



ATMOSFERAS POTENCIALMENTE EXPLOSIVAS: PREVENINDO ACIDENTES NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

ARTIGO ORIGINAL

OLIVEIRA, Rodrigo Suzano de¹

OLIVEIRA, Rodrigo Suzano de. **Atmosferas potencialmente explosivas: prevenindo acidentes na indústria do petróleo.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 09, Ed. 01, Vol. 03, pp. 05-27. Janeiro de 2024. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/prevenindo-acidentes>,

DOI:

10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/prevenindo-acidentes

RESUMO

Este artigo apresenta conceitos e casos reais, além de normas e padrões, relacionados a ambientes com atmosferas potencialmente explosivas e analisa o avanço deste tema dentro da indústria de petróleo brasileira através da análise de não-conformidades encontradas em auditorias feitas em instalações de petróleo *offshore*. Tal estudo tem por finalidade principal identificar oportunidades de melhoria e ajudar a disseminar dentro do território brasileiro a importância deste tema. Conforme será apresentado, este assunto está cada vez mais presente em nosso dia a dia, porém ainda sofre com a falta de conhecimento por boa parte dos profissionais da indústria. Adicionalmente, este trabalho tem potencial para contribuir com a criação de novas medidas e ajudar no desenvolvimento de sistemas e normas de proteção dentro de ambientes industriais no que diz respeito aos riscos de explosões em atmosferas potencialmente explosivas na indústria do petróleo em âmbito nacional.

Palavras-chave: Atmosfera Explosiva, Indústria do Petróleo, Normas Técnicas, Acidentes.

1. INTRODUÇÃO

O tema Atmosfera Explosiva já é bastante discutido e conhecido ao redor do mundo, principalmente na Europa e nos EUA. A primeira aparição do assunto feita na norma NEC (*National Electrical Code*) que trata de instalações elétricas neste país ocorreu no ano de 1923, sendo em 1931 introduzidos os conceitos de classificação de áreas



perigosas (Contreras, 2021a). Já em relação à Europa, o primeiro conjunto de normas sobre o assunto foi publicado na Alemanha em 1912, sendo introduzidos em 1935 os primeiros conceitos diferenciando atmosferas com gases e vapores explosivos de atmosferas com poeiras explosivas (Contreras, 2021b).

No Brasil, as primeiras normas técnicas sobre o assunto datam da década de 50, e foram impulsionadas pelo avanço da indústria do petróleo no país, que teve início efetivamente por volta de 1930 quando foi construída a refinaria Riograndense, no Rio Grande do Sul. Outras 3 refinarias foram construídas em diferentes cidades do país nos anos 40 e 50, sendo estas as instalações pioneiras na utilização de equipamentos elétricos para áreas classificadas. Nas décadas de 70 e 80 houve uma enorme procura por tais equipamentos devido à descoberta de petróleo na Bacia de Campos, no estado do Rio de Janeiro. Durante este período, foram vistos vários casos de incêndios e explosões ocorrendo no Brasil, principalmente na indústria de petróleo, devido à construção, instalação e manutenção indevidas destes equipamentos. Diante deste cenário, durante a década de 90 e início do século XXI, começaram a surgir portarias e normas com o objetivo de padronizar as instalações e evitar os acidentes em áreas com atmosferas explosivas (Bulgarelli, 2018).

Segundo um artigo publicado em novembro de 2023 pela Agência Brasil, dados do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás mostram que o Brasil é atualmente o nono maior produtor de petróleo do mundo e o primeiro da América Latina (Moura, 2023). Com o aumento da exploração de petróleo em águas brasileiras, cada vez mais novas unidades *offshore* entram em operação em nosso país. Isso aumenta também o risco proveniente de ambientes com atmosfera potencialmente explosiva.

Uma sonda de perfuração ou um navio de produção, por exemplo, pode na verdade se tornar uma verdadeira bomba industrial se várias medidas de prevenção não forem adotadas. Entre estas medidas estão os cuidados relacionados à prevenção a explosões tais como certificações de equipamentos e treinamento de pessoal (Bulgarelli, 2018). Outros exemplos encontrados em ambiente *onshore* (em terra) são as usinas e refinarias.



Numerosos exemplos de explosões em fábricas e plantas industriais estão diretamente associados a esse risco, porém, como grande parte dos trabalhadores envolvidos nestes ambientes ainda não entendem profundamente sobre o assunto, esses casos acabam não sendo tratados da maneira devida ou até mesmo ficam escondidos por trás de interesses políticos e econômicos em detrimento da proteção à vida humana. Conforme observado por Bugarelli (2018), por exemplo, um dos problemas existentes relacionado à falta de conhecimento sobre o assunto é o mito, por parte de usuários e fabricantes, de que basta utilizar um equipamento certificado atendendo aos requisitos legais existentes que as instalações em atmosfera explosiva estão seguras.

Neste artigo será apresentado um estudo sobre dezenas de relatórios de inspeções de auditorias em áreas classificadas que foram realizadas entre os anos de 2010 e 2020 em diversas unidades *offshore* de petróleo, com o intuito de demonstrar a diminuição das não-conformidades encontradas à medida que novas normas foram sendo criadas e novos trabalhos de conscientização foram ganhando forma.

