

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
ESCOLA DE QUÍMICA

GUSTAVO LAMIM FUHRMANN



**ESTUDO DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA EM UNIDADE DE  
DESTILAÇÃO DO LADEQ**

**ORIENTADORES**

Prof. Carlos André Vaz Júnior, D. Sc.  
Simone Regina Albuquerque da Cruz, M. Sc.

RIO DE JANEIRO  
Setembro de 2012

# ESTUDO DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA EM UNIDADE DE DESTILAÇÃO DO LADEQ

*Gustavo Lamim Fuhrmann*

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química,  
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenharia Química.

Aprovado por:

---

Caetano Moraes, Ph. D.

---

Diego Martinez Prata, Ph. D.

---

Bruno de Oliveira Ribeiro Pires, Eng.

Orientado por:

---

Carlos André Vaz Júnior, D. Sc.

---

Simone Regina A. da Cruz, M.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Setembro de 2012.

Fuhrmann, Gustavo Lamim.  
Estudo de Classificação de Área em Unidade de Destilação do LADEQ/ Gustavo Lamim Fuhrmann. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2012.  
xiii, 64 p.; il.  
(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2012. Orientadores: Prof. Carlos André Vaz Júnior e Eng. Simone Regina A. da Cruz.  
1. Segurança de Processos. 2. Classificação de áreas. 3. Atmosfera Explosiva. 4. Monografia (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Carlos André Vaz Júnior e Simone Regina A. da Cruz. I. Estudo de Classificação de Área em Unidade de Destilação do LADEQ.

Aos meus familiares e amigos que não conviveram comigo com a frequência que gostariam.  
Ao meu grande amigo Ivan Baltrunas, que não se encontra mais entre nós.

*“A melhor maneira de prever o futuro é criá-lo.”*

**Peter F. Drucker**

*“Obstáculos são aqueles perigos que você vê quando tira os olhos do seu objetivo.”*

**Henry Ford**

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”*

**Albert Einstein**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado o dom da vida e ter me feito capaz de chegar até aqui.

Agradeço principalmente aos meus pais, por todo amor, carinho, compreensão nos momentos difíceis, apoio incondicional durante toda minha trajetória acadêmica. Desde as conquistas da época da escola até estes cinco anos longe de casa.

A todos outros familiares que também participaram desta conquista comigo, tão presente quanto meus próprios pais algumas vezes.

Aos meus grandes e queridos amigos, os quais estiveram, estão e sempre estarão ao meu lado, mesmo que apenas em memórias.

A minha namorada e colega de curso, pela ajuda e compreensão na realização deste trabalho.

Aos colegas feitos durante os cinco anos de Universidade, pois foi com eles que partilhei as dificuldades.

Aos Professores da UFRJ que foram essenciais a minha formação acadêmica e pessoal, principalmente aqueles da Escola de Química.

A todos os profissionais com quem tive o prazer de conviver durante esta minha caminhada profissional, no estágio e nos laboratórios.

Aos orientadores Carlos André Vaz Júnior e Simone Regina Albuquerque da Cruz, pela dedicação, confiança e apoio durante a realização do presente trabalho.

Resumo da Monografia apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau em Engenharia Química.

## **ESTUDO DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA EM UNIDADE DE DESTILAÇÃO DO LADEQ**

Gustavo Lamim Fuhrmann  
Setembro, 2012

Orientadores: Prof. Carlos André Vaz Júnior, D. Sc.  
Eng. Simone Regina Albuquerque da Cruz, M. Sc.

O risco de explosão em plantas industriais, plataformas, refinarias e unidades petroquímicas é um dos fatores que mais ameaçam a segurança destas instalações. Historicamente tais eventos promovem enormes prejuízos financeiros e perda de vidas. Uma vez que a presença de compostos inflamáveis é frequente na maioria das unidades industriais, algumas medidas são fundamentais. Dentre elas, evitar a presença de fontes de ignição em ambientes onde existe elevada probabilidade de presença de vapores inflamáveis. Este é o foco da “classificação de áreas”. O correto emprego da classificação visa não apenas garantir a segurança operacional, como também preservar recursos, evitando custos desnecessários na compra de equipamentos elétricos com níveis de segurança exagerados.

Este trabalho busca analisar a aplicação da norma *National Fire Protection Association* 497 de 2008 (NFPA 497) em uma planta piloto de processamento de óleo fúsel, localizada no Laboratório de Engenharia Química (LADEQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O objetivo deste estudo foi avaliar até que ponto a classificação de áreas mostra-se relevante em um ambiente de ensino que emprega plantas piloto. A partir da comparação das principais normas, optou-se por adotar como referência a norma NFPA 497. Com isso, foi possível definir que o volume de área classificada no entorno do equipamento é considerável. Porém por apresentar apenas área classificada de baixo risco, onde a concentração de ignição de gases ou vapores não é esperada durante a operação normal, a probabilidade de ocorrer uma explosão ou incêndio fica atenuado.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Classificação de Área.....	15
Figura 2 - Triângulo e Tetraedro do Fogo.....	20
Figura 3 - Efeito da Densidade relativa.....	23
Figura 4 - MESH - <i>Maximum Experimental Safe Gap</i> .....	25
Figura 5 - Formato de Liberação.....	32
Figura 6 - Barreiras Físicas.....	33
Figura 7 - Exemplo de figura de referência da NFPA.....	35
Figura 8 - Figura de referência da NFPA do exemplo de Classificação de Área.....	39
Figura 9 - Vista Aérea da Ilha do Fundão.....	41
Figura 10 - Divisão do Centro de Tecnologia.....	42
Figura 11 - Os dois ambientes do LADEQ: o “vão livre” e “salas e laboratórios”.....	43
Figura 12 - Coluna de Destilação do LADEQ.....	44
Figura 13 - Esquema típico do processamento contínuo de Fermentado visando à produção de etanol.....	45
Figura 14 - Condensadores, vaso de condensado e a coluna de destilação.....	47
Figura 15 - Vasos de armazenagem de produto.....	48
Figura 16 - Caldeira e vaso de alimentação.....	48
Figura 17 - Fundo da coluna de destilação e refeedor.....	49
Figura 18 - Vista diagonal da unidade de destilação do LADEQ.....	50
Figura 19 - PlotPlan da Vista Frontal.....	52
Figura 20 - Figura de referência da NFPA do exemplo de Classificação de Área.....	54
Figura 21 - Figura da área classificada ao redor do vaso de alimentação (FA-01).....	55
Figura 22 - Figura da área classificada ao redor da coluna de destilação (DA-01).....	55
Figura 23 - Figura da área classificada ao redor do condensador 1 (EA-01).....	56



Figura 24 - Figura da área classificada ao redor do condensador 2 (EA-02).....	56
Figura 25 - Figura da área classificada ao redor do vaso de condensado (FA-02).....	57
Figura 26 - Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 1 (FA-03).....	57
Figura 27 - Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 2 (FA-04).....	58
Figura 28 - Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 3 (FA-05).....	58
Figura 29 - Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 4 (FA-06).....	58
Figura 30 - Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 5 (FA-07).....	59
Figura 31 - Plot Plan da Vista Frontal da Área Classificada.....	59
Figura 32 - Vista superior da unidade de processamento do LADEQ.....	59

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Tabela de Pontos de Fulgor.....	22
Tabela 2 - Magnitude da classificação de áreas em função do volume, pressão e vazão.....	35
Tabela 3 - Matriz de Diagramas versus Material/Propriedades/Aplicação.....	38
Tabela 4 - Matriz de Diagramas versus Material/Propriedades/Aplicação do exemplo.....	39
Tabela 5 - Lista de equipamentos da Unidade de Processamento do LADEQ.....	52
Tabela 6 - Lista de equipamentos da Unidade de Processamento do LADEQ modificada.....	53
Tabela 7 - Tabela de recomendação de diagramas.....	53

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CAS	<i>Chemical Abstracts Service</i>
CCMN	Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
COBEI	Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações
CT	Centro de Tecnologia
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
LADEQ	Laboratório de Engenharia Química
LII	Limite Inferior de Inflamabilidade
LSI	Limite Superior de Inflamabilidade
MESG	<i>Maximum experimental Safe Gap</i>
MIC	<i>Minimum Ignition Current</i>
NBR	Norma Brasileira
NEC	<i>National Electrical Code</i>
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
PFD	<i>Process Flow Diagram</i>
RP	<i>Recommended Practice</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 CONCEITOS GERAIS SOBRE CLASSIFICAÇÃO ELÉTRICA DE ÁREAS</b> .....	17
2.1 CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS.....	17
2.1.1 <b>Histórico</b> .....	17
2.1.2 <b>Normas</b> .....	17
2.1.3 <b>Instituições</b> .....	18
2.2 CONCEITOS GERAIS SOBRE O FOGO.....	20
2.2.1 <b>Triângulo e Tetraedro do Fogo</b> .....	20
2.2.2 <b>Outras propriedades importantes para o entendimento do fenômeno do fogo</b> .....	23
2.3 DIFERENTES METODOLOGIAS DE CLASSIFICAÇÕES DE ÁREA.....	26
2.4 FUNDAMENTOS DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS SEGUNDO A NFPA 497....	27
2.4.1 <b>Zonas</b> .....	27
2.4.2 <b>Áreas Não Classificadas</b> .....	28
2.4.3 <b>Grupos</b> .....	29
2.4.4 <b>Ventilação</b> .....	30
2.4.5 <b>Outras Considerações</b> .....	30
2.5 EXTENSÃO DE ÁREAS CLASSIFICADAS.....	31
2.5.1 <b>Fatores relevantes para determinação da extensão de Áreas Classificadas</b> ...	31
2.5.2 <b>Interseção entre Áreas Classificadas</b> .....	33
<b>3 MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO NFPA 497 (2008)</b> .....	34
3.1 DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES DA NFPA 497 (2008).....	34
3.1.1 <b>Recomendações</b> .....	34
3.1.2 <b>Discussão sobre os diagramas</b> .....	35
3.2 PROCEDIMENTO DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS SEGUNDO A NFPA 497..	36
3.2.1 <b>Procedimento de classificar o local</b> .....	36
3.2.2 <b>Exemplo de seleção de diagrama apropriado</b> .....	38
<b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....	41
4.1 INTRODUÇÃO.....	41

4.2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA.....	41
4.3 ESTRUTURA FÍSICA.....	42
4.4 DESTILAÇÃO DE ÓLEO FÚSEL.....	44
4.4.1 <b>Processamento Típico</b> .....	44
4.4.2 <b>Processamento no LADEQ</b> .....	45
4.5 UNIDADE DE DESTILAÇÃO DO LADEQ.....	46
4.5.1 <b>Equipamentos</b> .....	46
4.5.2 <b>Funcionamento</b> .....	49
4.6 METODOLOGIA.....	51
4.7 RESULTADOS.....	54
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Modernas plantas industriais necessitam, cada vez mais, de inúmeros equipamentos, instalações ou instrumentos elétricos em sua operação. Alguns exemplos de equipamentos elétricos são: motores que acionam bombas, ventiladores, esteiras, sensores, válvulas, luminárias, interruptores, rádios de comunicação, etc. Para conferir mais segurança às indústrias, especialmente àquelas que lidam com produtos inflamáveis, emprega-se a classificação de áreas.

