

# Sumário

Apresentação .....	VII
Prefácio .....	IX
Glossário de Termos Técnicos “Ex” .....	XI
Conteúdo dos Volumes .....	XV
Introdução.....	XXIX
VOLUME 1	
1	
Principais Normas Técnicas Brasileiras Adotadas sobre Equipamentos e Instalações de Instrumentação, Automação, de Telecomunicações, Elétricas e Mecânicas “Ex” .....	1
2	
Evolução das Normas Técnicas Brasileiras Adotadas Publicadas ou Revisadas pela ABNT sobre o Tema “Atmosferas Explosivas” .....	5
3	
A Segurança ao Longo do “Ciclo Total de Vida” das Instalações de Instrumentação, Automação, Telecomunicações, Elétricas e Mecânicas “Ex” .....	13
3.1 Responsabilidade pela Segurança das Instalações “Ex” ao Longo do seu Ciclo Total de Vida .....	15
3.2 Análises de Risco de Explosões em Áreas Classificadas ao Longo do seu Ciclo Total de Vida – Diagrama <i>Bow-Tie</i> .....	16
3.2.1 Aplicação da técnica pelo diagrama <i>Bow-Tie</i> para análise do risco de uma explosão em Atmosferas Explosivas .....	20
4	
Normas Técnicas sobre Serviços de Classificação de Áreas, Projeto, Montagem, Inspeção, Manutenção, Reparo e Recuperação de Equipamentos e Instalações “Ex” .....	35
5	
Serviços de Classificação de Áreas Contendo Gases Inflamáveis ou Poeiras Combustíveis .	39
5.1 Conceitos Gerais sobre Classificação de Áreas .....	39
5.2 Princípios de Segurança na Classificação de Áreas .....	40

5.3	Abordagem de Segurança em Locais onde Possa Haver a Presença de Atmosferas Explosivas .....	41
5.4	Objetivos da Classificação de Áreas .....	41
5.5	Identificação das Fontes de Liberação para a Classificação de Áreas .....	42
5.5.1	Exemplos de fontes de liberação de grau contínuo .....	43
5.5.2	Exemplos de fontes de liberação de grau primário .....	43
5.5.3	Exemplos de fontes de liberação de grau secundário .....	43
5.6	Conceitos de Zonas, Grupos e Classes de Temperatura em Áreas Classificadas de Gases Inflamáveis ou Poeiras Combustíveis .....	44
5.7	Conceitos de Zonas de Áreas Classificadas Contendo Gases e Poeiras .....	44
5.8	Serviços de Classificação de Áreas Contendo Gases Inflamáveis ou Poeiras Combustíveis .....	47
5.9	Conceitos de Grupos de Gases e Poeiras .....	51
5.10	Conceitos de Classes de Temperatura de Gases Inflamáveis e Temperatura de Ignição de Poeiras Combustíveis .....	53
5.11	Grupos e Classes de Temperatura de Substâncias Processadas na Indústria do Petróleo ...	54
5.12	O Banco de Dados GESTIS para Propriedades Físico-Químicas de Gases Inflamáveis ...	56
5.13	O Banco de Dados GESTIS DUST Ex para Propriedades Físico-Químicas de Poeiras Combustíveis .....	59
5.14	Exemplos de Desenhos de Plantas e de Cortes de Classificação de Áreas em CAD 2D e CAD 3D .....	61
5.15	A Importância da Documentação de Classificação de Áreas Contendo Gases Inflamáveis ou Poeiras Combustíveis .....	66
5.16	Documentação Requerida sobre Classificação de Áreas para cada Instalação em Particular ..	70
5.17	Etapas “Típicas” para a Elaboração de Documentação de Classificação de Áreas .....	71
5.18	Sinalização de Segurança em Áreas Classificadas .....	72
5.19	Considerações sobre a Importância dos Requisitos e Aplicação da Documentação de Classificação de Áreas .....	73
<b>6</b>		
