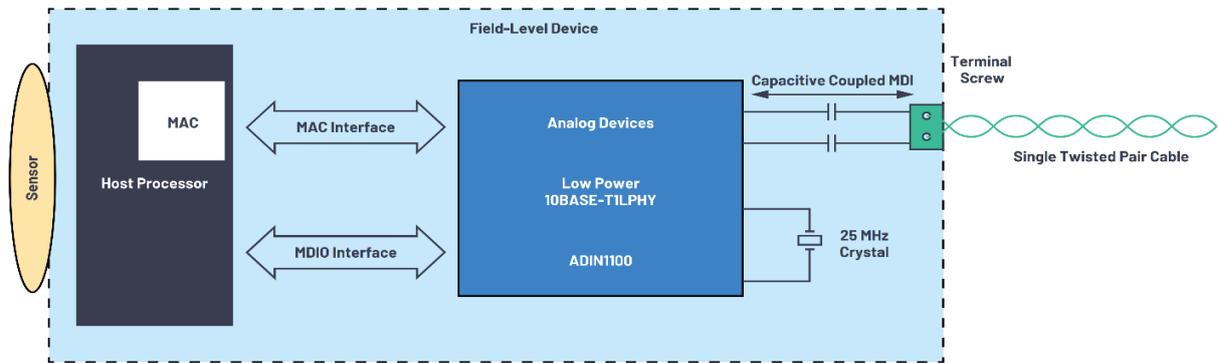
Pela remoção destes *gateways*, o custo e a complexidade destas “clássicas” instalações são significativamente reduzidas, bem como são removidas as “ilhas de dados” que tenham sido criadas por aqueles equipamentos e redes *FieldBus*.

Até recentemente, as aplicações de automação de processo têm utilizado padrões “clássicos” de comunicação, como 4 a 20 mA com *HART* e *Fieldbus*, que apresentam uma série de limitações, mas que são superadas pelo padrão **10BASE-T1L** (APL), como mostrado na Tabela a seguir.

Característica	4 a 20 mA com HART	FieldBus	10BASE-T1L
Velocidade de transmissão de dados	1.2 kb/s	31.25 kb/s	10 Mb/s
Conectividade com níveis superiores Ethernet	Gateways	Gateways	Direta, sem Gateways
Potência para os instrumentos de campo	< 40 mW	Limitada	500 mW para circuitos Ex “I” em Zona 0
Conhecimentos requeridos	Conhecimentos “antigos”	Conhecimentos “antigos”	Conhecimentos “atuais” sobre Ethernet familiar aos novos profissionais

Comparação de características entre padrão 4 a 20 mA com HART versus FieldBus versus 10BASE-T1L (APL)

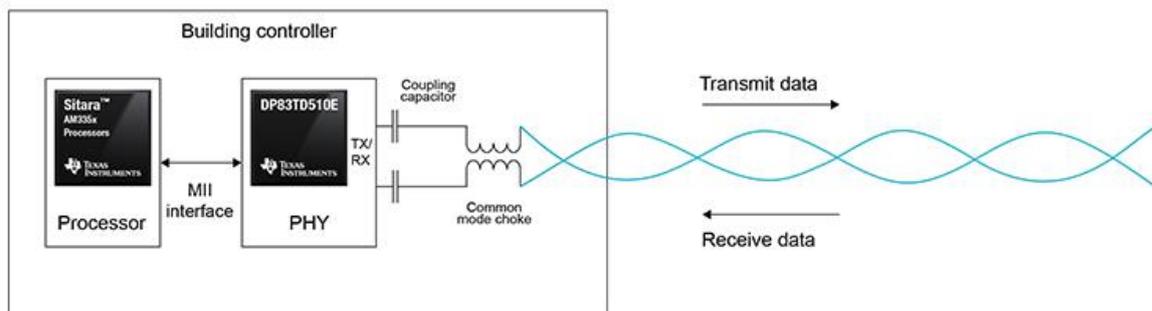
Para permitir a comunicação com o dispositivo **físico** adequado (PHY) ao padrão Ethernet APL, é requerido um processador central com um código **MAC** (*Medium Access Control*) integrado ou um *switch* Ethernet com portas 10BASE-T1L, como mostrado nas Figuras a seguir.



Exemplo de dispositivo de campo (por exemplo um instrumento sensor) Ethernet APL com conectividade de dados com padrão físico 10BASE-T1L PHY (Fonte: Analog Devices)

A capacidade expandida de conectividade deste tipo de dispositivo possibilita a utilização das redes Ethernet, desde um aplicativo em qualquer dispositivo conectado na internet (como computadores de processo, *smartphones*, *tablets* ou *notebooks*) até o nó do dispositivo mais remoto instalado em área classificada, como um sensor, transmissor, atuador ou analisador de campo, como mostrado na Figura a seguir, sem necessidade de redução significativa de comprimentos de cabos de par trançado ou de taxa de transmissão de dados na rede de comunicação.

Em alguns casos é inclusive possível a reutilização da fiação de campo e infraestrutura de instalações existentes, quando da implantação de “*upgrade*” ou de “*retrofit*” em sistemas com protocolos *Fieldbus* já instalados.



Exemplo de interface de Ethernet com par trançado para comunicação a 10 Mb/s em um controlador com padrão físico 10BASE-T1L PHY (Fonte: Texas Instruments)

A característica de **baixo consumo de energia** de dispositivos de camada física (PHY) Ethernet para 10BASE-T1L com par trançado, reduz a necessidade de altas capacidades dos sistemas críticos de alimentação em c.c. (como nos retificadores e conversores industriais), deixando mais carga disponível para outros componentes de sistemas críticos.

Este baixo consumo de energia é fundamental, uma vez que contribui para a **redução do custo total** de operação e pode levar a uma **redução potencial de emissões de carbono**. Além disso, o baixo consumo de energia contribui para a aplicação em circuitos de segurança intrínseca, nos quais existem **valores máximos definidos** de tensão, corrente, potência, indutância e capacitância.

Existe também um **desafio** relacionado com os conhecimentos e competências dentro da área de automação industrial de processo. Por meio de um processo gradual de “aposentadoria”, os técnicos e engenheiros de automação mais “antigos” estão deixando a força de trabalho e levando com eles os conhecimentos sobre como instalar, corrigir (*debug*) e manter as instalações com sistemas “clássicos” do tipo **4 a 20 mA com HART** ou com comunicação **FieldBus**. Por outro lado, os “novos” profissionais que entram no mercado de trabalho, não estão mais familiarizados com estas tecnologias “clássicas”, mas estão familiarizados com as tecnologias com base em **Ethernet** e podem rapidamente se tornarem conhecedores das soluções de redes de comunicação deste tipo, como é o caso do APL e do 2-WISE.

O padrão Ethernet assegura que todas as camadas mais elevadas de protocolos (de acordo com o sistema OSI - *Open Systems Interconnection*) que operam com **10BASE-T1L** operarem exatamente como em **10BASE-T**, **100BASE-TX** e **1000BASE-T**, eliminando a necessidade de instalação de complexos *gateways* nos sistemas de supervisão e controle para automação de processos industriais.

Deve ser lembrado que, de acordo com a Norma internacional **ISO/IEC 7498-1: Information technology - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model: The Basic Model**, o modelo **OSI** é um **modelo** “padronizado” de rede de comunicação, **referência da ISO e da IEC**, dividido em “camadas” (*layers*) de funções, com o objetivo de representar um **padrão** para protocolos de comunicação entre os diversos sistemas em uma rede local (Ethernet), assegurando a comunicação entre dois sistemas computacionais (*end-to-end*).

Este **modelo** divide as redes de comunicação em **sete camadas**, de modo a se obterem camadas de abstração. Cada protocolo realiza uma funcionalidade assinalada a uma determinada camada. Esse modelo informa a **funcionalidade** de cada uma das sete camadas. O modelo OSI permite a comunicação entre dispositivos **heterogêneos** e define diretivas genéricas para a construção de redes de comunicação, seja de curta, média ou longa distância, independentemente da tecnologia utilizada.

No modelo OSI as camadas (*layers*) de funções são empilhadas na seguinte ordem ascendente: 1. Camada **física** (*physical*); 2. Camada de **enlace** de dados (*data link*); 3. Camada de **rede** (*network*); 4. Camada de **transporte** (*transport*); 5. Camada de **sessão** (*session*); 6. Camada de **apresentação** (*presentation*); 7. Camada de **aplicação** (*application*).

Sob o ponto de vista de **estrutura**, a Ethernet APL, especificada na Norma **IEEE 802.3 cg (Physical Layers Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors)**, publicada pelo IEEE em **07/11/2019**, define todas as camadas físicas do modelo de 7 camadas do sistema OSI para a Ethernet: 10BASE-T1L. Sendo uma camada **física**, a Ethernet APL é **independente** de qualquer protocolo ou níveis de comunicação, sendo adequada para adoção em uma grande faixa de aplicações na automação de processos.

Isto significa que os dispositivos APL podem utilizar, por exemplo, os protocolos MMS (*Manufacturing Message Specification*), ETHERNET/IP (Ethernet Industrial), PROFINET, HART/IP, OPC UA (*OPC Unified Architecture*) ou MODBUS/TCP e suporta protocolos **IoT**, como MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), o que proporciona um método simples, mas efetivo, de conectar os dispositivos “Ex” de campo com o processamento em nuvem. A Ethernet permite também atualizações de *software* de forma simples e centralizada, diretamente aos dispositivos localizados nos nós finais, o que proporciona um **comissionamento** de rede mais rápido.

Com a conectividade proporcionada pela Ethernet, é possível configurar transmissores por meio de um *notebook* ou de um *smartphone*, independentemente se o instrumento está sobre uma bancada de teste ou em operação, instalado em uma planta de processamento. Por exemplo, um transmissor de temperatura “atual” possui muitas vezes uma interface adicional (por exemplo na forma de uma porta USB), para possibilitar a configuração do seu conversor. Dependendo do fabricante, existem mais de 100 opções de ajuste para estes casos. Estes parâmetros são simplesmente não acessíveis para um sistema 4 mA a 20 mA.

O padrão HART permite este tipo de acesso, mas frequentemente não está disponível por questões econômicas. Desta forma, se um erro tiver sido efetuado durante a etapa de **configuração em bancada**, um instrumento do tipo 4 a 20 mA irá necessitar ser reconfigurado após a instalação em campo. Por outro lado, um instrumento conectado por meio do padrão **10BASE-T1L** é acessível via rede **Ethernet** e pode ser **remotamente** atualizado em qualquer momento, em qualquer lugar.

Além disso, os instrumentos analógicos do tipo 4 a 20 mA podem transferir somente um valor de processo. O padrão Ethernet proporciona acesso direto não somente aos valores de processo, mas a **todos** os parâmetros dos dispositivos, como **gestão de ativos**, gestão do **ciclo total de vida**, **manutenção** preditiva, **configuração** e **parametrização**.

Os sensores e atuadores “Ex” de campo se tornam cada vez mais complexos, aumentando a probabilidade de necessidade de atualização de *software* ou de *firmware*. Isto é possível dentro de períodos adequados, por meio de uma conexão Ethernet, em qualquer momento, em qualquer lugar. Além disso, a utilização das ferramentas de **diagnósticos** de rede Ethernet simplifica as análises da causa raiz de eventos de falhas nos dispositivos de campo ou sistemas de controle distribuído (DCS).

25.5 Cabeamento de campo para a automação de processo e implantação de redes Ethernet intrinsecamente seguras

Na automação de processos industriais, de uma forma diferente da automação de máquinas ou automação de fábricas, os sensores e atuadores de processo (como vazão, nível, pressão e temperatura) não se localizam próximos dos controladores (DCS ou PLC). São comuns nestes casos distâncias da ordem de **200 m** entre os sensores e os dispositivos de entrada e saída, e distâncias de até **1 000 m** entre os dispositivos de campo.

Com relação aos tipos de cabos utilizados na fiação de campo, a automação de processo existente com o padrão *FieldBus*, por exemplo, utiliza como infraestrutura de meio físico os cabos do “**tipo A**”. Os requisitos construtivos de cabos de par trançado simples do tipo “Tipo A” são especificados na Norma **IEC 618158-2** (*Industrial communication networks – Parte 2: Physical layer specificatin and service definition*), como por exemplo nos sistemas existentes dos tipos PROFIBUS PA e *FieldBus* Foundation e em sistemas FISCO. A Figura a seguir apresenta um exemplo “típico” de cabo de par trançado simples do tipo “A”.



Exemplo de cabo de par trançado simples do tipo “A” (Norma IEC 61158-2)

Por outro lado, o padrão 10BASE-T1L não determina um **tipo** de cabo ou um meio **específico** de transmissão; ao invés disto este padrão define um “**modelo**” de transmissão, que se enquadra bem, tanto para os cabos utilizados em redes *Fieldbus*, e como em sinais de 4 a 20 mA, os quais podem ser eventualmente “reutilizados” em casos de “*upgrade*” de um sistema “clássico” do tipo “analógico” ou *Fieldbus* para o padrão **10BASE-T1L**, gerando oportunidades significativas para as modernizações e ampliações de instalações existentes de automação de processo.

Os cabos do tronco (*trunk*) podem possuir comprimentos de até **1 000 m**, com sinais de amplitude de 2.4 V pico a pico e serem instalados em áreas classificadas do tipo **Zona 1**. Os cabos dos ramais (*spur*) podem possuir comprimentos de até **200 m** e sinais com amplitude de 1.0 V pico a pico e serem instalados em áreas classificadas do tipo **Zona 0**.

Um *switch* alimentado, instalado no nível de controle, proporciona funcionalidades de switch Ethernet e fornece alimentação para o circuito (alimentação sobre rede de dados). Os *switches* de campo são instalados no nível de campo em áreas classificadas e são alimentados pelo cabo do seu circuito. Os *switches* de campo proporcionam as funcionalidades de *switch* Ethernet que conectam os dispositivos de campo sobre os ramais (*spur*) para o tronco (*trunk*) e alimentam os dispositivos no nível de campo. Diversos *switches* de campo podem ser conectados sobre o cabo do circuito tronco, de forma a proporcionar que uma grande quantidade de dispositivos de campo seja conectada à rede.

Os *switches* de campo podem ser conectados por meio de uma topologia em anel, de forma a proporcionar uma redundância. Uma taxa de dados de 10 Mb/s é um benefício significativo para a maior parte das aplicações que eram anteriormente limitadas a uma taxa de dados de menos de 30 kb/s. Uma vez que a Ethernet é utilizada para conectar os dispositivos de redes no nível de campo, as áreas de **IT** (*Information Technology*) e de **OT** (*Operational Technology*) “**convergem**” de forma inovadora para uma rede **Ethernet de ponta a ponta**, permitindo um endereçamento IP para qualquer dispositivo terminal, a partir de qualquer local do mundo.