É com base neste ambiente onde acidentes ainda são causados por desinformação, apesar dos avanços alcançados, que este trabalho busca primeiramente contribuir com a expansão do conhecimento sobre as normas técnicas vigentes e, em segundo plano, busca ajudar a divulgar os riscos envolvidos em áreas com atmosfera explosiva na indústria de petróleo e possíveis medidas de proteção.

2. LEGISLAÇÕES E NORMAS

Ao longo de décadas, padrões e normas foram criados para tratar do assunto 'atmosferas explosivas'. Atualmente existem centenas de normas técnicas ao redor do mundo e dezenas de padrões internacionais, porém cada vez mais um padrão em específico ganha força e reconhecimento. Esse padrão é o padrão europeu conhecido como padrão IEC (*International Electrotechnical Commission*).

Traduzindo de sua página da internet[2], "IEC é a sigla em inglês da Comissão Eletrotécnica Internacional, uma organização internacional fundada em 1906 para



padronização internacional de tecnologias elétricas, eletrônicas e relacionadas.” (IEC, 2024).

Outro padrão bastante conhecido é o padrão americano, também chamado de padrão NEC (*National Electrical Code*). O Código Elétrico Nacional Americano (NEC) é um padrão adotado para a instalação segura de cabos e equipamentos elétricos nos Estados Unidos e é conhecido também pela sigla NFPA 70 (*National Fire Protection Association*), que é na verdade uma parte do Código Nacional de Proteção contra Fogo dos Estados Unidos (Estados Unidos, 2023).

Neste estudo será dada maior ênfase ao padrão europeu por ser também o padrão adotado no Brasil, através da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Contudo, será feita uma breve explanação sobre a classificação da NEC a título de comparação com o padrão europeu de classificação.

Conforme definido pela ABNT (2020, prefácio),

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras (NBR), cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

No que diz respeito a atmosferas explosivas, a ABNT havia publicado em 1995 a norma NBR 5418 que tratava de Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas no Brasil. Esta norma “fixava as condições exigíveis para a seleção e aplicação de equipamentos, projeto e montagem de instalações elétricas em atmosferas explosivas por gás ou vapores inflamáveis.” (ABNT, 1995). Ela e outras normas secundárias foram canceladas a partir da década XXI quando a ABNT passou a adotar o padrão IEC como padrão nacional para assuntos relacionados a atmosferas explosivas no país (Bugarelli, 2017).

Atualmente a maioria das normas brasileiras relacionadas a este tema fazem parte da série de normas técnicas NBR IEC 60079. Existem mais de 30 partes diferentes dentro



deste conjunto de normas que tratam de alguma questão específica relacionada à eletricidade em ambientes potencialmente explosivos.

Três normas (ou subnormas) podem ser destacadas como sendo as mais importantes quando se fala de atmosfera explosiva na indústria do petróleo (ABNT NBR IEC 60079, 2020). São elas:

- NBR IEC 60079-10, que “está relacionada com a identificação e classificação de áreas onde atmosferas explosivas de poeiras e camadas de poeiras combustíveis estão presentes, de forma a permitir uma adequada avaliação das fontes de ignição em tais áreas” (ABNT NBR IEC 60079, 2020).
- NBR IEC 60079-14, que “contém os requisitos específicos para o projeto, seleção e montagem de instalações elétricas em áreas classificadas associadas com atmosferas explosivas” (ABNT NBR IEC 60079, 2020).
- NBR IEC 60079-17, que é “relacionada à inspeção e manutenção de instalações elétricas em áreas classificadas, onde o risco pode ser causado por gases inflamáveis, vapores, névoas, poeiras, fibras ou partículas em suspensão” (ABNT NBR IEC 60079, 2020).

Conforme analisado por Paulo (2018), a partir da promulgação da Norma Regulamentadora 10 (NR10), todas as normas técnicas publicadas pela ABNT que tratam de eletricidade passaram a ter também força de lei e, por isso, são obrigatórias.

De acordo com a NR10,

Esta norma foi emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil e tem por finalidade garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem com instalações e serviços em eletricidade. Esta norma se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo de eletricidade, incluindo as fases de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas, e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades (Brasil, 2019, p.1).



3. ÁREAS CLASSIFICADAS

Conforme definido no manual internacional CompEx,

Atmosfera Explosiva é uma mistura de substâncias inflamáveis na forma de gases, vapores, poeiras ou fibras com o ar (ou Oxigênio) que, na presença de uma fonte de ignição e sob determinadas condições atmosféricas, a combustão consegue se propagar e provocar uma explosão. (ASET, 2012, p.23).

E,

“Área Classificada é todo local sujeito à probabilidade de existência ou formação de uma atmosfera explosiva” (ASET, 2012, p.25).

Normalmente os equipamentos e sistemas do processo, tais como bocas de visita, tampas, pontos de amostras, flanges, respiro, drenos etc., são altamente considerados fontes de risco pela probabilidade de vazamento de produtos para o meio ambiente onde os instalaram. Tais fontes de risco são então classificadas em graus, de acordo com a duração e a frequência de atmosferas explosivas a serem geradas por estas fontes. Conforme definido pela ABNT NBR 60079 (2020), são conhecidas como de grau contínuo as fontes que geram risco continuamente ou por longos períodos. São chamadas de grau primário as fontes que, durante condições normais de operação, geram risco de forma periódica ou acidental. Já as fontes de grau secundário são as que geram risco por curto período em condições de operação fora do projetado.

