

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA - ÊNFASE ELETROTÉCNICA

LEANDRO MACIEL
RAFAEL FERREIRA FEIJÓ
RODRIGO ALBERTO DA SILVA

**METODOLOGIA ORIENTATIVA PARA CONCEPÇÃO DE
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM AMBIENTES COM PRESENÇA DE
ATMOSFERA POTENCIALMENTE EXPLOSIVA
(GASES E VAPORES)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2012

LEANDRO MACIEL
RAFAEL FERREIRA FEIJÓ
RODRIGO ALBERTO DA SILVA

**METODOLOGIA ORIENTATIVA PARA CONCEPÇÃO DE
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM AMBIENTES COM PRESENÇA DE
ATMOSFERA POTENCIALMENTE EXPLOSIVA
(GASES E VAPORES)**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica - DAELT, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a aquisição do título de Engenheiro. Orientador: Prof. Luiz Erley Schafranski, Dr.

CURITIBA
2011

Leandro Maciel
Rafael Ferreira Feijó
Rodrigo Alberto da Silva

METODOLOGIA ORIENTATIVA PARA CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM AMBIENTES COM PRESENÇA DE ATMOSFERA POTENCIALMENTE EXPLOSIVA (GASES E VAPORES)

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 16 de Outubro de 2012.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Prof. Marcelo de Oliveira Rosa, Dr.
Coordenador dos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Luiz Erley Schafranski, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Daniel Balieiro Silva, Mestre.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Jorge Assade Leludak, Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcelo Rodrigues, Mestre

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

RESUMO

FEIJÓ, Rafael F.; MACIEL, Leandro; SILVA, Rodrigo A. Metodologia orientativa para concepção de instalações elétricas em ambientes com presença de atmosfera potencialmente explosiva (gases e vapores). Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

Este trabalho apresenta uma metodologia que pode servir como diretriz ao profissional que optar em trabalhar nas indústrias, onde as instalações elétricas requerem equipamentos com proteção especial devido ao ambiente no qual estão inseridas, o qual é explosivo ou, devido às circunstâncias, pode vir a tornar-se. O método é baseado em normas IEC/ABNT específicas para áreas classificadas, as quais foram utilizadas como alicerce para todas as etapas desse estudo, além de bibliografia apropriada. No decorrer desse trabalho é demonstrado um estudo de caso como aplicação da metodologia proposta.

Palavras chaves: Instalações Elétricas. Atmosfera Explosiva. Áreas Classificadas.

ABSTRACT

FEIJÓ, Rafael F.; MACIEL, Leandro; SILVA, Rodrigo A. Methodology for orientation of electrical installations in explosion prone environments (gases and vapours). Degree Completion Essay, 2012 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

This essay presents a methodology that can be a guide line to a professional willing to work in such industries where the electrical installations require special protective equipment due to the present environment either be or to become explosive given the local conditions. The method is based on specific IEC/ABNT standards for classified areas which standards have been utilised as foundations for all stages of this study, apart from applicable references. Through the essay a case study is demonstrated as an application for the proposed methodology.

Keywords: electrical installations, explosive atmosphere, classified areas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Invólucro à prova de explosão	29
Figura 2 - Detalhe do equipamento que mostra todos os termos	30
Figura 3 - Diferença de Densidade.....	48
Figura 4 - Fluxograma da metodologia proposta.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de evaporação, densidade relativa e ponto de fulgor de algumas substâncias inflamáveis	12
Tabela 2 - Limites de inflamabilidade de algumas substâncias mais comuns	13
Tabela 3 - Classificação dos Tipos de Proteção	21
Tabela 4 - Primeiro dígito do Grau de Proteção	23
Tabela 5 - Segundo dígito do Grau de Proteção	24
Tabela 6 - Classificação do equipamento conforme a zona	25
Tabela 7 - Escolha dos equipamentos em função do grupo.....	26
Tabela 8 - Classes de temperatura	27
Tabela 9 - Partes de terminais que poderiam causar centelhamento	32
Tabela 10 - Determinação do tipo de proteção	35
Tabela 11 - Critérios de projeto baseado no tipo de proteção.....	36
Tabela 12 - Distâncias internas do material de preenchimento.....	39
Tabela 13 - Valores máximos de corrente para os quais é desnecessário verificar a temperatura	43
Tabela 14 - Magnitudes relativas de equipamentos de processo e tubulações que operam com materiais combustíveis	53
Tabela 15 - Lista de dados de classificação de áreas - Parte I	57
Tabela 16 - Lista de dados de classificação de áreas - Parte II	58

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
API	American Petroleum Institute
IEC	International Electrical Code
NBR	Normas Brasileiras
NFPA	National Fire Protection Association

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	TEMA	6
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	7
1.3	OBJETIVOS	8
1.3.1	Objetivo Geral	8
1.3.2	Objetivos Específicos	8
1.4	JUSTIFICATIVA	8
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	9
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1	INTRODUÇÃO	10
2.1.1	Áreas Classificadas	10
2.1.2	Atmosfera Inflamável ou Explosiva	11
2.1.3	Densidade Relativa	11
2.1.4	Vaporização	11
2.1.5	Ponto de Fulgor (Flash Point)	11
2.1.6	Convecção	12
2.1.7	Difusão	12
2.1.8	Limites de Inflamabilidade	13
2.1.9	Combustão	14
2.1.10	Proteção	14
2.1.11	Ventilação	15
2.1.11.1	Ventilação natural	15
2.1.11.2	Ventilação artificial	15
2.2	CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS DE GÁS	16
2.2.1	Fonte de Risco	16
2.2.2	Zonas	19
2.2.3	Extensão das Áreas Classificadas	20
2.3	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS PARA ÁREAS CLASSIFICADAS	21
2.3.1	Introdução	21
2.3.2	Grau de Proteção	22
2.3.3	Equipamentos Elétricos Ex em função da classificação de áreas	25
2.3.4	Equipamentos Elétricos Ex em função do grupo dos gases	25
2.3.5	Equipamentos Elétricos Ex em função da Classe de Temperatura	26
2.3.6	Identificação de Equipamentos Ex	27
2.3.7	Tipos de Proteção	28
2.3.7.1	Prova de explosão (Ex d)	28
2.3.7.2	Segurança aumentada (Ex e)	31

2.3.7.3	Imerso em óleo (Ex o)	32
2.3.7.4	Equipamentos pressurizados (Ex p).....	33
2.3.7.5	Equipamentos imerso em areia (Ex q)	38
2.3.7.6	Equipamento elétrico encapsulado (Ex m)	40
2.3.7.7	Equipamento de segurança intrínseca (Ex i)	41
2.3.7.8	Equipamento elétrico não acendível (Ex n)	44
2.3.7.9	Proteção especial (Ex s).....	46
3	REQUISITOS PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM ÁREAS CLASSIFICADAS	47
3.1	EMBASAMENTO NORMATIVO.....	47
3.2	O TRABALHO DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS	47
4	METODOLOGIA PROPOSTA	50
4.1	INTRODUÇÃO.....	50
4.2	FLUXOGRAMA ORIENTATIVO PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS.....	50
5	APLICAÇÃO DO MÉTODO	55
6	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS.....	61
	APÊNDICE A - PLANTA.....	63
	APÊNDICE B - CORTE.....	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Explosões em unidades industriais sempre resultam em elevados prejuízos materiais e pessoais. Indústrias que processam substâncias inflamáveis, como petrolíferas, petroquímicas e alcooleiras, apresentam um grau de risco elevado. As instalações elétricas para estes segmentos industriais necessitam não só atender às normas técnicas, como também aos requisitos legais, de forma a proporcionar pleno desempenho com segurança para as unidades industriais e para os trabalhadores (RANGEL Jr., 2002a).

As instalações elétricas em áreas na presença de atmosfera explosiva constituem um risco para o local e para as pessoas presentes, por esse motivo devem ser projetadas e executadas de modo a atender aos requisitos previstos em normas nacionais e internacionais.

A classificação de áreas é um método de análise dos ambientes onde atmosferas explosivas gasosas poderão ocorrer, de forma a permitir a seleção e instalação de equipamentos elétricos especiais, também chamados de equipamentos Ex (RANGEL Jr., 2002b).

Sabendo da classificação de área é necessário adequar o projeto da instalação, de forma a eliminar ou minimizar os riscos de uma explosão. Para isso é necessário conhecer os três componentes que participam em uma explosão, são eles o combustível, o comburente e a fonte de ignição. Trabalhando nessas variáveis pode-se projetar e construir equipamentos elétricos, que quando em operação não sejam fontes de ignição.

Equipamentos elétricos são fontes de ignição para atmosfera com presença de vapores ou gases inflamáveis, devido a arcos, centelhas ou superfícies quentes, produzidas tanto em operação normal ou sob condições de falhas.

A partir desse conceito começaram a surgir os primeiros métodos para a construção de equipamentos para áreas classificadas: “à prova de explosão”, que confina uma eventual explosão no seu interior; “imerso em óleo” que evita que o fluido inflamável entre em contato com as partes que podem causar explosão; e “segurança intrínseca” que limita a energia do circuito não sendo suficiente detonar uma explosão.

Desde a emissão da Lei de Defesa dos Direitos do Consumidor em 1990, as normas técnicas brasileiras passaram a ser de uso obrigatório, abandonando-se o conceito “voluntário” usado até então. Isso influenciou fortemente o mercado de eletricidade, tanto na parte de projetos de engenharia, quanto no comércio de materiais e equipamentos. Hoje um equipamento elétrico vendido no mercado nacional deve atender às prescrições da norma técnica brasileira vigente e caso ela não exista, deve-se seguir a norma internacional aplicável (RANGEL Jr., 2002).

Quando inicia-se o projeto de uma nova planta em áreas classificadas, ou seja, local onde existe ou pode existir a presença de atmosfera explosiva, o primeiro aspecto que se tem em mente é a observação de todos os requisitos que assegurem que a instalação não venha a constituir fonte de ignição (HUMMEL, 1997).

Este trabalho visa elaborar uma orientação para concepção de instalações elétricas que estão inseridas em ambientes com presença de atmosfera potencialmente explosivas devido à presença de gases e vapores.

Delimitação do Tema

Áreas onde gases e líquidos inflamáveis são processados, manipulados, armazenados e submetidos a operações de carregamento e descarregamento são consideradas como classificadas. Áreas onde poeiras, partículas em suspensão e fibras no ar estejam presentes em quantidades perigosas são consideradas como classificadas.

Este trabalho limita-se a atmosfera potencialmente explosiva de gases e vapores. Não se aplica a ambientes potencialmente explosivos devido à presença de poeiras e fibras. Para exemplificar vamos aplicar o método desenvolvido em uma instalação típica de uma unidade em uma refinaria de petróleo.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

De acordo com o item 10.8.8.4 da Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego (NR-10), os profissionais que vão intervir em instalações elétricas em áreas classificadas devem receber um treinamento específico, que lhes permita identificar e controlar os riscos envolvidos nestas

áreas. Porém sem definir carga horária e conteúdo mínimo de treinamento (CUNHA, 2010).

Projetar e especificar instalações elétricas em áreas classificadas é um assunto específico que não é abordado com suficiente aprofundamento na formação técnica e superior.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar uma metodologia que sirva de orientação para profissionais envolvidos na concepção de instalações elétricas em ambientes onde existam atmosferas explosivas.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, será necessário cumprir as seguintes metas:

- Pesquisar e descrever um referencial bibliográfico sobre áreas classificadas e equipamentos Ex.
- Apresentar os requisitos para elaboração de projetos elétricos em áreas classificadas.
- Elaborar um fluxograma ilustrando a metodologia a ser desenvolvida;
- Realizar um estudo de caso de uma instalação típica de uma unidade em uma refinaria de petróleo.
- Apresentar os resultados e conclusões do trabalho

1.4 JUSTIFICATIVA

Em virtude do grande crescimento da indústria petrolífera e petroquímica no Brasil, a demanda por profissionais habilitados a trabalharem nestas indústrias tem aumentado, ao passo que as instituições profissionalizantes não acompanham este crescimento. O aumento da indústria de petróleo e petroquímica pode ser observado pelo aumento na exploração, produção e refino do petróleo, instalações de novas unidades e ampliação das unidades existentes (Revista Petrobras, 2011, p.20).

A capacitação específica do profissional é fundamental para suprir a necessidade de mão de obra especializada que a indústria carece. Suprir a ausência de informação sobre áreas classificadas é de extrema importância para que o contínuo crescimento da indústria de petróleo e derivados não sofra impacto, prejudicando o crescimento da economia brasileira (ÉPOCA, 2011).

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Pretende-se desenvolver o trabalho a partir de normas regulamentares, normas técnicas e livros especializados. Detalhando o significado de áreas classificadas, escolha de equipamentos, tipos de proteção, equipamentos disponíveis no mercado, métodos de instalação, fontes de ignição, inspeção dessas instalações, processo de certificação, exigências da NR-10 para indústrias que contenham ambiente sujeito à explosão e treinamento de profissionais.

Para exemplificar o método desenvolvido será aplicado em uma instalação típica de uma unidade em uma refinaria de petróleo.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho constituir-se-á por seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta a proposta do trabalho. O segundo é destinado à fundamentação teórica. O terceiro abordará os requisitos para desenvolvimento de projetos em áreas classificadas. No quarto, demonstrar-se-á a metodologia proposta para instalações elétricas em áreas classificadas. O quinto será destinado à aplicação do método em uma instalação típica de uma unidade em uma refinaria de petróleo. O sexto capítulo apresentará as conclusões finais do projeto e orientações para trabalhos futuros.

O presente trabalho de conclusão de curso será elaborado de acordo com as normas da UTFPR, e os capítulos acima listados neste item, referem-se, essencialmente, ao desenvolvimento do texto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INTRODUÇÃO

Antes de iniciar o estudo em áreas classificadas é necessário definir alguns conceitos muito importantes para o entendimento correto do assunto. O primeiro a se saber é quando um local será considerado uma área classificada ou não.

2.1.1 Áreas Classificadas

Segundo ERTHAL (2004), somente a presença de uma substância inflamável em um determinado local não é suficiente para definir uma área como classificada. Para exemplificar, consideremos uma residência ou condomínio de residências que possua instalação de gás liquefeito de petróleo, conhecido como GLP ou gás de cozinha. Nessa instalação pode ocorrer vazamento de produto inflamável em diversos pontos, tais como conexões, válvulas de bloqueio, na linha de condução, ou mesmo em botijões instalados no interior das residências. E existe a possibilidade desse vazamento ocasionar um incêndio ou explosão, porém a fonte de ignição para esse caso pode estar diretamente ligada a outros agentes que não a eletricidade, por exemplo, fósforos, cigarro, e outros. Nesse caso, uma residência que contenha uma substância inflamável (GLP) não será considerada uma área classificada, pois a instalação de equipamentos elétricos para áreas classificadas não reduziria significativamente o risco de um incêndio ou uma explosão.

Conforme a NBR IEC 60079-10 (2009), não são considerados, para efeito de classificação de áreas, situações catastróficas, por exemplo, o rompimento de um vaso ou tubulação de processo.

Sabendo o que é uma área classificada, agora é importante definir os outros conceitos envolvidos em uma classificação de área, tais como, propriedades químicas e físicas das substâncias inflamáveis, método para controle ou extinção e proteções contra explosões.