A classificação de áreas é um procedimento no qual são identificadas as regiões onde existe a possibilidade de se formar uma atmosfera explosiva. A “Classificação Elétrica de Área” consiste no mapeamento de locais onde existe a possibilidade de ocorrer atmosfera inflamável, que apresenta potencial de, quando em contato com uma fonte de ignição, gerar incêndio ou explosão.

O objetivo deste mapeamento é definir onde existe maior ou menor possibilidade de se formar uma atmosfera explosiva. Após esta definição, são tomadas medidas para que seja evitada a presença de fontes de ignição, como instalação e/ou substituição de equipamentos e instrumentos elétricos adequados a estes locais. Tal medida é importante para que a atmosfera explosiva, caso ocorra, não venha a sofrer ignição, que poderá ter consequências desastrosas em termos de danos materiais e humanos.

A classificação de áreas baseia-se em conceitos internacionais e nacionais, elaborados por órgãos como *National Fire Protection Association (NFPA)*, *American Petroleum Institute (API)*, *International Electrotechnical Commission (IEC)* e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Estes órgãos serão melhor explicados posteriormente. Como resultado tem-se um mapa das áreas que podem ser consideradas como um “volume de risco”. A Figura 1 é um exemplo de mapa de classificação de área, onde se apresenta a vista superior e nela ‘nuvens’ que envolvem os equipamentos, de modo a classificar estas regiões.

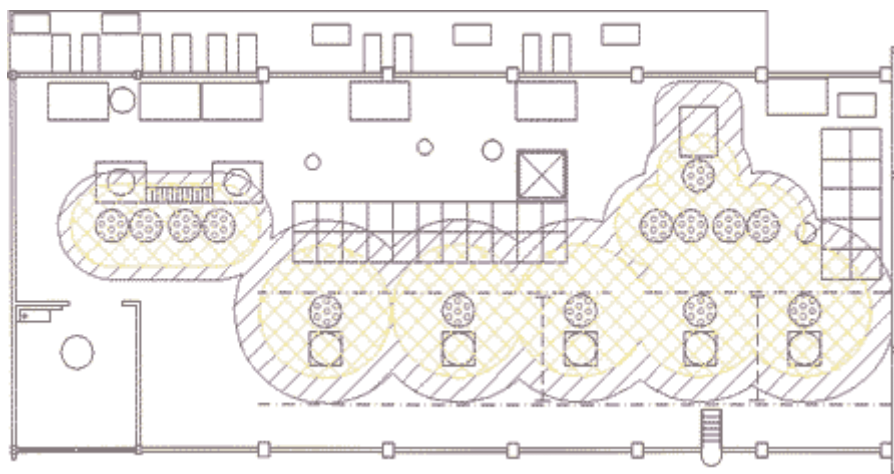


Figura 1 – Mapa de Classificação de Área  
 Fonte: Herco Consultoria de Riscos

A classificação de áreas é um procedimento pelo qual é identificado, na unidade industrial, os tipos de substâncias inflamáveis possíveis de ocorrerem no ambiente de processo. Define-se então a probabilidade destas substâncias estarem presentes no meio externo para formar mistura inflamável. Como resultado são fornecidos os volumes de risco gerados pelos equipamentos de processo que contém estes produtos inflamáveis e com que extensão essa probabilidade é esperada, definindo os limites da área com risco de presença de mistura explosiva. (CRUZ, 2012).

## 1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo realizar o estudo de classificação de áreas potencialmente explosivas para a unidade de destilação do Laboratório de Engenharia Química da UFRJ (LADEQ) através da metodologia apresentada na norma NFPA 497 (2008). Esse estudo de caso tem como foco principal ressaltar a importância de classificação de áreas, mesmo em ambientes laboratoriais e escalas piloto.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

O Capítulo 2 descreve um breve histórico sobre a Classificação Elétrica de Áreas e demonstra os conceitos básicos desta.

O Capítulo 3 define a metodologia aplicada, as discussões e as recomendações da norma NFPA 497.

O Capítulo 4 descreve o local onde está inserido o estudo de caso e os resultados obtidos para a simulação do estudo de caso.

O Capítulo 5 consiste nas conclusões sobre o trabalho realizado e sugestões para futuros projetos.



## 2 CONCEITOS GERAIS SOBRE CLASSIFICAÇÃO ELÉTRICA DE ÁREAS

### 2.1 CLASSIFICAÇÕES DE ÁREAS

#### 2.1.1 Histórico

O início da indústria de processos químicos e petroquímicos no Brasil foi caracterizado pela importação de projetos, em sua maioria de origem americana. Com isso, no que se refere às instalações elétricas em atmosferas potencialmente explosivas, durante muito tempo, seguiu-se a orientação da normalização técnica americana, destacando-se os documentos: *National Electrical Code* (NEC) e as publicações do *API*. (JORDÃO, 2002)

No início da década de 80, foi implantado na ABNT o Sub-Comitê 31, encarregado de elaborar normas brasileiras sobre esse assunto. O objetivo era de que essas normas fossem feitas com base nas normas internacionais, particularmente da IEC.

Essas mudanças refletiram-se de forma ampla, abrangendo a construção dos equipamentos, a classificação de áreas e a maneira de executar as montagens elétricas. Deve-se ressaltar que mesmo os Estados Unidos, que no passado possuíam suas próprias normas, hoje estão adotando também a tecnologia prevista pelas normas internacionais, através de revisões recentes de seus documentos normativos. Percebe-se claramente uma tendência universal de adoção das normas internacionais como base para o desenvolvimento de normas nacionais e regionais.

#### 2.1.2 Normas

As principais normas utilizadas em projetos de classificação elétrica de áreas em unidades de processamento e armazenamento de petróleo no Brasil são:

a) Normas Brasileiras:

ABNT NBR IEC 60079, 2009 – Atmosferas Explosivas, sendo esta uma tradução da IEC 60079 – *Explosive atmospheres*;

ABNT NBR 17505, 2006 – Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis.

b) Normas Internacionais:

API RP 500, 2002 - *Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division I and Division 2;*

API RP 505, 1997 - *Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone O, Zone 1, and Zone 2;*

IEC 60079-10, 2008 - *Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres - Part 10: Classification of Hazardous Areas;*

NFPA 497, 2008 - *Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.*

### 2.1.3 Instituições

#### IEC – *International Electrotechnical Commission*

A Comissão Eletrotécnica Internacional é uma organização sem fins lucrativos, não governamental, fundada em 1906. Esta é responsável pela elaboração de normas e padrões internacionais relacionados a tecnologias elétricas e eletrônicas. Regula a produção e distribuição de energia, eletrônicos, magnéticos e eletromagnéticos, eletroacústicos, multimídia e telecomunicações, normatizando sobre terminologias, simbologias edição e desempenho, confiabilidade e desenvolvimento, segurança e meio ambiente. (Site da IEC)

Os membros do IEC são Comitês Nacionais, e estes nomeiam peritos e delegados provenientes de indústrias, órgãos governamentais, associações e universidades para participar do trabalho de avaliação técnica e avaliação da conformidade do IEC.

Inicialmente localizada em Londres, sua sede atual localiza-se em Genebra desde 1948. Conta com mais de 130 países membros, possuindo centros regionais na Ásia (Singapura), América Latina (Brasil) e América do Norte (Estados Unidos). Hoje, a IEC é a principal organização internacional em seu campo, e suas normas são adotadas como normas nacionais pelos países-membros. As normas são elaboradas com a colaboração de mais de dez mil especialistas no ramo da elétrica e eletrônica, provenientes da indústria, do governo, de universidades e laboratórios. (CRUZ, 2012)

O Brasil é representado na IEC através do Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações (COBEI).

#### *API – American Petroleum Institute*

O *American Petroleum Institute* é a única associação comercial americana que representa todos os aspectos da indústria de petróleo e da indústria de gás natural dos EUA. Seus mais de 500 membros corporativos são provenientes de todos os segmentos da indústria, desde a maior empresa de petróleo até a menor das empresas independentes. Estes são produtores, refinadores, fornecedores, operadores de dutos e transportadores marítimos, bem como empresas que oferecem suporte a todos os segmentos da indústria. (Site da API)

O API foi criado em 1919 com o intuito de promover a cooperação entre o governo e as indústrias de petróleo em prol dos assuntos de interesse nacional, além de fomentar o comércio externo e interno dos produtos petrolíferos americanos.

O API busca defender os interesses da indústria do petróleo em todos os seus ramos e propiciar o aperfeiçoamento mútuo dos seus membros. Busca também o estudo das ciências relacionadas com a indústria de petróleo e gás natural.

É relevante que um órgão que atua em todos os aspectos da indústria do petróleo também esteja ligado à classificação de áreas, pois denota a importância do tema.

#### *NFPA – National Fire Protection Association*

NFPA é uma organização americana de desenvolvimento de normas fundada em 1896 com o objetivo de proteger pessoas, bens e o meio ambiente contra os efeitos danosos de incêndios. (Site da NFPA) É hoje uma das principais fontes de informações em todo mundo para o desenvolvimento e disseminação de conhecimento sobre segurança contra incêndio e proteção da vida. Apresenta um foco maior em incêndio estrutural devido ao seu contexto histórico de criação, embora venha se voltando para incêndios industriais mais recentemente. Sua sede está localizada na cidade de Quincy, estado de Massachusetts, nos Estados Unidos.