Como exemplo de fonte de risco de grau contínuo, temos o interior de um tanque de inflamáveis, onde há permanentemente a presença da mistura explosiva devido ao produto dentro do tanque. No mesmo tanque, o respiro dele configura uma fonte de risco de grau primário por ser potencialmente uma saída de vapores de produto quando seu nível aumenta, ou seja, não é algo que acontece permanentemente, mas pode acontecer quando o nível sobe. Ainda neste mesmo exemplo, fontes de risco de grau secundário seriam os flanges, que podem vazar devido ao envelhecimento da junta, desaperto de parafusos, ou uma possível perda do controle de nível, ocasionando o derramamento de líquido na bacia (ASET, 2012).



3.1 DEFINIÇÕES DOS TIPOS DE ZONAS PARA GASES E VAPORES

Segundo a ABNT NBR 60079 (2020), três são os tipos de zonas para misturas de gases e vapores explosivos:

Zona 0 – Local onde a ocorrência de mistura inflamável/explosiva por gases ou vapores é contínua ou existe por longos períodos.

Zona 1 - Local onde a atmosfera explosiva está presente de forma ocasional e em condições normais de operação, sendo normalmente geradas por fontes de risco de grau primário.

Zona 2 - Local onde a atmosfera explosiva está presente somente em condições anormais de operação e persiste somente por curtos períodos de tempo, sendo geradas normalmente por fontes de risco de grau secundário.

3.2 DEFINIÇÕES DOS TIPOS DE ZONAS PARA POEIRAS E FIBRAS

Segundo a ABNT NBR 60079 (2020), três são os tipos de zonas para misturas de poeiras e fibras explosivas:

Zona 20 - Local em que a atmosfera explosiva, em forma de nuvem de poeira, está presente de forma permanente, por longos períodos ou ainda frequentemente. Estas zonas, igualmente em gases e vapores, são geradas por fontes de risco de grau contínuo.

Zona 21 - Local em que a atmosfera explosiva em forma de nuvem de pó está presente em forma ocasional, em condições normais de operação da unidade. Estas zonas, igualmente em gases e vapores, são geradas por fontes de risco de grau primário.

Zona 22 - Local onde a atmosfera explosiva em forma de nuvem de pó existirá somente em condições anormais de operação e se existir será somente por curto período de tempo. Estas zonas, igualmente em gases e vapores, são geradas por fontes de risco de grau secundário.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS SEGUNDO O PADRÃO NEC

A norma americana não faz a divisão das áreas em zonas como a IEC. Ela contempla duas divisões (Estados Unidos, 2023):



Divisão 1: Locais com alta probabilidade de presença de mistura inflamável.

Divisão 2: Locais com baixa probabilidade de presença de mistura inflamável.

A tabela abaixo mostra a correlação entre a classificação IEC e a classificação NEC:

Tabela 1 - Comparação entre IEC e NEC sobre a Classificação de Áreas

COMPARAÇÃO DAS ÁREAS CLASSIFICADAS IEC (ZONAS) X DIVISÕES (NEC)			
IEC	ZONA 0 / ZONA 20	ZONA 1 / ZONA 21	ZONA 2 / ZONA 22
NEC	DIVISÃO 1		DIVISÃO 2

Fonte: Jordão, 2002.

3.4 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS INFLAMÁVEIS

O ambiente pode ser classificado quanto à substância presente nele, seguindo as normas API (*American Petroleum Institute*) e NEC (*National Electrical Code*), sendo dividido em classes conforme mostra a tabela 2 e subdividido em grupos de gases, conforme a tabela 3.

Tabela 2 - Classes das Substâncias Inflamáveis (NEC)

Classe	I	II	III
Substância	Gases e Vapores	Poeiras	Fibras

Fonte: ASET, 2012.

Tabela 3 - Grupos das Substâncias Inflamáveis (NEC)

Classe	Grupo	Definição
I	A	Gases da família do Acetileno
	B	Butadieno, óxido de Etileno, Hidrogênio ou gases e vapores de risco equivalente ao do Hidrogênio
	C	Eteno, Ciclopropano, Éter Etilico, Etileno ou gases e vapores de risco equivalente
	D	Propano, Acetona, Álcool, Amônia, Benzeno, Butano, Gasolina, Metano, Gás Natural, vapores de vernizes e gases e vapores de risco equivalente
II	E	Pós metálicos combustíveis: Alumínio, Magnésio, ligas de Alumínio ou Magnésio e pós com tamanho de partícula, abrasividade e condutividade com risco similar
	F	Pós carbonáceos combustíveis: pós de carvão, de grafite, de coque e pós que apresentem características similares
	G	Pós combustíveis que não se enquadrem nos grupos E e F: pós de cereais, de plásticos, de produtos químicos. Ex.: açúcar, farinha de trigo, algumas resinas termoplásticas
III	--	Fibras Combustíveis ou material leve flutuante de fácil ignição, mas que não são prováveis de ficar em suspensão no ar em quantidades suficientes para formar mistura explosiva. Ex.: Algodão, juta, milho, cacau e fibras de madeira

Fonte: ASET, 2012.

Conforme definido na NEC (Estados Unidos, 2023), “a divisão em grupos também significa uma gradação de risco, onde os gases do grupo A são os de maior efeito destruidor e os gases do grupo D são os de menor efeito destruidor”.

Tanto a norma internacional IEC quanto a norma brasileira ABNT não classificam o ambiente em classes, mas em grupos, que são organizados com base nos equipamentos elétricos utilizados, conforme mostra a tabela a seguir.