	<b>A Tecnologia do Hidrogênio e suas Interfaces com a Segurança de Equipamentos e Instalações “Ex” .....</b>	<b>75</b>
6.1	A Necessidade de Manter os Ambientes de Hidrogênio Seguros e Protegidos .....	75
6.2	A Redução dos Riscos Relacionados ao Hidrogênio por Meio da Avaliação da Conformidade Internacional “Ex” .....	76
6.3	Onde o Hidrogênio pode Ser Encontrado e como pode Ser Produzido .....	77
6.4	Hidrogênio Verde, Branco, Preto, Cinza, Castanho, Azul, Rosa e Amarelo .....	78
6.4.1	Hidrogênio verde .....	78
6.4.2	Hidrogênio branco .....	79
6.4.3	Hidrogênio preto .....	79
6.4.4	Hidrogênio cinza .....	79

6.4.5	Hidrogênio castanho .....	79
6.4.6	Hidrogênio azul turquesa .....	79
6.4.7	Hidrogênio amarelo .....	80
6.4.8	Hidrogênio azul .....	80
6.4.9	Hidrogênio rosa ou roxo .....	80
6.5	A Geração do Hidrogênio Verde com Base em Fontes Renováveis de Energia .....	81
6.6	Características do Hidrogênio: Norma Técnica Brasileira Adotada, ABNT NBR ISO/IEC 80079-20-1, e Ficha de Segurança de Produtos Químicos (FISQP) ..	84
6.7	A Necessidade de Minimizar os Riscos de Explosão nas Aplicações do Hidrogênio .....	88
6.8	Requisitos Harmonizados para a Certificação de Equipamentos, Componentes e Sistemas Associados ao Hidrogênio .....	89
6.9	Certificação de Competências Pessoais “Ex” sobre Instalações Associadas ao Hidrogênio – Unidade Ex 011 .....	90
6.10	Lições Aprendidas sobre a Necessidade de Competências Pessoais “Ex” e na Segurança em Instalações com a Presença de Hidrogênio .....	91
6.11	O Apoio e a Cooperação do IECEx nas Ações Realizadas pela IRENA .....	93
<b>7</b>		
	<b>Critérios para a Seleção de Equipamentos “Ex” de Acordo com a Zona, o Grupo e a Classe de Temperatura da Classificação de Áreas do Local da Instalação .....</b>	<b>97</b>
7.1	Critérios para a Seleção de Equipamentos “Ex” de Acordo com a Zona da Classificação de Áreas do Local da Instalação .....	97
7.2	Critérios para a Seleção de Equipamentos “Ex” de Acordo com o Grupo da Classificação de Áreas do Local da Instalação .....	99
7.3	Critérios para a Seleção de Equipamentos “Ex” de Acordo com a Classe de Temperatura da Classificação de Áreas do Local da Instalação .....	100
7.4	Considerações sobre os Critérios de Seleção de Equipamentos “Ex” de Acordo com os Requisitos de Grupos, Zonas e Classes de Temperatura de Classificação de Áreas .....	101
<b>8</b>		
	<b>Eletricidade Estática em Atmosferas Explosivas: Riscos, Controle e Mitigação .....</b>	<b>103</b>
8.1	Introdução .....	103
8.2	A Geração da Eletricidade Estática em Equipamentos e Instalações em Atmosferas Explosivas .....	105
8.3	Os Riscos de Ignição Relacionados com a Geração e o Acúmulo de Eletricidade Estática em Atmosferas Explosivas .....	107
8.4	Descargas Eletrostáticas e Limites de Energia Mínima de Ignição (MIE) para Gases Inflamáveis .....	110
8.5	Os Riscos do Acúmulo de Cargas Eletrostáticas em Diesel de Baixo Teor de Enxofre .....	113
8.5.1	Condutores para equipotencialização de potencial de equipamentos e instalações em áreas classificadas .....	114
8.5.2	Aterramento de caminhões para controle de eletricidade estática .....	115

8.6	Limitação de Área Superficial de Partes ou Equipamentos Não Metálicos . . . . .	117