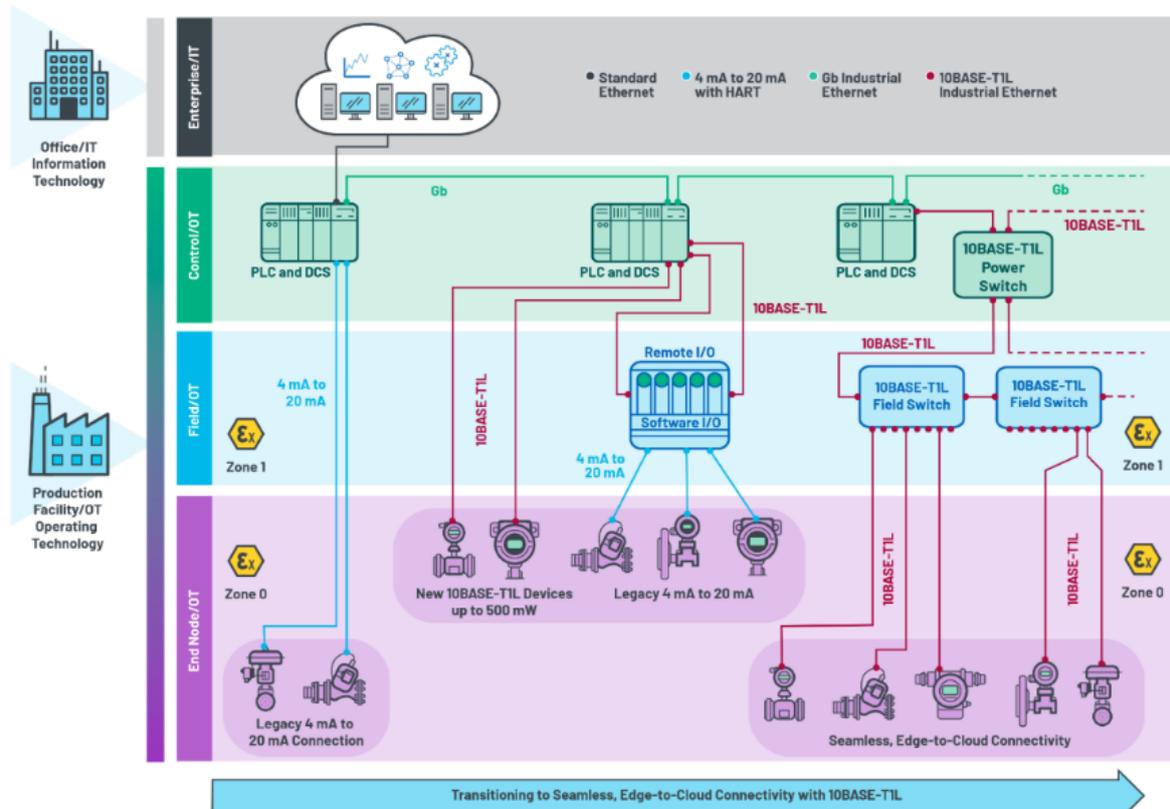
25.6 Automação de processo: Transição para conectividade completa com base em rede Ethernet

Os circuitos com conexão do tipo 4 a 20 mA com protocolo HART têm sido aplicados na automação de processo por muitos anos e tem demonstrado ser uma solução robusta que não irá desaparecer ou ser totalmente substituída a curto prazo.

Existe uma grande base instalada de instrumentos de campo de acordo com o padrão 4 a 20 mA com HART e os fabricantes de dispositivos de entradas e saídas programáveis por *software* estão investindo em I/O configuráveis por *software* que permitam uma maior flexibilidade para os dispositivos existentes, permitindo que qualquer função de I/O industrial seja acessada por meio de qualquer conexão, permitindo que os canais sejam configurados a qualquer momento por meio de aplicações de I/O remoto.

Isto significa que a customização pode ocorrer por ocasião da instalação, resultando em uma colocação mais rápida, um menor recurso de projeto e de engenharia e que produtos “universais” possam ser aplicados de forma extensiva em projetos e por usuários finais.

A Figura a seguir mostra um exemplo de processo de “transição” entre instrumentos conectados por meio de circuitos “clássicos” do tipo 4 mA a 20 mA para um sistema existente “modernizado” para o padrão **Ethernet** de campo, onde novos instrumentos “Ex” 2-WISE com base no padrão 10BASE-T1L podem “coexistir” com dispositivos e instrumentos “clássicos” do tipo 4 e 20 mA.

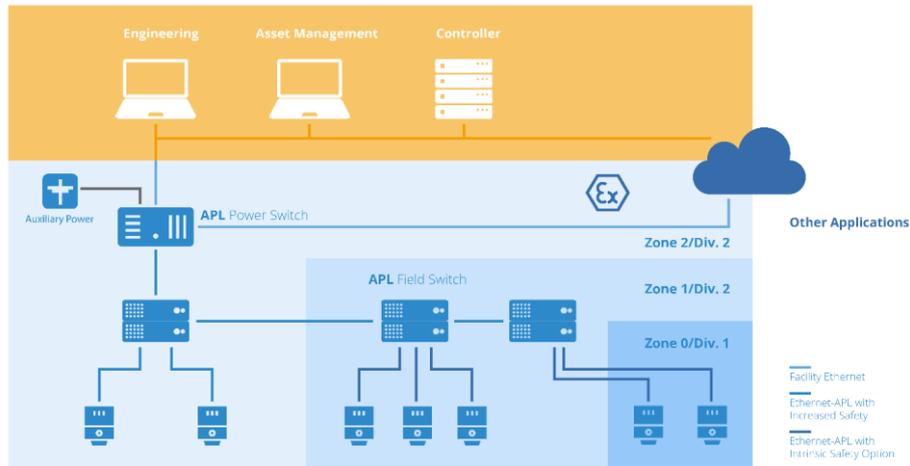


Exemplo de “transição” de um sistema “tradicional” ou “clássico” a dois fios gradativamente evoluindo via rede Ethernet para todos os sensores e atuadores “Ex” de campo

Os dispositivos “Ex” contendo I/O configuráveis por *software* conectam estes instrumentos “clássicos”, onde estes I/O remotos proporcionam um ponto de “integração” para um *link* Ethernet de 10 Mb/s com o sistema de controle de processo (SDCD e PLC).

A conectividade completa desde os dispositivos “Ex” de campo até a nuvem é obtida na automação de processo por meio da aplicação da tecnologia no padrão 10BASE-T1L. Este tipo de padrão dispensa a necessidade de “gateways” e I/O, bem como permite a conectividade desde os sensores e atuadores de campo até os níveis de controle e monitoração e eventualmente até os sistemas de gerenciamento de ativos na “nuvem”. O acesso a todas as informações disponíveis dos dispositivos de campo resulta em bases de dados mais completas e funcionais, permitindo uma análise analítica mais avançada em relação aos dados atualmente disponibilizados por instrumentos “clássicos” com ligação do tipo 4 a 20 mA com HART.

Um exemplo de topologia de sistema de automação de processo com base no padrão Ethernet, com *switches* APL / 2-WISE de campo com distâncias de cabeamento no tronco de até 1 000 m é mostrada na Figura a seguir.



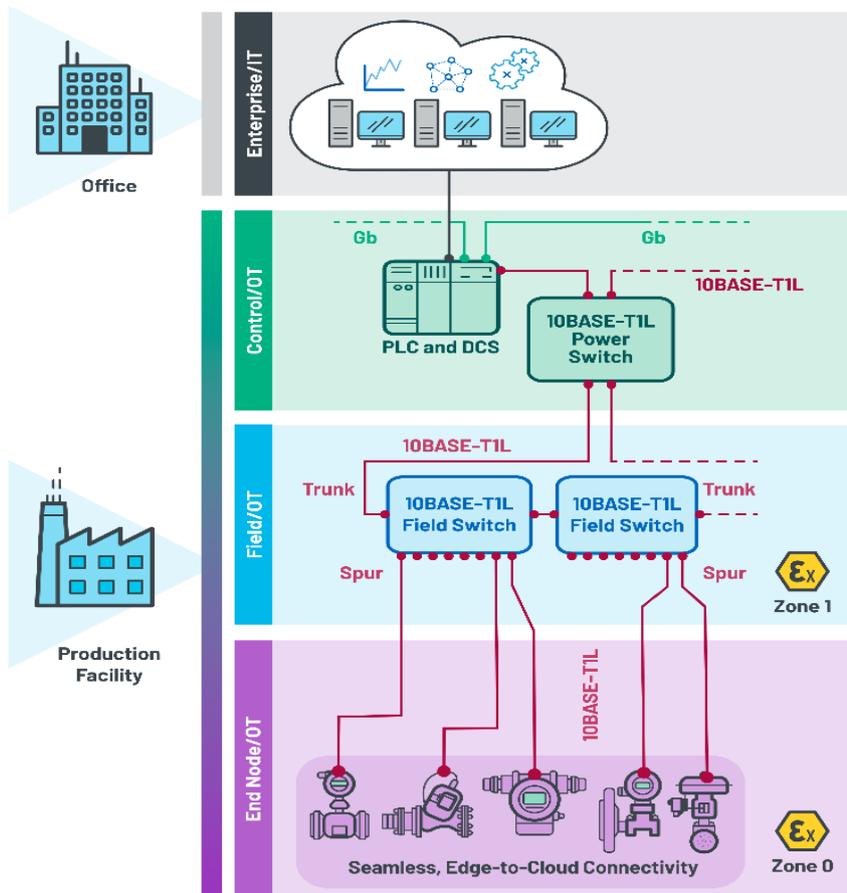
Exemplo de topologia de sistema de automação de processo com base no padrão Ethernet com switches 2-WISE de campo com distâncias de cabeamento no tronco de até 1 000 m

Um exemplo de instrumento transmissor “Ex” de campo que pode utilizar as tecnologias APL e 2-WISE é mostrado na Figura a seguir.



Exemplo de instrumento transmissor “Ex” de campo que pode utilizar as tecnologias APL e 2-WISE

A conectividade sem interrupção desde os dispositivos “Ex” campo até a nuvem com padrão Ethernet-APL / 10BASE-T1L e 2-WISE, com a topologia de uma rede de automação de processo, com segmentos do tipo “trunk” (tronco) e “spur” (ramal) é mostrada na Figura a seguir.



Topologia de sistema de automação de uma indústria de processo com padrão APL / 10BASE-T1L e 2-WISE com segmentos do tipo tronco e ramal

25.7 Adoção do padrão Ethernet APL

O padrão Ethernet tem se mostrado como uma tecnologia de comunicação confiável e eficiente, mesmo em aplicações com elevados requisitos para interoperabilidade, por exemplo na automação de sistemas elétricos de potência, descrita no padrão internacional de Normas da Série IEC 61850. Estes requisitos são aplicáveis para indústrias, escritórios e residências. Os elevados níveis de padronização estabelecidos na tecnologia Ethernet levaram ao longo das últimas décadas a um ambiente mundialmente aceito, com a implantação de ferramentas que incluem o desenvolvimento de produtos, os níveis ou camadas (*layers*) dos protocolos, comissionamento e solução de problemas.

A implantação de redes Ethernet sem interrupções ou interfaces (*seamless*), sem necessidade de conversões de protocolos (sem gateways) tem assegurado uma rápida adoção de um padrão de longo prazo para todos os envolvidos, incluindo fabricantes, laboratórios de ensaios de equipamentos de automação, empresas usuárias, empresas projetistas, empresas de montagem e empresas de comissionamento, sob o ponto de vista do **ciclo total de vida** dos sistemas de automação de processos industriais.

Para as instalações existentes do tipo **FISCO**, os benefícios decorrentes do aumento da flexibilidade e da redução de risco são obtidos pela possibilidade de “reutilização” de cabos e circuitos existentes em redes do tipo **Fieldbus**, o que possibilita uma clara estratégia para um caminho de migração.

O padrão Ethernet APL é capaz de transportar todos os atuais e futuros protocolos e serviços de comunicação de camadas (*layers*) mais elevadas, contribuindo para uma simplificação da infraestrutura das redes. Em função da adoção do padrão Ethernet APL dispensar a necessidade de conversores de protocolos, é proporcionada uma acessibilidade sem barreiras, com uma alta velocidade de redes, o que é requerido pela economia atual baseada em **comunicação de dados**. Na Tabela a seguir é apresentada uma comparação das principais **características** de tecnologias “clássicas” de comunicação utilizadas na automação de sistemas de controle de processo com a tecnologia 10BASE-1TL / 2-WISE.

Comparação técnica de diferentes tecnologias de comunicação

Tecnologia de campo em controle de sistemas de processo	4-20 mA com HART	Fieldbus	Ethernet 10BASE-T1L (2-WISE)
Cabo de par simples	SIM	SIM	SIM
Velocidade de comunicação	1.2 kb/s <i>Half duplex</i>	31.25 kb/s <i>Half duplex</i>	10 Mb/s <i>Full duplex</i>
Referência de tipo de cabo de par simples	N. A.	Tipo “A”	Tipo “A”
Comprimento do tronco (“trunk”)	N. A.	700 m (típico)	1 000 m
Comprimento da derivação (“spur”)	N. A.	120 m (típico)	200 m
Terminal de conexão de cabos do tipo aparafusado	SIM	SIM	SIM
Polaridade independente da montagem	NÃO	Depende do fabricante	X
Opção de segurança intrínseca	SIM	SIM	SIM
Aplicação de única tecnologia do campo até a nuvem	NÃO	NÃO	SIM

O padrão Ethernet APL apresenta os benefícios combinados de comunicação no padrão Ethernet com técnicas de instalação com cabos com dois fios (par de fios). Esta característica permite uma fácil aplicação como um novo padrão para as instalações das indústrias de processo com a presença de **atmosferas explosivas**, incluindo **Zona 0** e **Zona 20**, utilizando tecnologias e tipos de proteção “Ex” **consagrados**, oriundos dos sistemas de automação de processo com dispositivos discretos, como “**segurança intrínseca**” (Ex “i”) e “**segurança aumentada**” (Ex “e”).

Uma vez que o padrão Ethernet APL é somente uma camada física, qualquer conceito atual ou futuro para a segurança funcional e das aplicações pode ser aplicado, atendendo às necessidades dos usuários finais. Os novos desenvolvimentos de redes Ethernet podem ser aplicados independentemente da camada física, proporcionando uma estabilidade de longo prazo para esta tecnologia, incluindo a proteção dos ativos e das instalações.

25.8 Padrão 10BASE-T1L - Aplicações além de sensores e atuadores para automação de processos industriais

O padrão 10BASE-T1L está sendo especialmente considerado para a automação predial, automação de fábricas, automação de empresas de fornecimento e monitoração de energia, automação de sistemas de distribuição de água potável e coleta de esgoto e inclusive em elevadores. Em todas estas variadas aplicações existe a necessidade compartilhada de uma largura de banda mais elevada, uma conectividade direta em redes Ethernet, sem a necessidade de complexas “gateways” para a conexão de sensores por meio de um simples cabo de par trançado, que conduza simultaneamente os sinais de dados na forma *full-duplex* bem como sinal de alimentação de força.

A Tabela a seguir apresenta uma comparação de características de **desempenho** entre o padrão 10BASE-T1L e os padrões “clássicos” existentes de comunicação, como o padrão RS 485 utilizado em automação comercial e os Links de I/O utilizados na automação de fábricas.

Comparação entre os padrões “clássicos” existentes de comunicação e o padrão 10BASE-T1L

Protocolo	Formato dos dados	Taxa de dados
PROFIBUS PA	UART/PROFIBUS	31.25 kb/s
MODBUS RTU (e outros protocolos RS 485)	UART/MODBUS	19.2 kb/s
4 a 20 mA	Interface analógica	N/A
HART	Modulação digital sobre sinal 4 a 20 mA	1.2 kb/s
10BASE-T1L	Ethernet ISO/IEC/IEEE 802.3	10 Mb/s

25.9 Conceito de Ethernet intrinsecamente segura a dois fios – 2 WISE - Norma ABNT IEC TS 60079-47

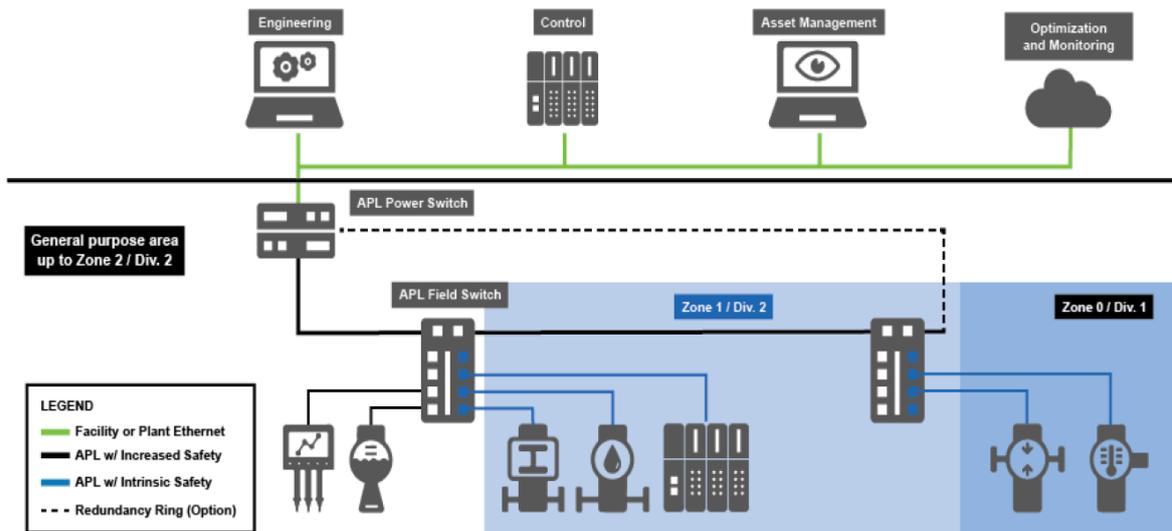
A Norma **ABNT IEC TS 60079-47 – Ethernet intrinsecamente segura a dois fios** (*Equipment protection by 2-wire intrinsically safe Ethernet concept - 2-WISE*) especifica os requisitos para a fabricação, marcação, documentação e instalação de equipamentos e sistemas com a utilização do conceito **2-WISE** (*2-Wire Intrinsically Safe Ethernet concept*), tendo como base a **Ethernet** a dois fios, com base no padrão **10BASE-T1L**, como definido na Norma **IEEE 802.3cg - IEEE Standard for Ethernet – Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors**.