Tabela 4 - Grupos e Subgrupos das Substâncias Inflamáveis (IEC e ABNT)

Grupos	Subgrupos	Substância Típica	Aplicação/Definição
Grupo I	I	Metano	Equipamento elétrico para uso em minas suscetíveis à formação de grisú
Grupo II	IIA	Propano	Equipamentos elétricos para uso em locais com atmosferas de gases explosivos
	IIB	Etileno	
	IIC	Hidrogênio	



Grupo III	IIIA	Partículas combustíveis em suspensão	Equipamentos elétricos para uso em locais com atmosferas de poeira combustível
	IIIB	Poeira não condutiva	
	IIIC	Poeira condutiva	

Fonte: Jordão, 2002.

Na classificação IEC ABNT a sequência de risco em cada grupo, do maior para o menor grau, é: $C \rightarrow B \rightarrow A$. Ou seja, um equipamento projetado para o subgrupo IIC pode ser usado nos subgrupos IIB e IIA, assim como, um equipamento projetado para o subgrupo IIIC pode ser usado nos subgrupos IIIB e IIIA. Sendo o subgrupo com final A o grupo de menor risco e o equipamento projetado para este subgrupo só pode ser usado para o mesmo (ABNT NBR IEC 60079, 2020).

A tabela a seguir mostra um comparativo feito entre as normas americanas e internacionais sobre classificação de gases.

Tabela 5 - Comparativo dos Subgrupos de Gases Explosivos entre as normas IEC e NEC

	Grupo do Acetileno	Grupo do Hidrogênio	Grupo de Eteno	Grupo do Propano	Gases de Minas (Metano)
API/NEC	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	-
ABNT/IEC	Grupo IIC	Grupo IIC	Grupo IIB	Grupo IIA	Grupo I

Fonte: O Autor, 2024.

3.5 TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE

Em conjunto com a classificação das áreas (zonas e divisões) e dos grupos (minas, gases e poeiras) e subgrupos dos materiais, uma terceira classificação é imperativa para obter-se uma classificação completa e precisa de um ambiente com potencial para presença de atmosfera explosiva. Tal classificação diz respeito à temperatura de superfície máxima que um equipamento pode atingir em uma determinada área.

Os pontos de ignição de cada material definem as classes de temperaturas de forma que a temperatura de superfície do equipamento nunca ultrapasse tais valores e, com



isso, uma ignição espontânea seja evitada (ASET, 2012). A tabela a seguir mostra as classes de temperatura padronizadas pela IEC e pela NEC.

Tabela 6 - Comparativo das Classes de Temperatura entre as normas IEC e NEC

Temperatura Máxima de Superfície (°C)	NEC	IEC/ABNT
450	T1	T1
300	T2	T2
280	T2A	
260	T2B	
230	T2C	
215	T2D	
200	T3	T3
180	T3A	
165	T3B	
160	T3C	
135	T4	T4
120	T4A	
100	T5	T5
85	T6	T6

Fonte: O Autor, 2024.

4. TIPOS DE PROTEÇÃO E MEDIDAS DE CONTROLE DE RISCO

Atualmente vários tipos e conceitos de proteção e medidas de controle são encontrados no mercado, porém muito cuidado deve ser tomado na hora de escolher quais são os mais adequados para cada ocasião, principalmente no que diz respeito às instalações *offshore* construídas internacionalmente.

Existe, contudo, uma unanimidade neste assunto que é o fato de que, sempre que possível, a primeira medida a ser adotada é a desclassificação da área. Isto é, tornar



uma dada área segura ou evitar que nela haja a possibilidade da presença de uma atmosfera explosiva.

A seguir são mostrados nove tipos de proteções que podem ser utilizados quando não é possível evitar a existência de uma área classificada e suas respectivas definições exatamente conforme descrito na norma ABNT NBR 60079 (2020).

4.1 À PROVA DE EXPLOÇÃO - EX D (*EXPLOSION PROOF* OU *FLAME-PROOF*)

Este tipo de proteção pode ser utilizado em zonas 1 e 2. Conforme definido na ABNT NBR 60079 (2020),

Invólucro à prova de explosão é um sistema suficientemente resistente e vedado para não propagar uma explosão, e cuja temperatura superficial não provoque a ignição de uma atmosfera explosiva. Isto implica uma construção robusta, com tampas roscadas ou parafusadas. Esses invólucros são construídos de forma a resistir mecanicamente à pressão após a ocorrência da ignição da mistura dentro dele, impedindo que a explosão se propague para o meio externo.

4.2 SEGURANÇA AUMENTADA - EX E (*INCREASED SAFETY*)

Este tipo de proteção pode ser utilizado em zonas 1 e 2. Conforme definido na ABNT NBR 60079 (2020),

Equipamento elétrico de segurança aumentada é aquele que sob condições normais de operação não produz arcos, faíscas ou aquecimento suficiente para causar ignição da atmosfera explosiva para a qual foi projetado, e no qual são tomadas as medidas adicionais durante a construção, de modo a evitar com maior segurança, que tais fenômenos ocorram em condições de operação e de sobrecarga previstas.