A NFPA orgulha-se de seu processo de preparação de códigos e normas, reconhecidamente abertos a todos os interessados e baseados em consenso. Com esse processo amplo e aberto, esta organização tem elaborado alguns dos documentos mais conhecidos e consultados da área de proteção contra incêndios: NEC (NFPA 70), Código de Proteção da Vida (NFPA 101), Código de Prevenção de Incêndios (NFPA 1) e Código Nacional de Alarmes contra Incêndio (NFPA 72). A NFPA é também líder na realização de

atividades educacionais de segurança contra incêndio, promovendo programas como o “*Learn Not to Burn*” para crianças desde a pré-escola e “*Remembering When*” para a terceira idade. (Site da NFPA)

As publicações da NFPA encontram-se disponíveis em vários idiomas e são fontes de referência em todo o mundo. Atualmente, a NFPA conta com mais de 75.000 associados provenientes de 107 países.

## 2.2 CONCEITOS GERAIS SOBRE O FOGO

O que visualizamos como “Fogo”, na verdade é uma reação química, exotérmica e que desprende luz, muito frequentemente denominada *Combustão*. Um conceito que nos ajuda a compreender este fenômeno é o “Tetraedro do Fogo”.

### 2.2.1 Triângulo e Tetraedro do Fogo

O triângulo do fogo (Figura 2) é a representação dos três elementos necessários para que se inicie uma combustão. Esses elementos são o combustível, o comburente e o calor. Porém para que o fogo se mantenha aceso e se propague é necessário que a chama forneça calor suficiente para continuar a queima do combustível, por isso considera-se a reação química como um quarto elemento essencial para que ocorra o fogo. O tetraedro do fogo (Figura 2) é um novo conceito que vincula este quarto elemento como parte do processo. Detalham-se os componentes do tetraedro a seguir.

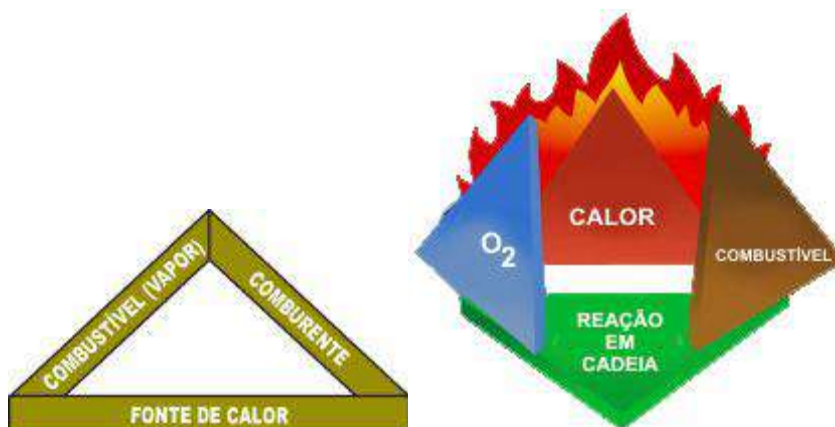


Figura 2 - Triângulo e Tetraedro do Fogo, respectivamente.

FONTE: Google Imagens

Calor: é a energia necessária para dar início e manter a combustão, sendo inicialmente proveniente de uma fonte de ignição (faíscas e chamas livres, por exemplo).

Comburente: é a substância que se associa quimicamente ao combustível fazendo-o entrar em combustão. Comumente é o oxigênio.

Reação em Cadeia: é a sequência de reações de combustão que ocorrem na medida em que o combustível reage com o comburente. Ao longo da cadeia de reações, uma série de intermediários é formada, dando origem a compostos extremamente tóxicos.

Combustível: é a substância suscetível a entrar em combustão, reagindo com o comburente.

Para melhor compreensão deste fenômeno, devem-se analisar outros aspectos referentes aos combustíveis. Estes aspectos são de extrema importância para o entendimento da combustão e encontram-se listados a seguir:

- a) Ponto de Fulgor
- b) “*Fire Point*”
- c) Limites de inflamabilidade
- d) Densidade relativa

Ponto de Fulgor (ou “*Flash Point*”):

Menor temperatura na qual um líquido libera vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável, porém, sem que a chama seja sustentada. A Tabela 1 apresenta o ponto de fulgor de algumas substâncias. Algumas delas não possuem ponto de fulgor pois sua temperatura de ebulição é muito baixa. Com isso, à pressão atmosférica, sempre que o líquido estiver presente haverá uma concentração suficiente para formação de uma labareda e muito possivelmente para que este fogo se mantenha.

Tabela 1 – Tabela de Pontos de Fulgor  
 FONTE: Cruz, 2012.

Substância	Ponto de Fulgor [°C]
Metano CH <sub>4</sub>	-
Benzeno C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-11
Éter Etílico (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	-40
Álcool Etílico C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	12
Dissulfeto de Carbono CS <sub>2</sub>	<-30
Hidrogênio H <sub>2</sub>	-
Acetileno C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	-
Óleo Diesel	>55

#### Temperatura de Combustão (ou *Fire Point*):

É a temperatura a partir da qual o vapor de combustível gerado é suficiente para manter a combustão. A maioria das tabelas de propriedades dos materiais só lista seus respectivos pontos de fulgor, mas, em geral, o “*fire point*” pode ser assumido como sendo cerca de 10°C mais elevado que este. (JORDÃO, 2002) No entanto, esta aproximação não substitui experimentos específicos para casos mais críticos e de elevado interesse.

#### Limites de Inflamabilidade

Os compostos possuem uma concentração mínima e uma concentração máxima para que ocorra a combustão quando misturados ao ar atmosférico na presença de uma fonte de ignição. Por exemplo, com a evaporação de uma poça de líquido inflamável, a concentração da mistura ar-combustível vai ficando maior no ambiente imediatamente próximo a poça. Pode-se supor que no início da evaporação a concentração é bem pequena e a mistura ainda não é inflamável, sendo denominada “mistura pobre”. Com a evaporação de mais combustível, a mistura atinge uma concentração a partir da qual se torna inflamável, entrando na determinada “zona de inflamabilidade”. A menor concentração na qual a mistura ar-combustível se torna inflamável é o limite inferior de inflamabilidade - LII. (CRUZ, 2012)

Com o aumento contínuo da concentração de inflamáveis é atingido um ponto onde a fração de vapores inflamáveis na mistura torna-se muito alta, deixando de ocorrer a combustão. A concentração de vapores inflamáveis a partir da qual não ocorre mais a ignição é dita limite superior de inflamabilidade - LSI. (CRUZ, 2012)

Entre o limite inferior e o limite superior de inflamabilidade existe uma faixa denominada “zona de inflamabilidade”. As substâncias que possuem faixas de inflamabilidade mais amplas, como é o caso do acetileno que possui uma faixa

aproximadamente entre 2,5 e 81 % (em volume), apresentam maior risco em relação às que possuem faixas menores, como por exemplo, o heptano que apresenta uma faixa aproximadamente de 1,10 a 6,7 % (em volume). Isto ocorre pois, em liberação para a atmosfera, o tempo de permanência como mistura inflamável será proporcional à amplitude da faixa de inflamabilidade da substância. Usualmente, os LII e LSI são expressos em porcentagem por volume.

### Densidade Relativa

A densidade relativa dos gases ou vapores combustíveis em relação ao ar atmosférico influencia fortemente a distribuição da nuvem combustível. Valores maiores que 1,0, ou seja, com densidade superior a do ar atmosférico, fazem com que essa nuvem se acumule em níveis inferiores aos do vazamento. Por outro lado, valores menores que 1,0 fazem com que a ‘nuvem’ suba e se dissipe, por conseguinte.

É preciso lembrar também que poucos são os gases ou vapores com densidades relativas menores que a do ar (como exemplos citam-se hidrogênio, acetileno, metano, eteno, amônia) e que estes casos configuram uma dispersão melhor do que os mais densos, que tendem a acumular próximos ao solo. A Figura 3 ilustra este processo.

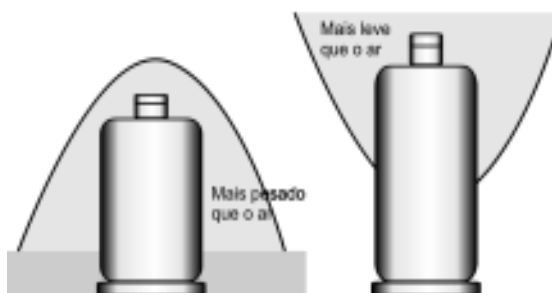


Figura 3 – Efeito da densidade relativa  
 FONTE: JORDÃO, 2002.

### 2.2.2 Outras propriedades importantes para o entendimento do fenômeno do fogo

Embora comumente tratadas como sinônimos, as expressões “líquido inflamável” e “líquido combustível” são definidas baseando-se nos valores de ponto de fulgor e pressão de vapor. Essa definição consta na norma ABNT NBR 7505 (2006) – Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis. Ressalta-se que esta é a mesma definição empregada na norma NFPA 30 – *Flammable and Combustible Liquids Code*.

### Líquido Combustível

São aqueles líquidos que possuem ponto de fulgor maior ou igual a 37,8°C (100°F) quando determinado pelo método do vaso fechado (American Society for Testing and Materials - ASTM D56). Este método é descrito detalhadamente na norma ASTM D 93-11.

#### Classificação de líquidos Combustíveis:

- a) Líquidos Classe II – qualquer líquido que possua ponto de fulgor entre 37,8°C (100°F) e 60°C (140°F). Exemplos: ácido fórmico, bromobenzeno e morfolina;
- b) Líquidos Classe IIIA – qualquer líquido que possua ponto de fulgor entre 60°C (140°F) e 93°C (200°F). Exemplos: benzaldeído, cicloexanol e nitrobenzeno;
- c) Líquidos Classe IIIB – qualquer líquido que possua ponto de fulgor igual ou maior que 93°C (200°F). Exemplos: ácido esteárico, álcool benzílico e etilenoglicol.

### Líquido Inflamável

São aqueles líquidos que possuem ponto de fulgor menor ou igual a 37,8°C (100°F) e pressão de vapor que não exceda a 2068,6 mm Hg (40 psig) a 37,8°C (100° F), quando determinado pelo método ASTM D323.