2.1.2 Atmosfera Inflamável ou Explosiva

Conforme a NBR IEC 60079-10-1 (2009), atmosfera explosiva é a mistura de substâncias inflamáveis, na forma de gás ou vapor, com o ar em proporções adequadas, na qual, após a ignição, permite a auto-sustentação de propagação de chama. Atmosfera inflamável é a mistura de substâncias inflamáveis, na forma de gás ou vapor, com o ar em proporções adequadas, que queimará após inflamada. Sendo assim, atmosfera explosiva é um caso específico de atmosfera inflamável, porém as normas brasileiras utilizam, preferencialmente, o termo atmosfera explosiva quando tratam de áreas classificadas.

2.1.3 Densidade Relativa

A densidade relativa é o quociente entre a massa específica de uma substância e a massa específica de outra tomada como padrão. No nosso caso, gases e vapores, a massa específica padrão é a do ar e vale $1,2928\text{kg/m}^3$ nas condições normais de temperatura e pressão (0°C e 1 atm).

2.1.4 Vaporização

Para que ocorra uma atmosfera explosiva é necessário que o líquido inflamável transforme o seu estado físico para gasoso, a essa passagem se dá o nome de vaporização ou evaporação. Isso ocorre devido a uma tensão superficial do líquido, que surge devido ao desequilíbrio que ocorre sobre as moléculas da camada mais externa, pois essa só percebe força de atração de um dos lados, fazendo que a molécula ganhe o espaço acima do líquido.

2.1.5 Ponto de Fulgor (Flash Point)

O ponto de fulgor é o menor valor de temperatura em que os vapores liberados por um combustível líquido em mistura com o ar atmosférico se

inflamam na presença de uma fonte de ignição, porém cessa quando a fonte é afastada. Logo, o fato de existir uma mistura de vapor de substância inflamável e ar acima da superfície do líquido, não garante que esta seja inflamável, é necessário que a temperatura ambiente esteja acima do ponto de fulgor.

Na tabela 1 pode-se observar o coeficiente de evaporação, densidade relativa e ponto de fulgor de algumas substâncias inflamáveis:

Tabela 1 - Coeficiente de evaporação, densidade relativa e ponto de fulgor de algumas substâncias inflamáveis

Substância	Coeficiente de evaporação (éter = 1)	Densidade relativa (ar = 1)	Ponto de fulgor (°C)
Metano	-	0,55	-
Benzeno	3	2,7	-11
Éter Etílico	1	2,55	-40
Álcool Etílico	8,3	1,59	12
Dissulfeto de Carbono	1,8	2,64	<-30
Hidrogênio	-	0,07	-
Acetileno	-	0,91	-
Óleo Diesel	~120	~7	> 55

Fonte: Jordão (1997)

2.1.6 Convecção

A convecção é outra propriedade importante para a ocorrência de uma atmosfera explosiva. O movimento de massas de ar/vapor devido à ocorrência de diferencial de pressão e ou temperatura se dá o nome de convecção.

2.1.7 Difusão

É a movimentação de massas de uma substância devido a um diferencial de concentração, ocorrendo assim a sua mistura.

2.1.8 Limites de Inflamabilidade

Durante a fase de evaporação de um líquido inflamável, como já vimos anteriormente, há a formação na parte superior de uma mistura inflamável. Porém, de fato, essa mistura só será inflamável após atingir certa concentração, que será em função da temperatura, e não havendo um agente externo que realize uma ação contrária, por exemplo, a ventilação, a concentração vai aumentando até a quantidade de oxigênio não seja capaz de manter a queima. A essa faixa de concentração se dá o nome de faixa de inflamabilidade. Sendo o valor inicial o limite inferior de inflamabilidade e ocorre em um determinado valor de temperatura que chamamos de ponto inferior de inflamabilidade. E o valor final é o limite superior de inflamabilidade e ocorre na temperatura que chamamos de ponto superior de inflamabilidade.

Quanto maior a faixa de inflamabilidade, maior será o risco associado à substância, pois o tempo de permanência de uma atmosfera explosiva está diretamente associado ao tamanho da faixa.

A Tabela 2 apresenta os limites de inflamabilidade inferior e superior de algumas substâncias mais comuns:

Tabela 2 - Limites de inflamabilidade de algumas substâncias mais comuns

Substância	Limites de inflamabilidade			
	Inferior (%vol.)	Superior (%vol.)	Inferior (g/m ³)	Superior (g/m ³)
Metano	5	15	33	100
Benzeno	1,2	8	39	270
Éter Etílico	1,7	36	50	1100
Álcool Etílico	3,5	15	67	290
Dissulfeto de Carbono	1	60	30	1900
Hidrogênio	4	75,6	3,3	64
Acetileno	1,5	82	16	880

Fonte: Jordão (1997)

2.1.9 Combustão

Combustão é a reação química exotérmica e possui três elementos principais, o combustível, o comburente e a fonte de ignição. Ela acontece em diferentes velocidades a depender da relação entre o combustível e o comburente e são classificadas conforme a velocidade da seguinte maneira:

- Deflagração – tem a velocidade de combustão lenta e ocorre nos limites da faixa de inflamabilidade;
- Explosão – tem a velocidade mais elevada e gera um aumento de pressão considerável em relação à deflagração;
- Detonação – tem a velocidade de combustão muito elevada e gera um aumento de pressão na ordem de mais de 20kgf/cm².

2.1.10 Proteção

Como visto anteriormente para que ocorra uma combustão é necessário que se tenha presente os três elementos do triângulo do fogo, logo para evitarmos que essa explosão ocorra é necessário apenas que eliminemos um desses três elementos. Assim, se evitarmos o uso de líquidos inflamáveis eliminou a geração da atmosfera explosiva, porém, nem sempre é possível que se altere o processo excluindo risco. Uma variável que podemos trabalhar é o ponto de fulgor, aumentando ele com a adição de um fluido não inflamável, isso torna menor a possibilidade de formação de atmosfera explosiva.

Além disso, ainda podemos remover da área classificada a fonte de ignição, quando possível, transportando a instalação de motores, bombas, iluminação e etc. para locais que fique fora do volume considerado pelo projeto, deixando a instalação em uma altura, ou distância maiores.

2.1.11 Ventilação

Com o aumento da ventilação, a extensão da zona é normalmente reduzida. Obstáculos que possam impedir a ventilação podem aumentar a extensão da zona. Por outro lado, alguns obstáculos, por exemplo, diques, paredes ou tetos, podem limitar a extensão da zona.

Gás ou vapor liberado na atmosfera pode ser diluído por dispersão ou difusão no ar até que sua concentração esteja abaixo do limite inferior de explosividade. A ventilação, isto é, o movimento de ar que leva a uma renovação da atmosfera em um volume ao redor da fonte de liberação por ar, irá promover uma dispersão. Taxas adequadas de ventilação também podem evitar a persistência de uma atmosfera explosiva de gás e, desta forma, influenciar o tipo de zona.

2.1.11.1 Ventilação natural

A ventilação natural ocorre devido a ventos e ou gradiente de temperatura no local, em ambiente externos, quase sempre, é suficiente para evitar a formação de uma atmosfera explosiva ou sua extinção. Em ambientes internos é necessário que se faça uma avaliação mais apurada, estudando possíveis obstáculos que possam prejudicar a movimentação do ar.

2.1.11.2 Ventilação artificial

A ventilação artificial é função da instalação de ventiladores ou similares e pode ser do tipo geral ou local. Com esta ação pode haver uma diminuição no tipo ou extensão da zona.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS DE GÁS

Uma atmosfera explosiva de gás é uma mistura de gás ou vapor de substâncias inflamáveis com ar, sob temperatura e pressão próximas da atmosférica¹, onde após a ignição, permite a propagação da chama através da mistura.

Uma área na qual está presente, ou há a possibilidade de existir, uma atmosfera explosiva, é denominada de área classificada. O termo “área” deve ser entendido como o espaço tridimensional do local, ou seja, área classificada é o volume do ambiente em questão, com a presença, ou possível presença, de existir uma atmosfera explosiva (ASSOCIAÇÃO..., 2009).

Sendo assim, as instalações elétricas em áreas classificadas exigem maior precaução, ou como mencionou Jordão (1997, p. 20), “as instalações elétricas nos locais onde pode ocorrer a presença de mistura explosiva são especiais e como tal, requerem condições também especiais para a especificação dos equipamentos, para montagem, operação e manutenção”.

Definir se uma área é classificada ou não, resume-se basicamente em:

- Identificar se o ambiente em análise possui uma fonte de risco;
- Analisar o grau desta fonte;
- Analisar a ventilação do ambiente para determinação de trocas de ar/h.

As áreas classificadas são diferenciadas em três zonas, distintas de acordo com o grau da fonte de risco e da ventilação.

2.2.1 Fonte de Risco

Fonte de risco é o ponto ou local no qual uma substância (gás, vapor, névoa ou líquido) pode ser liberada para o ambiente, formando uma atmosfera explosiva.

¹ temperatura e pressão variando acima e abaixo dos valores de 20 °C e 101,3 kPa (1 atm) respectivamente, desde que as variações tenham efeito desprezível nas propriedades de explosividade das substâncias inflamáveis.

As fontes de risco são classificadas em fonte de risco de grau contínuo, primário e secundário. Esta classificação é de acordo com o grau de probabilidade de a atmosfera explosiva estar presente no ambiente ou de ser liberada para este: (ASSOCIAÇÃO..., 2009).

Definições das fontes de Risco segundo a ABNT-NBR-IEC 60079-10-1

- **Fontes de Risco de Grau Contínuo** – a liberação da substância ocorre continuamente ou é esperada para ocorrer por longos períodos ou freqüentemente;
- **Fontes de Risco de Grau Primário** – a liberação da substância ocorre periodicamente ou ocasionalmente durante operação normal;
- **Fontes de Risco de Grau Secundário** – a liberação da substância não é esperada para ocorrer em operação normal. Em condições anormais é prevista liberação de substância, porém, por curtos períodos e de forma pouco frequente.

Alguns termos utilizados para as definições de fontes de risco às vezes são subjetivos, como exemplo: longo e curto período, pouco frequente e frequentemente. Essas subjeções acabam causando dúvida nos leitores e conseqüentemente em quem está trabalhando em áreas classificadas, como projetistas e instaladores.

Pensando em melhorar estas definições, se apresenta a seguir exemplos dos tipos de fontes de risco citadas acima, extraídos da N-2166 - PETROBRAS.

Fontes de Risco de Grau Contínuo – Espaço contido interno e acima da superfície de líquido inflamável em tanques de armazenamento ou em vaso de processo.

Fontes de Risco de Grau Primário

a) equipamentos de processo e suas partes, destinadas à produção, manuseio ou armazenamento de substâncias inflamáveis nos quais a liberação desta substância para a atmosfera se dá com elevada frequência e em grandes quantidades, tais como:

- bocais de carregamento de caminhões-tanques, para operação de carga e descarga ao ar livre;
- dispositivos de descarga para a atmosfera sujeita a operações de manobra por um período total de 20 min a cada 24 h;
- equipamentos abertos;
- respiros (“vents”);
- tanques abertos de armazenamento de substâncias inflamáveis;
- separadores;

b) máquinas e equipamentos associados, destinados à produção, manuseio ou armazenamento de substâncias inflamáveis com possibilidade de liberação destas substâncias em condições normais de operação porém em menor quantidade que os indicados no item a) tais como:

- gaxetas de vedação de máquinas tais como bombas, compressores, misturadores, sem “vents” ou dispositivo de vedação de segurança como pressurização, lavagem;
- são excluídos os selos mecânicos previstos sem perdas;
- gaxetas de vedação de válvulas de controle automático ou manual e de válvulas de interrupção automática que operam durante o funcionamento normal da unidade;
- respiros (“vents”) das válvulas de segurança e discos de ruptura abertos para a atmosfera;
- respiros (“vents”) dos “flares” sem queimador piloto aceso permanentemente;

c) máquinas e equipamentos ou as suas partes, destinadas à produção, manuseio ou armazenamento de substâncias inflamáveis que podem ser liberadas durante operações de controle ou manobra, por um período total entre 5 min a 20 min a cada 24 h tais como:

- bocas de visita e janelas de inspeção para acesso à parte interna das máquinas e recipientes manualmente fechados;
- respiros abertos e drenos de equipamentos do processo;
- pontos de amostra de gases ou de líquidos com ponto de fulgor menor ou igual a 21 °C;
- pontos de amostra de líquidos com ponto de fulgor maior que 21 °C, sem dreno;
- drenos de equipamentos de controle de nível de líquidos; exemplo: indicadores de nível.

Fontes de Risco de Grau Secundário

a) máquinas, equipamentos e suas partes associadas destinadas à produção, manuseio ou armazenamento de substâncias inflamáveis que possam liberar tais substâncias apenas em condições anormais de operação dos dispositivos de vedação e segurança tais como:

- dispositivos de controle de vidro (visores de vidro, rotâmetros, indicadores de níveis);
- dispositivos de conexão (flanges, juntas flexíveis, uniões);
- gaxetas de vedação de máquinas (bombas, compressores, misturadores) com tubulação de segurança ou com dispositivos tais como: pressurização, lavagem, bem como vedações mecânicas do tipo sem vazamentos;

- gaxetas de vedação de válvulas de operação manual sem tubulação ou dispositivo de segurança;
- gaxetas de vedação de válvula de controle automático ou manual ou válvulas de fechamento automático localizadas na saída ou entrada de equipamentos ou que operem somente para bloqueio ou fechamento, no caso de avarias;
- selos mecânicos, previstos sem perdas, de máquinas ou de válvulas;

b) máquinas, equipamentos e as suas partes destinadas a produção, manuseio ou armazenamento de substâncias inflamáveis que podem ser liberadas durante operações de controle ou manobra, por um período total de 5 min em cada 24 h tais como:

- portas para acesso a parte interna de máquinas e recipientes normalmente fechados;
- acessórios de tubulação de drenagem de equipamentos de processo;
- pontos de amostra de gases ou de líquidos com ponto de fulgor menor ou igual a 21 °C;
- pontos de amostra de líquidos com ponto de fulgor maior do que 21 °C sem dispositivo de drenagem;
- pontos de drenagem de condensado e instrumentos de controle de líquido.

2.2.2 Zonas

Como já mencionamos, as áreas classificadas são diferenciadas em três zonas, distintas de acordo com o grau da fonte de risco e da ventilação. Elas são classificadas como: zona 0, zona 1, zona 2 e áreas não classificadas (ASSOCIAÇÃO..., 2009).

- **ZONA 0** - Área onde a presença de uma atmosfera explosiva é permanente ou frequente ou existe por longos períodos.
- **ZONA 1** - Área onde a presença de uma atmosfera explosiva é provável de acontecer em condições normais de operação e funcionamento.
- **ZONA 2** - Área onde a presença de uma atmosfera explosiva não acontecerá em condições normais de operação e funcionamento, porém, se ocorrer devido a uma anormalidade, será por um curto período.

Segundo Suzuki e Roberto (2002), em ambientes abertos e adequadamente ventilados, na maioria dos casos:

- Fonte de Risco de Grau Contínuo resulta em Zona 0;
- Fonte de Risco de Grau Primário resulta em Zona 1;
- Fonte de Risco de Grau Secundário resulta em Zona 2;

2.2.3 Extensão das Áreas Classificadas

É o limite da zona a partir da fonte de risco, na qual a atmosfera deixa de ser explosiva, ou seja, na mistura gás/ar a concentração do produto inflamável está abaixo do limite de explosividade. A determinação da extensão das áreas classificadas pode ser calculada ou estimada. Recomenda-se também uma consulta a um especialista (ASSOCIAÇÃO..., 2009).

Pode-se determinar a extensão das áreas classificadas embasando-se nas figuras disponíveis na ABNT-NBR-IEC 60079-10-1 e também no API RP 500.