4.3 EQUIPAMENTOS PRESSURIZADOS – EX P (*PRESSURIZED*)

Este tipo de proteção pode ser utilizado em zonas 1 e 2. Conforme definido na ABNT NBR 60079 (2020),



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

Os equipamentos pressurizados são agrupados em três grupos e têm por função reduzir a classificação no interior do invólucro pressurizado, sendo redução de:

- Zona 1 ou Grupo I para não classificado com o uso da proteção px;
- Zona 1 para Zona 2 com o uso da proteção py; e
- Zona 2 para área não classificada com o uso da proteção pz.

4.4 EQUIPAMENTO ELÉTRICO IMERSO EM ÓLEO - EX O (*OIL IMERSION*)

Este tipo de proteção pode ser utilizado em zonas 1 e 2. Conforme definido na ABNT NBR 60079 (2020),

O equipamento elétrico é imerso em óleo de tal modo que não inflame uma atmosfera inflamável acima do líquido ou na parte externa do invólucro. Este tipo de proteção é aplicável somente para equipamentos fixos.

4.5 EQUIPAMENTOS IMERSOS EM AREIA – EX Q (*POWDER-FILLED*)

Este tipo de proteção pode ser utilizado em zonas 1 e 2. Conforme definido na ABNT NBR 60079 (2020),

Neste tipo de proteção as partes que podem inflamar uma atmosfera explosiva são imersas por um material de enchimento de modo a evitar a ignição de uma atmosfera explosiva externa. Este tipo de proteção só se aplica a equipamentos com corrente nominal menor ou igual a 16A; que consumam potência menor ou igual a 1000VA cuja tensão de alimentação não seja superior a 1000V.



4.6 EQUIPAMENTO ELÉTRICO ENCAPSULADO – EX M (ENCAPSULATION)

Este tipo de proteção pode ser utilizado em zonas 1 e 2. Conforme definido na ABNT NBR 60079 (2020), “as partes que podem causar ignição são encapsuladas por uma resina de modo a não conseguir inflamar uma atmosfera explosiva externa”.

4.7 EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA INTRÍNSECA – EX I (INTRINSIC SAFETY)

Este tipo de proteção pode ser utilizado em: “ia” – Zona 0; “ib” – Zonas 1 e 2; e “ic” – Zonas 1, 2 e 3. Conforme definido na ABNT NBR 60079 (2020), “são aqueles que em condições normais (isto é, abertura e fechamento do circuito) ou anormais (curto-circuito, falta à terra) não liberam energia suficiente para inflamar a atmosfera explosiva”.

Ainda segundo a ABNT NBR 60079 (2020), tais dispositivos são agrupados em três categorias: “ia” – projetados para não causar uma ignição em operação normal ou na ocorrência de duas falhas simultâneas no ambiente; “ib” – incapazes de causar uma ignição em operação normal ou na ocorrência de uma falha no ambiente; e “ic” – incapazes de causar uma ignição em operação normal.

4.8 EQUIPAMENTO ELÉTRICO NÃO ACENDÍVEL – EX N (NON- INCENDIVE)

Este tipo de proteção pode ser utilizado em zona 2. Conforme definido na ABNT NBR 60079 (2020), “são equipamentos que, em condições normais de operação e sob determinadas condições anormais especificadas, não causam a ignição da atmosfera explosiva de gás existente no ambiente”.



5. CERTIFICAÇÃO E MARCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Cada país possui seus próprios regulamentos e legislações para uso e fabricação de equipamentos para atmosferas explosivas.

No Brasil quem faz tais regulamentos e legislações é o Conmetro (Conselho Nacional de Metrologia e Normalização Industrial), órgão subordinado ao Ministério da Justiça. Conforme determina a Portaria nº 115 do Inmetro de 2022, todos os equipamentos devem ser certificados para utilização em áreas classificadas, sendo ou não fabricados no País.

Já a certificação é coordenada pelo Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia e Normalização Industrial) que utiliza a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), como base na criação de normas técnicas que abrangem todos os tipos de proteções.

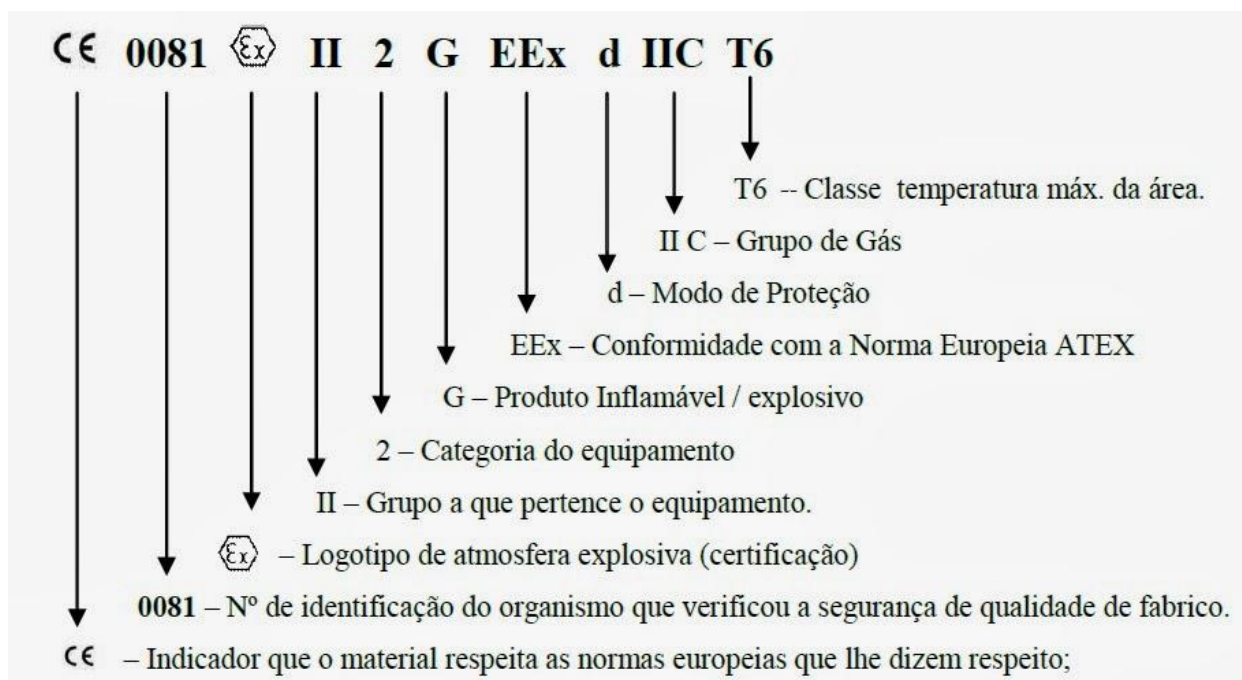
O Inmetro também atua credenciando os laboratórios que verificam através de ensaios e análises se os equipamentos estão de acordo com as recomendações das normas técnicas e se realmente estão aptos a serem instalados em locais com atmosfera potencialmente explosiva (Inmetro, 2022).