8.7	Valores de Resistência de Equipotencialização e de Terra para Fins de Controle de Eletricidade Estática em Atmosferas Explosivas. . . . .	118
8.8	Umidificação de Materiais Sólidos para Evitar o Carregamento Eletrostático . . . . .	120
8.9	Requisitos de Inspeção de Aterramento e Equipotencialização de Instalações em Atmosferas Explosivas . . . . .	120
8.10	As Normas Técnicas Brasileiras Adotadas – ABNT IEC TS 60079-32-1 e ABNT NBR IEC 60079-32-2 – Sobre Riscos Eletrostáticos . . . . .	121
8.11	Soluções de Problemas e Controle de Riscos Relacionados à Eletricidade Estática em Atmosferas Explosivas . . . . .	123
8.12	Especificação e Utilização de Calçados Condutivos e Dissipativos (“Antiestáticos”) . . . . .	125
8.13	Avaliação e Mitigação dos Riscos da Eletricidade Estática em Equipamentos Elétricos e Mecânicos “Ex” – Norma ABNT NBR ISO 80079-36 . . . . .	127
<b>9</b>	<b>Requisitos de Aterramento e Equipotencialização de Equipamentos e Instalações em Áreas Classificadas – Mitigação de Riscos Eletrostáticos e Contra os Efeitos de Descargas Atmosféricas . . . . .</b>	<b>129</b>
9.1	Sistemas de Malhas, Hastes e Cabos de Terra Utilizando Conectores de Compressão Prensados Hidraulicamente . . . . .	137
9.2	Proteção Contra Descargas Atmosféricas em Tanques de Armazenamento de Gases e Líquidos Inflamáveis em Áreas Classificadas . . . . .	140
9.3	Os Riscos da Eletricidade Estática Associados aos Equipamentos, Componentes e Partes Condutoras “Isoladas” em Áreas Classificadas . . . . .	144
9.4	Condutores para Equipotencialização de Potencial de Equipamentos e Instalações em Áreas Classificadas . . . . .	145
9.5	Valores de Resistência de Terra para Fins de Controle de Eletricidade Estática em Atmosferas Explosivas . . . . .	147
9.6	Sistemas de Aterramento – Risco de Partes Expostas e Partes Condutivas Externas . . . . .	148
9.7	Procedimentos Requeridos para a Gestão do Risco Contra o Acúmulo de Cargas Eletrostáticas em Áreas Classificadas . . . . .	149
9.8	Requisitos Específicos para Aterramento de Prensa-Cabos “Ex” para Cabos Armados em Áreas Classificadas . . . . .	149
9.9	Considerações sobre a Equipotencialização e o Aterramento de Equipamentos em Áreas Classificadas . . . . .	152
9.10	Normas sobre Aterramento e Equipotencialização em Áreas Classificadas . . . . .	153
<b>10</b>	<b>Riscos Associados ao Manuseio de Grãos e Farelos em Atmosferas Explosivas de Poeiras Combustíveis . . . . .</b>	<b>155</b>
10.1	Riscos de Explosões Associadas às Instalações com a Presença de Poeiras Combustíveis . . . . .	157
10.1.1	Temperatura de ignição de poeira combustível na forma de camada . . . . .	160
10.1.2	Temperatura de ignição de poeira combustível na forma de nuvem. . . . .	160

10.1.3	Índice de combustibilidade de poeiras combustíveis .....	164
10.1.4	Risco de deflagração de poeiras combustíveis .....	164
10.1.5	Risco de explosão de poeiras combustíveis .....	165
10.1.6	Energia mínima de ignição de uma mistura de poeira combustível no ar .....	166
10.1.7	Granulometria de poeiras combustíveis .....	169
10.1.8	Risco de eventos secundários de poeiras combustíveis: deflagração ou explosão ..	169