#### Classificação de líquidos inflamáveis:

- a) Líquidos Classe IA - líquido que possua ponto de fulgor abaixo de 22,8°C (73°F) e ponto de ebulição menor que 37,8°C (100°F). Exemplos: acetaldeído, éter etílico e propano;
- b) Líquidos Classe IB - líquido que possua ponto de fulgor menor que 22,8°C (73°F) e ponto de ebulição maior ou igual a 37,8°C (100°F). Exemplos: acetona, benzeno e tolueno;
- c) Líquidos Classe IC - líquido que possua ponto de fulgor entre 22,8°C (73°F) e 37,8°C (100°F). Exemplos: clorobenzeno, epicloroidrina e xileno.

A volatilidade dos líquidos aumenta com a temperatura. Quando aquecidos acima do seu ponto de fulgor, os líquidos das Classes II e III estarão sujeitos ao mesmo comportamento que os líquidos das Classes I e II respectivamente. O mesmo raciocínio vale para os líquidos que possuam ponto de fulgor acima de 93°C (200°F), desde que sejam aquecidos acima de seu ponto de fulgor quando serão considerados como líquidos da Classe III.



### MESG - *Maximum Experimental Safe Gap*

Máxima Abertura Segura Experimental é o máximo espaçamento entre duas superfícies metálicas paralelas que, sob determinadas condições, impedem uma explosão na câmara (interior) de ensaio de ser propagada para uma câmara (exterior) contendo o mesmo gás ou vapor, à mesma concentração. A partir de maiores aberturas, será possível propagar do interior para o exterior. A Figura 4 ajuda a ilustrar este conceito.

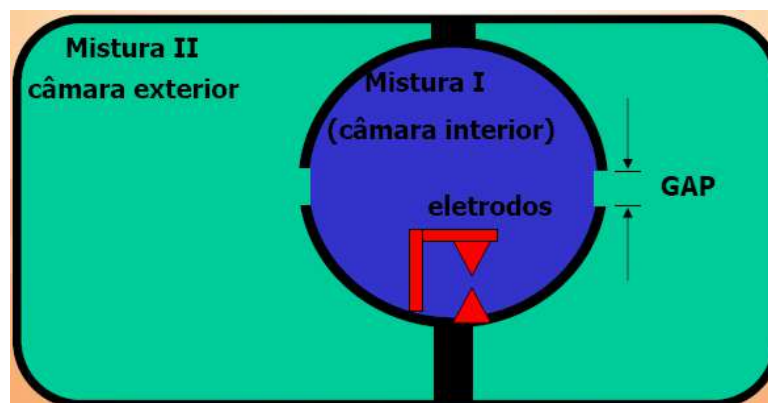


Figura 4 - MESG - *Maximum Experimental Safe Gap*. CRUZ, 2011.

Este conceito nos remete ao passado, durante o trabalho nas minas, onde existia presença constante de gás metano na atmosfera e era comum a ocorrência de acidentes devido ao uso de lanternas a gás. Estas serviam como fonte de ignição para a atmosfera explosiva formada pelo metano. Os mineiros passaram a proteger estas lanternas com telas perfuradas com aberturas muito pequenas, que de algum modo não compreendido evitavam a ignição da mistura metano-ar. Isto era possível porque os diminutos furos da tela não permitiam a propagação da chama, promovendo intensa troca térmica. A perda de calor da chama para as laterais dos orifícios reduz a temperatura desta até o ponto que não é mais possível sua propagação.

### MIC - *Minimum Ignition Current*

Em português, Mínima Corrente de Ignição, é a corrente mínima necessária de uma descarga numa faísca para inflamar a mistura de gás ou vapor inflamável com o ar. (CRUZ,2012)

### 2.3 DIFERENTES METODOLOGIAS DE CLASSIFICAÇÕES DE ÁREA

No Brasil não há restrição legislativa para o uso das normas internacionais para projetar as áreas classificadas. As principais normas adotadas na prática são: IEC 60079-10-1, traduzida sob a forma da NBR IEC 60079-10-1, de 2009: Atmosferas explosivas Parte 10-1: Classificação de áreas - Atmosferas explosivas de gás; API RP 505 de 1997 - *Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2*; e NFPA 497 de 2008 - *Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Area*.

Segundo Cruz (2012), os conceitos necessários à classificação de áreas perigosas são muito semelhantes entre estas normas. Porém, o principal objeto de discrepâncias entre as normas é a definição da extensão da área classificada, já que cada uma delas estabelece um mecanismo próprio para a definição desta extensão. Diferentes normas resultam em diferentes áreas classificadas, modificando profundamente o projeto da unidade industrial.

Entre as diversas normas disponíveis, incluindo as regulamentações nacionais, será utilizada neste trabalho a NFPA 497 de 2008, por entender que ela no comparativo com as outras normas é a que possibilita maior praticidade nos formatos de liberação e na dimensão da extensão. A seguir diferentes aspectos de cada norma são discutidos, justificando a escolha da NFPA 497.

A IEC define a extensão da classificação das áreas em torno de uma fonte de risco como a extensão, obtida através de estimativa ou cálculos, onde uma atmosfera pode estar presente antes de se dispersar no ar para uma concentração abaixo do seu limite inferior de inflamabilidade (CRUZ, 2012). Como os métodos para obtenção das dimensões de classificação não são claramente estabelecidos na norma fica evidenciada a tendência ao uso de simulações de modelos de dispersão através de softwares de Fluido Dinâmica Computacional (CFD). Porém o projeto seria muito maior, pois necessitaria de pessoas treinadas, licença de softwares e processadores robustos para realizarem estas simulações. Os desenhos de referência recomendados na NFPA 497 atendem o objetivo deste trabalho de maneira mais prática e objetiva, sem deixar de serem efetivos.

Na API RP 505, específica para a cadeia do petróleo e gás (plataformas, refinarias, plantas petroquímicas), pode-se notar as figuras recomendadas como uma grande vantagem. Para definir a extensão da área classificada precisa-se apenas de informações como o grau da

fonte de risco, a substância liberada e a ventilação do local. Não são necessárias as condições de processo, taxas de liberação ou número de renovações de ar. Com as informações necessárias para a classificação escolhe-se a figura de referência que melhor se encaixa no cruzamento de dados.

Cabem mais alguns comentários em relação à API RP 505, como a ressalva de que a norma é orientativa, necessitando assim de senso crítico e de profissionais especializados para a conclusão do projeto; e, que por se tratar de áreas de processamento de petróleo, as condições de processo que não precisam ser informadas, são consideradas altas, como é típico destas áreas.

Assim, a NFPA 497 assemelha-se a API RP 505, porém, distinguindo-se exatamente no aspecto negativo da segunda norma, na influência das condições de processo (vazão, pressão e temperatura). A NFPA 497 apresenta figuras prontas das extensões de liberação, não apresentando uma extensão única, pois de acordo com os dados de processo (vazão, pressão e temperatura), as extensões serão ajustadas.

## 2.4 FUNDAMENTOS DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS SEGUNDO A NFPA 497 (2008)

### 2.4.1 Zonas

A classificação das áreas em zonas segue um critério didático para diferenciar alguns possíveis locais de emissões. O primeiro passo para se classificar uma área é definir em qual zona ela se encontra.

#### Zonas 0

Zonas 0 são locais onde a concentração de gases ou vapores inflamáveis estão presentes de maneira contínua ou por longos períodos de tempo.

#### Zonas 1

Zonas 1 são locais:

- onde a concentração de ignição de gases ou vapores é esperada durante a operação normal;
- onde a concentração de ignição de gases ou vapores pode existir frequentemente por operações de reparo ou de manutenção;
- em que o equipamento (ou a jusante dele) é operado de tal maneira que avarias no equipamento ou operações defeituosas poderiam resultar na liberação de gases ou vapores

inflamáveis na concentração de ignição e também causar falha simultânea de equipamento elétrico de modo a fazer com que o equipamento elétrico se torne uma fonte de ignição;

- adjacentes a locais de Zonas 0, onde a concentração de ignição de gases ou vapores pode se comunicar com esta área, a menos que esta comunicação seja prevenida por uma adequada ventilação com pressão positiva proveniente de uma fonte de ar limpo e de salvaguardas efetivas contra falhas dos ventiladores.

## Zonas 2

Zonas 2 são locais:

- onde a concentração de ignição de gases ou vapores não é esperada durante a operação normal e, se ocorrer, será por um curto período;

- onde líquidos voláteis e inflamáveis, ou gases ou vapores inflamáveis são manuseados, processados ou usados, mas normalmente estão confinados em recipientes fechados ou sistemas fechados a partir do qual eles podem escapar apenas como um resultado da ruptura acidental ou desagregação dos recipientes, ou resultado de uma operação anormal do equipamento com o qual são processados, manuseados ou usados;

- onde a concentração de ignição de gases ou vapores normalmente é impedida pela ventilação mecânica positiva, mas que podem tornar-se perigosos, como resultado de falha ou operação anormal do equipamento de ventilação;

- adjacentes a locais de Zonas 1, onde a concentração de ignição de gases ou vapores pode se comunicar com esta área, a menos que esta comunicação seja prevenida por uma adequada ventilação com pressão positiva proveniente de uma fonte de ar limpo e de salvaguardas efetivas contra falhas dos ventiladores.

- onde frequentemente são usados líquidos e gases inflamáveis, mas só se torna arriscado no caso de um acidente ou em alguma eventual condição de operação anormal.

### 2.4.2 Áreas Não Classificadas

Segundo a norma, a experiência mostra que as áreas que apresentam liberação de misturas inflamáveis por alguns equipamentos e operações que ocorrem raramente não necessitam ser classificadas. Não é necessário classificar os seguintes locais, onde materiais combustíveis são processados, armazenados ou manuseados, como por exemplo:

- Locais com adequada ventilação, onde materiais combustíveis estão circulando (sem vazamentos), com boa manutenção e tubulações fechadas;
- Locais que não possuem ventilação adequada, mas onde as tubulações não apresentam válvulas, flanges e outros acessórios similares que podem ser propensos a vazamentos;
- Locais onde materiais combustíveis são armazenados em recipientes adequados;
- Locais onde o uso de combustíveis líquidos, ou líquidos e gases inflamáveis, não irá produzir gases ou vapores suficientes para alcançar vinte e cinco por cento do limite inferior de inflamabilidade do material combustível.