Para a segurança intrínseca, por exemplo, o único laboratório credenciado até 2014 para ensaios nacionais era o Labex, no centro de laboratórios do Cepel no Rio de Janeiro. Conforme ainda observado por Bulgarelli (2019), cinco anos depois, em 2019 o Labelo – Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica, localizado na PUC (Pontifícia Universidade Católica) do Porto Alegre / RS, tornou-se o primeiro laboratório brasileiro para ensaios para atmosferas explosivas reconhecido internacionalmente pelo IECEx (*International Electrotechnical Commission System*).

Os equipamentos certificados ou produzidos em fábricas certificadas, recebem o que chamamos de marcação Ex, que nada mais é do que a identidade do equipamento, onde são listados o tipo de proteção e as condições de uso. Um exemplo desta marcação é ilustrado na figura 1 abaixo. Por norma, todo equipamento instalado em uma área classificada deve possuir de forma clara e visível uma placa de identificação

contendo suas informações de classificação bem como o número do seu certificado de conformidade dos instrumentos (Jordão, 2002).

Figura 1 - Marcação Ex para equipamentos certificados



Fonte: Jordão, 2002.

6. ESTUDO DE NÃO-CONFORMIDADES E EVOLUÇÃO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO

Ao longo dos anos, dezenas e até centenas de acidentes já ocorreram em ambientes com atmosferas potencialmente explosivas, tais como minas, refinarias, indústrias farmacêuticas, plataformas *offshore* etc. A seguir serão apresentados alguns dos mais importantes acidentes ocorridos na história mundial para dimensionar a relevância deste assunto em nosso cotidiano e ajudar a entender como estes ocorreram para que acidentes similares possam ser evitados no futuro. Serão apresentados também os resultados do estudo de não-conformidades de auditorias feitas entre os anos de 2010 e 2020 em unidades *offshore*, comparando-os com o avanço das normas dentro da indústria de petróleo.



6.1 PRINCIPAIS ACIDENTES

Em outubro de 1913, no País de Gales, aconteceu o desastre da mina de carvão *Senghennydd*, que causou 439 mortes. Tal desastre foi considerado um dos piores em uma mina de carvão na história do Reino Unido e, em termos de perda de vidas, foi um dos mais graves em âmbito mundial. De acordo com Lieven (1994), “acredita-se que o acidente tenha sido causado pela explosão de gás metano através da ignição por faíscas elétricas de um equipamento, possivelmente uma campainha elétrica”. A poeira de carvão presente no chão dentro da mina foi levantada pela explosão do gás, o que criou uma nuvem de poeira de carvão que causou uma segunda explosão, consequentemente levantando ainda mais poeira de carvão e causando explosões consecutivas. Esse foi um dos primeiros relatos de um grande acidente dessa natureza e ajudou no reconhecimento e estudo do risco de ignição de vapores, poeiras ou nuvens inflamáveis potencialmente motivado por faíscas de equipamentos elétricos.

Em 1984, um vazamento de gás durante perfuração de poço seguido por uma explosão na plataforma Enchova que operava na Bacia de Campos deixou 37 mortos e 23 feridos. Durante a evacuação, um dos cabos de aço da baleeira na qual trabalhadores tentavam fugir ficou preso e o outro se rompeu, causando a queda da embarcação de uma altura de 30 metros. Em 1988, um vazamento de condensado de gás natural que se formou sobre a plataforma Piper Alpha, no Mar do Norte, incendiou-se, causando uma explosão enorme. Incêndios secundários no óleo causados pela explosão inicial derreteram a tubulação de suprimento de gás, o que causou uma outra explosão que engoliu toda a plataforma e resultou na morte de 167 pessoas (Reino Unido, 1990).