O padrão **2-WISE** é um conceito de **redes ethernet intrinsecamente seguras a dois fios**, que opera com o padrão **APL** (*Advanced Physical Layer*), projetado para “**simplificar**” o processo de avaliação dos parâmetros de entidade de

segurança intrínseca dos equipamentos e redes de dispositivos “Ex” de campo, com **segmentos** (*spur*) ou **troncos** (*trunk*) das redes com este padrão.

Esta “**simplificação**” é obtida por meio da definição de **limites** para os parâmetros “universais” de segurança intrínseca (tensão máxima de entrada, corrente máxima de entrada, potência máxima de entrada, capacitância máxima interna, indutância máxima interna e corrente máxima de fuga) para as portas de comunicação APL de dispositivos e equipamentos, como sensores, atuadores, *switches* ópticos e demais equipamentos “Ex” de **campo**, de acordo com a classificação de área no local da instalação (**Zona 0, 1, 2, 20, 21 ou 22**).

A Figura a seguir mostra um exemplo de uma topologia de uma rede de automação de processo com APL / 2-WISE, contendo segmentos do tipo tronco (*trunk*) no padrão APL / Ex “e” (com tipo de proteção por **segurança aumentada**) e ramais (*spurs*) com padrão APL / 2-WISE.



Exemplo de uma topologia de sistema de automação de processo contendo segmentos do tipo tronco (trunk) no padrão APL / Ex “e” (com tipo de proteção por segurança aumentada) e ramais (spurs) com padrão APL / 2-WISE

A ABNT IEC TS 60079-47 apresenta listagens simples de especificação de conjunto de parâmetros “universais” a serem aplicados de forma **padronizada** para todos os componentes da rede, na configuração das portas dos dispositivos “Ex” conectados aos **segmentos** e **troncos** 2-WISE.

Os sistemas 2-WISE operam no padrão Ethernet, a **10 Mb/s** no modo *full duplex*, o que representa velocidades de comunicação da ordem de **300 a 3.000 vezes mais rápidas** que os padrões “atuais” ou “tradicionais” **4 a 20 mA HART** ou **FISCO** (Fieldbus intrinsecamente seguro). A aplicação de sistemas 2-WISE pode ser considerada uma “revolução” em termos de redes de comunicação de campo (nível 0), representando, de fato, a **chegada das redes ethernet às instalações industriais de controle de processo**, permitindo que cada elemento de campo possua um endereço IP e esteja totalmente integrado à automação da planta, incluindo as áreas de **OT** (*Tecnologia de Operação*) e **IT** (*Tecnologia da Informação*), permitindo uma total integração dos sistemas de supervisão e controle, desde o chão da fábrica “Ex” até a **gestão de ativos**, engenharia e manutenção na “**nuvem**”.

Requisitos para equipamentos 2 WISE (ABNT IEC TS 60079-47): Os requisitos para os dispositivos 2 WISE estão alinhados com os requisitos aplicáveis especificados na Norma Técnica Brasileira ABNT NBR IEC 60079-11 (Tipo de proteção Ex “i”), exceto como modificado pela ABNT IEC TS 60079-47. Os dispositivos 2 WISE devem ser adequados para utilização em sistemas 2 WISE, de acordo com os requisitos especificados na ABNT IEC TS 60079-47. Cada porta de um dispositivo 2 WISE deve estar de acordo com os requisitos especificados nesta mesma ABNT IEC TS 60079-47.

Se um dispositivo de terminação de rede estiver presente no interior de uma porta de fonte de alimentação de força, porta de carga ou porta não alimentada 2 WISE, com parâmetros adicionais aos requisitos de valores máximos de saída permitidos para o 2 WISE, com uma capacitância nos terminais de campo para conexão da porta, o valor efetivo da capacitância não deve ser superior a 2,2 µF, quando a capacitância for protegida por um resistor em série de valor máximo 90 Ω. Outras combinações equivalentes de capacitância e resistência podem ser selecionadas, de acordo com os requisitos da ABNT NBR IEC 60079-11, para a redução da capacitância efetiva permitida, quando protegida por resistor em série.

Os requisitos de rigidez dielétrica para a isolação entre os terminais de portas 2-WISE e a carcaça do dispositivo 2 WISE ou partes que sejam aterradas, são idênticos àqueles especificados na **ABNT NBR IEC 60079-11** entre um circuito intrinsecamente seguro e carcaça do equipamento elétrico ou partes que sejam aterradas.

Portas de fonte de alimentação de força 2-WISE:

- A tensão máxima de saída U_o deve estar na faixa entre 14 V e 17.5 V, sob as condições especificadas na ABNT NBR IEC 60079-11 para o respectivo nível de proteção (EPL).
- A tensão máxima de saída U_o é a soma da tensão de alimentação c.c. e a tensão de comunicação. A capacitância interna máxima C_i e indutância interna máxima L_i não podem ser maiores que 5 nF e 10 µH, respectivamente.
- A corrente máxima de saída I_o para qualquer porta de fonte de alimentação de força 2-WISE deve ser determinada de acordo com a ABNT NBR IEC 60079-11 e não pode exceder 380 mA. A potência máxima de saída P_o não pode exceder 5,32 W.

Os limites de tensão e corrente para portas de fonte de alimentação 2-WISE com característica de saída retangular podem ser encontrados na ABNT NBR IEC 60079-11 sobre os requisitos para equipamentos *Fieldbus* intrinsecamente seguros (FISCO). Os possíveis casos de circuitos abertos, curtos-circuitos e de aterramento da fiação de campo para a porta são também considerados para a determinação dos parâmetros elétricos para a porta de alimentação de força 2-WISE.

Portas de carga de alimentação de força 2-WISE e portas auxiliares de dispositivos 2-WISE: Os seguintes requisitos são aplicáveis para portas de carga de alimentação de força 2-WISE e portas auxiliares de dispositivos 2-WISE conectadas a sistemas intrinsecamente seguros, instalados dentro ou fora da área classificada, adicionalmente aos requisitos das seções pertinentes da ABNT NBR IEC 60079-11. Os parâmetros elétricos para portas de carga de alimentação de força 2-WISE e para portas auxiliares de dispositivos 2-WISE devem atender aos valores especificados na Tabela a seguir.

Parâmetros intrinsecamente seguros para PORTAS DE CARGA DE ALIMENTAÇÃO DE FORÇA 2-WISE e PORTAS AUXILIARES de dispositivos 2-WISE (Referência: ABNT IEC TS 60079-47)

Característica da porta de carga e portas auxiliares 2-WISE		Porta de carga de alimentação 2-WISE	Porta auxiliar de dispositivo 2-WISE
Tensão máxima de entrada	U_i	17,5 V	17,5 V
Corrente máxima de entrada	I_i	380 mA	380 mA
Potência máxima de entrada	P_i	5,32 W	5,32 W
Capacitância máxima interna	C_i	5 nF	5 nF
Indutância máxima interna	L_i	10 µH	200 nH
Corrente máxima de fuga		1 mA	50 µA
Os valores apresentados são aplicáveis para todos os grupos de equipamentos (Grupos I, II e III)			

Sob condições normais ou de falha, como especificado na ABNT NBR IEC 60079-11, para o respectivo nível de proteção de equipamento (EPL), os terminais de campo para conexão das portas de carga e portas auxiliares de dispositivos 2-WISE não podem representar uma fonte de energia para o sistema, exceto para a corrente de fuga, não excedendo os valores máximos especificados na Tabela acima citada.

Portas não alimentadas 2-WISE (somente para comunicação): Os parâmetros elétricos para portas não alimentadas 2-WISE, conectadas a sistemas intrinsecamente seguros, devem atender aos valores especificados na Tabela a seguir.

Parâmetros intrinsecamente seguros para PORTAS NÃO ALIMENTADAS 2-WISE – Somente para comunicação (Referência: ABNT IEC TS 60079-47)

Característica da porta 2-WISE não alimentada	Símbolo	Valor
Tensão máxima de saída	U_o	9 V
Corrente máxima de saída	I_o	112,5 mA
Potência máxima de saída	P_o	254 mW
Tensão máxima de entrada	U_i	17,5 V
Corrente máxima de entrada	I_i	380 mA
Potência máxima de entrada	P_i	5,32 W
Capacitância máxima interna	C_i	5 nF
Indutância máxima interna	L_i	10 µH

Os valores de U_i , l_i e P_i são especificados para evitar a ocorrência de dano de uma porta não alimentada, caso esta porta seja acidentalmente conectada a uma porta de fonte de alimentação de força.

Equipamentos simples: A indutância interna L_i e capacitância interna C_i de cada equipamento simples conectado a um sistema 2-WISE deve ser menor que $1 \mu\text{H}$ e 1nF respectivamente. Os equipamentos simples devem atender aos requisitos aplicáveis da ABNT NBR IEC 60079-11, com exceção destes requisitos especificados na ABNT IEC TS 60079-47.

Requisitos para sistemas 2-WISE: Um sistema 2-WISE típico engloba, duas portas 2-WISE conectadas aos terminais opostos de um cabo, com um máximo de dois dispositivos 2-WISE com portas auxiliares entre os dois dispositivos.

Existem dois tipos diferentes de sistemas 2-WISE: Sistema somente com comunicação (**não alimentado**) e sistema **alimentado**. A função básica de um sistema 2-WISE é a **comunicação**. O sistema alimentado proporciona fonte de alimentação **adicional**, da seguinte forma:

- a) A porta de fonte de alimentação de força fornece alimentação em c.c. para o sistema e a porta de carga de alimentação consome potência c.c. do sistema. Portas auxiliares dos dispositivos podem também consumir potência c.c. do sistema;
- b) Em um sistema somente de comunicação (não alimentado), nenhuma potência c.c. é fornecida ao sistema por meio das conexões do sistema 2-WISE e, nestes casos, os dispositivos 2-WISE são sempre separadamente alimentados. Uma porta não alimentada não pode ser conectada a uma porta de fonte de alimentação de força.

Equipamentos **simples**, de acordo com a ABNT IEC TS 60079-47, podem ser adicionados ao sistema 2-WISE, sem modificação na avaliação de segurança do sistema. A indutância e capacitância total de todos os equipamentos simples conectados ao sistema 2-WISE não pode exceder $10 \mu\text{H}$ e 5nF respectivamente. Os terminais de conexão de campo 2-WISE, ou chaves eletromecânicas, são consideradas equipamentos simples e não contribuem para a indutância e a capacitância total.

Por questões funcionais, os cordões ou rabichos de cabo (*stub*) para a conexão de dispositivos 2-WISE com portas auxiliares em paralelo ao sistema 2-WISE, devem possuir um comprimento menor que 1 m e não são considerados como parte do comprimento total do sistema 2-WISE.

Sistema de fiação de campo para sistemas 2-WISE: Os parâmetros dos cabos utilizados em um sistema 2-WISE devem estar de acordo com os seguintes limites:

- a) Resistência do cabo R_c : $15 \Omega/\text{km}$ a $150 \Omega/\text{km}$;
- b) Indutância do cabo L_c : $0,4 \text{mH}/\text{km}$ a $1 \text{mH}/\text{km}$;
- c) Capacitância do cabo C_c : $45 \text{nF}/\text{km}$ a $200 \text{nF}/\text{km}$.

Os requisitos de fabricação e de instalação de cabos individuais e multicabos contendo mais que um circuito intrinsecamente seguro são apresentados na ABNT NBR IEC 60079-25. Para a determinação dos parâmetros dos cabos, ver ABNT NBR IEC 60079-25.

Documento descritivo de sistema 2-WISE: Cada interconexão de portas 2-WISE em um sistema 2-WISE deve ser designada para um nível de proteção de equipamento (**EPL**) (por exemplo “ia”, “ib” ou “ic”), o qual é determinado pela porta 2-WISE com o nível de proteção mais baixo, e ser alocada para um **grupo** de equipamento (por exemplo I, IIA, IIB, IIC, IIIA, IIIB ou IIIC), determinado pela porta 2-WISE com o grupo de equipamento menos rigoroso. Esta designação deve ser registrada em um documento descritivo do sistema.

O documento descritivo do sistema deve conter a confirmação da verificação de que a temperatura máxima ambiente de cada dispositivo 2-WISE é adequada para a instalação pretendida. A classe de temperatura de cada dispositivo 2-WISE deve ser determinada e registrada no documento descritivo do sistema, se aplicável. O documento descritivo do sistema deve incluir os parâmetros dos cabos (de acordo com o especificado na ABNT IEC TS 60079-47) a serem conectados a uma porta 2-WISE. A Norma ABNT NBR IEC 60079-25 apresenta um exemplo de documento descritivo do sistema.

Documentos para certificação e instruções para dispositivos 2-WISE: Os requisitos especificados na ABNT IEC TS 60079-47 complementam e modificam os requisitos dos documentos para certificação e instruções da ABNT NBR IEC 60079-0 e ABNT NBR IEC 60079-11.

Os documentos para certificação devem confirmar que cada dispositivo 2-WISE é adequado para instalação em um sistema 2-WISE, de acordo com este documento descritivo. Os parâmetros de segurança intrínseca não necessitam ser incluídos no certificado ou nas instruções para as portas 2-WISE.

As instruções devem conter informações que indiquem que uma marcação “Porta não alimentada 2-WISE” não pode ser conectada a uma “Porta de fonte de alimentação de força 2-WISE”. As instruções devem apresentar as informações necessárias para a elaboração do documento descritivo do sistema.

Marcação de equipamentos e dispositivos 2-WISE: Os requisitos para a marcação de equipamentos e dispositivos 2-WISE especificados na ABNT IEC TS 60079-47 complementam e modificam os requisitos de marcação especificados nas ABNT NBR IEC 60079-0 e ABNT NBR IEC 60079-11. Cada dispositivo 2-WISE deve ser marcado com “2-WISE”. O tipo de cada porta deve ser marcado, como:

- a) “Porta de fonte de alimentação de força 2-WISE”
- b) “Porta de carga de alimentação de força 2-WISE”
- c) “Porta auxiliar de dispositivo 2-WISE”
- d) “Porta não alimentada 2 WISE”

As portas 2-WISE não necessitam ser marcadas com os parâmetros de segurança intrínseca *Ui, li, Ci, Li, Pi, Uo, Io, Co, Lo* ou *Po* (uma vez que estes parâmetros são “padronizados” na ABNT IEC 60079-47).