2.3 EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS PARA ÁREAS CLASSIFICADAS

2.3.1 Introdução

Os equipamentos instalados em áreas classificadas constituem possíveis fontes de ignição devido a arcos e faíscas provocadas pela abertura e fechamento e contatos, ou por superaquecimento em caso de falhas. Assim, esses equipamentos devem ser fabricados de maneira a impedir que a atmosfera explosiva entre em contato com as partes que possam gerar esses riscos. Por isso, esses equipamentos Ex, são construídos baseados em três soluções diferentes:

- 1) Confinam as fontes de ignição (da atmosfera explosiva);
- 2) Segregam as fontes de ignição (da atmosfera explosiva);
- 3) Suprimem ou reduzem os níveis de energia do circuito a valores abaixo da energia necessária para inflamar a mistura presente no ambiente.

Assim, as soluções normalmente empregadas na fabricação de equipamentos Ex estão baseadas no princípio do confinamento, da segregação ou ainda da supressão (Lopez, 2007), conforme tabela 3.

Tabela 3 - Classificação dos Tipos de Proteção

Método de Proteção	Código	Princípios
À prova de explosão	Ex d	Confinamento
Pressurizado	Ex p	Segregação
Encapsulado	Ex m	
Imersão em Óleo	Ex o	
Imerso em Areia	Ex q	
Intrinsicamente Seguro	Ex ia	Supressão
	Ex ib	
Segurança Aumentada	Ex e	
Não Acendível	Ex n	
Especial	Ex s	Especial

Fonte: Lopez, 2007.

Os tipos de proteção são medidas específicas aplicadas aos equipamentos elétricos a fim de evitar a ignição de uma atmosfera inflamável ao redor do mesmo. Para cada tipo de proteção é atribuída uma simbologia. Ressalta-se que este termo se refere exclusivamente a equipamentos que sejam adequados para aplicação em atmosfera explosiva. A simbologia a ser adotada é a seguinte: A sigla Ex, seguida de uma letra minúscula, com significado particular para cada tipo considerado. Por exemplo, equipamento à prova de explosão é denominado Ex-d (JORDÃO, 1997).

2.3.2 Grau de Proteção

Todo equipamento elétrico, independente se ele vai ser aplicado em uma área onde se encontra atmosfera explosiva ou não, é de suma importância que ele possua uma proteção capaz de evitar danos físicos às pessoas e danos ao próprio equipamento, quer seja pela penetração de corpos sólidos estranhos, quer seja penetração de água (JORDÃO, 1997).

Esta proteção é definida através de normas brasileiras específicas, onde recebe o nome especial de “Grau de Proteção” (JORDÃO, 1997).

Grau de Proteção ou Índice de Proteção (IP) de um equipamento é uma informação fornecida pelo fabricante e confirmada pela certificadora de que o equipamento em questão foi projetado para impedir a entrada de sólidos e líquidos em seu interior. Esta informação é constituída por dois dígitos (0 a 8), conforme tabelas 4 e 5, sendo que o primeiro dígito se refere às medidas que foram tomadas para impedir a entrada de sólidos e o segundo dígito às medidas que foram tomadas para impedir que a entrada de líquidos em seu interior (Lopez, 2007).

Tabela 4 - Primeiro dígito do Grau de Proteção

PRIMEIRO DÍGITO		
DÍGITO	GRAU DE PROTEÇÃO	
	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	CORPOS QUE NÃO DEVEM PENETRAR
0	Não protegido	Sem proteção especial
1	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior do que 50mm	Grande superfície do corpo humano como a mão. Nenhuma proteção contra penetração liberal
2	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior do que 12mm	Dedos ou objetos de comprimento maior do que 80mm cuja menor dimensão >12mm
3	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior do que 2,5mm	Ferramentas, fios, etc. diâmetro e/ou espessura maiores do que 2,5mm cuja menor dimensão > 2,5mm
4	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior do que 1,0mm	Fios, fitas de largura maior do que 1,0mm, objetos cuja menor dimensão seja maior do que 1,0mm
5	Protegido contra poeiras e contato a partes internas ao invólucro	Não totalmente vedado contra poeira, mas se penetrar, não prejudica a operação do equipamento
6	Totalmente protegido contra poeira e contato a parte interna	Não é esperada nenhuma penetração de poeira no interior do invólucro

Fonte: JORDÃO (1997).

Tabela 5 - Segundo dígito do Grau de Proteção

SEGUNDO DÍGITO		
DÍGITO	GRAU DE PROTEÇÃO	
	DESCRIÇÃO SUMÁRIA	PROTEÇÃO DADA
0	Não protegido	Nenhuma proteção especial. Invólucro aberto
1	Protegido contra a queda vertical de gotas de água	Gotas de água caindo da vertical não prejudicam o equipamento (condensação)
2	Protegido contra queda de água com inclinação de 15° com a vertical	Gotas de água não tem efeito prejudicial para inclinações de até 15° com a vertical
3	Protegido contra água aspergida	Água aspergida de 60° com a vertical não tem efeitos prejudiciais
4	Protegido contra projeções de água	Água projetada de qualquer direção não tem efeito prejudicial
5	Protegido contra jatos de água	Água projetada por bico em qualquer direção não tem efeitos prejudiciais
6	Protegido contra ondas do mar	Água em forma de onda, ou jatos potentes não tem efeitos prejudiciais
7	Protegido contra os efeitos de imersão	Sob certas condições de tempo e pressão, não há penetração de água
8	Protegido contra submersão	Adequado à submersão contínua sob condições específicas

Fonte: JORDÃO (1997).

2.3.3 Equipamentos Elétricos Ex em função da classificação de áreas

A especificação dos diferentes tipos de proteção necessários aos diversos equipamentos elétricos a serem instalados na unidade sob análise, somente pode ser feita uma vez definida a classificação de áreas da unidade. Assim, tendo sido demarcadas as diferentes áreas, conhecidas como zonas 0, 1 e 2, será possível escolher estes equipamentos utilizando a tabela 6 (Lopez, 2007).

Tabela 6 - Classificação do equipamento conforme a zona

Zonas	Método de Proteção	Código
1 e 2	À prova de explosão	Ex d
1 e 2	Pressurizado	Ex p
1 e 2	Encapsulado	Ex m
1 e 2	Imersão em óleo	Ex o
1 e 2	Imersão em Areia	Ex q
0	Intrinsicamente Seguro	Ex ia
1 e 2		Ex ib
1 e 2	Segurança Aumentada	Ex e
2	Não Acendível	Ex n
1 e 2	Especial	Ex s

Fonte: Livro da Petrobras – ver depois

2.3.4 Equipamentos Elétricos Ex em função do grupo dos gases

Considerando que todos os produtos inflamáveis têm características e graus de periculosidade diferentes, os equipamentos elétricos para áreas classificadas na sua fabricação foram divididos em 2 grandes grupos (Lopez, 2007):

Grupo I – São aqueles equipamentos fabricados para operar em minas subterrâneas, e

Grupo II – São equipamentos fabricados para operar em indústrias de superfície. Considerando as substâncias inflamáveis presentes neste tipo de

indústrias, este grupo foi subdividido em subgrupos: IIA, IIB e IIC (Lopez, 2007). A tabela 7 mostra a escolha dos equipamentos em função do grupo.

Tabela 7 - Escolha dos equipamentos em função do grupo

GRUPOS	EQUIPAMENTO	SUBSTÂNCIA
Grupo I	Para operação em mineração subterrânea suscetível a exalação de grisú	Metano (grisú) e pó de carvão
Grupo IIA	Para operação em instalações de superfície onde pode existir perigo devido ao grupo de propano	Acetona, Acetaldeído, monóxido de carbono, Álcool, Amônia, Benzeno, Benzol, Butano, Gasolina, Hexano, Metano, Nafta, Gás natural, Propano, vapores de vernizes
Grupo IIB	Para operação em instalações de superfície onde pode existir perigo devido ao grupo do etileno	Acroleína, Óxido de Eteno, Butadieno, Óxido de Propileno, Ciclopropano, Éter Etilico, Etileno, Sulfeto de Hidrogênio
Grupo IIC	Para operação em instalações de superfície onde pode existir perigo devido aos grupos do hidrogênio e acetileno	Acetileno, Hidrogênio e Dissulfeto de Carbono

Fonte: MANTECON (2011).

2.3.5 Equipamentos Elétricos Ex em função da Classe de Temperatura

O termo “temperatura máxima de superfície” é definido como a mais alta temperatura que é atingida em serviço sob as mais adversas condições (porém dentro de tolerâncias) por qualquer parte ou superfície de um equipamento elétrico que seja capaz de provocar a ignição de uma atmosfera inflamável ao redor do equipamento (JORDÃO, 1997).

Para equipamentos do Grupo I, a temperatura máxima de superfície não deve exceder (MANTECON, 2011):

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

As classes de temperatura identificam a máxima temperatura de superfície que uma parte qualquer de um equipamento pode atingir em operação normal ou de sobrecarga prevista, considerando a temperatura ambiente máxima igual a 40°C, ou em caso de defeito. Essas classes de temperatura, que são observadas na tabela 8, devem ser menores que a temperatura de ignição dos gases e vapores do meio circundante ao equipamento (MANTECON, 2011).

Tabela 8 - Classes de temperatura

Classe de Temperatura	Temperatura Máxima de Superfície (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Fonte: NBR IEC 60079-0 (2006)

2.3.6 Identificação de Equipamentos Ex

A portaria do INMETRO nº 38/06 obriga a certificação de todo e qualquer equipamento elétrico a ser instalado em área classificada e essa certificação obriga também a uma marcação indelével que deve formar parte do corpo do equipamento. Essa marcação, quando a certificação for brasileira

obedece ao seguinte modelo: Br Ex d IIC T6, onde “Br “ significa que a certificação deste produto é brasileira, “Ex” que o equipamento possui algum tipo de proteção para área classificada (atmosfera potencialmente explosiva), “d” especifica o tipo de proteção que esse equipamento possui, “IIC” especifica o grupo para o qual o equipamento foi construído e “T6” especifica a classe de temperatura de superfície do equipamento (Lopez, 2007).

2.3.7 Tipos de Proteção

Os diferentes tipos de proteção aplicados a equipamentos elétricos que a normalização recomenda em função dos zoneamentos e que estão detalhados no item 2.1.3 operam de acordo com os princípios detalhados a seguir equipamento (Lopez, 2007).

2.3.7.1 Prova de explosão (Ex d)

Invólucro no qual as partes que podem causar ignição em uma atmosfera explosiva são confinadas e que pode suportar a pressão desenvolvida durante uma explosão interna de uma mistura explosiva, e que impeça a transmissão da explosão ao redor do invólucro (ABNT IEC 60079-1,2007).

São aplicados nas zonas 1 e 2 (MANTECON, 2011).

Se uma dessas explosões ocorre, os gases quentes devem permanecer suficientemente confinados dentro do sistema, a fim de evitar que a mesma se propague para o meio externo. O invólucro deve ser projetado então para suportar a máxima pressão de explosão que possa ocorrer internamente sem que haja ruptura e sem que haja liberação de chama ou gases quentes para o exterior (eles são resfriados pelos interstícios) (JORDÃO, 1997).

Analisando a primeira parte, vemos que para construir um invólucro com paredes robustas o suficiente para não se romper em caso de explosão.

Se houver uma explosão no interior do invólucro, há uma tendência de afastamento entre corpo e tampa do invólucro. Isto tem que ser limitado, pois caso contrário, a atmosfera externa estará sujeita a uma fonte de ignição. Uma das soluções é colocar vários parafusos de modo a impedir esse afastamento (JORDÃO, 1997).

Durante essa explosão, a pressão interna faz com que todas as folgas existentes na rosca dos parafusos e demais entradas sejam utilizadas ao máximo. Então a superfície de junção corpo-tampa quando submetida a esse esforço, funciona como uma válvula de alívio de pressão, permitindo que os gases provenientes da explosão escapem por esses espaços inevitáveis. Considerando isso, é necessário que os gases sejam resfriados ao passar por essa superfície, de modo que ao atingir o espaço externo, a sua temperatura esteja abaixo da temperatura de auto ignição dos gases que porventura estejam ao redor do equipamento. Esse resfriamento pode ser conseguido quando a superfície da junção corpo-tampa for dimensionada para funcionar como trocador de calor. É definida como a largura "L" indicada na Figura 01 (JORDÃO, 1997).

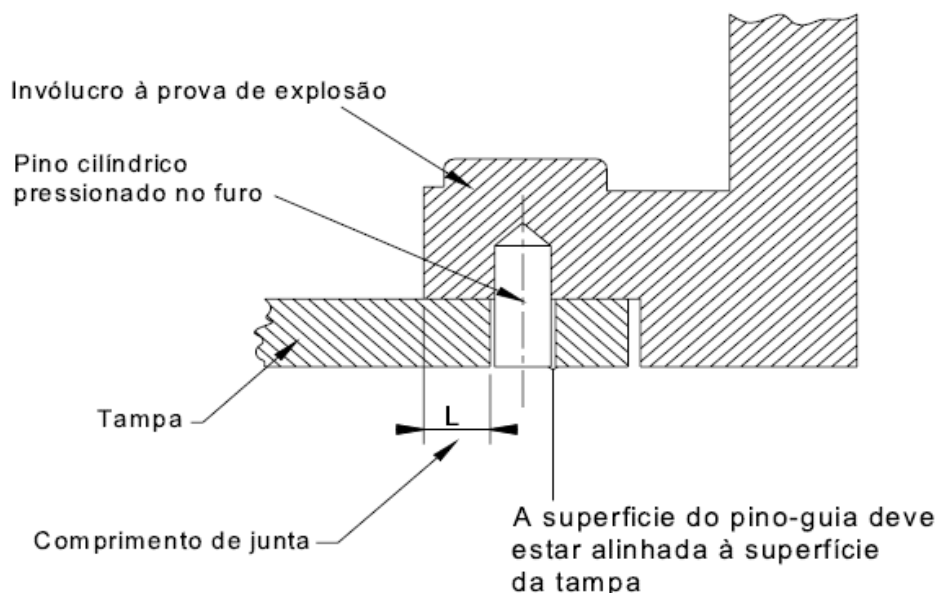


Figura 1 - Invólucro à prova de explosão
Fonte: ABNT IEC 60079-1 (2007)

A distância perpendicular às duas superfícies, chamada de “interstício”, também é um ponto crítico a ser analisado. Se durante a explosão houver um afastamento muito significativo, os gases não serão resfriados e poderá haver lançamento de partículas incandescentes ao meio externo, fazendo com que haja uma propagação de explosão. Portanto, essa distância “i” da Figura 02 deve ser projetada de modo a não permitir uma propagação (JORDÃO, 1997).