### 2.4.3 Grupos

Grupos são classificações dos materiais combustíveis. Serve para saber o nível de risco que o material combustível oferece. O grupo inicial, A, é composto apenas por acetileno, pois é o elemento que apresenta maior risco dentre as substâncias inflamáveis dos grupos. Posteriormente o grupo B será o de maior risco e assim por diante.

Para classificar os grupos, precisa-se introduzir o conceito de material combustível. Material combustível é o termo genérico para descrever gases inflamáveis ou líquidos inflamáveis que produzem vapor ou combustível líquido. Abaixo segue a classificação de materiais combustíveis da NFPA 497 (2008).

#### Classificação de materiais combustíveis

Grupo A: Acetileno (substância que apresenta o maior risco)

Grupo B: Constituído por gases e vapores inflamáveis com MESG menor ou igual a 0,45 ou MIC menor ou igual a 0,40. Exemplos: butadieno, hidrogênio e óxido de eteno;

Grupo C: Composto por gases e vapores inflamáveis com MESG maior que 0,45 e menor ou igual a 0,75 ou MIC maior que 0,40 e menor ou igual a 0,80. Exemplos: acetaldeído, eteno e éter dietílico;

Grupo D: Composto por gases ou vapores inflamáveis com MESG maior que 0,75 ou MIC maior que 0,80. Exemplos: acetona, amônia e benzeno;

Existem classificações diferentes em relação ao tipo de material líquido, combustível ou inflamável. Estas são diferentes e não tem compromisso de apresentarem equivalências, pois estão baseadas em conceitos diferentes e tem aplicações diferentes. A classificação dos combustíveis está baseada nos conceitos de MESG e MIC, enquanto a classificação dos materiais inflamáveis está vinculada ao ponto de fulgor.

#### 2.4.4 Ventilação

A ventilação do local é um fator que influencia diretamente a definição do tipo de zona. Também influencia na área de extensão da classificação. Com uma boa ventilação, existe menor probabilidade de se formar uma nuvem explosiva. E, caso ocorra, a nuvem se formará com um menor volume de extensão.

Locais considerados com adequada ventilação incluem os seguintes:

- Locais externos;
- Uma construção, um cômodo ou espaço aberto e livre de obstruções para a passagem natural do ar, tanto vertical como horizontalmente;
- Local parcialmente ou totalmente fechado, com ventilação equivalente a ventilação natural.

#### 2.4.5 Outras Considerações

Chamas abertas e superfícies quentes associadas a operações de determinados equipamentos, tais como aquecedores e caldeiras, fornecem fontes inerentes de ignição térmica. Classificações de área não são aplicáveis, pois nestes lugares as fontes de ignição são existentes e inevitáveis.

É prudente evitar a instalação de equipamentos elétricos que possam gerar uma fonte de ignição primária de potenciais fontes de vazamento. Estes vazamentos se localizariam principalmente em bombas, válvulas e em linhas de alimentação de combustível.

## 2.5 EXTENSÃO DE ÁREAS CLASSIFICADAS

### 2.5.1 Fatores relevantes para determinação da extensão de Áreas Classificadas

Além dos fatores mencionados anteriormente para determinar a extensão das áreas classificadas, deve-se ainda atentar aos seguintes fatores, segundo a NFPA:

- Material combustível;
- Densidade relativa de vapor do material;
- Temperatura do material;
- Processo ou armazenagem sobre pressão;
- Formato da liberação;
- Ventilação;
- Barreiras físicas.

#### Material combustível

Primeiramente deve-se certificar se o material realmente se trata de um material combustível. Certificado de que se trata de um material combustível, quando identificado pode-se levantar informações importantes, como seus limites de inflamabilidade e densidade, por exemplo.

#### Densidade relativa de vapor do material

Como já definido neste estudo, a densidade relativa ditará, dependendo da ventilação local, se o vapor tende a descer ou a subir. Para efeito de caracterização da extensão da área classificada, a densidade relativa mostra que, geralmente, substâncias mais densas que o ar tendem a se concentrar entre os equipamentos e o solo, gerando uma maior extensão da área classificada nas partes inferiores do equipamento.

#### Temperatura do Material

A temperatura é outro fator a ser levado em consideração na extensão da área. Quanto maior a temperatura, menor a densidade do gás. A temperatura do processo influencia principalmente por causa do risco de incêndio.

### Processo ou armazenagem sob pressão

Nos processos de alta pressão os limites da área classificada são substancialmente alterados. Quanto maior a pressão, maior será a ‘nuvem’ formada. Isto ocorre pois, em caso de vazamento, as pressões internas e externas tendem a se equalizar, e quanto maior a pressão interna, mais gás será liberado com a intenção de equalizar essas pressões. O maior volume vazado aumenta a região provável de se encontrar mistura explosiva.

### Formato da Liberação

A extensão da área classificada, obviamente, é muito influenciada pelo formato da fonte de liberação, pois a distribuição física do gás ao redor da fonte indica a maior probabilidade de existência da mistura inflamável. A influência do formato da liberação é demonstrada na Figura 5, através do contorno do equipamento. Quanto mais uniforme a fonte de liberação, mais parecido com um simples contorno do equipamento será a extensão.

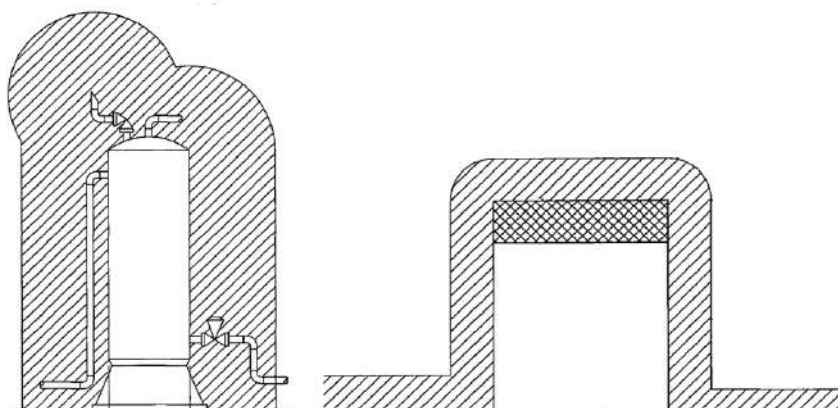


Figura 5- Formato de Liberação.

Fonte: API RP 505, 1997.

### Ventilação

Como já conceituado neste texto, a ocorrência ou não de ventilação influencia na classificação da zona em que se encaixa a área. Após a definição do tipo de zona, deve se levar em consideração a velocidade da ventilação para especificar a extensão da área. Baixas ventilações favorecem o acúmulo da nuvem e um maior volume de risco, enquanto altas taxas de renovação indicam um menor volume de risco.



## Barreiras físicas

Na ocorrência de barreiras físicas, como por exemplo, paredes, o gás, obviamente, não irá ultrapassar esta região. Portanto a barreira impedirá o volume de risco de ocupar aquele espaço, interrompendo a extensão da classificação. A Figura 6 ajuda a observar o efeito das barreiras físicas. Na figura da esquerda a presença de barreira impede a passagem dos vapores, enquanto na figura a direita, diante da ausência de barreiras, este impedimento não ocorre.

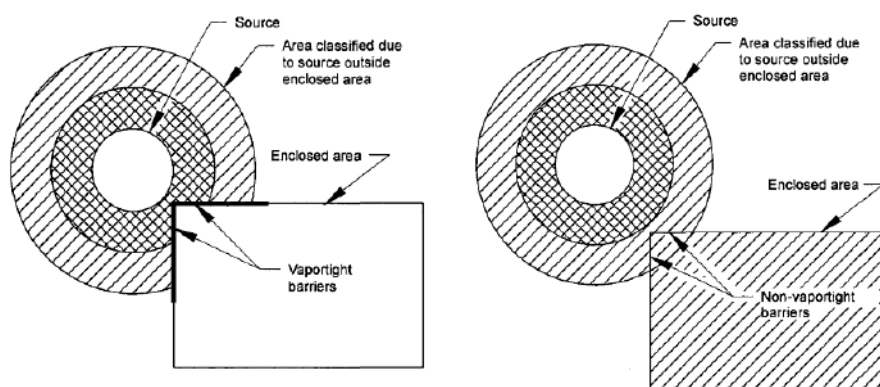


Figura 6 - Barreiras Físicas. API RP 505.  
Fonte: API RP 505, 1997.

### 2.5.2 Interseção entre Áreas Classificadas

Com uma relativa frequência, ocorrerá a sobreposição de áreas classificadas no ambiente industrial. Quando isto ocorrer, deve-se adotar o prevenicionismo e classificar a área de forma mais segura, ou seja, classificar como da zona de maior perigo dentre as áreas sobrepostas.

Por exemplo, imagina-se dois equipamentos idênticos, porém operando com pressões diferentes e na mesma ventilação, dispostos próximos um do outro. Aquele operando a maior pressão pode gerar uma zona de maior probabilidade de existência de mistura inflamável. Se a distância entre eles permitir a interseção entre estas áreas, devemos classificar de acordo com o prevenicionismo, optando pela zona determinada pelo equipamento operando na maior pressão.

Assim, com as informações deste capítulo servindo de base para o entendimento do tema, nos próximos capítulos o trabalho será focado na NFPA 497.

### 3 MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO NFPA 497 (2008)

Conforme discutido no capítulo anterior, neste estudo optou-se por adotar como referência a norma NFPA 497. Retomando a discussão anterior, esta escolha deve-se pela comparação entre as outras principais normas. A IEC não apresenta figuras de referência, necessitando de simulações de modelos de dispersão. Enquanto que a API RP 505 apresenta figuras de referência, porém figuras que abrangem uma gama muito grande de variações de condições de processo. Além disso, no trabalho de referência (CRUZ, 2012) é amplamente discutido o uso das normas e aponta que a norma NFPA 497 apresenta vantagens. Portanto, por apresentar figuras de referência que se adaptam para variações nas condições de processo (pressão, vazão, temperatura e volume), a escolha da NFPA 497 se mostrou a mais adequada.