25.10 Exemplos de marcação de equipamentos e dispositivos 2-WISE

Dispositivo 2-WISE com porta de fonte de alimentação de força:

Modelo 123 APL switch
Companhia ABC
2-WISE
Ex ec [ia Ga] IIC T4 Gc
Ex tc [ia Da] IIIC T130 °C Dc
Fonte de alimentação de força 2-WISE
-55°C ≤ Ta ≤ +100°C
Número de Série 12345
N.A. 20.1111

Dispositivo 2-WISE com porta de carga de alimentação de força:

Modelo 456
Companhia ABC
2-WISE
Ex ib IIC T4 Gb
Ex ib IIIC T130 °C Db
Carga de alimentação de força 2-WISE
-20°C ≤ Ta ≤ +60 °C
Número de Série 5432
N.A. 20.2222

Dispositivo 2-WISE com porta auxiliar de dispositivo:

Modelo 789
Companhia ABC
2-WISE
Ex ic IIA T1 Gc
Ex ic IIIA T450 °C Dc
Dispositivo auxiliar 2-WISE
-40°C ≤ Ta ≤ +100 °C
Número de Série TW342
N.A. 20.3333

Dispositivo 2-WISE com porta não alimentada (somente para comunicação):

Modelo 1000
Companhia ABC

2-WISE

Ex ec [ia Ga] IIC T4 Gc

Ex tc [ia Da] IIIC T130 °C Dc

Porta 2-WISE somente para comunicação (não alimentada)

-55°C ≤ Ta ≤ +85°C

Número de Série A8567

N.A. 20.4444

25.11 Evolução da implantação do padrão APL e do conceito 2-WISE

A necessidade de tecnologias que possibilitem a alimentação elétrica e o envio de dados de comunicação com alta velocidade sobre dois fios motivaram pesquisadores a desenvolver uma camada física com estas características, que são requeridas para a automação de sistemas industriais. O objetivo dos especialistas, neste caso, foi a elaboração de um padrão que verdadeiramente levasse as redes no padrão Ethernet até os dispositivos de campo, em particular em áreas classificadas.

A avaliação do projeto para a o padrão APL (*Advanced Physical Layer*) para a Ethernet foi iniciada em **2011**, por um conjunto de empresas fabricantes e fornecedores de dispositivos e sistemas de automação de processo e elétrico. O objetivo da avaliação do projeto era a definição de uma solução que fosse adequada para os requisitos rigorosos dos dispositivos “Ex” de campo (sensores e atuadores) na automação da indústria de processo e que não afetasse os protocolos das camadas mais elevadas de aplicação do modelo OSI, permitindo desta forma o estabelecimento de protocolos na Ethernet industrial. Em **2016** a avaliação do projeto foi concluída com sucesso, com a identificação de melhorias para as especificações aplicáveis a serem elaboradas.

O padrão APL especifica os detalhes da aplicação de comunicação **Ethernet** para sensores e atuadores para o controle na indústria de **processo**, sendo publicado para aplicações em áreas classificadas pela **IEC** em **2021** por meio do documento **IEC TS 60079-47**. Este padrão tem como base a camada física 10BASE-T1 e especifica os requisitos para a implementação de rede Ethernet com o tipo de proteção Ex “i” para aplicação em atmosferas explosivas.

As principais empresas do mundo envolvidas na automação de processo trabalharam em conjunto desde **2011**, sob a coordenação da PROFIBUS e PROFINET International (PI), ODVA (*Open DeviceNet Vendors Association*) e o Grupo *FieldComm*, de forma a operacionalizar o padrão Ethernet-APL nos protocolos aplicáveis para os sistemas industriais com base em Ethernet, de forma a acelerar a sua aplicação, inclusive em áreas classificadas.

Sob o ponto de vista de aplicação em campo, o primeiro projeto piloto com protótipos de Ethernet APL foi realizado em **2019**, nas instalações da BASF, localizada em Mannheim, na Alemanha, comparando os princípios de funcionamento, a adequação de desempenho e os benefícios proporcionados por esta tecnologia 2-WISE. A instalação de dispositivos “Ex” de campo Ethernet a dois fios, incluindo **sensores e atuadores** para **todos os tipos de medição e controle** de variáveis de processo evidenciaram a simplicidade da instalação e da integração dos dispositivos de instrumentação e automação de campo nos sistemas de automação de processo, bem como o acesso aos dados destes dispositivos “Ex”.

Em paralelo com a elaboração e a publicação do padrão APL (**10BASE-T1L**) pela Norma IEEE 802.3cg em **2019**, o processo de elaboração da Especificação Técnica para Ethernet intrinsecamente segura a dois fios (2-WISE - *2-Wire Intrinsically Safe Ethernet*) foi iniciado em **2018**, pelo *Project Team* PT 60079-47 do Subcomitê SC 31G (segurança intrínseca) do TC 31 da IEC, os trabalhos de padronização das características “universais” das portas dos dispositivos Ex “i”, resultando na publicação da Norma internacional **IEC TS 60079-47** em **03/02/2021**. A respectiva **ABNT IEC TS 60079-47** foi elaborada pela Comissão de Estudo **CE 003:031.004** do Subcomitê **SCB 003:031** e publicada originariamente pela ABNT em **29/07/2021**.

25.12 Considerações sobre o padrão APL e o conceito 2-WISE - Os dispositivos geram ações para a evolução da otimização do processo

O padrão Ethernet APL especifica uma camada física para a tecnologia de comunicação **Ethernet** desenvolvida para proporcionar uma comunicação industrial em **alta velocidade** (10 Mb/s) a **distâncias significativas**, sob o ponto de vista das instalações industriais **terrestres e marítimas** (até **1 000 m** entre *switches* “Ex”) para os sistemas de controle da indústria de processo. Os sinais de fonte de alimentação de força e de transmissão de dados de comunicação no padrão **Ethernet-APL** é feito de forma “**simplificada**”, por meio de um cabo “comum” de par trançado com 2 fios.

Este padrão **10BASE-T1L** foi desenvolvido para atender a requisitos específicos de tipo de proteção “Ex” em atmosferas explosivas. O padrão Ethernet-APL suporta **qualquer protocolo** de automação com base em Ethernet, possibilitando o desenvolvimento de uma única tecnologia a longo prazo para toda a comunidade de automação de processo.

A inclusão de produtos com camada física no padrão 10BASE-T1L às redes Ethernet industriais permite a transição dos sistemas “clássicos” existentes para instalações de automação de processo conectadas **diretamente** entre os dispositivos de campo e o processo em “nuvem”, incluindo a instalação de dispositivos de campo “Ex” com tipos de proteção para atmosferas explosivas, como por exemplo em sistemas de automação para refinarias de petróleo, navios petroleiros, plataformas de produção de petróleo do tipo FPSO, usinas de açúcar e álcool, farmacêutica, de alimentos, petroquímica, química, de bebidas e de fertilizantes.

Como pode ser verificado, no padrão 10BASE-T1L, os pacotes de dados Ethernet são transmitidos desde o nível dos dispositivos “Ex” de campo até o nível de controle, bem como para o processamento em “nuvem”, sem a necessidade dos problemáticos e complexos “gateways”, atendendo aos requisitos da **indústria 4.0** e de redes **unificadas** de Tecnologia da Informação (TI) e da Tecnologia de Operação (TO).

Com a implantação do APL / 2- WISE, novos tipos de dispositivos de campo com características e funções mais desenvolvidas podem ser aplicados. O endereçamento de cada dispositivo de campo, com seu próprio endereço IP, simplifica de forma considerável as atividades de instalação, configuração e manutenção de instrumentos e dispositivos sensores e atuadores conectados com padrão 10BASE-T1L. Este padrão proporciona novos dispositivos de campo, base de dados mais detalhadas para computação em nuvem e dados analíticos para um controle avançado.

Com sua capacidade de combinar a comunicação no padrão mundial Ethernet com o sinal de alimentação elétrica no mesmo **par de fios trançados**, a camada física APL, proporciona a origem de uma geração de dispositivos e componentes de infraestrutura de rede de comunicação de dados, que simplificam a tecnologia de automação de processo e permitem aplicações **inovadoras** nestas áreas de IT e OT, incluindo sensores, transmissores, analisadores, câmeras IP e pontos de acesso *wireless*, possibilitando a existência de sistemas de supervisão e controle mais abrangentes e com maiores capacidades.

O padrão APL é uma tecnologia básica de Ethernet, que permite um amplo e inovador desenvolvimento de produtos, incluindo *switches*, sensores e atuadores “Ex”. Este padrão Ethernet permite que as empresas obtenham os benefícios proporcionados pela digitalização das plantas de processo e a **integração** IT e OT, incluindo as empresas de engenharia, os integradores de instalações, as empresas de serviços, os fornecedores de dados e os usuários finais.

Com o padrão APL e os equipamentos 2-WISE, a **eficiência operacional** das instalações pode ser aumentada por meio de acesso aos dados de processo, acelerando o desenvolvimento de instalações de produção com sistemas mais complexos de automação de processo no futuro.

25.13 Referências Bibliográficas sobre Ethernet intrinsecamente segura a dois fios

1. ABNT NBR IEC 60079-11: *Proteção de equipamentos por segurança intrínseca “i”*
2. ABNT NBR IEC 60079-14: *Projeto, seleção de equipamentos e montagem de instalações elétricas em atmosferas explosivas*
3. ABNT NBR IEC 60079-25: *Sistemas elétricos intrinsecamente seguros*
4. ABNT IEC TS 60079-47: *Conceito de Ethernet intrinsecamente segura a dois fios (2-WISE - 2-Wire Intrinsically Safe Ethernet Concept)*
5. IEEE P802.3cg – *10 Mb/s Single Pair Ethernet: A guide*, 01/2018
6. *Ethernet-APL*, Benedikt Spielmann, Endress+Hauser, ODVA 2020 Industry Conference, 03/2020
7. *Enabling Seamless Ethernet to the Field with 10BASE-T1L Connectivity*, Analog Devices, 05/2020
8. *Ethernet APL Optimization Process Automation with actionable insights* - Analog Devices, 07/2020
9. *Ethernet To the Field, Whitepaper*, FieldComm Group, 08/2020
10. *How 10BASE-T1L single-pair Ethernet brings the network edge closer with fewer cables*, Texas Instruments, 10/2020
11. *O centenário da segurança intrínseca*
<https://drive.google.com/file/d/1vNXFhP1XNXvvefNSVxazLkMoTmNkxCUk/view>
12. *Os 100 primeiros anos da segurança intrínseca*
<https://drive.google.com/file/d/1DPlnewFOXfkzaenzlB7i2XUBgnaYmcYY/view>
13. *Sistemas de automação intrinsecamente seguros – Ex “i”: Do projeto à instalação*
<https://drive.google.com/file/d/1WRoku5h0kwxKD2OyDtPogLJfXRsIFJb2/view>

14. *O Ciclo Total de Vida das Instalações em Atmosferas Explosivas*, Paco Editorial
<https://www.pacolivros.com.br/o-ciclo-total-de-vida-das-instalacoes-em-atmosferas-explosivas>

26 O IECEx e a participação do Brasil nos sistemas internacionais de certificação de pessoas, serviços e produtos elétricos e mecânicos “Ex”

O Sistema **IECEx - IEC System for Certification to Standards relating to Equipment for use in Explosive Atmospheres**, formado por dezenas de países, inclusive o Brasil, incorpora em seu pacote de certificação para atmosferas explosivas, não somente a “tradicional” certificação de equipamentos **elétricos e mecânicos “Ex”**, mas também a certificação de **empresas de serviços** em áreas classificadas e de **competências pessoais** em atmosferas explosivas.

A **IEC** e a **ISO** desenvolveram e publicaram uma série de normas **internacionais** especificando como a avaliação da conformidade deve ser realizada. A série de normas internacionais **ISO/IEC 17000**, bem como uma série de **Guias ISO/IEC**, estão contidos no que é familiarmente chamado de **CASCO Tool Box** (Caixa de ferramentas), que apresenta um conjunto completo de ferramentas para realizar uma conformidade consistente e avaliação **internacionalmente** confiável.

De acordo com o **IEC/CAB (Conformity Assessment Board)**, a avaliação da conformidade é a atividade de verificar se uma norma técnica foi devidamente aplicada em um **PRODUTO, SERVIÇO ou PESSOA**, como por exemplo, no projeto, fabricação, instalação, manutenção, inspeção ou reparo de um equipamento ou sistema. A atividade da avaliação da conformidade deve ser realizada de acordo com um conjunto de regras bem definidas, para assegurar resultados consistentes e replicáveis. Em outras palavras, a própria avaliação da conformidade deve ser aplicada com uma abordagem padronizada.

De acordo o sistema internacional **CASCO (Conformity Assessment Committee tools to support public policy) da ISO (International Organization for Standardization)**, do qual o Brasil é um país **PARTICIPANTE** (sendo representado pelo **Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**), a sistemática de **CERTIFICAÇÃO** por meio da avaliação da conformidade de **PRODUTOS , SERVIÇOS ou PESSOAS** é a forma mais **ADEQUADA e EFICAZ** para **EVIDENCIAR** o atendimento de requisitos especificados em Normas Técnicas, como por exemplo, relacionadas com o tema **“equipamentos e instalações em atmosferas explosivas”**, nas Normas Brasileiras adotadas das Séries ABNT NBR IEC 60079 e ABNT NBR ISO 80079: <https://www.iso.org/sites/cascoregulators/index.html>.

Os sistemas internacionais de certificação do IECEx para o **ciclo total de vida** das instalações “Ex” são apresentados a seguir, onde é indicado o panorama geral dos sistemas de certificação “Ex” abrangidos pelo IECEx, considerando a segurança durante o **ciclo total de vida** das instalações elétricas e mecânicas contendo atmosferas explosivas.

O Brasil possui indústrias nas áreas de petróleo desde a década de **1930**. No entanto, até o presente momento, não existem requisitos legais sobre a certificação das empresas que prestam serviços em atmosferas explosivas ou da certificação das competências pessoais dos profissionais que executam atividades em atmosferas explosivas.

O resultado desta falta de requisitos legais se apresenta na forma de empresas de serviços “Ex” e de profissionais que executam atividades em áreas classificadas, boa parte sem os devidos conhecimentos das normas técnicas aplicáveis e sem as devidas competências para realizarem as atividades pretendidas.

Desta falta de conhecimentos, qualificações, competências e certificações, decorre que uma grande parte das instalações “Ex” apresentam não conformidades de classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos que invalidam a proteção que poderia ser provida pelos equipamentos “Ex” que são utilizados nestas instalações.

Como uma **“luz no fim do túnel”** para solucionar este preocupante cenário e este panorama de falta de segurança, foi lançado em **2002** o IECEx (Sistema de certificação “Ex” da IEC com base nas normas técnicas internacionais), que tem como abordagem a adequada visão sobre o **ciclo total de vida** das instalações em atmosferas explosivas.

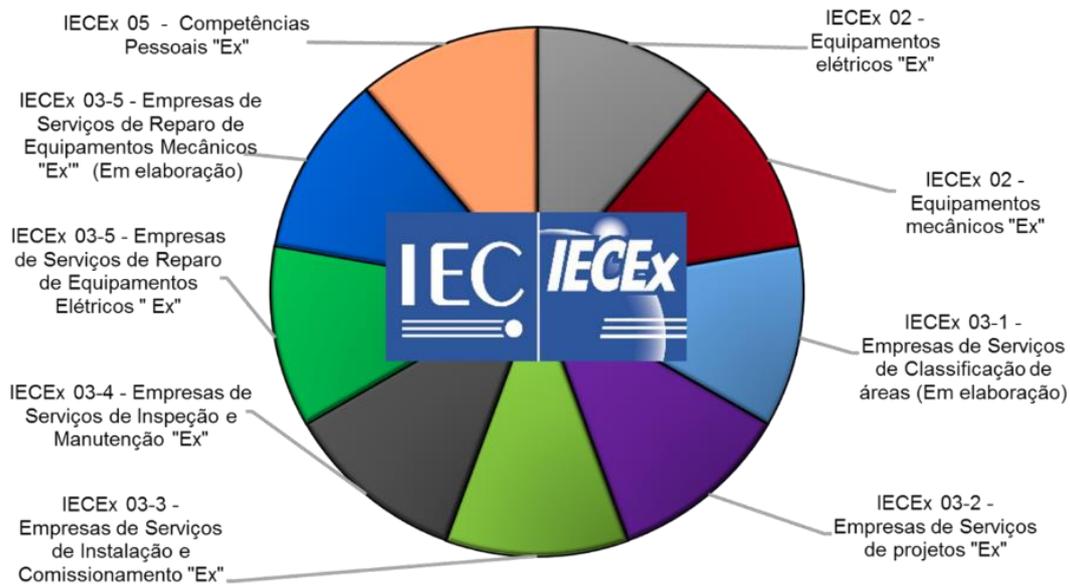
O IECEx, formado por **36 países**, inclusive o Brasil, representa uma grande **esperança** para as empresas usuárias de equipamentos e instalações “Ex” em áreas classificadas, uma vez que possui sistemas de certificação padronizado para as **empresas** de serviços “Ex” e para as **competências das pessoas** que executam atividades em atmosferas explosivas, além do sistema de certificação de equipamentos **elétricos e mecânicos “Ex”**.