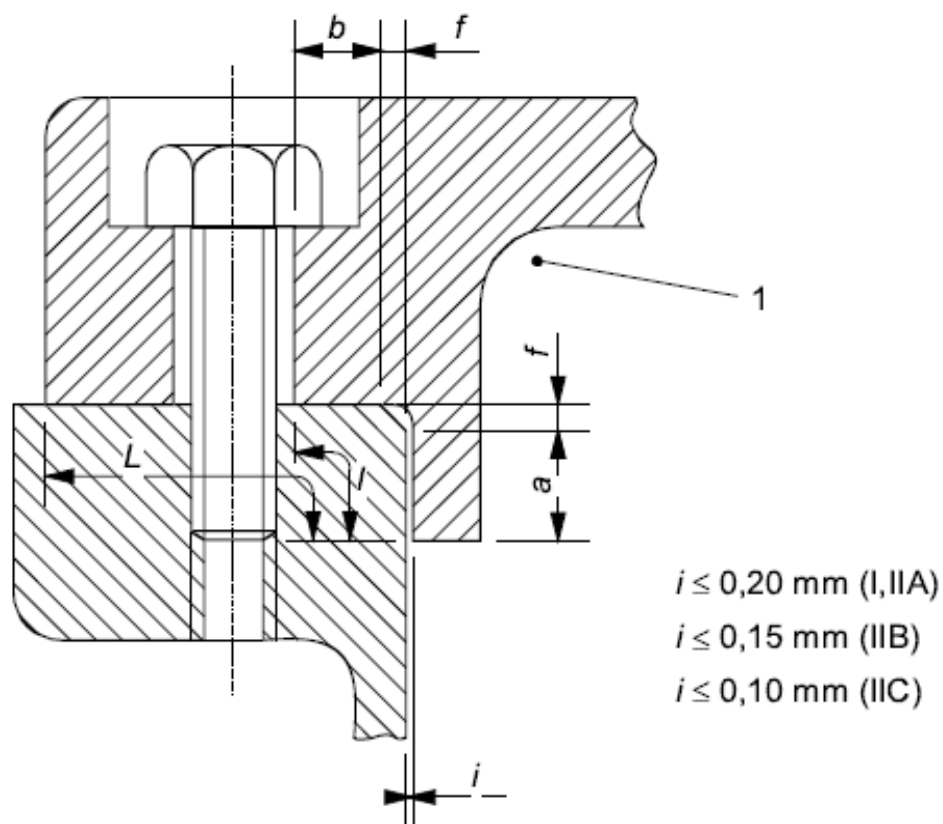


Figura 2 - Detalhe do equipamento que mostra todos os termos
 Fonte: ABNT IEC 60079-1 (2007).

Tanto a largura “L” quanto o interstício “i”, variam em função do grupo do gás, pois eles dependem das pressões, elevações de temperatura, velocidade de propagação, etc., que são propriedades dos gases quando submetidos a um processo de explosão (JORDÃO, 1997).

O interstício de junta à prova de explosão “i” é a distância entre as superfícies correspondentes de uma junta à prova de explosão quando o invólucro do equipamento elétrico está montado (ABNT IEC 60079-1, 2007).

Máximo interstício experimental seguro (MESG) é o máximo interstício de uma junta de 25mm de comprimento que impede qualquer transmissão de uma explosão durante 10 ensaios feitos sob condições especificadas na IEC 60079-1-1 (ABNT IEC 60079-1, 2007).

Segundo a ABNT IEC 60079-1 de 2007, *“junta à prova e explosão é o local onde superfícies correspondentes de duas partes de um invólucro ou a junção de invólucros, se unem, e que impede a transmissão de uma explosão interna para a atmosfera explosiva ao redor do invólucro”*.

A dimensão “L” é chamada de comprimento de junta e é o menor caminho através de uma junta à prova de explosão do interior para o exterior de um invólucro, enquanto que “l” é chamada de distância e é o menor caminho através de uma junta à prova de explosão, quando o comprimento de junta “L” é interrompido por furos destinados à passagem de fixadores para montagem de partes do invólucro à provas de explosão (ABNT IEC 60079-1, 2007).

2.3.7.2 Segurança aumentada (Ex e)

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 sobrecargas previstas”. Equipamentos típicos com segurança aumentada são os motores de gaiola, transformadores de potência e de medição, luminárias e caixas de distribuição e de ligação (MANTECON, 2011).

São aplicados nas zonas 1 e 2 (MANTECON, 2011).

No caso de segurança aumentada, as medidas construtivas adicionais variam conforme o tipo de equipamento (JORDÃO, 1997).

Para entender que medidas são essas, podemos começar por um tipo de equipamento simples como os terminais de ligação de condutores elétricos. Observando-se um bloco de terminais de ligação, têm-se na tabela 09 quais partes desses terminais poderiam causar centelhamento em alta temperatura e em que condições (JORDÃO, 1997).

Tabela 9 - Partes de terminais que poderiam causar centelhamento

PARTES QUE PODERIAM SE TORNAR COMO DE RISCO DE IGNIÇÃO	MEDIDAS CONSTRUTIVAS PARA MINIMIZAR O RISCO
Centelhamento entre terminais adjacentes	Aumento nas distâncias de isolamento e escoamento
Centelhamento por vibração do contato	Terminais antiafrouxantes
Deteriorização do contato por aquecimento	Qualidade do material condutor
Dano ao cabo durante aperto e consequente sobreaquecimento	Não é permitido terminais com cantos vivos que possam cortar os condutores, torcê-los ou deformá-los durante aperto normal em serviço

Fonte: JORDÃO (1997).

2.3.7.3 Imerso em óleo (Ex o)

É um tipo de equipamento cujas partes que podem produzir centelhamento ou alta temperatura estão imersas em óleo de tal forma que a atmosfera explosiva porventura existe acima da superfície do óleo ou externamente ao invólucro não seja inflamada pelo equipamento (JORDÃO, 1997).

São aplicados nas zonas 1 e 2 (MANTECON, 2011).

É aplicável a equipamentos que em condições normais de operação provoquem ou não centelhamento. O óleo utilizado deve ser de origem mineral e com características isoladas de isolamento elétrica, e quando for o caso, com capacidade de extinção de arco (JORDÃO, 1997).

Os requisitos para este tipo de proteção incluem que todas as partes que sejam capazes de produzir arco, centelha ou alta temperatura em condições normais de operação, devem estar imersas em óleo numa profundidade adequada. Esta profundidade é estabelecida através de ensaios, porém não deve ser inferior a 25mm. É exigido haver um dispositivo que permita a verificação do nível de óleo mesmo em operação, bem como não é

permitido que seja movimentado quando em operação. A fim de evitar o envelhecimento prematuro, a temperatura do óleo em qualquer parte do equipamento não deve em nenhum caso ultrapassar 115°C para Óleos da Classe I e 105°C para óleos da Classe II. As tampas dos invólucros que contenham partes vivas devem ser fixadas de tal forma que a abertura das mesmas só possa ser efetuada empregando-se ferramentas (JORDÃO, 1997).

A técnica da imersão em óleo também é uma alternativa para substituir o equipamento à prova de explosão. Em determinadas situações, como por exemplo, para o Grupo IIC, é muito difícil encontrar equipamentos à prova de explosão, certificados. Então, o equipamento Ex-o se constitui numa alternativa para esse caso (JORDÃO, 1997).

2.3.7.4 Equipamentos pressurizados (Ex p)

Essa técnica consiste em manter presente no interior do invólucro uma pressão positiva superior à pressão atmosférica, de modo que se houver presença de mistura inflamável ao redor do equipamento esta não entre em contato com partes que possam causar ignição (JORDÃO, 1997).

Essa sobrepressão pode ser mantida com ou sem fluxo contínuo do gás de proteção. O gás de proteção é o gás responsável pela manutenção da pressão no interior do invólucro. Pode ser o ar, gás inerte ou algum outro tipo de gás adequado (JORDÃO, 1997).

O termo purga como sendo a passagem de uma determinada quantidade de gás de proteção através do invólucro antes que ele seja submetido à uma reenergização, de modo que caso tenha havido uma contaminação com gás ou vapor inflamável, esta seja removida do interior do invólucro até que seja atingida no mínimo, uma concentração abaixo do limite inferior de inflamabilidade (JORDÃO, 1997)..

A proteção através da pressurização é subdividida em tipos de proteção (px, py, e pz) que são definidos com base na atmosfera explosiva externa (grupo I, zona 1 ou zona 2), se houver potencial para uma liberação interna e se o equipamento dentro do invólucro pressurizado é capaz de causar

ignição (tabela 10). O tipo de proteção define critérios de projetos para o invólucro pressurizado e para o sistema de pressurização (ABNT IEC 60079-2, 2007).

Pressurização px é o tipo que reduz a classificação dentro de um invólucro pressurizado de zona 1 para não-classificada ou grupo I para não-classificada (ABNT IEC 60079-2, 2007).

Pressurização py é o tipo que reduz a classificação dentro do invólucro pressurizado de zona 1 para zona 2 (ABNT IEC 60079-2, 2007).

Pressurização pz é o tipo que reduz a classificação dentro do invólucro pressurizado de zona 2 para não classificada (ABNT IEC 60079-2, 2007).

A tabela 11 mostra os critérios de projeto baseado no tipo de proteção.

Tabela 10 - Determinação do tipo de proteção

Substância inflamável no sistema de contenção	Classificação da área externa	Invólucro que contém equipamento capaz de causar ignição	Invólucro que não contém equipamento capaz de causar ignição
Sem sistema de contenção	1	Tipo px ^a	Tipo py
Sem sistema de contenção	2	Tipo pz	Não requer pressurização
Gás/vapor	1	Tipo px ^a	Tipo py
Gás/vapor	2	Tipo px(e equipamento capaz de causar ignição (ICA) não localizado na área de diluição)	Tipo py ^b
Líquido	1	Tipo px ^a (inerte) ^c	Tipo py
Líquido	2	Tipo pz (inerte) ^c	Não requer pressurização ^d
NOTA Se a substância inflamável for um líquido, não é permitido vazamento em condição normal.			
a tipo de proteção px também se aplica ao grupo I.			
b se não houver liberação em condição normal.			
c o gás de proteção deve ser inerte se "(inerte)" for misturado depois do tipo de proteção			
d proteção por pressurização não é requerida, desde que seja considerado improvável que uma falha que cause vazamento do líquido ocorra simultaneamente com uma falha no equipamento que produza uma fonte ignição.			

Fonte: ABNT IEC 60079-2 (2007).

Tabela 11 - Critérios de projeto baseado no tipo de proteção

Critério de projeto	Tipo px	Tipo py	Tipo pz com indicador	Tipo pz com alarme
Grau de proteção de invólucros de acordo com a ABNT NBR IEC 60529 ou IEC 60034-5	Mínimo IP4X	Mínimo IP4X	Mínimo IP4X	Mínimo IP3X
Resistência do invólucro a impacto	ABNT NBR IEC 60079-0, tabela 4	ABNT NBR IEC 60079-0, tabela 4	ABNT NBR IEC 60079-0, tabela 4	ABNT NBR IEC 60079-0, metade do valor da tabela 4
Verificação do tempo de purga	Requer um dispositivo de temporização e de monitoração de pressão e da vazão	Marcação de tempo e vazão	Marcação de tempo e vazão	Marcação de tempo e vazão
Prevenção de partículas incandescentes na saída de um dispositivo de alívio, normalmente fechado, para uma área de zona 1	Requer barreira contra centelhas e partículas, a menos que não sejam normalmente produzidas partículas incandescentes	Nenhum requisito (nota1)	Requer barreira contra centelhas e partículas, a menos que não sejam normalmente produzidas partículas incandescentes	Requer barreira contra centelhas e partículas, a menos que não sejam normalmente produzidas partículas incandescentes
Prevenção de partículas incandescentes na saída de um dispositivo de alívio, normalmente fechado, para uma área de zona 2	Nenhum requisito (nota2)	Nenhum requisito (nota2)	Nenhum requisito (nota2)	Nenhum requisito (nota2)

Prevenção de partículas incandescentes na saída de um respiro aberto para uma área de zona 1, em operação normal	Requer barreira contra centelhas e partículas	Requer barreira contra centelhas e partículas	Requer barreira contra centelhas e partículas	Requer barreira contra centelhas e partículas
Prevenção de partículas incandescentes na saída de um respiro aberto para uma área de zona 2, em operação normal	Requer barreira contra centelhas e partículas, a menos que não sejam normalmente produzidas partículas incandescentes	Nenhum requisito	Requer barreira contra centelhas e partículas, a menos que não sejam normalmente produzidas partículas incandescentes	Requer barreira contra centelhas e partículas, a menos que não sejam normalmente produzidas partículas incandescentes
Portas/tampas que requerem uma ferramenta para movimentar	Advertência	Advertência (nota1)	Advertência	Advertência
Portas/tampas que requerem uma ferramenta para movimentar	Intertravamento, nenhuma parte quente interna	Advertência (nota1)	Nenhum requisito (nota3)	Nenhum requisito (nota3)
Partes quentes internas que requerem um período de resfriamento antes de abrir o invólucro	Atender com	Não aplicável	Advertência	Advertência
<p>NOTA 1 a subseção 6.2 b) ii) não é aplicável para o tipo py, desde que não sejam permitidas partes quentes nem que sejam produzidas partículas incandescentes.</p> <p>NOTA 2 não são requeridas barreiras contra centelhas e partículas, desde que, em condições anormais de operação, com a abertura do dispositivo de alívio, seja pouco provável que a atmosfera externa esteja dentro dos limites de</p>				

inflamabilidade.

NOTA 3 não é requerida marcação ou acesso por ferramenta num invólucro pz, desde que, em condições normais de operação, o invólucro esteja pressurizado, com todas as tampas e portas em suas posições. Se uma tampa ou porta for aberta, é pouco provável que a atmosfera esteja dentro dos limites de inflamabilidade.

Fonte: ABNT IEC 60079-2, (2007).

2.3.7.5 Equipamentos imersos em areia (Ex q)

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 interna. Este tipo de proteção só se aplica a equipamentos com corrente nominal menor ou igual a 16A; que consumam potência menor ou a 1000VA cuja tensão de alimentação não seja superior a 1000V (MANTECON, 2011).

São aplicado nas zonas 1 e 2 (MANTECON, 2011).

O preenchimento deve ser efetuado de forma a impedir espaços vazios dentro do material de preenchimento (por exemplo, por agitação). Os espaços livres dentro do equipamento preenchido com areia, parte do equipamento ou componente Ex devem ser completamente preenchidos com o material de preenchimento (ABNT IEC 60079-5,2007).

O tamanho das partículas deve se situar entre os seguintes limites de crivo de acordo com ISO 565:

- limite superior: tela de arame ou chapa de metal perfurado com tamanho nominal de abertura de 1mm;
- limite inferior: tela de arame com tamanho nominal de abertura de 0,5mm.

Somente são permitida partículas de quartzo ou vidro sólido (ABNT IEC 60079-5, 2007).

Exceto quando especificado em contrário nesta norma, a distância mínima entre partes condutoras do equipamento e componentes isolados através do material de preenchimento ou entre estas e a superfície interna do

invólucro deve atender à Tabela 12. Isto não se aplica a condutores utilizados para conexões externas que penetram a parede do invólucro.

Tabela 12 - Distâncias internas do material de preenchimento

Tensão eficaz máxima a.c. ou c.c. V	Distância mínima mm
$U \leq 275$	5
$275 < U \leq 420$	6
$420 < U \leq 550$	8
$550 < U \leq 750$	10
$750 < U \leq 1000$	14
$1000 < U \leq 3000$	36
$3000 < U \leq 6000$	60
$6000 < U \leq 10000$	100

Fonte: ABNT IEC 60079-5 (2007).

O invólucro do equipamento elétrico é preenchido com um material de granulometria adequada, de que em condições de serviço, não haverá nenhum arco que seja capaz de inflamar a atmosfera ao redor do mesmo (ABNT IEC 60079-5,2007).

Essa ignição será evitada quer seja por chama, quer seja por temperatura excessiva na superfície do invólucro (JORDÃO, 1997).

A espessura da camada de material de enchimento é função de grandezas tipo corrente de arco e tempo de arco (JORDÃO, 1997), definidas conforme segue:

Corrente de arco é o valor r.m.s. de corrente de arco causado por curto-circuito durante seu desenvolvimento dentro do material de preenchimento do equipamento (ABNT IEC 60079-5,2007).

Corrente de curto-circuito é a corrente esperada calculada para o ponto do sistema onde o equipamento imerso em areia é ligado (JORDÃO, 1997).