#### 3.1 DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES DA NFPA 497 (2008)

##### 3.1.1 Recomendações

Plantas de processos contínuos e de grandes lotes de produtos químicos, não necessariamente petroquímicas, podem ser quase tão grandes quanto refinarias, de modo que pode ser adequado que sigam as práticas das refinarias. Vazamentos a partir de bombas e de eixos, flanges de tubulação e válvulas geralmente aumentam com o tamanho do equipamento de processo, a pressão e a vazão.

Ao decidir entre usar um esquema de classificação geral da planta ou uma classificação individual por equipamento, o tamanho do mesmo, sua vazão e pressão podem apresentar informações importantes que devem ser levadas em consideração.

Diagramas *point-source* são diagramas onde se supõe que em caso de vazamento, este será uma fonte única e de extensão insignificante. Podem ser usados na maioria dos casos para plantas pequenas ou de armazenamento de produtos químicos; para plantas grandes e de altas pressões as recomendações do API são mais adequadas.

A Tabela 2 define faixas de risco de acordo com tamanho, pressão e vazão para equipamentos e tubulações que lidam com materiais inflamáveis. É a partir destas faixas que é feita a classificação de áreas.

Tabela 2 - Magnitude da classificação de áreas em função do volume, pressão e vazão  
 Fonte: CRUZ, 2012, baseado na NFPA 497.

Equipamento	Unidade	Pequeno/baixo	Moderado	Grande/Alto
Volume	m <sup>3</sup>	<19	19 - 95	>95
Pressão	kgf/cm <sup>2</sup>	<7	7 - 35	>35
Vazão	m <sup>3</sup> /h	<23	23 - 114	>114

Segundo a NFPA 497, a maioria das plantas químicas se localiza na faixa moderada de tamanho, pressão e vazão para equipamentos e tubulações que lidam com materiais inflamáveis. No entanto, como existem casos particulares e condições especiais que devem ser consideradas, é necessário um parecer de especialista para a análise de cada caso.

### 3.1.2 Discussão sobre os diagramas

A NFPA 497 (2008) contém uma série de diagramas que ilustram como fontes típicas de materiais combustíveis devem ser classificadas e as recomendações das várias classificações. Alguns dos diagramas são para uma fonte, outros podem ser aplicados para múltiplas fontes em um espaço fechado ou numa área de operação. A Figura 7 exemplifica um diagrama da norma NFPA 497.

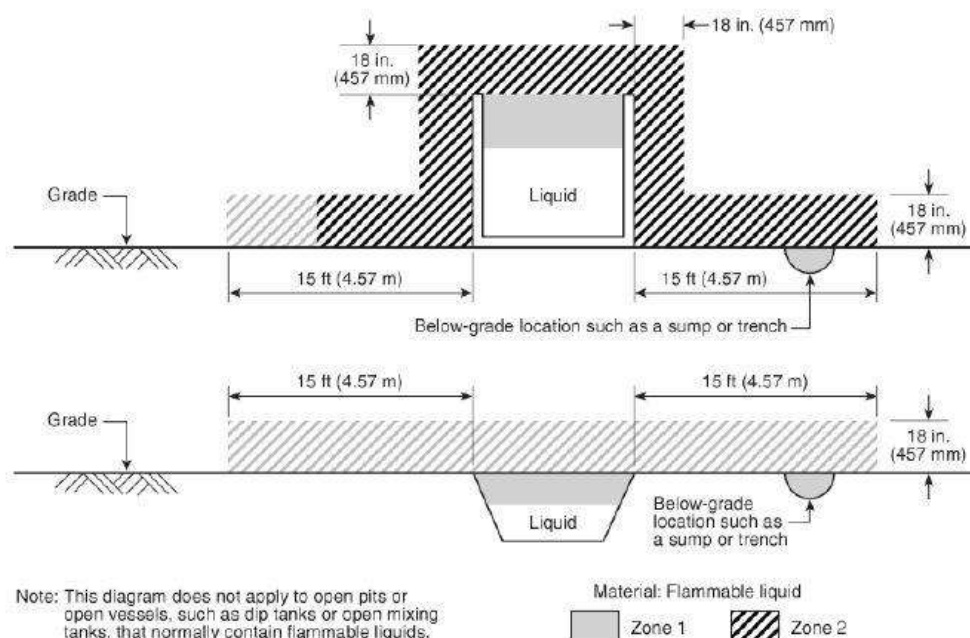


Figura 7- Exemplo de figura de referência da NFPA.  
 Fonte: NFPA 497, 2008.

A intenção do uso de diagramas é auxiliar na classificação de unidades operacionais, de plantas de processo e edifícios. A maioria dos mapas serão vistas planas. Normalmente, vistas de elevações ou de seções são exigidas.

Gases mais leves que o ar, como hidrogênio e metano, vão se dispersar muito facilmente. No entanto, se tais gases estão evoluindo a partir do estado criogênico (tais como hidrogênio liquefeito ou gás natural liquefeito), deve-se tomar cuidado, pois, para um período de tempo finito imediatamente após a liberação, esses gases estarão mais pesados que o ar devido as suas baixas temperaturas.

## 3.2 PROCEDIMENTOS DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS SEGUNDO A NFPA 497

### 3.2.1 Procedimento de classificar o local

O procedimento descrito abaixo deve ser usado para cada ambiente, seção ou área a ser classificada:

**Passo um:** Determinar se a área precisa realmente ser classificada. Essa necessidade se revela caso material inflamável seja processado, manuseado ou armazenado nela – e se existe alguma possível fonte de vazamento. Por exemplo, tubulações soldadas não precisam ser classificadas, independente do fluido.

**Passo dois:** Coletar informações.

(1) Informações da instalação proposta

(2) História da instalação existente: Para uma instalação existente, a experiência individual da planta é extremamente importante na classificação de áreas dentro da planta. Tanto para a operação quanto para a manutenção da planta devem ser feitas as seguintes perguntas:

- 1- Houve casos de vazamento?
- 2- Vazamentos ocorrem com frequência?
- 3- Vazamentos ocorrem durante operação normal ou anormal?
- 4- Os equipamentos estão em boas condições, condições questionáveis ou necessitam de reparo?
- 5- As práticas de manutenção resultam na formação de misturas inflamáveis?
- 6- O nivelamento rotineiro das linhas de processo, mudança de filtros, abertura de equipamentos e assim por diante podem resultar em misturas inflamáveis?

(3) Diagrama de Fluxo de Processo (PFD): Um fluxograma do processo mostrando pressão, temperatura, vazão e composição dos materiais que passam pelo processo.

(4) *Plot Plan* (ou projeto plotado): No *plot plan* ou desenho similar, é necessário mostrar todos os vasos, tanques, lagoas, fossas, construções, diques, partições, valas e itens similares que podem afetar a dispersão de qualquer líquido, gás ou vapor. O *plot plan* deve incluir a direção do vento predominante.

(5) Propriedades de perigo de incêndio de materiais combustíveis: As propriedades necessárias para determinar a classificação da área para vários materiais são mostradas na tabela 4.4.2 da NFPA 497. Esta tabela apresenta várias informações relevantes das substâncias, como o número CAS, grupo, temperatura de *flash*, pressão de vapor, densidade da fase vapor, temperatura de autoignição, LII e LSI.

**Passo três:** Selecionando o diagrama de classificação apropriado:

(1) De acordo com as informações do Diagrama de Fluxo de Processo (PFD) podem-se determinar os dados de temperaturas, pressões e vazões e classificá-los de acordo com a Tabela 2, a fim de determinar:

- 1- Se o tamanho dos equipamentos de processo é pequeno, moderado ou grande.
- 2- Se a pressão é baixa, moderada ou alta.
- 3- Se a vazão é baixa, moderada ou alta.
- 4- Se o material combustível é mais leve que o ar (densidade relativa do vapor < 1) ou mais pesado que o ar (densidade relativa do vapor > 1).
- 5- Se a fonte de vazamento é acima ou no nível do chão.
- 6- Se o processo ocorre *onshore*, *offshore*, em unidade de transporte ou terminais de carregamento/descarregamento.

(2) Usando as informações acima, preenche-se a tabela 5.9 da NFPA 497(2008) e seleciona-se o(s) diagrama(s) de classificação apropriado(s). Esta tabela apresenta itens como:

- Densidade relativa;
- Criogenia;
- Espaço com ventilação insuficiente ou impedida;
- Ao ar livre;
- Acima do solo;
- No solo;
- Tamanho;
- Temperatura;

- Pressão;
- Vazão.

A Tabela 3 apresenta uma reprodução traduzida da tabela 5.9 da NFPA 497. Indica um diagrama de acordo com o preenchimento das colunas.

Tabela 3 –Matriz de Diagramas versus Material/Propriedades/Aplicação.

Fonte: Traduzida a NFPA 497 (2008).

Número da figura para classe 1 Zona	Condição Especial	Densidade Relativa >1	Densidade Relativa <1	Criogênico	Confinado	Confinado, Má ventilação	Ao ar livre	Acima do solo	No solo	Tamanho	Pressão	Vazão
5.10.1(a)		X					X		X	P/M	P/M	P/M
5.10.1(b)		X					X	X		P/M	P/M	P/M
5.10.1(c)		X			X				X	P/M	P/M	P/M
5.10.1(d)		X			X			X		P/M	P/M	P/M
5.10.1(e)		X			X				X	P/M	P/M	P/M
5.10.1(f)		X				X			X	P/M	P/M	P/M
5.10.1(g)		X					X		X	G	M/G	G
5.10.1(h)		X					X	X		G	M/G	G
5.10.1(i)		X				X		X		M/G	G	M/G
5.10.1(j)		X			X			X		M/G	G	M/G
5.10.1(k)		X					X	X	X	P/M	P/M	P/M
5.10.1(l)		X					X	X	X	M/G	M/G	M/G
5.10.1(m)		X					X	X	X	P/M	P/M	P/M
5.10.1(n)		X			X			X	X	P/M	P/M	P/M
5.10.2(a)		X		X			X		X	P/M	M/G	P/M

#### **Passo quatro:** Determinação da extensão do local classificado.

A extensão da área classificada pode ser determinada usando o parecer de especialistas para aplicar os métodos discutidos nesta seção e os diagramas contidos na norma NFPA 497.