O fato da normalização técnica brasileira adotada das Séries **ABNT NBR IEC 60079** e **ABNT NBR ISO 80079**, publicadas pela ABNT, estarem totalmente **alinhas e harmonizadas** com as respectivas normas técnicas internacionais

elaboradas pelo TC-31 da IEC, sem a existência de diferenças ou barreiras técnicas em relação às respectivas normas internacionais, contribui para a elevação dos níveis de segurança, confiabilidade, tecnologia e qualidade dos equipamentos e instalações "Ex" do Brasil.

Esta característica foi de fundamental importância para o **ingresso** do Brasil no sistema internacional de certificação "Ex" da IEC, o **IECEX**, que é integrado pelos sistemas de certificação de equipamentos elétricos e mecânicos "Ex", de empresas de serviços "Ex" e de competências pessoais para atmosferas explosivas.

Um panorama geral de todos os sistemas internacionais de certificação "Ex" que compõem o IECEX, sob o foco da segurança durante todo o ciclo de vida das instalações contendo atmosferas explosivas é mostrado na figura a seguir.



Sistemas internacionais de certificação "Ex" do IECEX, incluindo certificação de empresas de serviços "Ex", certificação de competências pessoais em atmosferas explosivas e certificação de equipamentos elétricos e mecânicos "Ex"



Utilizando e referenciando Normas Técnicas internacionais IEC e ISO como base de regulamentos públicos nacionais <http://www.iso.org/iso/PUB100358.pdf>

26.1 O apoio das Nações Unidas na implantação de esquemas internacionais de avaliação da conformidade de pessoas, serviços e produtos "Ex" do IECEX

As Nações Unidas têm trabalhado em estreita cooperação com a IEC e com o IECEx, de forma a desenvolver um modelo de legislação comum na área de equipamentos e instalações em ambientes com áreas classificadas. Em função desta cooperação, as Nações Unidas têm apoiado e incentivado a aplicação dos requisitos de certificação de competências pessoais, oficinas de serviços de reparos e de equipamentos “Ex” do IECEx na legislação de cada país.

Ainda de acordo com as Nações Unidas, os programas de certificação “Ex” do IECEx devem ser utilizados para o alinhamento de regulamentos nacionais existentes nos diversos países com estas melhores práticas internacionalmente harmonizadas sobre o assunto “Ex”.

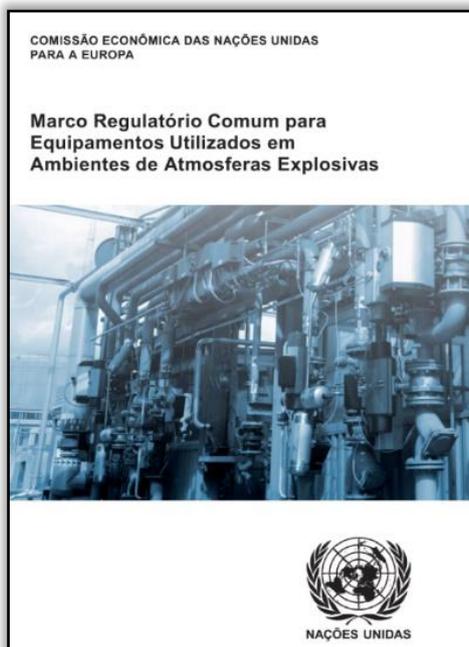
Qualquer dos países membros que ainda não possuam programas de legislação no setor de atmosferas explosivas podem utilizar o modelo elaborado e proposto pelas Nações Unidas, como base para a sua legislação local. Em países que já possuam estes programas de avaliação da conformidade “Ex”, estes podem considerar a convergência gradual dos modelos existentes para o novo modelo internacional proposto. Uma vez que o modelo comum tenha sido adotado na legislação nacional dos diversos países membros, o setor passará a operar sob um regulamento comum unificado em todos os países participantes.

De acordo com as Nações Unidas, a existência de **diferentes** requisitos legais em **diferentes** países pode, por si só, representar um **risco**, uma vez que trabalhadores que se deslocam de um local para outro podem não possuir familiaridade suficiente com os requisitos “**locais**” de segurança. Ainda segundo as Nações Unidas, a existência de **diferentes** regulamentos sobre atmosferas explosivas em **diferentes** países **não contribui** para a existência de um amplo ambiente “**comum**” de segurança e constitui uma situação de **risco** a ser equacionada em nível **internacional**.

De forma a fornecer a base para um alinhamento internacional, foi elaborado pelas Nações Unidas, em 2011, juntamente com o IECEx, um documento intitulado “**Marco Regulatório Comum para Equipamentos Utilizados em Ambientes de Atmosferas Explosivas**”. Este documento é baseado na abordagem do “ciclo total de vida” das instalações, o que requer a execução correta de diversas atividades envolvidas, incluindo projeto, classificação de áreas, seleção, instalação, inspeção, manutenção e reparos dos equipamentos “Ex”.

Em função dos elevados níveis de participação nos trabalhos e nos trabalhos de elaboração dos documentos operacionais do IECEx, o Brasil foi indicado para sediar as reuniões anuais de **2013**, onde foram discutidos os assuntos gerais e atualização dos sistemas de certificação “Ex” existentes. Estas reuniões foram realizadas entre os dias 16 e 20/09/2013, na cidade de Fortaleza, e contou com a presença do Presidente da IEC e do Superintendente do COBEI. Juntamente com estas reuniões do IECEx foi realizado também pelas Nações Unidas o “Seminário para as Autorizadas Regulamentadoras da América Latina e **BRICS** sobre a abordagem do ciclo total de vida dos sistemas de certificação do IECEx para atmosferas explosivas”.

Graças a essas participações, do ponto de vista normativo e legal, o Brasil, por meio do Inmetro, do COBEI, da ABNT e de outros segmentos da sociedade, está devidamente alinhado e atuante na aplicação das recomendações das Nações Unidas e do IECEx sobre certificação em atmosferas explosivas.



Marco Regulatório Comum para Equipamentos Utilizados em Ambientes de Atmosferas Explosivas, elaborado pelas Nações Unidas para alinhamento regulatório para parte dos países membros sobre aplicação de requisitos de avaliação da conformidade para certificação de pessoas, serviços e produtos elétricos e mecânicos “Ex”

27 Requisitos para a certificação de empresas de serviços de projeto, montagem, inspeção e manutenção “Ex”

Para que estas empresas de serviços “Ex” possam ser certificadas, um dos requisitos básicos é que elas evidenciem que conhecem e aplicam os requisitos técnicos indicados nas respectivas normas da Série ABNT NBR IEC 60079 (Atmosferas explosivas), aplicáveis a cada tipo de serviço “Ex”.

São indicadas a seguir as respectivas Normas Técnicas brasileiras aplicáveis aos serviços de classificação de áreas, projeto, seleção de equipamentos, inspeção, manutenção e reparo de equipamentos “Ex”:

- **ABNT NBR IEC 60079-10-1:** Classificação de áreas contendo gases inflamáveis
- **ABNT NBR IEC 60079-10-2:** Classificação de áreas contendo poeiras combustíveis
- **ABNT NBR IEC 60079-14:** Projeto, montagem e inspeção inicial de instalações “Ex”
- **ABNT NBR IEC 60079-17:** Inspeção e manutenção de instalações “Ex”
- **ABNT NBR IEC 60079-19:** Reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”

Além de atenderem a este requisito básico, de demonstração de suas capacidades no atendimento dos requisitos técnicos indicados nas **Normas** acima indicadas, as empresas de serviços “Ex” necessitam também evidenciar o atendimento de outros requisitos de avaliação e de certificação, como:

- Implantação e manutenção de uma **Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ)**, com base nos requisitos da Norma **ABNT NBR ISO 9001**. Embora não seja obrigatória a certificação de terceira para um SGQ com base na ABNT NBR ISO 9001, este tipo de certificação auxilia o processo de certificação “Ex”, o qual se baseia nos requisitos desta Norma.
- Existência de padrões escritos e rastreáveis para a execução dos serviços aplicáveis, como projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos. Estes padrões de execução de serviços devem estar alinhados com os requisitos das respectivas Normas Técnicas da Série ABNT NBR IEC 60079, como **Parte 10-1, Parte 10-2, Parte 14, Parte 17 e Parte 19**.
- Existência de instalações, equipamentos, instrumentos e de recursos físicos e materiais adequados para a execução dos serviços. Estas instalações e recursos físicos devem estar adequados aos serviços executados. Nos casos dos instrumentos de medição, estes devem estar devidamente calibrados e aferidos, por meio de procedimentos por escrito e rastreáveis.
- Os **recursos humanos** das empresas certificadas para serviços “Ex” devem ser devidamente treinados, qualificados e competentes, de acordo com os requisitos indicados nas respectivas Normas Técnicas aplicáveis. Neste caso, a situação mais indicada é que estas pessoas sejam devidamente **certificadas**, de acordo com as respectivas Unidades de Competência “Ex” indicadas no Documento Operacional **IECEx OD 504**.
- Enquadram-se neste requisito de competências pessoais, tanto os **executantes** pelas atividades “Ex” como as **pessoas responsáveis** pela supervisão e aprovação destas atividades. São exemplos destes profissionais as pessoas executantes e supervisores das empresas de serviços de **classificação de áreas, empresas de serviços de projeto “Ex”, montadoras “Ex”, empresas de serviços de inspeção “Ex”, empresas de serviços de manutenção Ex e as empresas de serviços de reparo de equipamentos “Ex”**.



Neste contexto foi publicado o documento **IECEX 03 A**, representando um **Guia** de Inscrição para Empresas de Serviços “Ex” que buscam a sua certificação, disponível para acesso público em português do Brasil no *website* do IECEx. <https://www.iecex.com/assets/dmsdocuments/1832/iecex03A-Ed2.1-pt.pdf>

São indicados a seguir os Documentos Operacionais do IECEx para cada uma destas empresas de serviços “Ex”.

Certificação de Empresas de Serviços de **Seleção de Equipamentos “Ex” e projeto de instalações “Ex”**: **IECEX OD 314-2**: Requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas de Serviços de seleção de equipamentos e projeto de instalações “Ex”

Certificação de Empresas de Serviços de **Instalação e inspeção inicial “Ex”**: **IECEX OD 314-3**: Requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas de Serviços de instalação e inspeção inicial “Ex”

Certificação de Empresas de Serviços de **Inspeção e manutenção “Ex”**: **IECEX OD 314-4**: Requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas de Serviços de inspeção e manutenção “Ex”

Estes Documentos Operacionais do IECEx apresentam os requisitos para a certificação de terceira parte, emitida por um Organismo de Certificação acreditado, de empresas de serviços de projeto, instalação, inspeção, manutenção e oficinas de serviços de reparo de equipamentos “Ex” e de pessoas competentes que executem trabalhos relacionados com atmosferas explosivas.

Estes Documentos Operacionais apresentam também especificações que permitem a adequada contratação destas empresas e pessoas competentes “Ex” que sejam capazes de evidenciar suas competências no atendimento dos requisitos indicados nas respectivas Normas Técnicas da Série **ABNT NBR IEC 60079**.

28 Requisitos de certificação de empresas de serviços de reparo e recuperação de equipamentos “Ex”

Para a execução dos serviços de reparo de equipamentos “Ex” é necessário o atendimento dos requisitos técnicos, procedimentos de trabalho, sistema de gestão da qualidade e de competências pessoais indicados na Norma **ABNT NBR IEC 60079-19** (Atmosferas explosivas - Parte 19: Reparo, revisão e recuperação de equipamentos).

O processo de avaliação, auditorias e certificação de empresas de serviços de reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex” é baseada principalmente em duas Normas Técnicas Brasileiras adotadas: **ABNT NBR IEC 60079-19** e **ABNT NBR ISO 9001**.

A Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-19 trata dos requisitos técnicos, dos recursos de instalação das oficinas, procedimentos técnicos de execução dos serviços, dos sistemas de gestão da qualidade aplicados e dos requisitos de experiências, conhecimentos, habilidades, treinamentos e competências pessoais dos executantes e das pessoas responsáveis pelos serviços de reparos realizados.

A Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO 9001 trata dos requisitos de Sistemas Gestão da Qualidade (SGQ) que as oficinas de serviços de reparo devem possuir, de forma a atender os requisitos indicados na Norma ABNT NBR IEC 60079-19.

Existem no Brasil empresas usuárias de equipamentos e de instalações “Ex”, nas áreas do Petróleo e Petroquímica, que requerem, em seus contratos, que as oficinas a serem contratadas para prestarem este tipo de serviço de reparo e

recuperação de equipamentos “Ex” sejam **certificadas por terceira parte** por organismos de certificação, de forma a haver um maior nível de **confiança** de que estas oficinas, de fato, atendem aos requisitos da Norma ABNT NBR IEC 60079-19 e dos Documentos Operacionais aplicáveis do IECEx.



Desta forma, sob o ponto de vista de **contratos** que são elaborados pelas empresas de petróleo e petroquímica, e assinados pelas empresas que são contratadas para serviços de reparos e recuperação de equipamentos “Ex”, a certificação de acordo com os requisitos destas Normas passa a ser considerada **“compulsória”**, à luz destes respectivos documentos contratuais.

Além destas Normas Técnicas, existem também Documentos Operacionais do IECEx, que apresentam requisitos **adicionais** àqueles indicados na Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-19**, especificamente para a **certificação** de empresas de serviços de reparos “Ex”. Dentre estes Documentos Operacionais podem ser destacados os seguintes:

- **IECEx OD 314-5:** Requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas de Serviços de **reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”**
- **IECEx OD 315-5:** Requisitos técnicos adicionais para Empresas de Serviços envolvidas em **reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”**
- **IECEx 03-5 FAR:** Formulário do Relatório de Avaliação da Empresa e Formulário de Não Conformidades combinados, para Empresas de Serviços de reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”

Existem no Brasil, desde 2009, **mais de noventa** empresas de serviços brasileiras certificadas por Organismos de Certificação “Ex” **Brasileiros**, tendo como base as Normas Técnicas Brasileiras da Série **ABNT NBR IEC 60079**. Em 2019 foi completada a primeira **década** de certificação de empresas de serviços “Ex” no Brasil, representando um importante **marco** na história “Ex” brasileira, contribuindo para a elevação da segurança e da conformidade normativa das instalações em atmosferas explosivas brasileiras.

29 Primeira empresa brasileira de serviços de inspeção e manutenção de equipamentos e instalações “Ex” certificada no Brasil

Foi certificada em **10/06/2021**, de forma **INÉDITA** na história brasileira sobre o tema “segurança dos equipamentos e instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas” a **primeira** Empresa **brasileira** de Serviços de inspeção e manutenção de equipamentos e instalações “Ex”, de acordo com os requisitos da Norma Técnica Brasileira adotada **ABNT NBR IEC 60079-17 - Atmosferas explosivas - Parte 17: inspeção e manutenção de equipamentos e instalações “Ex”**.