Tempo de curto-circuito ou tempo de arco é o tempo durante o qual a corrente de arco flui através do equipamento elétrico, contando do seu início, até final extinção. A experiência de alguns laboratórios demonstra que até 6kV

a corrente de curto-circuito I_{cc} calculada e a corrente real de arco I_a são relacionadas pela equação: $I_{cc}/I_a=1,3$ (ABNT IEC 60079-5,2007).

Altura mínima de segurança é a mais curta distância vertical entre a superfície livre do material de enchimento, após adequada acomodação, e a parte viva mais próxima, capaz de evitar a transmissão de uma ignição por um arco elétrico cuja intensidade de corrente e a sua duração tenha sido especificado para a construção do equipamento elétrico. Quando o equipamento elétrico é equipado com uma tela, a altura mínima de segurança é a soma da altura de proteção e a altura da camada de reserva (JORDÃO, 1997).

Altura de proteção é a distância entre a tela e a parte viva mais próxima no interior do invólucro (JORDÃO, 1997).

Altura da camada de reserva é a espessura da camada de material de enchimento que está situado acima da tela, utilizada como uma reserva capaz de suprir eventuais falhas acidentais na camada de segurança (JORDÃO, 1997).

O invólucro desse tipo de equipamento pode possuir uma tela que é feita de uma folha metálica perfurada, fixada no interior do invólucro, dentro da massa de areia, de modo a cobrir todas as partes vivas do equipamento elétrico situadas em seu interior (ABNT IEC 60079-5,2007).

2.3.7.6 Equipamento elétrico encapsulado (Ex m)

Tipo de proteção no qual as partes que podem causar a ignição da atmosfera explosiva estão imersas em uma resina suficientemente resistentes às influências ambientais e de modo que a atmosfera explosiva não pode ser inflamada quer seja por centelhamento, quer seja por alta temperatura que possa ocorrer no interior do encapsulamento (JORDÃO, 1997).

São aplicado nas zonas 1 e 2 (MANTECON, 2011).

Resina no significado da norma inclui materiais termofixos, resinas em epoxy termoplásticas (cura a frio) e elastômeros com ou sem aditivos (JORDÃO, 1997).

A faixa de temperatura da resina é a faixa de temperatura na qual as características de resina satisfazem aos preceitos das normas não somente em serviço mas também sob condições de armazenamento. A temperatura de serviço contínuo é a máxima temperatura para a qual a resina pode ser exposta continuamente, de acordo com as informações do fabricante (JORDÃO, 1997).

A seleção da resina para uma aplicação particular deve levar em conta o comportamento que a resina terá que cumprir no equipamento a ser encapsulado. O encapsulamento deve também garantir a eficácia do tipo de proteção em casos de sobrecargas permissíveis e determinadas condições de falta interna (ABNT IEC 60079-18,2010).

O encapsulamento deve ser feito sem volumes vazios. Porém, é permitido ter vazios na resina para montagem de componentes tais como: relés, transistores, etc. desde que o volume livre seja de até 100 cm^3 . A espessura da resina entre tais componentes deve ser no mínimo de 3mm. Se o volume vazio for inferior a 1 cm^3 , a espessura da resina pode ser reduzida até 1mm (JORDÃO, 1997).

2.3.7.7 Equipamento de segurança intrínseca (Ex i)

Um circuito ou parte dele é intrinsecamente seguro quando o mesmo, sob condições de ensaios prescritas, não é capaz de liberar energia elétrica (faísca) ou térmica suficiente para, em condições normais (isto é, abrindo ou fechando o circuito) ou anormais (por exemplo, curto-circuito ou falta à terra), causar a ignição de uma dada atmosfera explosiva (ABNT IEC 60079-11,2009).

Um circuito intrinsecamente segura está em operação normal quando atua elétrica e mecanicamente de acordo com as especificações normais (JORDÃO, 1997).

Defeito (de segurança intrínseca) é a alteração física de qualquer componente ou conexão entre componentes, da qual depende a segurança intrínseca de um circuito (JORDÃO, 1997).

Falha (de segurança intrínseca) é a situação que ocorre no funcionamento de um circuito intrinsecamente seguro, quando ele deixa de cumprir a sua finalidade prevista em relação à segurança intrínseca (ABNT IEC 60079-11,2009).

O equipamento elétrico de segurança intrínsecas as partes intrinsecamente seguras do equipamento associado são classificadas numa das categorias “ia” ou “ib”, conforme a seguir:

- Categoria “ia”

Denominação aplicável a equipamentos elétricos que são incapazes de provocar a ignição em operação normal, na condição de um único defeito ou de qualquer combinação de dois defeitos (JORDÃO, 1997), com os seguintes coeficientes de segurança:

- a) em operação normal: 1,5;
- b) com um defeito: 1,5;
- c) com dois defeitos: 1,0.

Esses coeficientes de segurança são aplicados à tensão, corrente ou a combinação dessas duas grandezas (ABNT IEC 60079-11,2009).

Os equipamentos elétricos do grupo II não podem ter qualquer contato centelhante exposto à atmosfera explosiva continuamente ou por períodos prolongados (JORDÃO, 1997), a menos que eles sejam dotados por uma das seguintes medidas complementares de proteção:

- invólucros hermeticamente selados;
- proteção por invólucros à prova de explosão;
- maior coeficiente de segurança.

- Categoria “ib”

Assim denominados os equipamentos elétricos que são incapazes de provocar uma ignição de uma atmosfera explosiva, em operação normal, ou na condição de um único defeito qualquer (JORDÃO, 1997), com os seguintes coeficientes de segurança:

- a) em operação normal: 1,5;

- b) com um único defeito: 1,5 ou 1,0 se o equipamento elétrico não tem qualquer contato centelhante exposto à atmosfera explosiva, e se a falha é evidente.

Esses coeficientes de segurança são aplicados à tensão, corrente ou a combinação dessas duas grandezas (ABNT IEC 60079-11,2009).

Nos requisitos construtivos, além da temperatura máxima de superfície do equipamento de segurança intrínseca que deve ser determinada conforme requisito de norma específica.

Há também a temperatura máxima da fiação – correntes admissíveis – para a fiação dos circuitos de segurança intrínseca, as correntes máximas admissíveis em função do grupo para o qual o equipamento é aprovado são mostradas na Tabela 13 (JORDÃO, 1997).

Tabela 13 - Valores máximos de corrente para os quais é desnecessário verificar a temperatura

GRUPO	I	IIA	IIB	IIC
CORRENTE (A)	1,5	0,5	0,3	0,15

Fonte: JORDÃO (1997).

É recomendável que a disposição do equipamento elétrico e da fiação seja feita de tal modo que minimize o risco de indução de correntes ou tensões perigosas nos circuitos intrinsecamente seguros através de acoplamentos capacitivos ou indutivos. As características elétricas e os comprimentos máximos dos cabos externos devem ser especificados quando puderem afetar a segurança intrínseca dos circuitos, bem como a montagem dos componentes que devem ser fixados de modo que não sejam expostos a danos por impactos externos ou vibração em serviço ou durante transporte, e que suas conexões não causem curto-circuito ou interrupções (ABNT IEC 60079-11,2009).

As barreiras de segurança são elementos de isolamento, geralmente instalados fora da área classificada, com o fim de isolar os circuitos de segurança intrínseca dos de não segurança intrínseca, incluindo a proteção contra qualquer chance de mútua influência. A barreira tem como principal atribuição, garantir que a energia entregue ao circuito situado na área classificada, será insuficiente para inflamar a atmosfera explosiva do gás ou

vapor em questão, mesmo sob condições anormais de operação (ABNT IEC 60079-11,2009).

Os diodos Zener são amplamente utilizados nos circuitos de barreira de segurança intrínseca (JORDÃO, 1997).

2.3.7.8 Equipamento elétrico não acendível (Ex n)

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 (MANTECON, 2011), bem como não é provável que ocorra algum defeito que seja capaz de causar a inflamação dessa inflamação (JORDÃO, 1997).

É aplicado somente na zona 2 (MANTECON, 2011).

Para este tipo de proteção, são adotadas algumas definições:

a) Invólucro com restrição gás-vapor

Invólucro projetado para restringir a entrada de gases e vapores (ABNT IEC 60079-15,2007).

b) Dispositivo centelhante protegido

Dispositivo que incorpora contatos elétricos e que é capaz de suportar uma explosão interna de gás ou vapor inflamável para o qual foi projetado sem sofrer rompimento e sem comunicar a explosão interna para o ambiente externo (ABNT IEC 60079-15,2007).

c) Componente não acendível

Componentes com contatos para abertura e fechamento de um circuito potencialmente acendível no qual tanto os contatos como o mecanismo que os contém ou o invólucro no qual os contatos se situam foi construído de tal modo que é capaz de evitar a ignição da uma dada atmosfera explosiva de gás ou vapor sob condições de operação específicas (JORDÃO, 1997).

d) Dispositivo hermeticamente selado

Dispositivo construído de tal modo que a atmosfera externa ao mesmo não tem acesso ao seu interior e no qual o fechamento do invólucro é feito por fusão do próprio material (JORDÃO, 1997).

e) Dispositivo selado

Dispositivo construído de tal modo que não pode ser aberto durante serviço normal e é selado contra a entrada de atmosfera externa (ABNT IEC 60079-15,2007).

f) Separação

A menor distância através de um material isolante sólido entre duas partes condutoras (JORDÃO, 1997).

g) Equipamentos e circuitos com energia limitada

Equipamentos e circuitos elétricos nos quais o arco, centelha ou efeitos térmicos produzidos nas condições de ensaio prescritas não é capaz de causar uma ignição (ABNT IEC 60079-15,2007).

São requisitos para os equipamentos não acendíveis:

- a) Não produzam arcos ou centelhas em operação normal, ou caso contrário, a inflamação da atmosfera explosiva externa é evitada por um dos seguintes métodos:
- uso de dispositivos centelhante protegido;
 - uso de componente não acendível;
 - uso de dispositivo hermeticamente selado;
 - uso de dispositivo selado;
 - uso de equipamentos e circuitos com energia limitada;
 - uso de invólucro com restrição gás-vapor.
- b) Não desenvolvem temperatura de superfície que exceda os valores máximos adequados à classe do equipamento conforme tabela abaixo, a menos que a temperatura de superfície ou o ponto quente que evite a ignição de uma dada atmosfera explosiva pela utilização de um dos

métodos mencionados no item anterior, ou por outro lado se for demonstrado ser seguro (ABNT IEC 60079-15,2007).

2.3.7.9 Proteção especial (Ex s)

A proteção especial é reconhecida pela IEC e por normas de vários outros países. Esse tipo de proteção é incluído na IEC sem, contudo haver nenhum tipo de definição bem como nenhuma menção a qualquer norma sobre o assunto. A idéia de se prever de se prever esse tipo de proteção é no sentido de não bloquear a criatividade dos fabricantes e permitir o desenvolvimento de novos tipos de proteção que não seja nenhum daqueles que são previstos por normas, ou ainda elaborar combinações de tipo de proteção (JORDÃO, 1997).

Nesse caso, na hipótese de ser inventado um tipo de proteção especial, o inventor tem o direito de industrializar e comercializar o equipamento, a partir da obtenção, na entidade certificadora credenciada, de um certificado chamado de “Certificado de Equivalência”, segurança equivalente àqueles previstos na normalização. É óbvio que não se poderia emitir para essa situação um Certificado de Conformidade, pois o mesmo não está conforme nenhuma norma, uma vez que ela não existe. A entidade certificadora neste caso indicará no respectivo certificado o local adequado para a aplicação do equipamento, ou seja, se em Zona 0, Zona 1 ou Zona 2 (ABNT IEC 60079-33,2009).

3 REQUISITOS PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS EM ÁREAS CLASSIFICADAS

3.1 EMBASAMENTO NORMATIVO

A adoção de normas para elaboração de projetos, além de ser uma exigência técnica profissional, conduz a resultados altamente positivos no desempenho operacional das instalações, garantindo-lhes segurança e durabilidade (MAMEDE FILHO, 2007). Um projeto elétrico desenvolvido por profissionais com conhecimento e competência em “áreas classificadas”, pode trazer segurança, agregada à experiência, e principalmente economia na instalação.

Observando mais detalhadamente a planta de classificação da área em estudo (desenho delimitando os locais onde possa ocorrer a liberação de misturas inflamáveis), o profissional deve procurar alocar, desde que possível, os equipamentos elétricos em uma área não classificada ou de menor classificação, diminuindo assim os custos dos equipamentos, da instalação, inspeção e de futuras manutenções.

3.2 O TRABALHO DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS

O primeiro passo a ser dado para o desenvolvimento do projeto elétrico em áreas na presença de atmosferas explosivas é a elaboração do plano de classificação de áreas (conjunto de documentos que fornecem as informações sobre as áreas classificadas da unidade industrial). Caso estes documentos já existam, os mesmos deverão ser reavaliados quanto à confiabilidade das informações contidas nestes e readequação às normas vigentes.

Para elaboração do plano de classificação de áreas são seguidos os seguintes passos:

- 1) Levantamento da documentação técnica necessária, como: Planta civil com leiaute mecânico dos equipamentos e fluxogramas de processo da unidade;

- 2) Obtenção das informações com os profissionais responsáveis pela operação da unidade, como: Pressão, temperatura, e vazão de processo;
- 3) Elaboração da Lista de Dados de Classificação de Áreas, conforme ABNT-NBR-IEC 60079-10-1;
- 4) Elaboração de desenhos da classificação das áreas com plantas baixas e cortes, com base na lista de dados consolidada;
- 5) Elaborar memorial descritivo, para maiores esclarecimentos, considerações e outros.

Antes de se iniciar o desenho de classificação de áreas, é fundamental o preenchimento da Lista de Dados de Classificação de Áreas, em que os equipamentos de processo, parâmetros de processo, características dos materiais inflamáveis, descrição das fontes de risco, ventilação e outras informações fundamentais, são registrados. O conteúdo dessa lista constitui a base inicial para a determinação dos volumes de risco. A Lista de Dados é obtida da norma NBR-IEC 60079-10-1, o preenchimento dessa não é algo complexo, a NBR-IEC 60079-10-1 também ilustra um exemplo de uma lista preenchida.

As propriedades dos materiais inflamáveis, que deverão ser registradas na Lista de Dados, podem ser obtidas na NBR-IEC 60079-20-1.

A **Figura 3** mostra a importância de se conhecer, por exemplo, a densidade das substâncias. Constatase que gases mais leves que o ar tendem a se dispersar rapidamente no ambiente, enquanto que os mais pesados que o ar tendem a ocupar as partes inferiores próximas ao solo.

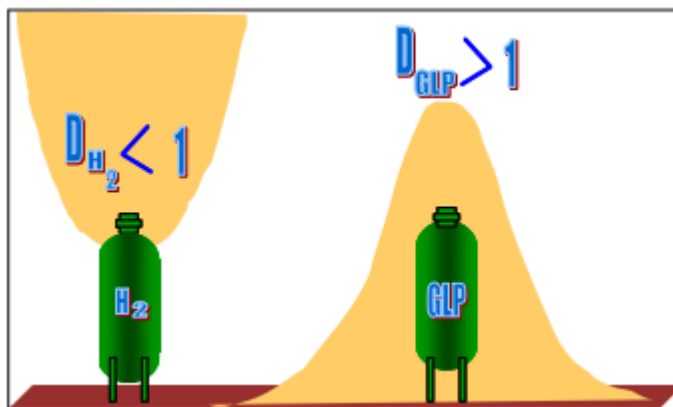


Figura 3 - Diferença de Densidade
Fonte: OLIVEIRA NETO

Após a conclusão da Lista de Dados, dá início aos desenhos de classificação de áreas, mostrando em planta e em cortes os volumes de risco. Para determinação da extensão da área classificada, conforme comentado no item 2.2.3, a NBR-IEC 60079-10-1 disponibiliza alguns exemplos de fontes de riscos e a delimitações das áreas classificadas. Esta norma também recomenda, para determinação das zonas, uma consulta a um especialista. Embasado nesta informação, as delimitações das áreas classificadas podem ser determinadas de acordo com os exemplos do API RP 505.