#### **3.2.2 Exemplo de seleção de diagrama apropriado**

Para exemplificar o processo de seleção de diagrama, o exemplo retratará um tanque de armazenamento de eteno localizado em um suporte a aproximadamente um metro e meio do chão. O tanque é um intermediário entre o processo de separação e o armazenamento final da produção, porém se localiza junto à unidade de separação, localizada no interior de uma construção. Opera com vazão de 56 m<sup>3</sup>/h, pressão de 38 kgf/cm<sup>2</sup> e possui um volume de 43 m<sup>3</sup>.

Dados:

- Pressão de 48 kgf/cm<sup>2</sup>. Considerada como alta.
- Vazão de 56 m<sup>3</sup>/h. Considerada como moderada.
- Volume do equipamento de 43 m<sup>3</sup>. Assim é classificado como moderado.
- Material combustível é etileno, cuja densidade relativa é de 2,7.
- Local da fonte de vazamento é acima do solo.

- Encontra-se em espaço confinado.
- Não apresenta condição de processo especial.

De posse destes dados, depois de alocados em suas faixas de risco, compara-se com a Tabela 3 deste trabalho. O resultado é apresentado na Tabela 4, onde é indicado um diagrama.

Tabela 4 –Matriz de Diagramas versus Material/Propriedades/Aplicação do exemplo.

Número da figura para classe 1 Zona	Condição Especial	Densidade Relativa >1	Densidade Relativa <1	Criogênico	Confinado	Confinado, Má ventilação	Ao ar livre	Acima do solo	No solo	Tamanho	Pressão	Vazão
5.10.1(j)		X			X			X		M/G	G	M/G

Após a geração da tabela, seleciona-se a figura de referência indicada, mostrada na Figura 8. Estas figuras de referência da norma apresentam um corte frontal da área industrial que se está classificando. Além disso, sobreposto ao desenho da área industrial, a figura apresenta as dimensões da área classificada (representada pelas hachuras) e suas cotas. A área classificada ainda pode apresentar mais de um tipo de zona, que são identificadas nas legendas.

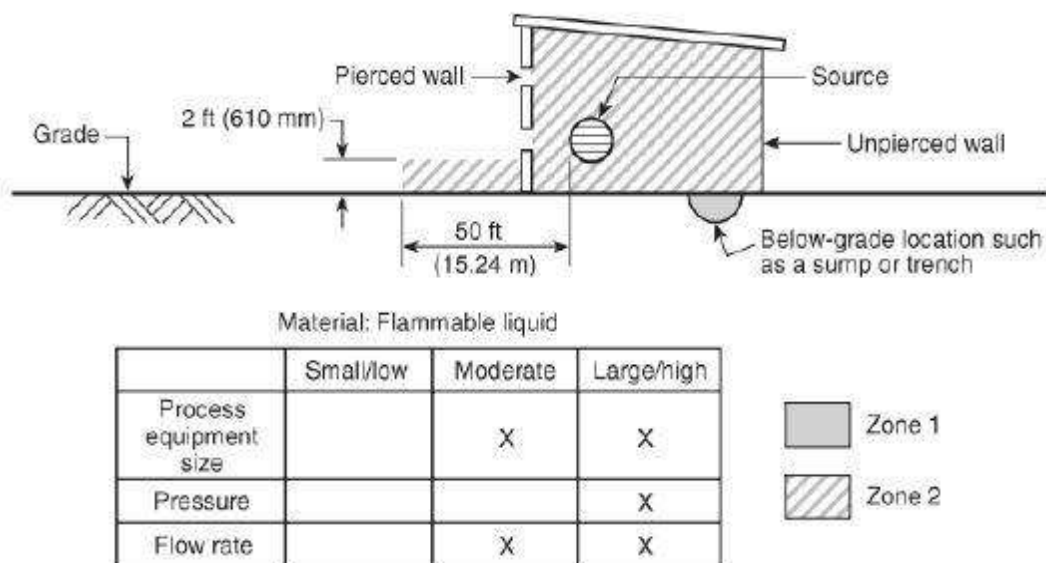


Figura 8- Figura de referência da NFPA do exemplo de Classificação de Área.  
Fonte: NFPA 497, 2008.

Para a seleção do diagrama de referência adequado, o exemplo termina aqui. Mas caso o exemplo fosse adiante, com todas as informações necessárias, utilizar-se-ia esta figura de referência da NFPA 497, para gerar uma plotagem da situação que visa aproximar-se ao

máximo do caso desejado. Esta figura passaria pela avaliação de especialistas antes que o projeto fosse finalizado.



## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo realiza um Estudo de Caso envolvendo a aplicação da norma NFPA 497 (2008) em uma unidade de destilação piloto que se encontra instalada no Laboratório de Engenharia Química (LADEQ), da Escola de Química da UFRJ.

### 4.2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

O Laboratório de Engenharia Química, LADEQ, fica localizado no Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na Ilha do Fundão. Além do Centro de Tecnologia, a Ilha abriga outros centros, como o Centro de Ciências da Saúde (CCS) e o Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza (CCMN), além da Reitoria e de centros de pesquisas federais e, recentemente, centros de pesquisas privados. A Ilha do Fundão é o maior campus da UFRJ e o CT é um centro de destaque pelo seu tamanho e número de alunos. A Figura 9 mostra a ilha do Fundão, com destaque para a Localização do Centro de Tecnologia.



Figura 9 - Vista Aérea da Ilha do Fundão  
Fonte: Google Maps

O Centro de Tecnologia é composto por nove blocos, identificados por letras de “A” a “I” (Figura 10). Os Blocos de “A” até “H” são paralelos, enquanto que o Bloco “I” é transversal aos blocos “C” a “H”, funcionando como uma ligação entre os blocos. O Bloco “A” apresenta sete andares e o bloco “H” três. Os blocos intermediários, de “B” a “G” tem apenas dois pavimentos cada. A Escola de Química ocupa integralmente o Bloco “E”. O LADEQ se localiza no Bloco “I”, aproximadamente nos fundos do Bloco “E”, conforme indicado em vermelho na Figura 10.

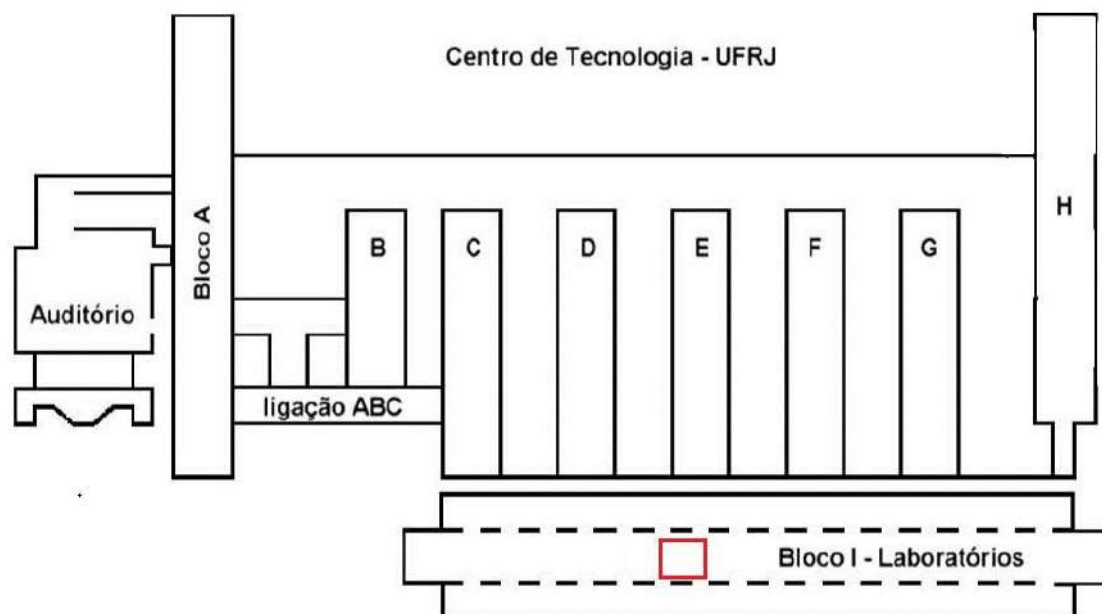


Figura 10 – Divisão do Centro de Tecnologia

Fonte: Adaptado do Portal do Departamento de Engenharia Eletrônica e de Computação

### 4.3 ESTRUTURA FÍSICA

As instalações físicas do LADEQ localizam-se no interior do Bloco I, conforme retratado na Figura 10. Sua estrutura principal é composta por quatro pavimentos: “sub-solo”, “térreo”, “primeiro piso” e “segundo piso”. Além da estrutura principal, o Laboratório conta com um anexo independente, o “Laboratório Multidisciplinar” localizado no subsolo do Bloco I. O LADEQ conta também com algumas instalações externas, usadas para abrigar casas de gases, compressores de ar, etc.

A estrutura principal divide-se basicamente em dois ambientes: “vão livre” e “salas e laboratórios”. No “vão livre” encontram-se os equipamentos de grande porte, com largura e

altura não compatíveis com salas convencionais. As “salas e laboratórios” abrigam equipamentos de menor porte. O croqui do pavimento térreo, na Figura 11, permite compreender sua divisão espacial. O vão livre encontra-se representado pelo retângulo em cinza.