Outros acidentes ocorridos no Brasil relacionados a falhas humanas ou de equipamentos em Atmosferas Explosivas foram a explosão da P36 na Bacia de Campos com 11 mortos em 2001, o incêndio na plataforma Namorado também na Bacia de Campos com seis pessoas feridas em 2014 e a explosão na refinaria Landulpho Alves com 3 feridos em 2015 (O Globo, 2015).

6.2 ESTUDO DE NÃO-CONFORMIDADES EM PLATAFORMAS E NAVIOS DE PETRÓLEO

Para este estudo foram compilados dados de não-conformidades de auditorias de áreas classificadas realizadas em dezenas de navios e plataformas de petróleo entre os anos de 2010 e 2020. Foram analisados 4125 itens em 55 relatórios obtidos de diferentes instalações. Os dados foram classificados em três grupos, que serão adiante comparados com a evolução das normas e legislações em suas áreas. Tais dados mostram o percentual de não-conformidades encontradas para cada grupo.

Tabela 7 – Percentual de Não-Conformidades de Auditorias em Áreas Classificadas

Tipo de Não-Conformidade	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Equipamentos e Instalações	50	34	38	16	5	3	3	2	5	0	0
Procedimentos	66	62	23	5	1	2	2	0	0	0	1
Capacitação de Pessoal	95	71	62	52	41	5	3	3	4	1	2

Fonte: O Autor, 2024.

Conforme pode se ver, o número total de não-conformidades foi reduzindo ao longo dos anos. O grupo que evoluiu mais rápido foi o de Procedimentos, enquanto o grupo que apresentou um avanço mais lento foi o de Capacitação de Pessoal. Conforme será mostrado a seguir, este resultado está diretamente relacionado com o avanço das normas e legislações voltadas para este tema.

6.3 AVANÇO DAS NORMAS E LEGISLAÇÕES

Conforme foi visto, as normas e legislações para Atmosferas Explosivas começaram a surgir de fato no Brasil durante a década de 90 e início de século XXI, devido aos acidentes recorrentes dentro da indústria do petróleo amplificados pela descoberta de petróleo na Bacia de Campos (Bulgarelli, 2018).



Contudo, a divulgação e adesão a estas novas normas não ocorrerão de forma imediata. Conforme mostram os dados das auditorias realizadas em instalações de petróleo. Tais normas surtiram efeito inicialmente em relação aos procedimentos de gestão a serem implementados.

Dois fatos contribuíram para aumentar a pressão em relação ao atendimento das normas para Áreas Classificadas na indústria de petróleo: a descoberta do pré-sal no final de 2006 e o marco regulatório aprovado em 2010. Após a aprovação do marco regulatório (BBC, 2019).

A NR-10 sofreu uma grande revisão em 2004 para atender às necessidades da indústria de petróleo, principalmente no que diz respeito às Atmosferas Explosivas. Nesta revisão foi incluído, por exemplo, treinamento obrigatório de 8 horas para pessoal que atua em Áreas Classificadas e capacitação deste mesmo pessoal feita por profissional habilitado conforme descrito na referida norma (Rausch, 2011). Porém, apenas em 2015 surgiram os primeiros centros de treinamento habilitados para realizar este trabalho. Este fato está alinhado com os números encontrados no estudo sobre não-conformidades, que mostra uma diminuição drástica de não-conformidades relacionadas a treinamento de pessoal a partir de 2015.

Um grande grupo de normas Ex voltadas para a área de equipamentos e instalações foram publicadas pela ABNT entre os anos de 2005 e 2011, sendo mais de dez apenas neste ano (Bulgarelli, 2011). De forma semelhante, pode-se ver que os números de não-conformidades reduziram consideravelmente por volta do ano de 2012.

7. CONCLUSÃO

Com base neste artigo, fica evidente que ainda é preciso evoluir no que diz respeito ao tratamento e a prevenção de acidentes relacionados aos riscos envolvidos em atividades desempenhadas em ambientes com atmosferas potencialmente explosivas, principalmente na indústria do petróleo.

Os conceitos técnicos apresentados e os fatos relacionados a acidentes na indústria de petróleo sugerem que, apesar de ter havido uma considerável evolução em relação



ao atendimento às normas, medidas de proteção como treinamento e capacitação ainda são relativamente recentes e demandam um trabalho adicional para ajudarem na real prevenção de acidentes.

O Brasil tem evoluído com relação a este tema desde que surgiram as primeiras necessidades em grande escala de operações na indústria de petróleo em alto mar, porém os avanços mais significativos ocorreram apenas nas primeiras duas décadas do século XXI. Empresas e outros órgãos têm se unido nos últimos anos através de comitês para revisar e elaborar novas normas voltadas a este tema.

Os resultados da avaliação feita sobre as não-conformidades de auditorias realizadas em instalações de petróleo *offshore* mostram avanços em momentos diferentes para os três grupos pesquisados e tais avanços ocorreram à medida que novas normas foram criadas e colocadas efetivamente em prática no país.

Por fim, conclui-se que avanços em relação às normas e legislações para atmosfera explosiva têm ocorrido ao longo dos anos, principalmente voltados para a indústria de petróleo, que devido ao seu peso econômico tem ditado o ritmo de investimento nesta área. Conclui-se também que o desconhecimento sobre as normas permanece mais alto entre os trabalhadores e fornecedores quando comparado com os gestores envolvidos no assunto, ressaltando a necessidade de medidas adicionais.

REFERÊNCIA

ABNT NBR IEC 60079 (séries). **Atmosferas Explosivas: conceitos gerais, características, instalações, inspeções e manutenções.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020.