Para complementar as informações contidas nos desenhos, é elaborado um memorial descritivo.

É interessante ressaltar que eventos como vazamento acidental, em função, por exemplo, de ruptura de tubulação e outros, não são considerados na execução do plano de classificação de áreas.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

4.1 INTRODUÇÃO

Para analisar um projeto de uma instalação industrial, primeiramente deve-se ter uma visão global do que é apresentado, como condições de suprimento e características funcionais da indústria. O projetista deve, também, ter informações importantes a respeito da instalação, como planta de situação, planta baixa e de detalhes, entre outros elementos necessários e não menos importantes. Também deve ser analisado o ponto de vista expansionista das instalações. O projeto deve oferecer, além de outros pontos importantes, principalmente flexibilidade, acessibilidade e confiabilidade. Para todos os casos, devem sempre ser seguidas as normas técnicas pertinentes.

Os aspectos anteriormente citados são requisitos básicos para se trabalhar em um projeto referente a qualquer tipo de instalação elétrica industrial, seja ela em uma área classificada ou não.

O projetista que optou por trabalhar com indústrias onde possivelmente exista a presença ou a possibilidade de presença de gases ou vapores inflamáveis, deve seguir, além das normas técnicas de instalações elétricas, as normas técnicas de instalações em atmosferas explosivas.

É importante frisar que o escopo desse estudo engloba somente os gases e vapores como materiais inflamáveis ou combustíveis para dar origem a uma área que possivelmente seja classificada, excluindo-se assim elementos como pó e poeira.

4.2 FLUXOGRAMA ORIENTATIVO PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS

O objetivo deste capítulo é apresentar uma metodologia que oriente os profissionais envolvidos na concepção de instalações elétricas em áreas classificadas.

Para nortear este método apresenta-se o fluxograma da Figura 4.

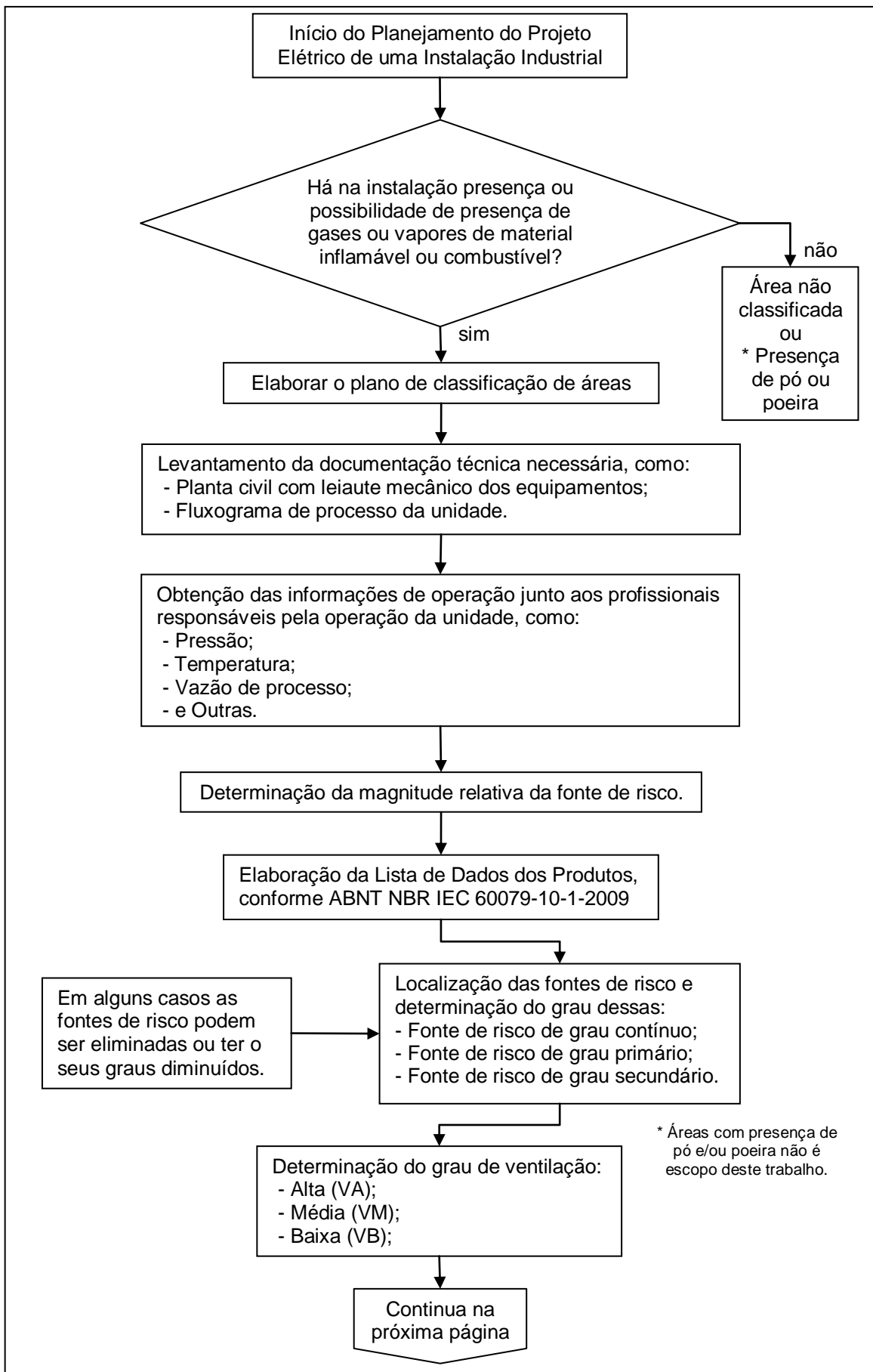


Figura 4 - Fluxograma da metodologia proposta

(continua)

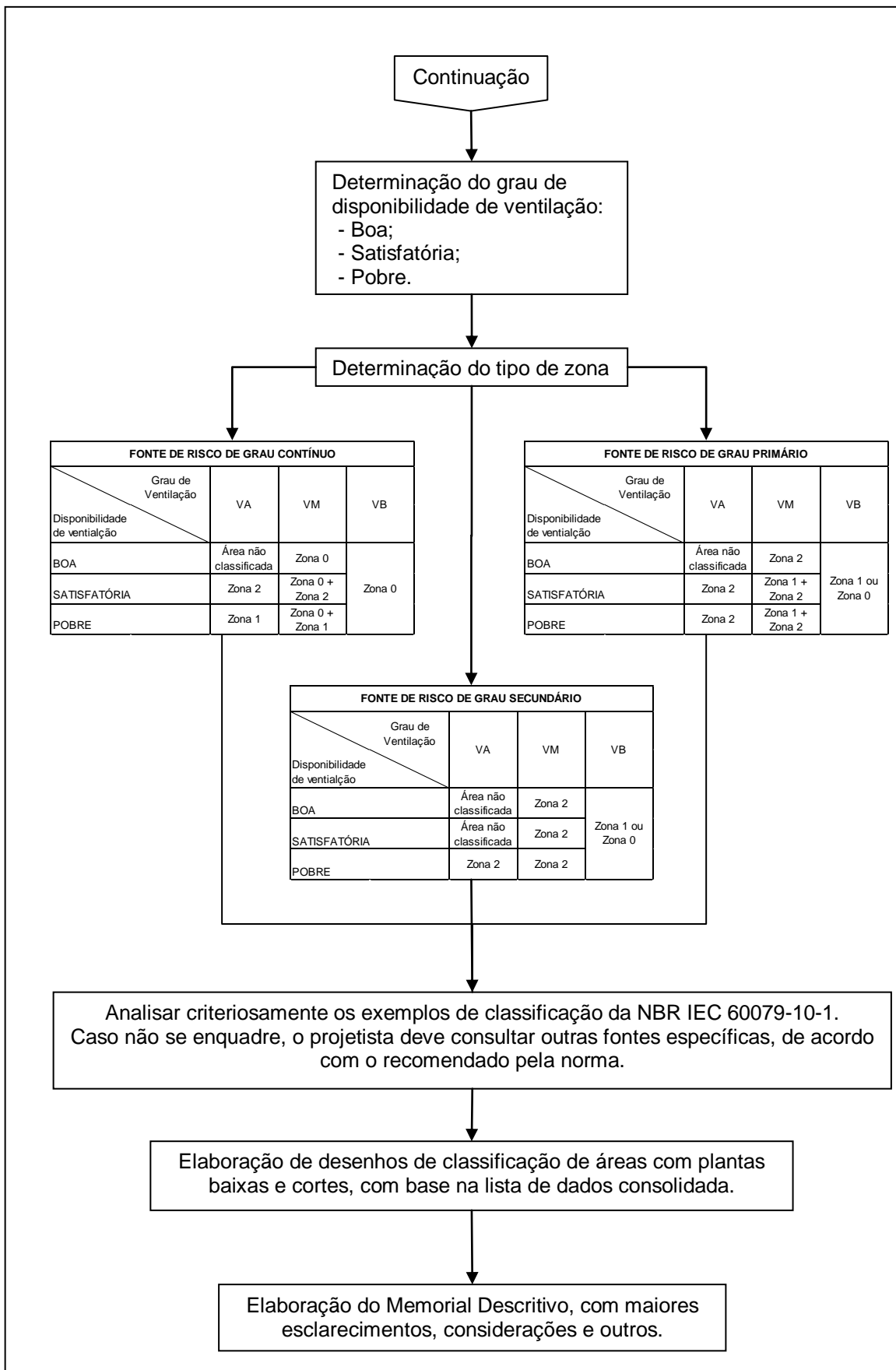


Figura 4 - Fluxograma da metodologia proposta

(conclusão)

Fonte: Autoria própria

Para iniciar o projeto da instalação é preciso, primeiramente, que se avalie se na planta em estudo há a presença de combustíveis líquidos ou gasosos, no caso de não existir se exclui do escopo deste trabalho, caso contrário é necessário que se inicie a elaboração do plano de classificação de áreas. Para tal, inicia-se com o levantamento da documentação técnica necessária, tais como, planta civil com leiaute dos equipamentos, fluxograma do processo, folha de dados das substâncias presentes e outros documentos que o projetista julgar necessário.

Nesse momento é recomendado que se crie um grupo multidisciplinar, a fim de levantar as informações pertinentes ao processo. Esse grupo deve ser composto por, no mínimo, um representante de cada uma das seguintes áreas:

- Engenharia de Processo;
- Operação;
- Segurança;
- Engenharia Elétrica.

Outro ponto importante na classificação de área são os dados relativos ao processo, entre eles, pressão, dimensão dos equipamentos, temperatura e vazão. Pois é através destas informações que define a magnitude relativa das fontes de risco que, conforme a norma NFPA 497, podem ser divididas em pequena, moderada e alta, conforme Tabela 14. E a partir desta informação consultam-se as figuras do API RP 505, conforme o local de aplicação.

Tabela 14 - Magnitudes relativas de equipamentos de processo e tubulações que operam com materiais combustíveis

Equipamentos de Processo	Unidade	Pequena / Baixa	Média / Moderada	Grande / Alta
Volume	m ³ (gal)	< 19 (< 5000)	19 a 94 (5000 - 25000)	> 94 (> 25000)
Pressão	kgf/cm ² (psi)	< 7 (< 100)	7 a 35 (100 - 500)	> 35 (> 500)
Vazão	m ³ /h (gpm)	< 22,7 (< 100)	22,7 a 113,5 (100 - 500)	> 113,5 (> 500)

Fonte: (Adaptado de NFPA, 2012)

Os profissionais que compõe o grupo multidisciplinar são responsáveis pela elaboração das listas contendo as características dos produtos inflamáveis e das fontes de risco.

O grau das fontes de risco é determinado de acordo com a probabilidade de a atmosfera explosiva estar presente no ambiente ou de ser liberada para este, conforme mencionado no item 2.2.1 deste trabalho.

Outro aspecto importante que se deve levar em consideração no estudo de classificação de áreas é a ventilação. A mistura explosiva pode ser dispersa pela ação da ventilação, seja ela natural ou forçada, o que influencia diretamente no grau de risco. E dois conceitos são importante, grau de ventilação e disponibilidade da ventilação.

O grau de ventilação é um conceito qualitativo que expressa se a intensidade de ventilação é suficiente ou não para diminuir o grau de risco, e está relacionado com a velocidade do vento e o número de trocas de ar em um determinado tempo. O grau de ventilação está diretamente relacionado com os tipos de fontes de liberação e suas taxas de liberação, e com isso pode-se reduzir a extensão das áreas, até mesmo para valores desprezíveis, sendo consideradas não classificadas.

A disponibilidade de ventilação representa o quanto a ventilação está presente ao longo do tempo e a medida que esta diminua o tipo de zona é mais severo.

Segundo a ABNT NBR IEC 60079-10-1, as áreas classificadas são divididas em zonas, em função da frequência e duração da ocorrência de uma atmosfera explosiva de gás, sendo elas: Zona 0, onde uma atmosfera explosiva de gás está presente continuamente ou por longos períodos de tempo ou frequentemente; Zona 1, onde uma atmosfera explosiva de gás é provável de acontecer. E zona 2, onde uma atmosfera explosiva de gás não é provável de ocorrer.

Combinando os conceitos de grau e disponibilidade de ventilação, é obtido um método quantitativo para avaliação do tipo e extensão da área classificada, de acordo com as tabelas de determinação de tipos de zona do fluxograma da Figura 4.

De posse das zonas para cada região da planta, é dado procedimento à seleção dos equipamentos a utilizar no projeto de instalações elétricas.

5 APLICAÇÃO DO MÉTODO

O método desenvolvido foi aplicado em cima de uma planta fictícia com equipamentos e produtos inflamáveis típicos de uma refinaria de petróleo. Esta planta encontra-se no apêndice A deste trabalho e a vista em corte no apêndice B.

Parte-se inicialmente para a classificação da área desta unidade, preenchendo a Lista de Dados. Na primeira parte desta lista (ver tabela 1) os produtos inflamáveis são descritos bem como suas características, obtidas na NBR IEC 60079-20-1:2011. Na segunda parte (ver tabela 2) as fontes de riscos são listadas com as informações fundamentais de processo, como: volume, grau de risco, produto processado, temperatura de operação, pressão, e estado físico do produto.

É também na parte dois que é registrado o grau e a disponibilidade da ventilação, fatores que irão determinar o tipo de zona que a fonte de risco irá gerar.

De posse das informações citadas acima, consulta-se as figuras típicas recomendadas pelo API RP 505, analisando detalhadamente as condições específicas do processo da área, atendendo plenamente as orientações da NBR IEC 60079-10-1.

Na Lista de Dados (tabela 2), a primeira fonte de risco registrada é uma torre de butadieno, sendo este produto LAV e com densidade maior que a do ar. As distâncias das extensões das zonas de classificação são obtidas conforme a figura 21 do API RP 505, denominada como *“fonte de risco em ambiente adequadamente ventilado com gás ou vapor mais pesado que o ar – produto altamente volátil”*, se enquadrando perfeitamente ao nosso exemplo da torre de butadieno.