10.1.9	Concentração mínima de explosividade (CME) de poeiras combustíveis .....	170
10.1.10	Temperatura de autoignição de poeiras combustíveis .....	171
10.2	Riscos de Explosão em Unidades de Armazenamento e Manuseio de Grãos de Poeiras Combustíveis .....	172
10.3	Prevenção de Riscos de Explosão em Unidades de Armazenamento e Manuseio de Grãos de Poeiras Combustíveis .....	176
10.4	Equipamentos Utilizados no Transporte e Manuseio dos Grãos, Formas de Prevenção e Mitigação dos Riscos de Explosão e Incêndio .....	178
10.4.1	Elevadores de canecas ou de caçambas para transporte de poeiras combustíveis ..	178
10.4.2	Carregadores de navios ( <i>Ship Loaders</i> ) com grãos e farelos contendo poeiras combustíveis .....	187
10.4.3	Esteiras transportadoras de grãos ou farelos enclausuradas para poeiras combustíveis .....	189
10.4.4	Moegas para descarregamento de poeiras combustíveis de vagões ferroviários ou caminhões .....	190
10.5	Exemplos de Instalações com o Risco de Presença de Atmosferas Explosivas Formadas pela Presença de Poeiras Combustíveis nas Formas de Nuvem ou Camada .....	191
10.6	Implantação de Procedimento de Limpeza para Evitar Acúmulo de Camada de Poeiras Combustíveis em Áreas Classificadas .....	192
10.6.1	Níveis de limpeza a serem implantados nas instalações contendo poeiras combustíveis .....	193
<b>11</b>		
	<b>Registro em Banco de Dados do Inventário das Instalações e Gestão de Ativos “Ex” .....</b>	<b>195</b>
11.1	Dados para Cadastramento do Inventário dos Equipamentos “Ex” – Dados do Equipamento “Ex” .....	196
11.2	Dados para Cadastramento do Inventário dos Equipamentos “Ex” – Dados da Classificação de Áreas e Características do Local da Instalação do Equipamento .....	196
11.3	Registro e Atualização do Inventário de Equipamentos “Ex” .....	198
11.4	Marcação Digital e Identificação Eletrônica de Equipamentos “Ex” .....	198
<b>12</b>		
	<b>Requisitos, Interpretação e Aplicação da Marcação “Tradicional” e “Digital” de Equipamentos “Ex” .....</b>	<b>201</b>
12.1	Certificados de Conformidade com Sufixo “X” .....	204
12.2	Certificados de Conformidade com Sufixo “U” .....	204
12.3	Exemplos “Clássicos” ou “Analógicos” ou “Convencionais” de Marcação de Produtos “Ex” .....	205

12.4	Confeção de Marcações “Ex” Substitutas em Casos de Marcações “Ex” Originais Faltantes ou Ilegíveis . . . . .	212
12.5	Marcação Digital de Equipamentos (Auto ID) . . . . .	212
12.6	Marcação Digital de Produtos de Acordo com a Norma ABNT NBR IEC 63365 . . . . .	218
	12.6.1 Marcações digitais por meio de códigos bidimensionais (2D) . . . . .	223
	12.6.2 Marcações digitais com a utilização de <i>transponders</i> do tipo RFID ou NFC . . . . .	224
12.7	Riscos, Prevenção, Consequências e Correção de Falta de Marcação de Equipamentos “Ex” . . . . .	225
12.8	Considerações Sobre os Requisitos de Marcação “Tradicional” e “Digital” de Equipamentos “Ex” . . . . .	229
<b>13</b>		
	<b>Principais Características e Aplicações dos Equipamentos com Tipos de Proteção “Ex” . . . .</b>	<b>231</b>
13.1	Equipamentos de Instrumentação, Automação, Telecomunicações, Elétricos e Mecânicos para Atmosferas Explosivas: Tipos de Proteção “Ex” Normalizados . . . . .	231