ABNT NBR 5418. **Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1995.

ASET - International Oil & Gas Training Academy. **CompEx Manual.** Sixth Edition, 2012.

BBC. **Euforia, crise e megaleilão: os altos e baixos do pré-sal.** BBC, 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50311115>. Acesso em: 04 jan. 2024.



BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora No. 10.** (NR-10) - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Portaria SEPRT 915, de 30/07/2019.

BULGARELLI, Roberval. Evolução, atualização e aplicação das normas técnicas da ABNT. **O Setor Elétrico**, 2011. Disponível em: https://www.osestoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2011/06/Ed64_fasc_instalacoesEX_cap29.pdf. Acesso em: 04 jan. 2024.

BULGARELLI, Roberval. Novos requisitos para instalações elétricas em atmosferas explosivas. **O Setor Elétrico**, 2017. Disponível em: <https://www.osestoreletrico.com.br/novos-requisitos-para-instalacoes-eletricas-em-atmosferas-explosivas-2/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

BULGARELLI, Roberval. **O mito da segurança proporcionada somente pelos equipamentos “ex” certificados parte 1/2.** Maex Engenharia, 2018. Disponível em: <https://maex.com.br/o-mito-da-seguranca-proporcionada-somente-pelos-equipamentos-ex-certificados-parte-1-2/>. Acessado em: 24/11/2023.

BULGARELLI, Roberval. Primeiro LABORATÓRIO BRASILEIRO de ensaios de equipamentos para atmosferas explosivas reconhecido pelo internacionalmente pelo IECEx. **O Setor Elétrico**, 2019. Disponível em: <https://www.osestoreletrico.com.br/primeiro-laboratorio-brasileiro-de-ensaios-de-equipamentos-para-atmosferas-explosivas-reconhecido-pelo-internacionalmente-pelo-iecex/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

CONTRERAS, Mirko Torrez. **A not too brief history of the origins of the EX standards.** Part I: The NEC Code. LinkedIn, 2021a. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/too-brief-history-origins-nec-atex-iecex-standards-torrez-contreras/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

CONTRERAS, Mirko Torrez: **A not too brief history of the origins of the EX standards.** Part II: The ATEX Directive. LinkedIn, 2021b. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/too-brief-history-origins-nec-atex-iecex-standards-ii-mirko/>. Acessado em: 24 nov. 2023.

ESTADOS UNIDOS. **NFPA 70, National Electrical Code (NEC).** NFPA, 2023.

IEC: **About Us.** IEC, 2024. Disponível em: <https://www.iec.ch/about-us>. Acesso em: 22 dez. 2023.

INMETRO: **Portaria nº 115 – Requisitos de Avaliação da Conformidade para Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas.** Portaria INMETRO, 2022.

JORDÃO, Dácio de Miranda. **Manual de Instalações Elétricas em Indústrias Químicas, Petroquímicas e de Petróleo - Atmosferas Explosivas.** 3ª edição. Editora: Qualitymark, 2002.



LIEVEN, Michael. **Senghennydd: The Universal Pit Village, 1890-1930**. Editora : Gomer Press, 1994.

MOURA, Bruno de Freitas. **Brasil tem recorde de produção de petróleo e gás em setembro**. Rio de Janeiro: Agência Brasil, 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-11/brasil-tem-recorde-de-producao-de-petroleo-e-gas-em-setembro#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20Instituto,ordem%2C%20s%C3%A3o%20os%20tr%C3%AAs%20principais>. Acesso em: 20 dez. 2023.

O GLOBO: **Lembre os principais acidentes da Petrobras**. O Globo, 2015. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/lembre-os-principais-acidentes-da-petrobras-15310164>. Acesso em: 30 out. 2023.

PAULO, José Manuel de Abre. A legalidade dos requisitos de segurança em instalações e serviços em eletricidade (NR 10 e normas técnicas correlatas). **JUS**, 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/68915/a-legalidade-dos-requisitos-de-seguranca-em-instalacoes-e-servicos-em-eletricidade-nr-10-e-normas-tecnicas-correlatas>. Acesso em: 15 dez. 2023.

RAUSCH, Sérgio. **NR-10 exige capacitação em atmosferas explosivas**. Universidade Abracopel, 2011. Disponível em: https://abracopel.org/download/nr-10-exige-capacitacao-em-atmosferas-explosivas/?doing_wp_cron=1705517845.1219439506530761718750. Acesso em: 05 jan. 2024.

REINO UNIDO. **The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster**. Health and Safety Executive, 1990. Disponível em: <https://www.hse.gov.uk/offshore/piper-alpha-disaster-public-inquiry.htm>. Acesso em: 20 nov. 2023.

APÊNDICE - NOTA DE RODAPÉ

2. “Founded in 1906, the IEC (International Electrotechnical Commission) is the world’s leading organization for the preparation and publication of international standards for all electrical, electronic and related technologies.” (IEC, 2024).

Material recebido: 11 de janeiro de 2024.

Material aprovado pelos pares: 18 de janeiro de 2024.

Material editado aprovado pelos autores: 26 de janeiro de 2024.



¹ MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas no Rio de Janeiro, Pós-graduação lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Candido Mendes em Campos dos Goytacazes, Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Automação pela Universidade Santa Úrsula no Rio de Janeiro. ORCID: 0009-0007-7812-0538. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3997154402798015>.