DNV GL

DNV GL - BUSINESS ASSURANCE

CERTIFICADO DE CONFORMIDADE

Certificate of Conformity / Certificado de Conformidad

Certificado nº: DNV 21050154 <i>Certificate nº / Certificado nº</i>	Emissão: 10/06/2021 <i>Issuance / Otorgamiento</i>	Válido até: 10/06/2024 <i>Valid until / Válido hasta</i>
Solicitante: <i>Applicant/Solicitante</i>	IDEAL WORK CONSULTORIA E PROJETOS LTDA Rua Manoel Francisco Nunes, 131 – Granja dos Cavaleiros CEP: 27.930-045 – Macaé – RJ Brasil CNPJ: 08.058.084/0002-07	
Tipo de Serviço: <i>Type of Service/Tipo de Servicio</i>	Inspeção e Manutenção conforme a norma ABNT NBR IEC 60079-17:2014 Versão Corrigida:2017	
Tipo de Proteção: <i>Type of Protection/Tipo de protección</i>	Inspeção e manutenção, Invólucro à prova de explosão “d”, Segurança aumentada “e”, Segurança intrínseca “i”, Encapsulamento “m”, Tipo de proteção “n”, Imersão em líquido “o”, Sistemas de transmissão que utilizam radiação óptica “op”, Pressurização “p”, Imersão em areia “q”, Especial “s”, Ignição de poeira por invólucros “t”.	
Escopo do Serviço: <i>Scope of Service/Alcance del Servicio</i>	Inspeção Ex e Manutenção; Tipo de proteção: Ex d, e, l, m, n, o, op, p, q, s, t Tipos de produtos: Todos sem limitação Grupo: Grupo II, III Temões: Sem limitação Graus de Inspeção: Visual, Apurada, Detalhada	
Locais abrangidos por este Certificado: <i>Locations covered by this Certificate/Lugares cubiertos por este Certificado</i>	IDEAL WORK CONSULTORIA E PROJETOS LTDA Rua Manoel Francisco Nunes, 131 – Granja dos Cavaleiros CEP: 27.930-045 – Macaé – RJ Brasil CNPJ: 08.058.084/0002-07	
Nº do Relatório de Auditoria: <i>Audit Report Number/Nº del Informe de Audit</i>	2021-9325 de 14/05/2021	
Nº do Projeto: <i>Project Number/Nº del proyecto</i>	-	
Observações: <i>Notes/Observaciones</i>	Certificado emitido como confirmação que a Empresa de Serviço foi avaliada e considerada em conformidade com os requisitos da DNV GL, relativa ao tipo e escopo do serviço listado acima. Este certificado é concedido nas condições estabelecidas nos documentos DNV GL.	
Portaria: <i>Governmental Regulation/Regulación Oficial</i>	Não Aplicável.	




Adriano Marcon Duarte
Gerente de Operações
Operations Manager

Heleno dos Santos Ferreira
Especialista Atmosferas Explosivas
Specialist for Explosive Atmospheres

Nota: A foto de acompanhamento dos serviços estabelecidos no certificado tem validade limitada.
 El presente es un documento de información y no constituye un certificado de conformidad.
 DNV GL Business Assurance Avaliador e Certificador Brasil Ltda
 Av. Alameda Egídio de Souza Azeiteiro, 100 - Bloco D - 3ª Andar - CEP: 04228-909 - São Paulo, SP, Brasil
 Fone Ref.: 250-88-EX-089 Rev. 05 Data: 01/06/2021 <http://www.dnvglobal.com.br>

Pág: 1 de 1

O escopo desta certificação **PIONEIRA** no Brasil envolve serviços de **inspeção (visual, apurada ou detalhada) e manutenção de instalações e equipamentos com tipos de proteção** por invólucro à prova de explosão (Ex “d”), segurança aumentada (Ex “e”), segurança intrínseca (Ex “i”), encapsulamento (Ex “m”), não acendível (Ex “n”), imersão em líquido (Ex “o”), equipamentos e sistemas de transmissão que utilizam a radiação óptica (Ex “op”), invólucros pressurizados (Ex “p”), imersão em areia (Ex “q”), proteção especial (Ex “s”) e proteção contra ignição de poeiras combustíveis por invólucro (Ex “t”).

Os equipamentos “Ex” incluídos no escopo desta certificação incluem equipamentos **elétricos, de instrumentação, de automação e de telecomunicações**, certificados para instalação em áreas classificadas contendo **gases inflamáveis** (Grupo II) ou **poeiras combustíveis** (Grupo III).

Esta certificação de serviços de inspeção e manutenção de equipamentos e instalações “Ex”, foi realizada pela **DNV - Det Norske Veritas**, que é um Organismo de Certificação “Ex” reconhecido, envolvendo a certificação de **Competências pessoais “Ex”, Empresas de Serviços “Ex” e Competências Pessoais para Atmosferas Explosivas**.

As instalações elétricas, de instrumentação, de automação de telecomunicações em áreas classificadas possuem características **“específicas”** de projeto, a fim de torná-las adequadas para atmosferas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis. É essencial, por razões de segurança, durante o **ciclo total de vida** destas instalações, que a **integridade** destas características “específicas” e dos tipos de proteção “Ex” dos equipamentos, seja **preservada**. As atividades de **inspeção e manutenção** de equipamentos e instalações “Ex” podem ser consideradas como sendo o “coração” de todo o processo de **gestão** de segurança, de ativos “Ex”, de processos e de pessoas, relacionados com o tema **“segurança dos equipamentos e das instalações em atmosferas explosivas”**.

As etapas de inspeção e manutenção das instalações “Ex” podem ser consideradas **um dos elos mais importantes** na corrente de ações de segurança que englobam as instalações “Ex”, desde as etapas **iniciais** de projeto e de seleção dos equipamentos, até os serviços de montagem, passando pelo processo da certificação de conformidade dos equipamentos, empresas de serviços de reparo e recuperação de equipamentos “Ex” e de competências pessoais “Ex”.

As atividades de inspeções das instalações em atmosferas explosivas fazem com que os eventuais “desvios” ou “não conformidades” encontradas que forem **detectadas** possam ser prontamente **tratadas e corrigidas**, de forma a assegurar que os equipamentos “Ex” continuem apresentando suas funções e tipos de proteção para os quais foram originalmente fabricados e certificados.

Sob o ponto de vista de **segurança das instalações industriais “Ex” e das pessoas que nelas trabalham**, bem como da **preservação da vida e do meio ambiente**, ao longo do ciclo total de vida das instalações “Ex”, a Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-17 pode ser considerada, como sendo uma das **Normas “Ex” mais importantes**. Isto se deve ao fato de que a aplicação adequada e **periódica** desta norma, assegurar que as instalações industriais em atmosferas explosivas estejam **continuamente** de acordo com os requisitos de proteção proporcionados pelos equipamentos “Ex”, bem como estejam adequados aos agentes agressivos presentes no ambiente industrial, como poeira, sujeira, salinidade, ataques químicos corrosivos, bem como aos agentes agressivos para as instalações marítimas (como ventos, umidade, salinidade, água do mar, corrosão galvânica e corrosão atmosférica).

É necessário manter uma rigorosa **rotina periódica de inspeções “Ex”**, com base em procedimentos normalizados, durante toda a vida útil das instalações. As inspeções periódicas visam detectar não conformidades e modificações de campo não autorizadas, de forma que estes “desvios” ou “incorreções” sejam corrigidos, mantendo as instalações “Ex” adequadas, de acordo com os requisitos das Normas da Série ABNT NBR IEC 60079, bem como seguras e de acordo com os requisitos legais aplicáveis.

Em função da elevada quantidade de “**desvios**” que são frequentemente encontrados nas inspeções práticas de campo dos equipamentos e das instalações elétricas, de instrumentação, de automação e de telecomunicações em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, pode ser verificado que somente a avaliação da conformidade por meio da certificação dos **equipamentos elétricos e mecânicos “Ex”** tem se mostrado **INSUFICIENTE** para garantir a segurança das instalações em atmosferas explosivas e das pessoas que nelas trabalham.

Isto se deve ao fato de que a segurança em áreas classificadas fica **COMPROMETIDA** sempre que os equipamentos “Ex” não são devidamente **especificados, instalados, inspecionados, mantidos ou reparados**, durante todo o período em que permanecem instalados em atmosferas explosivas, ao longo do **ciclo total de vida** destes equipamentos e instalações, podendo representar **fontes de ignição** no caso da presença de atmosferas explosivas.

Desta forma, existe também a necessidade de que as **Empresas de Serviços “Ex”** evidenciem, por meio de **AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE**, pela sistemática de **CERTIFICAÇÃO**, as devidas competências e sistemas de gestão da qualidade para o atendimento dos requisitos **normativos** aplicáveis das Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série **ABNT NBR IEC 60079** (Atmosferas explosivas), para a execução dos respectivos serviços sobre equipamentos e instalações “Ex”.

A partir da existência no mercado de Empresas de Serviços “Ex” **certificadas**, as empresas **contratantes** destes serviços passam a dispor de empresas com este significativo diferencial técnico e da **CONFIANÇA** necessária, com base em avaliação e certificação da conformidade.

Pode ser atualmente verificado que muitos **contratos** de serviços “Ex”, colocados no mercado por Empresas das indústrias de **Óleo & Gás e Petroquímica** têm exigido a **certificação** de **competências pessoais “Ex”** de executantes e supervisores e de **Empresas de Serviços “Ex”**, como forma de obter a devida **CONFIANÇA** de que os serviços sejam realizados de forma **adequada**, atendendo aos requisitos **normativos** especificados nas Normas da Série ABNT NBR IEC 60079.

De forma similar como ocorreu de forma **INÉDITA** em **2010** no Brasil com o início das Certificações de Empresas de Serviços de **reparo e recuperação** de equipamentos “Ex”, com base na Norma ABNT NBR IEC 60079-19, a presente certificação **PIONEIRA** de Empresa de Serviços de **Inspeção e manutenção “Ex”** representa um significativo **MARCO** na história brasileira para a elevação dos níveis de **segurança** e de conformidade **normativa** e **regulatória** sobre equipamentos e instalações em áreas classificadas.

30 Requisitos de competências pessoais para execução e supervisão de atividades em atmosferas explosivas e a importância do profissional certificado

As Partes 14, 17 e 19 das Normas da Série ABNT NBR IEC 60079 apresentam os requisitos sobre conhecimentos, habilidades, competências, treinamentos e avaliação de profissionais envolvidos com serviços de projeto, instalação, inspeção, manutenção e reparos de equipamentos e instalações elétricas, de instrumentação e de telecomunicações em atmosferas explosivas.

Estes requisitos têm como objetivo assegurar que todas as pessoas envolvidas com estes tipos de instalações “Ex” possuam os necessários conhecimentos, experiências e competências, de forma que as instalações possam ser mantidas em níveis adequados de segurança industrial, ao longo do seu ciclo de vida.



*Certificação de **competências pessoais** em atmosferas explosivas: Aplicação de requisitos de avaliação da conformidade não somente a **equipamentos** elétricos ou mecânicos “Ex”*

Existem Documentos Operacionais do IECEx, que foram elaborados especificamente para o sistema internacional de certificação de competências pessoais em atmosferas explosivas. Dentre estes, o Documento Operacional **IECEx OD 504** (Especificações para a avaliação dos resultados das Unidades de Competência Ex) especifica as competências requeridas para as atividades relacionadas com todas as atividades relacionadas com atmosferas explosivas. Este Documento Operacional especifica também os requisitos para os quais a competência deva ser avaliada e atribuída, bem como apresenta uma orientação para a avaliação das competências com base nos conhecimentos e habilidades que definem as Unidades de Competências Ex.

São indicadas a seguir as **Unidades de Competências Pessoais “Ex”** internacionalmente padronizadas, definidas e indicadas no Documento Operacional **IECEx OD 504**, as quais abordam todas as atividades e serviços que são realizados em áreas classificadas:

- **Ex 000:** Conhecimentos e percepções básicas para entrar em áreas classificadas
- **Ex 001:** Aplicação dos princípios básicos de proteção em atmosferas explosivas
- **Ex 002:** Execução de classificação de áreas
- **Ex 003:** Instalação de equipamentos com tipos de proteção “Ex” e respectivos sistemas de fiação
- **Ex 004:** Manutenção de equipamentos em atmosferas explosivas
- **Ex 005:** Reparo e revisão de equipamentos com tipos de proteção “Ex”
- **Ex 006:** Ensaio de equipamentos e instalações elétricas em, ou associadas a atmosferas explosivas
- **Ex 007:** Execução de inspeções visuais e apuradas de equipamentos e instalações em, ou associadas a atmosferas explosivas
- **Ex 008:** Execução de inspeções detalhadas de equipamentos ou instalações elétricas em, ou associadas a atmosferas explosivas
- **Ex 009:** Projeto de instalações elétricas em, ou associadas a atmosferas explosivas
- **Ex 010:** Execução de inspeções de auditoria ou de avaliação das instalações elétricas em, ou associadas a atmosferas explosivas

As competências especificadas no Documento Operacional IECEx OD 504 são destinadas a serem competências adicionais àquelas previamente adquiridas para o mesmo tipo de atividade em áreas não classificadas.

O Brasil participa da elaboração e atualização destes documentos operacionais do IECEx desde **2009**, quando foi oficializada a sua inscrição neste Sistema. O Brasil possui inclusive um representante no Grupo de Trabalho do Subcomitê para Competências Pessoais “Ex” do IECEx, o qual atua em um grande Organismo de Certificação de Pessoas Brasil, acreditado pelo Inmetro.

Os novos requisitos sobre qualificação e competências que estão indicados nas Normas ABNT NBR IEC 60079 - Partes 14, 17 e 19 são baseados, de forma simplificada e condensada, em requisitos presentes em documentos do IECEx sobre o esquema de certificação de competências pessoais “Ex”.

As atividades de projeto, seleção, especificação técnica dos equipamentos e a montagem de sistemas “Ex”, abrangida pelas Normas ABNT NBR IEC 60079-14 e ABNT NBR IEC 61892-7 devem ser realizadas somente por pessoal cujo treinamento tenha incluído instruções sobre os vários tipos de proteção e práticas de instalação, regras e regulamentos aplicáveis e sobre os princípios gerais de classificação de área. Para a obtenção da certificação destas competências pessoais “Ex”, estes profissionais devem ter passado pelos devidos treinamentos teóricos e práticos de formação e reciclagem.



*Avaliação da conformidade por meio de **certificação** de competências pessoais “Ex” de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série ABNT NBR IEC 60079: Abordagem de segurança industrial sob o ponto de vista do **ciclo total de vida** das instalações em atmosferas explosivas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis*

Deve ser ressaltado que estes sistemas de certificação de empresas de serviços “Ex” estão **intimamente relacionados** com o sistema de certificação de Competências Pessoais “Ex”, uma vez que os empregados destas empresas de serviços “Ex” devem demonstrar as suas competências pessoais, de acordo com as Unidades Certificação de Competências “Ex” (**Ex 001 a Ex 010**) relacionadas com as atividades que executam em áreas classificadas.

Devem ser destacadas as diferenças e as **interfaces** que existem entre as Unidades de Certificação de Competências Ex 001 a Ex 010 e as **funções de trabalho** das pessoas que possuam estas competências. As certificações de acordo com as Unidades de Certificação de Competências Ex não definem a **função** de uma pessoa, mas somente as **atividades** para as quais a pessoa demonstra ser competente.

A definição do escopo das funções de trabalho normalmente é feita pelo proprietário ou operador da planta ou pelo empregador (empresa contratante dos serviços “Ex”). Uma definição geral do escopo das funções dos profissionais que trabalham em áreas classificadas foi também considerada nos sistemas do IECEx de certificação de **empresas** de serviços de projeto, montagem, inspeção e manutenção, os quais também definem os requisitos de competências pessoais dos empregados destas empresas.

Podem ser citados como exemplos das **interfaces** entre as **funções** de trabalho e as Unidades de Certificação de Competências **Ex 001 a Ex 010**, os sistemas do IECEx de certificação de empresas de serviços “Ex” de projeto, instalação, montagem, inspeção, manutenção e reparo. Nos respectivos Documentos Operacionais do IECEx para estes sistemas de certificação de serviços para atmosferas explosivas são indicados os seguintes requisitos de Unidades de Certificação de Competência “Ex” para cada uma das seguintes funções de trabalho:

- As pessoas envolvidas com a função de **montagem** das instalações “Ex” devem possuir certificação nas Unidades de Certificação de Competência **Ex 001, Ex 003, Ex 006 e Ex 008**
- As pessoas envolvidas com a função de **inspeção** das instalações “Ex” devem possuir certificação nas Unidades de Certificação de Competência **Ex 001, Ex 004, Ex 007 e Ex 008**
- As pessoas envolvidas com a função de **manutenção** das instalações “Ex” devem possuir certificação nas Unidades de Certificação de Competência **Ex 001 e Ex 004**
- As pessoas envolvidas com a função de **projeto** das instalações “Ex” devem possuir certificação nas Unidades de Certificação de Competência **Ex 001 e Ex 009**

- As pessoas envolvidas com a função de **reparos e recuperação** de equipamentos “Ex” devem possuir certificação na Unidade de Certificação de Competência Ex 005.



Instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas: Conformidade assegurada por meio da avaliação da conformidade por meio da certificação dos profissionais que executam ou supervisionam atividades de classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção, manutenção ou reparos de equipamentos ou instalações “Ex”

30.1 Profissionais envolvidos em execução e supervisão de serviços em áreas classificadas

Diversos tipos de profissionais estão envolvidos com serviços em áreas classificadas. Para cobrir o **ciclo total de vida** das instalações “Ex”, uma grande quantidade de atividades e de profissionais estão envolvidos. Cada uma destas atividades necessita ser realizada de forma adequada, segura, consciente e competente, por profissionais certificados, de forma a garantir a segurança das instalações em atmosferas explosivas e das pessoas que nelas trabalham.



São indicados a seguir os tipos de profissionais que estão envolvidos com serviços em áreas classificadas ou relacionados com áreas classificadas:

- Engenheiros e técnicos da área de **eletricidade**

- Engenheiros e técnicos da área de **instrumentação**
- Engenheiros e técnicos da área de **telecomunicações**
- Engenheiros e técnicos da área de equipamentos **mecânicos** “Ex”
- Engenheiros e técnicos da área de **automação** “Ex”
- Engenheiros e técnicos nas atividades de **projeto** “Ex”
- Engenheiros e técnicos nas atividades de **montagem** “Ex”
- Engenheiros e técnicos nas atividades de **manutenção** “Ex”
- Engenheiros e técnicos nas atividades de **inspeção de campo**
- Engenheiros e técnicos nas atividades de **inspeção de fábrica**
- Engenheiros e técnicos nas atividades de **reparo, revisão e recuperação** de equipamentos “Ex”
- Engenheiros e técnicos nas atividades de **suprimento** de equipamentos “Ex”
- Engenheiros e técnicos de **processo** e de **segurança** envolvidos nas atividades de classificação de áreas “Ex”
- Engenheiros e técnicos nas atividades de **fiscalização** de contratos de compra, projeto, montagem, inspeção, manutenção ou reparos de equipamentos e sistemas “Ex”
- Engenheiros e técnicos nas atividades de **auditorias** das instalações “Ex” e dos respectivos sistemas da gestão da qualidade e gestão das mudanças
- Técnicos de operação de sistemas de **processo**, responsáveis pela operação das unidades operacionais
- Técnicos de **segurança** industrial
- **Supervisores** e **gerentes** responsáveis pelas instalações e atividades em áreas classificadas
- Fabricantes de equipamentos **elétricos** “Ex”
- Fabricantes de equipamentos **eletrônicos**, de **instrumentação** e de **automação** “Ex”
- Fabricantes de equipamentos de **telecomunicações** “Ex”
- Fabricantes de equipamentos **mecânicos** “Ex”
- Profissionais que atuam em Organismos de Certificação de **Produtos** “Ex”
- Profissionais que atuam em Organismos de Certificação de Pessoas “Ex”
- Profissionais que atuam em laboratórios de ensaios de equipamentos “Ex”
- Profissionais que atuam em **provedores de treinamentos** “Ex”
- Profissionais que atuam em **organismos legais**, ANP, MTR ou Inmetro
- Soldadores, caldeireiros, mecânicos, pintores, montadores de andaimes, operadores de guindastes e demais profissionais que executam serviços em áreas classificadas e que necessitam estar conscientizados dos riscos relacionados com atmosferas explosivas (Unidade de Competência **Ex 000**)

Deve ser ressaltado que, mesmo os profissionais que não executam atividades diretamente relacionadas com equipamentos e instalações elétricas “Ex”, necessitam estar cientes e avisados dos riscos envolvidos, de forma que possam executar suas atividades de forma que não levem para o interior de áreas classificadas equipamentos que possam causar centelhas ou faíscas, que possam representar uma fonte de ignição de atmosferas explosivas que possam estar presentes.



Para todos estes casos, um sistema de Permissão de Trabalho (PT) necessita ser aplicado, com a execução das respectivas análises de risco, de forma que a explosividade seja monitorada, a fim de assegurar que estes serviços sejam executados somente em casos de áreas livres de gases.

30.2 Formação de profissionais para execução e supervisão de atividades “Ex”

A formação dos profissionais “Ex” é feita por meio de cursos técnicos de nível médio ou superior regulares, como nas áreas de eletricidade, eletrônica, automação, telecomunicações, mecânica, segurança, processo ou química. Entretanto, esta formação “básica” necessita ser **complementada** com treinamentos sobre temas envolvendo equipamentos e instalações em atmosferas explosivas, os quais normalmente não fazem parte da grade de disciplinas das escolas e universidades.

Para que os profissionais que trabalham em atividades relacionadas com áreas classificadas possam obter a sua certificação, como engenheiros e técnicos de projeto, instalação, montagem e manutenção, há a necessidade de que estas pessoas tenham o devido **acesso** às escolas e aos provedores de treinamentos “Ex”, de forma que possam receber as informações necessárias, para que possam evidenciar qualificação, conhecimentos teóricos e práticos, para solicitar e obter a sua certificação.

Como existem polos petroquímicos, refinarias de petróleo e usinas de açúcar e álcool distribuídas em grande área geografia, em diversos estados do Brasil, há a necessidade de que estas escolas e provedores de treinamentos “Ex” estejam também **distribuídos**, ao invés de ficarem **concentrados** apenas nas grandes cidades, muitas vezes distantes dos polos petroquímicos, estaleiros e bases de apoio para instalações marítimas. Neste sentido, uma opção adequada seria a existência de escolas móveis, construídas sobre carretas especialmente projetadas para conter sala de aulas **teóricas** e laboratórios para aulas **práticas**.

Sob o ponto de vista de treinamentos teóricos, os cursos de ensino à distância, também conhecidos como “**e-learning**”, efetuados por computadores conectados à internet, também representam uma boa opção, para solucionar o problema de **grandes distâncias** e **disponibilidade de tempo** dos alunos, uma vez que permitem que os cursos sejam realizados nos locais de trabalho ou na residência das pessoas, podendo ser realizados em um horário disponível, dentro de um intervalo de tempo máximo estipulado pelo provedor de treinamento. Um outro benefício dos treinamentos à distância é que as aulas podem ser **repetidas** pelos alunos, quantas vezes forem necessárias, para a fixação dos **conceitos** e das informações “Ex” que estiverem sendo transmitidas, bem como em treinamentos periódicos de reciclagem.

Para que estes profissionais que necessitam de treinamentos “Ex” nas atividades de projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos possam estar **capacitados** para se submeterem aos respectivos processos de **certificação** de suas competências pessoais, de acordo com as 11 Unidades de Competências “Ex” indicadas no Documento Operacional IECEx OD 504, é necessário que as **escolas** e os **provedores de treinamento** tenham também, por sua parte, elaborado e formatado os seus cursos com base nestas 11 Unidades de Competências “Ex”.

Considerando certas limitações, de docentes, de local ou de equipamentos “Ex” para aulas práticas, alguns provedores de treinamento podem iniciar seus programas em algumas Unidades de Competência. Porém, conforme definido no sistema IECEx, devem estar evidenciadas nas suas propostas, sites, material didático, certificados e conteúdo programático, quais as Unidades disponibilizadas, bem como as efetivamente conferidas a cada aluno.

Desta forma, os alunos serão qualificados com informações específicas para as atividades requeridas e para as Unidades de Competências “Ex” pretendidas, como montagens “Ex” (Unidade **Ex 003**), manutenção de instalações “Ex” (Unidade **Ex 004**), reparo e recuperação de equipamentos “Ex” (Unidade **Ex 005**), inspeção (Unidades **Ex 007 e Ex 008**) ou projetos “Ex” (Unidade **Ex 009**).

Além disto, há também a necessidade de que as escolas e os **provedores de treinamentos “Ex”**, os quais podem também ser representados por uma pessoa competente, tenham uma organização e uma estrutura de ensino adequada.

Com o conhecimento prévio dos requisitos necessários para a certificação, os candidatos se inscrevem em algum dos Organismos de Certificação de Pessoas acreditados, para fins de apresentação da documentação requerida e, caso esta documentação seja satisfatória, são encaminhados para a realização dos respectivos exames de conhecimentos teóricos e exames práticos. Nesta inscrição é indicada para quais Unidades de Competências “Ex” o candidato requer a sua avaliação, dentre as Unidades de Competências “Ex” indicadas no Documento Operacional IECEx OD 504.

Caso o candidato obtenha a pontuação mínima requerida em cada um destes exames, é emitido o respectivo Certificado de Conformidade de Competências Pessoais “Ex”. Este certificado apresenta uma validade de três anos e indica as Unidades de Competências Pessoais para as quais o profissional foi avaliado e reconhecido como sendo competente.

São indicados a seguir os principais documentos que fazem parte do sistema internacional IECEx de certificação de competências pessoais “Ex”.

- **Guia IECEx 05 A:** Orientações e instruções para inscrição para obter um Certificado de Competências Pessoais (CoPC)
- **IECEX 05 A:** Orientações e instruções para inscrição para obter um Certificado de Competências Pessoais “Ex”
- **IECEX OD 502:** Inscrição para um certificado de competências pessoais do IECEx, requisitos de documentação e informações
- **IECEX OD 503:** *Procedimentos para a emissão e manutenção de Certificados de Competências Pessoais IECEx*

31 Considerações sobre a atual situação de segurança das instalações “Ex” e pontos de melhorias para evitar acidentes

No Brasil pode ser verificada, desde a década de 1940, uma **evolução** em relação à segurança das áreas classificadas, apesar de ainda existir a ocorrência de acidentes e explosões, decorrentes da existência de não conformidades relacionadas com falhas na execução das atividades de classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos.

Potencialmente, quando ocorre um vazamento de gás inflamável ou de uma liberação de poeira combustível em uma planta industrial contendo áreas classificadas, basta que haja na instalação uma indevida fonte de ignição para que ocorra a explosão da atmosfera explosiva resultante do vazamento.

Os equipamentos elétricos, de instrumentação, de automação, de telecomunicações ou mecânicos que são instalados em áreas classificadas, considerando que sejam devidamente certificados por terceira parte, por organismos de certificação, produtos acreditados no Brasil ou no exterior, podem ainda se constituir como fontes de ignição de eventuais atmosferas explosivas presentes no ambiente, devido a falhas de classificação, projeto (seleção), montagem, inspeção, manutenção ou reparos.

Estes tipos de “desvios” ou de “não conformidades” podem **invalidar** as proteções proporcionadas pelos equipamentos “Ex” originariamente certificados pelos respectivos fabricantes e **colocar em risco** as instalações em atmosferas explosivas nas quais estes equipamentos “Ex” com desvios se encontrem instalados, gerando o risco de ocorrência de grandes explosões.

Desta forma, pode ser verificado que o sistema de certificação de equipamentos “Ex” se encontra esgotado e saturado, em termos de atender os seus objetivos de elevação dos atuais níveis de segurança das instalações contendo atmosferas explosivas.

A abordagem de certificação com base no **ciclo total de vida** das instalações “Ex” reconhece o fato de que somente a “tradicional” certificação de equipamentos “Ex” não é suficiente para garantir a segurança das instalações em atmosferas explosivas e nem das pessoas que nelas trabalham. Isto pode ser verificado em função das diversas não conformidades de projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos que são frequentemente verificadas nas instalações em áreas classificadas de diversas indústrias das áreas do petróleo, petroquímica, química, farmacêutica, silos de grãos, sucroalcooleira e de alimentos.

Na realidade, em função da grande quantidade de não conformidades que podem ser identificadas nas inspeções das instalações elétricas, de instrumentação e de telecomunicações, que são realizadas em atmosferas explosivas, pode ser verificado que, sob o ponto de vista de segurança, de pouco adianta que os equipamentos “Ex” tenham sido certificados, se estes não são devidamente selecionados, instalados, inspecionados, mantidos ou reparados.

A abordagem de segurança durante o ciclo total de vida das instalações “Ex” vai além da simples preocupação de aquisição de equipamentos elétricos “Ex” certificados, como tem sido feito no Brasil desde a década de 1990. Nesta abordagem do ciclo total de vida “Ex” são consideradas também a devida execução das atividades de classificação de áreas, projeto, seleção de equipamentos “Ex”, montagem, inspeção, manutenção, reparos e auditorias dos equipamentos e instalações em atmosferas explosivas.

Dentre os principais problemas que podem ser citados pelo setor de instalações “Ex” podem ser destacados a falta de qualificação das **empresas** de serviços, bem como a falta de qualificação dos **profissionais** envolvidos com as atividades de projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos de equipamentos Ex.

Pode ser verificado, na prática que uma grande quantidade de empresas de serviços “Ex” existentes no Brasil ainda não conhecem ou não são capazes de aplicar os requisitos das normas pertinentes da série ABNT NBR IEC 60079.

Destas deficiências decorre que os projetos, montagens e serviços de manutenção são executados de forma incorreta ou deficiente. Estas incorreções de projeto ou de montagem fazem com que os equipamentos “Ex” percam as suas características de proteção, colocando em risco de explosão toda a instalação industrial onde se encontram instalados.

Para que os devidos níveis de segurança sejam fornecidos pelas instalações industriais “Ex” é necessário que haja um adequado sistema de gestão implantado, juntamente com um sistema de gestão da mudança, o qual inclua todas as atividades relacionadas com os equipamentos “Ex”, ao longo de todo o tempo de vida útil em que estes equipamentos e instalações estejam expostos a atmosferas explosivas.

Para a solução destes problemas há a necessidade do aumento de oferta de escolas e de provedores de treinamento de cursos Ex, alinhados com as onze Unidades de Competências pessoais indicadas no Documento Operacional **IECEx OD 504**. Além disto, há também a necessidade de certificação das empresas de serviços, de forma que estas possam evidenciar suas competências no atendimento dos requisitos indicados nas Normas Técnicas aplicáveis da Série ABNT NBR IEC 60079, como as **Parte 10-1** (Classificação de áreas de gases inflamáveis), **Parte 10-2** (Classificação de áreas contendo poeiras combustíveis), **Parte 14** (Projeto, montagem e inspeção inicial “Ex”), **Parte 17** (Inspeção e manutenção “Ex”) e **Parte 19** (Reparo e recuperação de equipamentos “Ex”).

Para a elevação dos níveis de conformidade **normativa** e de segurança industrial das instalações “Ex”, ao longo do **ciclo total de vida das instalações “Ex”**, existe também a necessidade da certificação prioritária das empresas de serviços “Ex” (incluindo classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos de equipamentos e instalações “Ex”), bem como da certificação prioritária das competências pessoais “Ex” dos profissionais que executam estas atividades.