13.2	Proteção por Segurança Aumentada – Tipo de Proteção Ex “e” . . . . .	233
13.3	Invólucros Plásticos ou Metálicos à Prova de Explosão – Tipo de Proteção Ex “d” . . . . .	234
13.4	Proteção de Equipamento Contra Ignição de Poeira Por Invólucro – Tipo de Proteção Ex “t” . . . . .	240
13.5	Equipamentos com Encapsulamento – Tipo de Proteção Ex “m” . . . . .	242
13.6	Proteção de Equipamentos Por Tipo de Proteção Ex “nC” e Ex “nR” . . . . .	243
13.7	Proteção de Equipamentos por Segurança Intrínseca – Tipo de Proteção Ex “i” . . . . .	244
13.8	Proteção de Equipamentos por Invólucro Pressurizado – Tipo de Proteção Ex “p” . . . . .	246
13.9	Ambientes Protegidos Por Pressurização Artificial (Ex “p”) ou Ventilação Artificial (Ex “v”) . . . . .	253
13.10	Proteção de Equipamentos Ópticos por Tipo de Proteção Ex “op” . . . . .	258
13.11	Tipos de Proteção para Equipamentos Mecânicos “Ex” . . . . .	260
13.12	Considerações sobre Equipamentos de Instrumentação, Automação, Telecomunicações, Elétricos e Mecânicos com Tipos de Proteção “Ex” . . . . .	263
<b>14</b>		
	<b>Principais Características a serem Atendidas pelos Equipamentos “Ex” Instalados ou Utilizados em Áreas Classificadas . . . . .</b>	<b>265</b>
14.1	Equipamentos para Atmosferas Explosivas: Tipos de Proteção “Ex” Normalizados . . . . .	265
14.2	Exemplos de Instalação de Equipamentos com Tipos de Proteção “Ex” . . . . .	269
14.3	Utilização Temporária de Equipamentos Elétricos ou Eletrônicos Sem Certificação “Ex” em Áreas Classificadas Mediante Permissão de Trabalho . . . . .	272
<b>15</b>		
	<b>Proteção de Equipamentos por “Segurança Aumentada” – Tipo de Proteção Ex “e” . . . . .</b>	<b>275</b>
15.1	Histórico, Desenvolvimento e Aplicação . . . . .	275
15.2	Requisitos Especiais de Terminais para Conexões Elétricas em Equipamentos Ex “e” . . . . .	277

15.3	Requisitos Específicos de Distâncias de Escoamento e de Isolação em Equipamentos Ex “e”	279
15.4	Grau de Proteção do Invólucro (Código IP) para Equipamentos Ex “e”	280
15.5	Temperaturas de Superfície	280
15.6	Requisitos Específicos de Resistência Mecânica em Equipamentos Ex “e”	280
15.7	Requisitos Específicos para Motores Elétricos Ex “eb” ou Ex “ec”	281
15.8	Exemplos de Equipamentos com Tipo de Proteção Por Segurança Aumentada Ex “e”	284
15.9	Ensaio Típicos para Ensaio de Equipamentos de Segurança Aumentada	284
15.10	Publicação da Edição 5.0 da Norma Internacional IEC 60079-7	284
15.11	Documentação Requerida para o Processo de Certificação de Equipamentos Ex “e”	286
15.12	Exemplos de Equipamentos “Ex” com Tipo de Proteção Segurança Aumentada (Ex “e”)	287
15.13	Considerações sobre o Tipo de Proteção Segurança Aumentada (Ex “e”) – Ex “eb” e Ex “ec”	299
<b>16</b>	<b>Equipamentos “Ex” Protegidos por “Encapsulamento” – Tipo de Proteção Ex “m”</b>	<b>301</b>
16.1	Considerações sobre Equipamentos Protegidos por Encapsulamento – Ex “m”	311
<b>17</b>	<b>Equipamentos com “Proteção pelo Invólucro” contra Ignição de Poeiras Combustíveis – Tipo de Proteção Ex “t”</b>	<b>313</b>
17.1	Grau de Proteção (Código IP) Requerido de Acordo com o Nível de Proteção (EPL) Proporcionado e Grupos para Equipamentos Ex “t”	315