Parte-se então para o desenho da área classificada em nossa planta típica no apêndice A, traçando as distâncias em metros e mostrando no corte, no apêndice B, a altura das áreas potencialmente explosivas. Com as distâncias delimitadas e os tipos de zonas definidos, classificam-se esses volumes quanto ao grupo e à classe de temperatura, no caso do butadieno, grupo IIA e classe de temperatura T1. Essas informações estão contidas na Lista de Dados (tabela 1), observadas na NBR IEC 60079-20-1:2011. A

determinação da zona, grupo e classe de temperatura são fundamentais para a escolha dos equipamentos elétricos que poderão ser instalados nessas áreas.

As demais fontes de riscos foram classificadas seguindo o mesmo raciocínio mostrado acima. Os volumes classificados estão mostrados na planta e as observações e particularidades de cada fonte de risco estão registradas na coluna “informações” da Lista de Dados – Parte II.

Com a planta de classificação finalizada, o projeto de instalação elétrica é iniciado nesta área, buscando, sempre que possível, instalar os equipamentos elétricos fora da área classificada, como por exemplo, a iluminação de uma área de estocagem, que usualmente pode ser instalada com afastamento suficiente dos tanques e válvulas, com os equipamentos elétricos sendo de uso normal ao tempo. Outro exemplo, mostrado na planta típica, é a construção de um dique (mureta em alvenaria) com altura superior a 0,60 m, afastada a 3 m da esfera de GLP, para conter a extensão da área classificada que, quando sem obstáculo, chega a 50 m de distância da esfera.

Tabela 16 - Lista de dados de classificação de áreas - Parte II

		LISTA DE DADOS DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS - PARTE II											Conforme ABNT-NBR-JEC-60079-10-1 (2009)	
		Lista de fontes de risco											Informações e/ou observações (nota 7)	
Nº	Tag	Descrição	Localização	Volume (m ³) / Vazão (m ³ /h)	Grau de Risco (nota 2)	Produto Inflamável			Estado do Produto (nota 4)	Ventilação		Classificação da Área		
						Produto (nota 3)	Temp. Operação °C	Pressão Operação (kg/cm ²)		Grau (nota 5)	Dispon. (nota 6)	Tipo de Zona	Fig. REF. (nota 9)	
1	TR-01	TORRE DE BUTADIENO		114 / ----	S	2	53	4,74	LAV	M	B	2	21	
2	VS-01	VASO DE EFLUENTE DE PROCESSO		1 / ----	S	4, Água	32	Atmosférica	L	M	B	1-2	101	
3	RT-01	REATOR		---- / 313	S	3, Água	470	7,3	LAV	M	B	2	24	
4	VT-01/A/B	VENTILADORES DA TORRE DE RESFRIAMENTO		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NÃO CLASSIFICA A ÁREA, POIS O EQUIPAMENTO NÃO PROCESSA PRODUTO INFLAMÁVEL.
5	TR-01	TORRE DE RESFRIAMENTO		---- / 4000	S	Água, 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 9	ENT. = 43 SAL. = 31	Atmosférica	L / V	A	B	2	28	PRODUTO PROCESSADO É ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO, PODENDO HAVER CONTAMINAÇÃO DE OUTROS PRODUTOS DA UNIDADE.
6	U-01	TRATAMENTO QUÍMICO DA TORRE DE RESFRIAMENTO		-	-	Produtos químicos	-	-	-	M	B	-	-	NÃO CLASSIFICA A ÁREA, POIS OS PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS SÃO PARA CORRIGIR O PH DA ÁGUA, NÃO SENDO INFLAMÁVEIS.
7	B-01/A/B	BOMBA DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO		---- / 2000	-	Água	31	5,6	L	M	B	-	-	NÃO CLASSIFICA A ÁREA, PRODUTO NÃO INFLAMÁVEL
8	ES-01	ESFERA DE GLP		3200 / ----	S	5	40	16,0	LAV	A	B	2	(nota 8)	
9	C-01	COMPRESSOR DE GÁS		-	S	6	40	20,0	G	M	B	2	23	
10	VS-02	VASO RESFRIADOR DE PROPENO		10 / ----	S	7	120	15,0	LAV	M	B	2	21	
11	VS-03	VASO DE HIDROGÊNIO		8 / ----	S	8	Ambiente	8	G	M	S	2	24	
12	TR-03	TORRE DE BENZENO		377 / ----	S	1	80	5,3	L	A	B	2	21	
13	TC-01	TOCHA		-	-	1 a 7 e 9	-	-	-	A	B	2	-	NÃO CLASSIFICA A ÁREA - FONTE DE IGNIÇÃO PERMANENTE, CONFORME ITEM 6.5.9.2 DO API RP 505
14	TQ-01	TANQUE DE DIESEL		17 / ----	P / S	9	Ambiente	Atmosférica	L	A	B	1-2	6	
15	TQ-02	TANQUE DE GASOLINA		6,5 / ----	P / S	4	Ambiente	Atmosférica	L	A	B	1-2	6	
16	B-03	BOMBA PARA CARREGAMENTO DE DIESEL E GASOLINA		---- / 100	S	4 e 9	Ambiente	3	L	A	B	2	93	
17	MG-01	MANGOTE PARA DESCARREGAMENTO DE CAMINHÃO		-	S	4 e 9	Ambiente	Atmosférica	L	A	B	2	11	DESCARGA EM SISTEMA FECHADO
18	PA-TC-01	PONTO DE AMOSTRAGEM - TOCHA		-	P / S	1 a 7 e 9	Ambiente	Atmosférica	G	A	B	1-2	14a	LIBERA PRODUTO PARA ATMOSFERA DURANTE COLETA DE AMOSTRA

Notas:

- (1) Item do equipamento ou sistema de risco (vent, dreno, válvula de segurança, selo de bomba, superfície do líquido no tanque de mistura, etc.);
- (2) Grau da fonte de risco: C = Contínuo S = Secundário P = Primário;
- (3) Nº de Referência do produto de acordo com a Parte I da Lista (Lista e características dos produtos inflamáveis);
- (4) G = Gás GL = Gás líquido L = Líquido V = Vapor S = Sólido LAV = Líquido Altamente Volátil;
- (5) Grau da Ventilação: A = Alta M = Média B = Baixa;
- (6) Disponibilidade da ventilação: B = Boa S = Satisfatória P = Pobre;
- (7) To = Temperatura de operação, Tf = Flash Point;
- (8) Fig. 3.15 do livro Manual de Atm. Explosivos - Dácio de Miranda Jordão;
- (9) As figuras de referência são do API RP 505.

Fonte: (Adaptado de ASSOCIAÇÃO..., 2009).

6 CONCLUSÃO

Desde o início deste trabalho foi exposto que existem instalações elétricas ditas especiais no sentido de que os profissionais que atuam no mercado de indústrias, além de trabalharem com ambientes eletricamente convencionais, também devem atentar para áreas onde existam a presença ou a possibilidade da presença de gases ou vapores como material inflamável ou combustível. Também é importante salientar que o presente estudo limitou-se apenas a gases e vapores como formador da área classificada, excluindo materiais como pó e poeira, bem como áreas que não sejam classificadas.

As normas brasileiras referentes às áreas classificadas, ou atmosferas potencialmente explosivas, definem terminologias, equipamentos, características das substâncias para classificação de gases e vapores, além de especificar detalhadamente o tipo de proteção, cada qual empegada para determinado tipo de recinto, e, apesar de serem mencionadas timidamente em alguns trechos da NBR 5410 (Instalações elétricas em baixa tensão), pregam a interação com esta, como também com a Norma Regulamentadora nº10.

O profissional deverá estar muito bem treinado, através das normas nesse trabalho citadas, para aplicar de forma precisa e segura o método de proteção selecionado após uma série de estudos e análises do local.

O fato é que a metodologia apresentada orienta o profissional desde o primeiro contato com os equipamentos Ex. À medida que se avança na compreensão, o método torna-se cada vez mais específico. Isso pode ser notado a partir da elaboração do plano de classificação de áreas, onde o conhecimento adquirido no início do estudo deve ser aplicado. O plano de classificação de áreas torna-se ainda mais importante quando se opta por trabalhar com projetos elétricos para áreas classificadas. Quando do levantamento dos requisitos para desenvolvimento de projetos em áreas classificadas, o projetista deve levar em consideração diversos fatores do ambiente local, até chegar à elaboração do memorial descritivo, finalizando seu trabalho. A aplicação incorreta pode virar um agravante.

Com o fluxograma apresentado, pode-se notar também que a interação com profissionais de outras áreas terá de haver. A aquisição de dados como pressão e temperatura são importantes a fim de seguir com a análise da planta

industrial. Seguindo a metodologia, o profissional deverá unir diversos outros dados, como fontes de risco, grau de ventilação e disponibilidade de ventilação do ambiente, elementos relevantes e que servem como requisitos para o próximo passo, a determinação do tipo de zona.

A partir da definição do tipo de zona que será encontrada na planta industrial em questão, dá-se prosseguimento na elaboração dos desenhos de classificação de áreas das plantas baixas e cortes, com base na lista de dados estudada tendo como apoio a ABNT NBR IEC 60079-10-1-2009.

Por fim, o método exposto nesse trabalho orienta que seja elaborado o memorial descritivo da planta em que foram desenvolvidos os estudos, com informações essenciais de forma a conduzir o profissional executor a atentar a todos os detalhes, realizando as atividades de forma segura e tecnicamente correta.

Nota-se que há muitas variantes no que diz respeito a áreas classificadas, pois é um ramo onde no Brasil não há um investimento quanto à certificação de profissionais. E como os cursos de Engenharia Elétrica não dão atenção especial ao assunto, esse trabalho pode ser orientativo também a alunos de graduação que tiverem interesse em prosseguir aperfeiçoando o método apresentado, ou até mesmo servindo de inspiração para novos métodos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API RP 505**: Recommended Practice for Classification Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, Zone 1 and Zone 2. Washington, D.C., 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-14**: atmosferas explosivas – projeto, seleção e montagem de instalações elétricas. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-10-1**: Classificação de áreas – Atmosfera explosiva de gás. Rio de Janeiro, 2009.

CUNHA, João Gilberto. **Norma Regulamentadora Nº-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade - Comentada**. São José dos Campos, 2010.

ERTHAL, Leandro. **Atmosferas Potencialmente Explosivas: Um estudo de caso como contribuição para a classificação de áreas na atividade da indústria do petróleo, química e petroquímica**. 2004. 120 f. Dissertação, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2004.

HUMMEL, Giovanni. O Grande Risco nas Instalações da Instrumentação em Áreas Classificadas se Chama “Desinformação”. **Revista InTech**, nov. 1997. Disponível em: <<http://www.internex.eti.br/desinf.htm>>. Acesso em 12 set. 2011.

JORDÃO, Dácio de Miranda. **Manual de Instalações Elétricas em Indústrias Químicas, Petroquímicas e de Petróleo: Atmosferas Explosivas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

LOPEZ, Nelson M. **Pequeno Manual Prático de Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas**. São Paulo: ABPE, 2007.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 497**: Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapor and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas. Massachusetts, 2012.

OLIVEIRA NETO, Francisco André. **Atmosferas Potencialmente Explosivas - Noções Básicas**. Rev.7 . Março, 2007.

PETROBRAS. **N-2166 - Classificação de áreas para instalações elétricas em refinarias de petróleo**, Ver. B Rio de Janeiro, 2011.

RANGEL Jr., Estellito. As Instalações Elétricas na Indústria Alcooleira e os Riscos de Explosões. **Revista Controle & Instrumentação**, São Paulo, n. 73, mai/jun. 2002. Disponível em [:<http://www.editoravalete.com.br/site_alcoolbras/edicoes/ed_73/art_1.html>](http://www.editoravalete.com.br/site_alcoolbras/edicoes/ed_73/art_1.html). Acesso em: 12 out. 2011a.

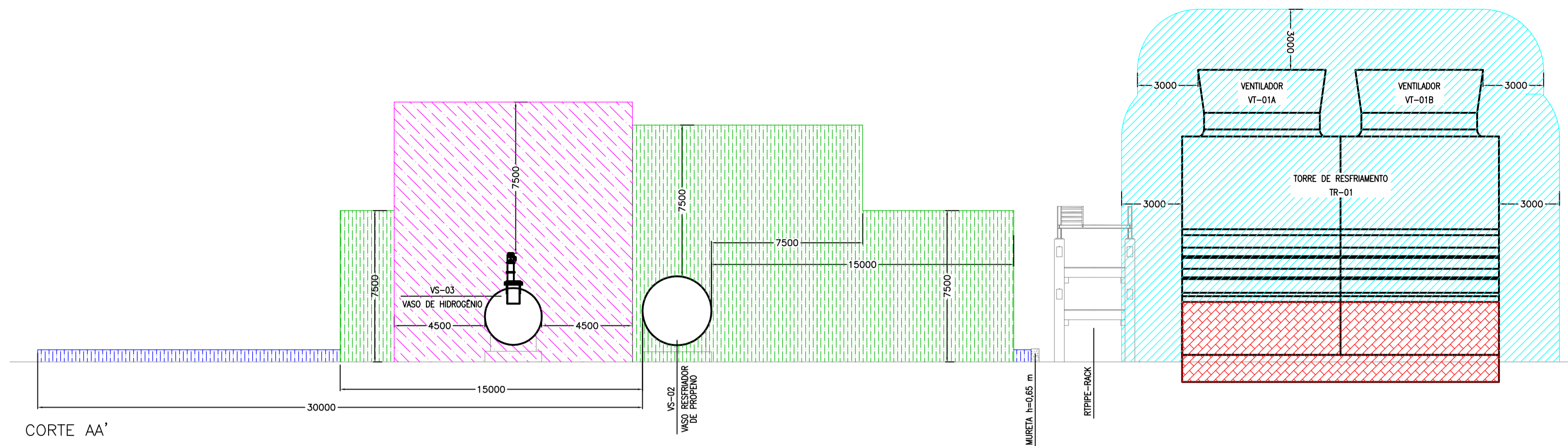
RANGEL Jr., Estellito. Nova Filosofia Para Classificação de Áreas: O Uso da Norma IEC 60079-10. **Revista Controle & Instrumentação**, São Paulo, n. 75, nov. 2002. Disponível: em [<http://www.controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed_75/ed_75c.html>](http://www.controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed_75/ed_75c.html). Acesso em: 12 out. 2011b.

REVISTA PETROBRAS. Boas Vendas e Horizonte Promissor. Rio de Janeiro, ano 17, n.169, p. 20-23, jun. 2011.