32 Considerações gerais sobre a segurança de equipamentos e instalações de instrumentação, automação, telecomunicações, elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas

Tendo como base a necessidade da segurança ao longo do **ciclo total de vida** das instalações **instrumentação, de automação, de telecomunicações, elétricas e mecânicas** em atmosferas explosivas contendo **gases inflamáveis** ou **poeiras combustíveis**, pode ser considerado, sob um amplo ponto de vista de gestão, que:

- [1] É um dos objetivos da normalização “Ex” da IEC e do Brasil a contribuição para a melhoria na qualidade de vida, por meio da contribuição para a segurança, para a saúde humana e para a proteção do meio ambiente;
- [2] A harmonização da Normalização Brasileira com a Normalização Internacional traz benefícios dos pontos de vista de segurança das pessoas, preservação do meio ambiente, tecnologia dos equipamentos, melhorias nos processos industriais, facilidades de certificação de conformidade de produtos e para o comércio internacional.
- [3] É de grande importância a posição do Brasil como membro do tipo “P” perante o TC-31 da IEC, devido à participação efetiva na elaboração e na manutenção da Normalização internacional sobre atmosferas explosivas, permitindo uma melhor capacitação e atualização dos profissionais brasileiros nas Normas IEC, além de permitir a introdução de comentários, por parte do Brasil, na evolução das Normas internacionais.
- [4] A existência de Normalização Brasileira adotada e harmonizada com a normalização internacional IEC sobre requisitos gerais de equipamentos e sobre tipos e graus de proteção, padronizam e facilitam os trabalhos de ensaios e certificações de conformidade compulsória de produtos “Ex”, propiciando a conformidade dos equipamentos **elétricos** e **mecânicos** “Ex” e facilitando a colocação dos produtos brasileiros no mercado externo.
- [5] A existência de Normalização Brasileira adotada sobre procedimentos de classificação de áreas, instalação, inspeção, manutenção, reparo e verificação facilitam as inspeções periódicas, auditorias e a contratação de serviços em instalações “Ex”, contribuindo para a elevação do nível de **segurança** industrial e atendendo a requisitos **legais** existentes no Brasil.
- [6] A existência das Normas Técnicas Brasileiras ABNT NBR IEC 60079-10-1 e ABNT NBR IEC 60079-10-2, equivalentes às respectivas normas internacionais da IEC, além da utilização de normas de empresas e de práticas recomendadas amplamente aplicadas no mundo, representam importantes ferramentas de trabalho para as empresas usuárias e projetistas, a serem utilizadas nas etapas de projeto básico e de detalhamento de novas unidades industriais *onshore* e plataformas *offshore*, bem como nos casos de ampliações de instalações existentes.
- [7] A existência de documentação atualizada sobre classificação de áreas fornece a base de informações necessária para as inspeções periódicas das instalações elétricas e de instrumentação pelas equipes de Manutenção, de acordo com as listas de verificação existentes na Norma **ABNT NBR IEC 60079-17** – Inspeção e Manutenção em Atmosferas Explosivas.

- [8] Devido às responsabilidades envolvidas e às graves consequências de um eventual acidente, todas as etapas e atividades relacionadas com o projeto, especificação, instalação, inspeção, manutenção e reparos, revisão e recuperação de equipamentos elétricos, eletrônicos, de automação, de telecomunicações, de instrumentação ou mecânicos em áreas classificadas, devem ser acompanhadas por uma adequada gestão de riscos, ao longo do **ciclo total de vida das instalações “Ex”**.
- [9] Desde os estudos de classificação de áreas, passando pelo projeto básico e de detalhamento, a especificação dos equipamentos, os serviços de instalação e montagem e incluindo os serviços rotineiros de inspeção, manutenção, reparos, revisão e recuperação, devem ser realizadas por pessoal devidamente **treinado, qualificado e certificado** e em concordância com os requisitos normativos, técnicos e legais aplicáveis, apresentados na normalização e na legislação brasileira.
- [10] Os documentos de classificação de áreas necessitam estar em contínuo processo de atualização, sempre que houver **mudanças** no sistema de processamento das plantas ou nas instalações, comumente ocorridos durante a implementação de novos projetos, melhorias operacionais ou ampliações das unidades industriais existentes. Os documentos de classificação de áreas são essenciais e devem ser sempre consultados para a correta especificação de novos equipamentos elétricos, eletrônicos, de instrumentação, telecomunicações, de automação ou mecânicos destinados para instalação em áreas classificadas. Estes equipamentos “Ex” devem ser especificados com um tipo de proteção e EPL adequado para a área classificada onde serão instalados.
- [11] Pode ser verificado que empresas das áreas de petróleo, gás e petroquímica estão incluindo em seus **contratos** requisitos de certificação de empresas de serviços para atmosferas explosivas, de acordo com os requisitos do IECEx. Em função destes **requisitos e demandas contratuais**, diversas empresas estão buscando a sua certificação de terceira parte, junto a Organismos de Certificação de Produtos acreditados. Até 2022, no Brasil, **mais de 90 empresas** de serviços de reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex” já obtiveram suas certificações de acordo com a Norma ABNT NBR IEC 60079-19.
- [12] Seguindo a tendência normativa **internacional** da IEC, iniciada em **2016**, a **ABNT** iniciou também, em **2018**, com a publicação das normas técnicas **brasileiras** adotadas **ABNT NBR ISO 80079-36** e **ABNT NBR ISO 80079-37**, o estabelecimento normativo para a especificação dos requisitos de segurança, qualidade, confiabilidade e desempenho dos equipamentos **mecânicos “Ex”**, destinados a serem instalados em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.
- [13] A Norma Regulamentadora **NR-37** (*Segurança e saúde em plataformas de petróleo*) introduziu no Brasil, de forma **INÉDITA**, em 12/2018, a necessidade de avaliação da conformidade de equipamentos **mecânicos “Ex”** a serem instalados em atmosferas explosivas, com base nas especificações, listas de verificação e procedimentos de avaliação de risco especificados nas Normas **ABNT NBR ISO 80079-36** e **ABNT NBR ISO 80079-37**.
- [14] Em função do desenvolvimento da certificação de equipamentos mecânicos “Ex” no Brasil, acompanhando a respectiva evolução no cenário internacional, pode ser recomendado que **doravante**, para os novos processos de compra de novos equipamentos mecânicos a serem instalados em áreas classificadas, os proprietários passem a considerar os requisitos de **certificação** de equipamentos **mecânicos** para instalação em áreas classificadas com tipos de proteção **Ex “h”, Ex “b”, Ex “c” ou Ex “k”**, de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras adotadas **ABNT NBR ISO 80079-36** ou **ABNT NBR ISO 80079-37**.
- [15] Sob o ponto de vista de segurança industrial, levando em consideração a grande quantidade de “desvios” que são verificadas nas inspeções das instalações “Ex” existentes e os graves acidentes e explosões que ocorrem neste tipo de instalações, que somente a documentação de classificação de áreas ou a certificação dos **equipamentos** elétricos, de instrumentação, de telecomunicações, de automação ou mecânicos “Ex” tem se mostrado **insuficiente** para garantir a **segurança** das instalações em atmosferas explosivas, das pessoas que nelas trabalham ou do meio ambiente.
- [16] Para a elevação dos níveis de conformidade normativa e de segurança industrial das instalações “Ex”, ao longo do **ciclo total de vida das instalações “Ex”**, existe também a necessidade da certificação **prioritária** das empresas de serviços “Ex” (incluindo classificação de áreas, projeto, montagem, inspeção, manutenção e reparos de equipamentos e instalações “Ex”), bem como da certificação **prioritária** das competências pessoais “Ex” dos profissionais que executam ou supervisionam estas atividades.
- [17] Pode ser verificado no mercado, como uma **boa prática** aplicada por diversas empresas da indústria do petróleo no Brasil, a inclusão, em seus requisitos **contratuais**, a necessidade de alocação, por parte das empresas **contratadas**, de profissionais com **certificação** de conformidade de competências pessoais “Ex”, emitida por Organismo de Certificação de Pessoas. Estes requisitos contratuais têm, dentre outros, o objetivo de obter a devida **confiança** de que os serviços “Ex” serão feitos de forma **correta**, de acordo com os requisitos **normativos** aplicáveis, especificados nas Normas Técnicas Brasileiras adotadas da Série ABNT NBR IEC 60079 - Atmosferas explosivas.

33 Referências bibliográficas aplicáveis ao tema “Atmosferas Explosivas”

1. Norma ABNT NBR IEC 60079-10-1: Atmosferas explosivas – Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de gás
2. Norma ABNT NBR IEC 60079-10-2: Atmosferas explosivas – Parte 10-2: Classificação de áreas – Atmosferas de poeiras combustíveis
3. Norma ABNT NBR IEC 60079-14: Atmosferas explosivas – Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas
4. Norma ABNT NBR IEC 60079-17: Atmosferas explosivas – Parte 17: Inspeção e manutenção de instalações elétricas
5. Norma ABNT NBR IEC 60079-19: Atmosferas explosivas – Parte 19: Reparo, revisão e recuperação de equipamentos
6. Norma ABNT IEC TS 60079-32-1: Atmosferas explosivas – Parte 32-1: Riscos eletrostáticos – Orientações
7. Norma ABNT NBR ISO 80079-36: Atmosferas explosivas – Parte 36: Equipamentos não elétricos para utilização em atmosferas explosivas - Métodos e requisitos básicos
8. Norma ABNT NBR ISO 80079-37: Atmosferas explosivas – Parte 37: Equipamentos não elétricos para utilização em atmosferas explosivas - Tipos de proteção não elétricos: segurança construtiva “c”, controle de fonte de ignição “b” e imersão em líquido “k”
9. Norma ABNT NBR IEC 61892-7: Unidades marítimas fixas e móveis - Instalações elétricas - Parte 7: Áreas classificadas
10. Norma ABNT IEC TS 60079-44 - Atmosferas explosivas – Parte 44: Competências pessoais (em elaboração)
11. Norma ISO 45001 - Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional – Requisitos com orientação e uso (Norma ISO traduzida pela ABNT, disponível em português)
12. Norma ABNT NBR ISO 10015 - Gestão da qualidade - Diretrizes para gestão da competência e desenvolvimento de pessoas
13. Norma Regulamentadora NR-10: Segurança em serviços e instalações elétricas
14. Norma Regulamentadora NR-37: Segurança e saúde em plataformas de petróleo
15. ABNT Diretiva 3 – Adoção de documentos técnicos internacionais
http://conexaodt.abnt.org.br/wp-content/uploads/2018/01/ABNTDIRETIVA3_2017.pdf
16. The normalization of deviance, Diane Vaughan
17. IECEx: Sistema IEC de certificação em relação às normas sobre equipamentos para utilização em atmosferas explosivas <http://www.iecex.com>
18. Folheto informativo sobre o **Sistema IECEx**
<https://www.iec.ch/basecamp/iecex-system>
19. Folheto informativo sobre o esquema de **certificação de empresas de serviços “Ex”** do IECEx
<https://www.iec.ch/basecamp/iecex-certified-service-facilities-scheme>
20. Folheto informativo sobre o esquema de **certificação de competências pessoais “Ex”** do IECEx
<https://www.iec.ch/basecamp/iecex-scheme-certification-personnel-competence>
21. Documento Operacional IECEx OD 503: Procedimentos para a emissão e manutenção de Certificados de Competências Pessoais IECEx
22. Documento Operacional IECEx OD 504: Especificações para a avaliação dos resultados das unidades de competência
23. Nações Unidas: Marco Regulatório Comum para Equipamentos Utilizados em Ambientes de Atmosferas Explosivas
https://unece.org/DAM/trade/wp6/SectoralInitiatives/EquipmentForExplosiveEnvironment/SIEEE_CRO_PORTUGUESE.pdf
24. Subcomitê SCB 003:031 - Atmosferas Explosivas
<http://cobei-sc-31-atmosferas-explosivas.blogspot.com>
25. Utilizando e referenciando Normas Técnicas internacionais IEC & ISO como base de regulamentos públicos
<http://www.iso.org/iso/PUB100358.pdf>

26. O ciclo total de vida das instalações em atmosferas explosivas. Paco Editorial.
https://books.google.com.br/books/about/O_Ciclo_Total_de_Vida_das_Instala%C3%A7%C3%B5es.html?id=RI5xDwAAQBAJ&redir_esc=y

34 Autores deste trabalho sobre segurança dos equipamentos e instalações elétricas e mecânicas em áreas classificadas

São apresentados a seguir um resumo das principais qualificações, competências pessoais e áreas de atividade dos autores que participaram, com suas experiências, lições aprendidas, conhecimentos, estudos, pesquisas e boas práticas, na elaboração deste trabalho sobre a segurança dos equipamentos e instalações elétricas e mecânicas em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

<p>André Luiz Cardoso Graduado em engenharia de controle e automação e tecnólogo em mecatrônica com ênfase em controle de processos contínuos Profissional de Gerenciamento de Manutenção, Engenharia, Projetos, Saúde e Segurança e Meio Ambiente e Operações Portuárias Gestor da manutenção de Máquinas e Equipamentos de grande porte destinados ao manuseio de granéis sólidos. Mestre em Engenharia Mecânica, Pós-Graduado em Engenharia de Saúde e Segurança do Trabalho e Engenharia da Confiabilidade Professor Colaborador no Laboratório de Operações Unitárias do Curso de Engenharia Química na Universidade Santa Cecília Coordenador de Engenharia e Manutenção do Terminal XXXIX no Porto de Santos/SP https://www.linkedin.com/in/andr%C3%A9-cardoso-3b4018131/</p>	
<p>Ivan Pinto Ferreira Engenheiro eletricista graduado pela Universidade Federal de Itajubá UNIFEI Especialista em manutenção elétrica de FPSO Engenheiro de integridade de equipamentos e instalações elétricas marítimas Certificação internacional IECEx de competências Pessoais nas Unidades Ex 001, Ex 003, Ex 004, Ex 007 e Ex 008 www.linkedin.com/in/ivan-ferreira-pinto-39682a56/</p>	
<p>Jamy Alfredy Sampaio Cursando engenharia elétrica pela Universidade Santa Cecília de Santos/SP Especialista em equipamentos e instalações em atmosferas explosivas Coordenador do Departamento “Ex” da SBM Offshore no Brasil Inspetor de equipamentos e instalações “Ex” com certificação CompEx em Aberdeen/Escócia Supervisor de elétrica e auditor sobre requisitos da NR-10 www.linkedin.com/in/jamy-alfredy-sampaio-84b4bb7a/</p>	
<p>Ricardo Carletti Engenheiro eletricista, graduado e com mestrado pela Universidade Federal de Juiz de Fora (MG) Engenheiro de equipamentos da Petrobras, responsável por atividades de manutenção elétrica em plataformas de petróleo e navios do tipo FPSO, lotado na Unidade de Negócios do Espírito Santo (UN-ES), atuando em plataformas de petróleo e navios do tipo FPSO www.linkedin.com/in/ricardo-carletti-77a008121</p>	

Roberval Bulgarelli

Engenheiro eletricista, com mestrado em proteção de sistemas elétricos de potência pela POLI/USP
Consultor sobre equipamentos e instalações em atmosferas explosivas
Mais de quarenta anos de experiência em equipamentos e instalações elétricas e mecânicas em áreas classificadas, trabalhando em instalações terrestres e marítimas na indústria do petróleo e gás
Membros de Grupos de Trabalho do TC 31 (Atmosferas explosivas), TC 95 (Relés de proteção) e do IECEx (Sistemas internacionais de certificação "Ex") da IEC
Organizador do Livro *"O ciclo total de vida das instalações em atmosferas explosivas"*
Colunista mensal da Revista "O Setor Elétrico", com a Coluna "Instalações em Atmosferas Explosivas"
Coordenador do Subcomitê SCB 003:031 - Atmosferas explosivas
Condecorado com o Prêmio Internacional de Reconhecimento *IEC 1906 Award*
www.linkedin.com/in/roberval-bulgarelli



Rogélio Gôngora da Silva

Engenheiro eletricista, graduado pela Universidade Santa Cecília, de Santos/SP
Master in Business Administration (MBA) pela Fundação Getúlio Vargas
Professor Executivo de Gerenciamento de Projetos na Fundação Getúlio Vargas
Profissional Petrobras, lotado na Engenharia de Equipamentos Elétricos e Sistemas Dinâmicos, da Unidade de Negócios da Bacia de Santos (UN-BS), atuando nas áreas de operação, manutenção, inspeção, recuperação e gestão de ativos "Ex" em plataformas de petróleo e navios do tipo FPSO
www.linkedin.com/in/rogélio-gôngora-486457113



Sérgio Moises Rausch

Engenheiro eletricista pela Escola de Engenharia do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT)
Engenheiro eletricista com atuação em projetos e manutenção, responsável por projetos e manutenção elétrica (alta, média e baixa tensão) e pela contratação e gerenciamento de energia elétrica no Mercado Livre, mediante ações de racionalização e sustentabilidade
Auditor Líder em Sistemas de Gestão Integrados
Coordenador do Subcomitê SC 31 do Cobei (Atmosferas explosivas) entre 1979 e 1990
Professor do Curso de Extensão em Equipamentos e Instalações em Atmosferas Explosivas - FTDE / Universidade de São Paulo, responsável pela formatação e apresentação do 1º Curso de Extensão em Equipamentos e Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas
Engenheiro Eletricista e Coordenador da Especialidade na Industria de Processos, Mineração e Edificações
Membro do Comitê Setorial de Certificação de Competências Pessoais "Ex" da Abendi
www.linkedin.com/in/sérgio-moises-rausch-35bb27aa