<b>18</b>	<b>Aplicação de Equipamentos “Ex” com Proteção Óptica para Instalação em Áreas Classificadas – Tipo de Proteção Ex “op”</b>	<b>321</b>
18.1	Introdução Sobre Segurança em Áreas Classificadas e Proteção Óptica	321
18.2	Panorama Geral de Utilização de Equipamentos Ópticos nas Indústrias	323
18.3	Mecanismos de Ignição Provocados por Equipamentos com Radiação Óptica em Áreas Classificadas	325
18.4	Avaliação do Risco de Ignição por Radiação Óptica em Áreas Classificadas, de Acordo com a Norma Técnica Brasileira Adotada – ABNT NBR IEC 60079-28	325
18.5	A Norma Técnica Brasileira Adotada sobre Proteção de Equipamentos e Sistemas Ópticos Ex “op”	326
18.6	Valores Máximos de Potência Óptica Irradiada e de Irradiância em Equipamentos Ópticos Ex “op”	328
18.7	Os Tipos de Proteção Ex “op” Especificados na Norma Técnica Brasileira Adotada – ABNT NBR IEC 60079-28	329
18.8	Considerações sobre Proteção Óptica em Equipamentos para Instalação em Áreas Classificadas	331
<b>19</b>	<b>Equipamentos e Componentes com Invólucros Plásticos ou Metálicos do Tipo “à Prova de Explosão” – Tipo de Proteção Ex “d”</b>	<b>333</b>
19.1	Componentes com Invólucros Plásticos Individualmente Certificados (“U”) com o Tipo de Proteção “à Prova de Explosão” (Ex “d”)	339

19.2	Requisitos de Montagem e Manutenção de Equipamentos com Invólucros Metálicos do Tipo “à Prova de Explosão” .....	364
19.3	Proteção de Juntas de Invólucros Metálicos Ex “d” Contra Corrosão por Ingresso de Água ..	365
19.4	Considerações sobre Equipamentos e Componentes com Invólucros Plásticos e Metálicos com Tipo de Proteção “à Prova de Explosão” (Ex “d”) .....	367
<b>20</b>		
	<b>Utilização de Insertos Metálicos Roscados para Fixação de Tampas e Dispositivos em Equipamentos “Ex” e Recuperação de Roscas Espanadas.</b> .....	<b>369</b>
20.1	Instalação de Insertos Metálicos Roscados para Recuperação de Roscas Espanadas em Furos Roscados de Invólucros Metálicos do Tipo “à Prova de Explosão” Fabricados em Alumínio, com Tampas Flangeadas. ....	376
20.2	Considerações sobre a Utilização de Insertos Metálicos Roscados para a Fixação de Tampas em Equipamentos “Ex” com Invólucros Metálicos ou Plásticos. ....	380
<b>21</b>		
	<b>Benefícios das Entradas Indiretas de Cabos em Equipamentos Metálicos do Tipo “à Prova de Explosão”</b> .....	<b>383</b>
21.1	Entradas Diretas de Cabos para o Interior de Invólucros Metálicos do Tipo “à Prova de Explosão” (Ex “d”) .....	385
21.2	Entradas Indiretas de Cabos para o Interior de Invólucros Metálicos do Tipo “à Prova de Explosão” (Ex “d”).....	391
21.3	Considerações sobre os Benefícios do Sistema de Entradas Indiretas de Cabos para o Interior de Equipamentos com Invólucros Metálicos do Tipo “à Prova de Explosão” – Proteções Combinadas Ex “db eb IIC gb” .....	403
	<b>Referências Bibliográficas Aplicáveis ao Tema “Serviços e Instalações em Atmosferas Explosivas”</b> .....	<b>405</b>
	<b>Avisos Legais</b> .....	<b>407</b>
	<b>Sobre os Autores deste Trabalho sobre Segurança dos Equipamentos e Instalações de Instrumentação, Automação, Telecomunicações, Elétricas e Mecânicas “Ex”</b> .....	<b>409</b>