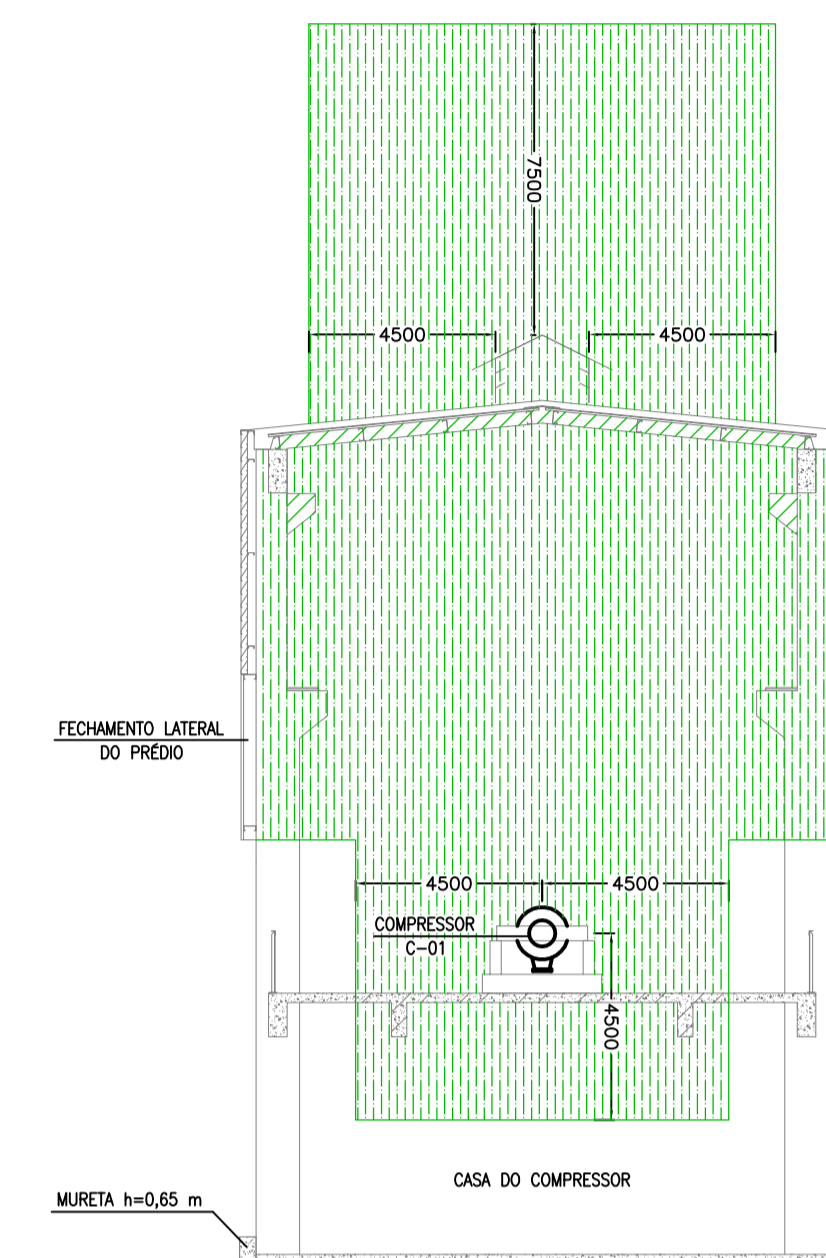
SUZUKI, Hélio K.; OLIVEIRA, Roberto G. de. **Instruções Gerais para Instalações em Atmosferas Explosivas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E&P-CORP / ENGP / IPSA, 2002.

APÊNDICE A - PLANTA

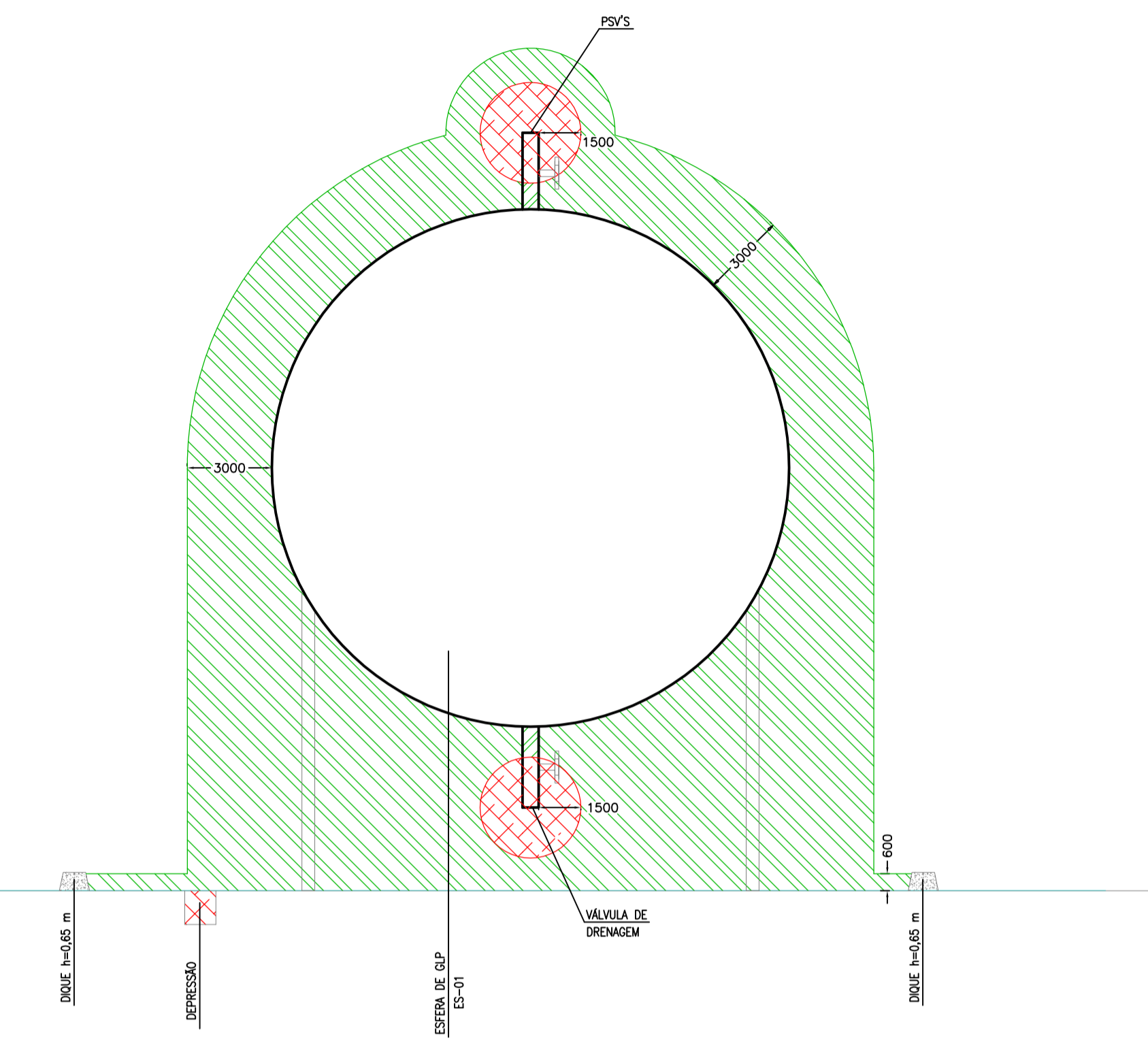
APÊNDICE B - CORTE



CORTE AA'

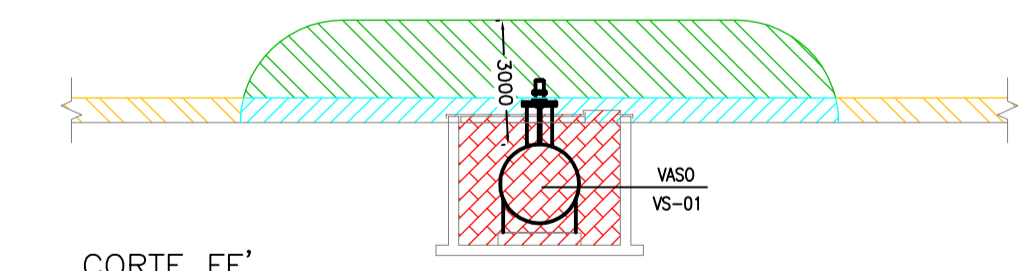


CORTE CC'

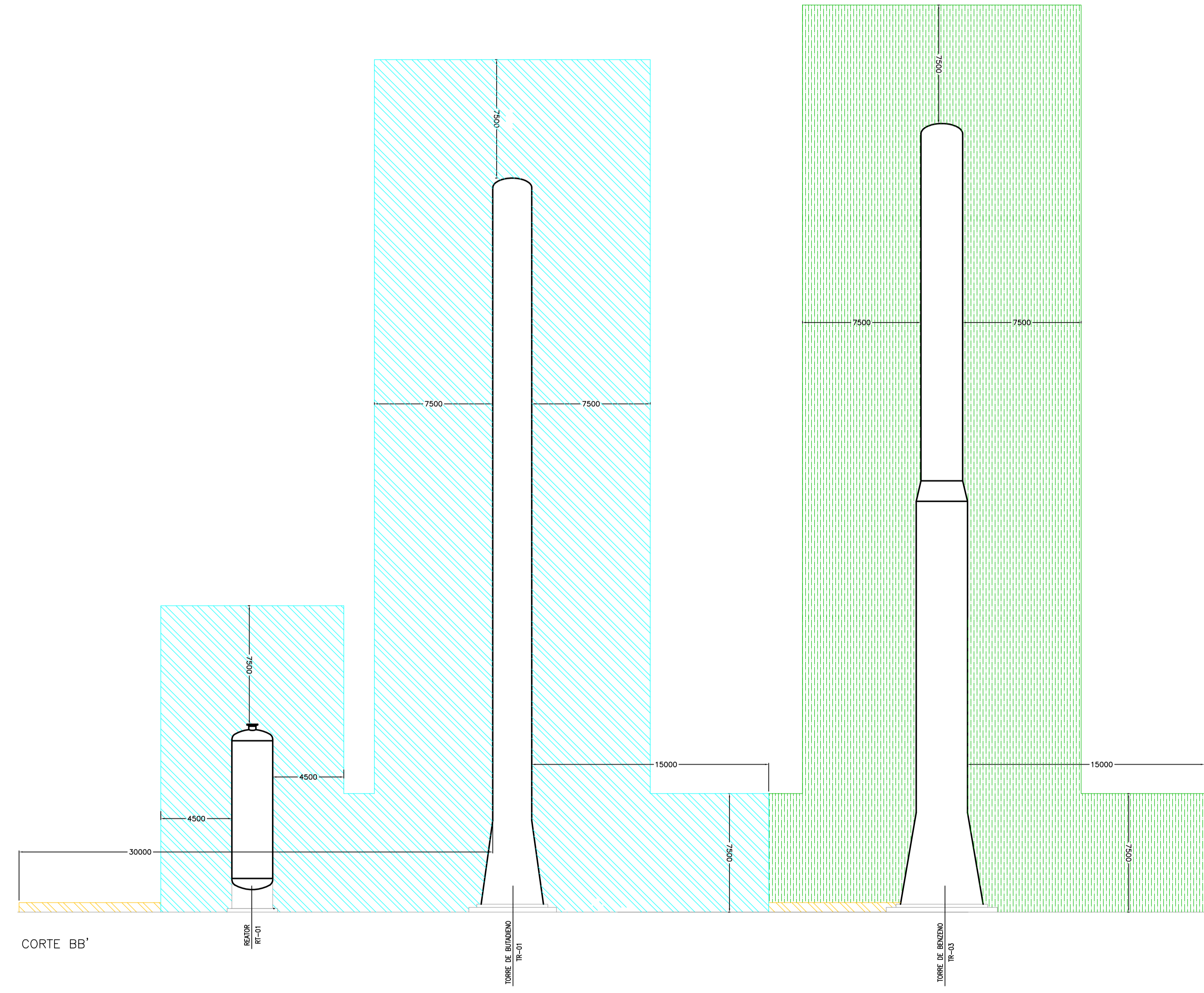


CORTE DD'

CORTE EE'



CORTE FF'



CORTE BB'

SIMBOLOGIA:

	ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 1 - GRUPO IIA CLASSE DE TEMPERATURA I2		ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 2 - GRUPO IIB CLASSE DE TEMPERATURA I2
	ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 1 - GRUPO IIA CLASSE DE TEMPERATURA I2		ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 2 - GRUPO IIC CLASSE DE TEMPERATURA I1
	ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 1 - GRUPO IIB CLASSE DE TEMPERATURA I1		ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 2 ADICIONAL - GRUPO IIA CLASSE DE TEMPERATURA I1
	ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 2 - GRUPO IIA CLASSE DE TEMPERATURA I1		ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 2 ADICIONAL - GRUPO IIA CLASSE DE TEMPERATURA I2
	ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 2 - GRUPO IIA CLASSE DE TEMPERATURA I2		ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 2 ADICIONAL - GRUPO IIB CLASSE DE TEMPERATURA I2
	ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 2 - GRUPO IIA CLASSE DE TEMPERATURA I2		
	ÁREAS CLASSIFICADAS COMO ZONA 2 - GRUPO IIB CLASSE DE TEMPERATURA I2		

DEFINIÇÕES:

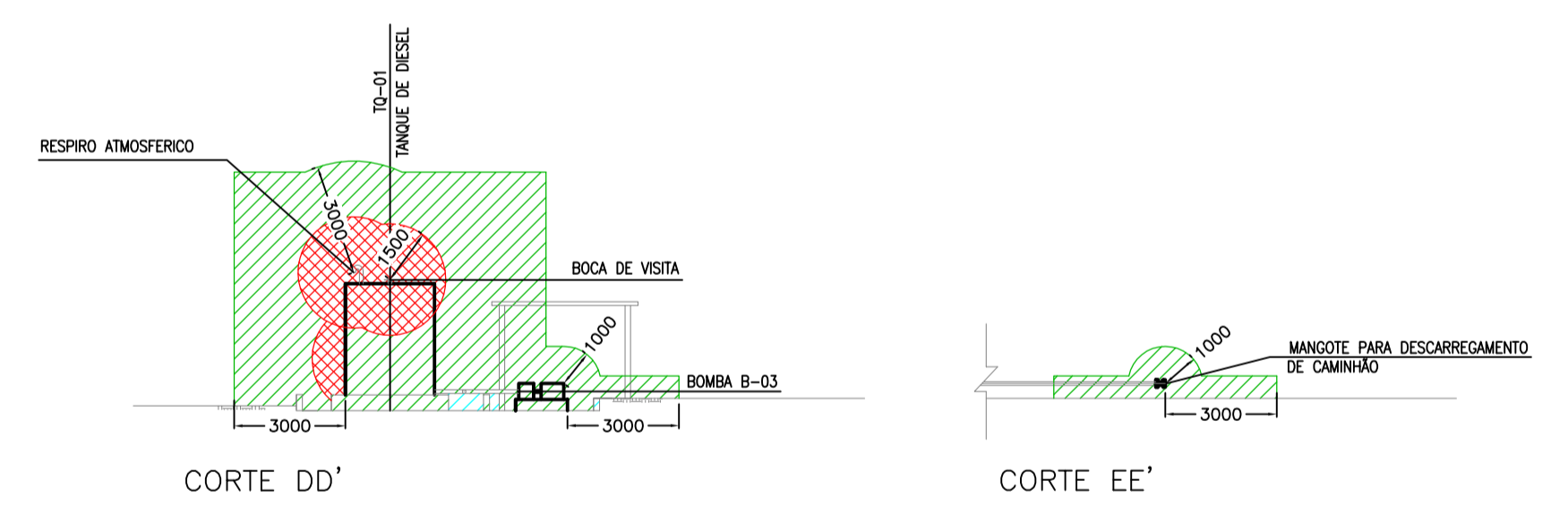
ZONA 0 REGIÃO ONDE UMA ATMOSFERA EXPLOSIVA DE GÁS ESTÁ CONTINUAMENTE OU POR LONGOS PERÍODOS.

ZONA 1 REGIÃO ONDE UMA ATMOSFERA EXPLOSIVA DE GÁS TEM POSSIBILIDADE DE OCORRER EM CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO.

ZONA 2 REGIÃO ONDE UMA ATMOSFERA EXPLOSIVA DE GÁS NÃO É PROVAVEL PROVAVEL DE OCORRER EM CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO, PORÉM SE OCORRER, SERÁ POR CURTO PERÍODO.

NOTA:

1) COTAS EM MILÍMETROS



CORTE DD'

CORTE EE'