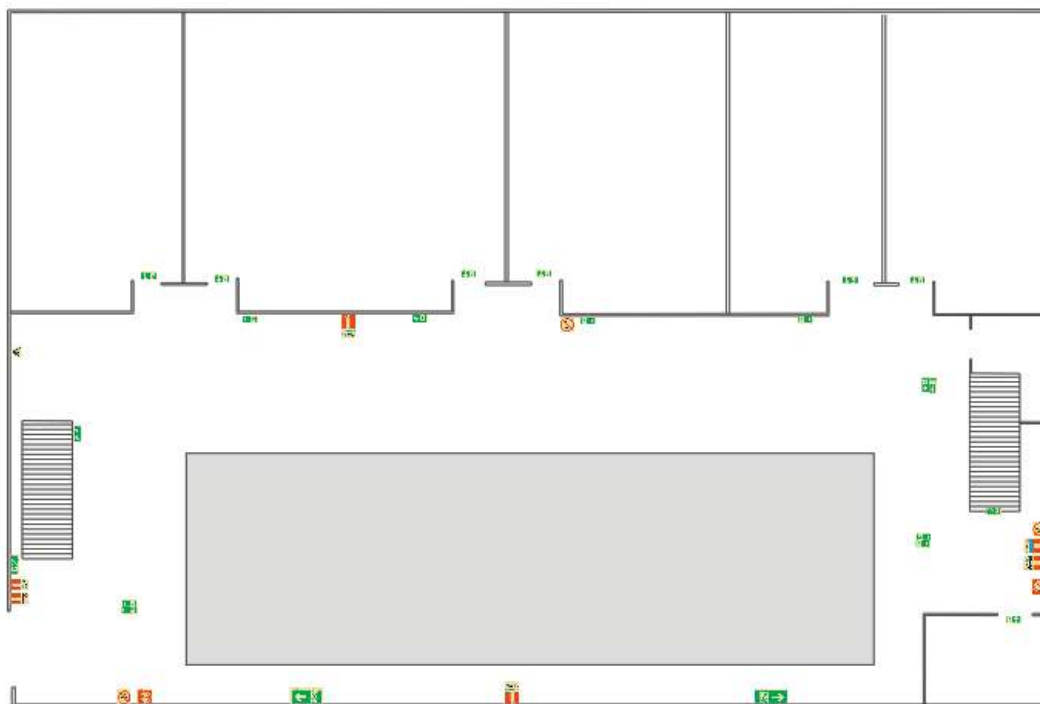


Figura 11 - Os dois ambientes do LADEQ: o “vão livre” e “salas e laboratórios”.

A Coluna de destilação se situa no subsolo, no “vão livre”. É no subsolo onde se localizam todos os equipamentos de grande porte, com destaque para a “coluna de destilação”, alvo deste estudo de caso, cuja estrutura avança desde o piso até próximo ao teto (Figura 12).



Figura 12 - Coluna de Destilação do LADEQ

#### 4.4 DESTILAÇÃO DE ÓLEO FÚSEL

A coluna foi operada durante certo tempo processando óleo fúsel. Adiante, uma explicação sobre o processamento típico e sobre o papel da unidade de processamento do LADEQ.

##### 4.4.1 Processamento típico

Sempre que um açúcar contido em um substrato é fermentado a mistura conterà, além de etanol, outras substâncias que provém do metabolismo celular. Entre estas substâncias, álcoois pesados, sais inorgânicos, óleos, essências e gases como o dióxido de carbono. (GARCIA, 2008)

O termo *fuse oil* teve origem na Alemanha, e serve para descrever misturas de álcoois superiores obtidos em fases de purificação do álcool. Os álcoois isoamílico e isobutílico são os principais constituintes, enquanto que em menor quantidade apresentam-se os álcoois n-amílico, n-butílico e isopropanol. Esta é uma composição típica, porém dependente de várias condições de processo. O óleo fúsel é descrito como um líquido oleoso de odor desagradável, contendo 60% em peso de álcoois e faixa de destilação entre 122 a 130°C. (GARCIA, 2008)

No Brasil, o óleo fúsel é conhecido como a fração pesada de um processo de destilação do álcool combustível.

Em unidades típicas de operação contínua de processamento de óleo fúsel, este é normalmente alimentado na seção de retificação (parte superior da coluna), sendo que no produto de topo (destilado) se obtém o etanol (95% em volume) e pelo fundo da coluna retira-se água, conforme esquematizado na Figura 13.

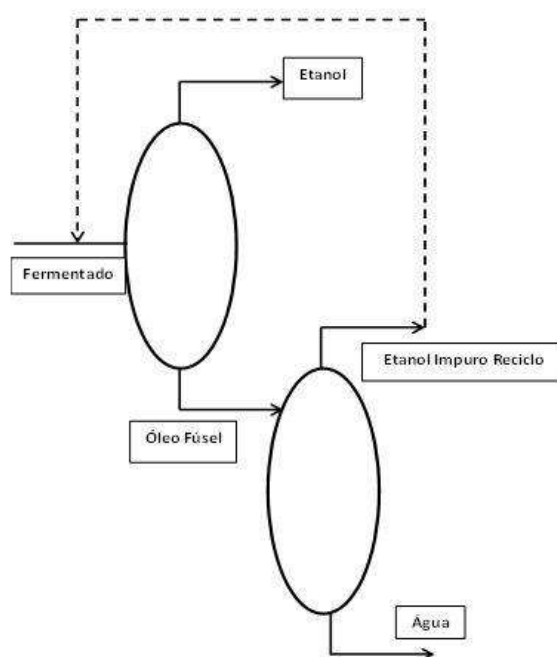


Figura 13 – Esquema típico do processamento contínuo de Fermentado visando a produção de etanol.

#### 4.4.2 Processamento no LADEQ

A parte do processamento realizado na coluna de destilação do LADEQ é o equivalente ao segundo processo na Figura 13, somente a destilação do óleo fúsel. O LADEQ recebia o óleo fúsel e o destilava, reenviando para as empresas o etanol impuro para entrar nas destilarias primárias novamente. A água, com alguns componentes orgânicos, era obtida como produto de fundo e descartada de forma adequada.

## 4.5 UNIDADE DE DESTILAÇÃO DO LADEQ

### 4.5.1 Equipamentos

A unidade de destilação do LADEQ apresenta os seguintes equipamentos:

- Coluna de Destilação: Principal equipamento da unidade, é aquele onde ocorre a separação da mistura. Pode-se ter uma visão geral da coluna do LADEQ na Figura 12. A Coluna de Destilação apresenta 25 pratos, que são os estágios de equilíbrio líquido-vapor. Em cada um deles a mistura entra em equilíbrio, fazendo com que os mais voláteis vaporizem-se e subam na coluna, enquanto que os menos voláteis liquefaçam-se e desçam a coluna.

- 2 Trocadores de Calor (condensadores) e 1 Vaso de Condensado: Os trocadores têm como principal função trocar calor da corrente de processo com o fluido refrigerante, visando condensar a corrente de processo. Esta chega à fase gasosa e é resfriada até atingir a fase líquida. A corrente de processo, agora líquida, vai para o vaso de condensado. Este vaso armazena um determinado nível de produto, e de acordo com a razão de refluxo, uma corrente segue como produto final enquanto que a outra corrente volta para a coluna como refluxo. Na Figura 14 podemos observar os dois condensadores como os dois equipamentos paralelos em formato cilíndrico na posição mais alta da unidade. Já o vaso de condensado é um cilindro de maior volume do que os trocadores de calor e situado logo abaixo dos mesmos. Todos acima da coluna de destilação.



Figura 14 - Condensadores, vaso de condensado e a coluna de destilação.

- 5 Vasos de Armazenagem de Produto: São vasos simples para armazenamento do produto, mostrados na Figura 15. Após estes vasos o etanol impuro retorna para seu reprocessamento fora da unidade operacional do LADEQ.



Figura 15- Vasos de armazenagem de produto.

- 1 Vaso de Alimentação e 1 Caldeira: O vaso de alimentação é um vaso de recebimento e preparação da carga para entrar na coluna com as características de projeto. A caldeira visa aquecer água até se tornar vapor, o qual é enviado para o refeedor. A Figura 16 apresenta a caldeira (esquerda) e o vaso de alimentação (direita).



Figura 16 – Caldeira e vaso de alimentação.



- 1 Refervedor: O refervedor é um trocador de calor, que visa aquecer a corrente de processo através da troca de calor com um fluido de maior temperatura que a do processo. No caso, vapor d'água aquece a corrente de fundo. Uma parte retorna a coluna aquecida, na forma de vapor, enquanto que a outra corrente, de subprodutos, é retirada da unidade. A Figura 17 retrata o refervedor da unidade.



Figura 17 – Fundo da coluna de destilação e refervedor.

#### 4.5.2 Funcionamento

O processo ocorre como uma destilação comum, onde a carga visa ser decomposta entre uma fração leve e outra pesada. A carga é recebida e passa por um vaso de alimentação para chegar às condições projetadas. A alimentação se dá em uma parte mais próxima do topo

da coluna. Como em toda destilação, as substâncias mais voláteis sobem e as menos voláteis descem. A Figura 18 apresenta uma vista de toda a unidade.

Na parte do topo existem dois condensadores que trocam calor com água de resfriamento, visando condensar os leves para armazenagem no vaso de condensado que se encontra também na parte superior da coluna. Do vaso de condensado este líquido parte para uma armazenagem em cinco vasos de armazenagem de produto.

As moléculas que migram para o fundo, basicamente água com outras substâncias menos voláteis do processo fermentativo, recebem calor do refeedor para que uma fração retorne a coluna. A parte aquecida retorna para continuar a destilação dentro da coluna enquanto que o produto de fundo é descartado.



Figura 18 - Vista diagonal da unidade de destilação do LADEQ.

#### 4.6 METODOLOGIA

Para gerar o *plot plan* da área classificada, é preciso seguir o procedimento que se encontra na seção 3.2.1. A seguir realiza-se o procedimento para a unidade de processamento aqui estudada.

Passo um: Determinação da real necessidade da classificação de área no local. Será necessário se o local processa, manuseia ou armazena material inflamável. Para o caso em análise, a classificação mostra-se necessária, pois a unidade processa e armazena materiais inflamáveis como o óleo fúsel e o etanol.

Passo dois: Coleta de informações.

- (1) Informações de projeto para instalações ainda não construídas. Não se aplica, pois esta unidade já é real, não mais um projeto.
- (2) Informações do histórico de operação. Não foram obtidas informações sobre o histórico de operação da unidade. Não existem registros de vazamentos, manutenções ou alterações no projeto original.
- (3) PFD do Projeto. PFD do processo não foi encontrado. Neste estudo serão usadas as informações de operação, de modo a obter os dados necessários para a classificação da área.
- (4) *Plot plan* do local. O *Plot plan* simplificado da unidade encontra-se na Figura 19.
- (5) Propriedades do material combustível. Apesar de alguns equipamentos apresentarem óleo fúsel, como este é uma mistura extremamente variável, será adotado, para os fins de classificação, o etanol como se fosse a substância em todos os equipamentos. Esta abordagem mostra-se prevencionista, pois o etanol é considerado mais perigoso que o óleo fúsel.
- (6) Propriedades do etanol (NFPA 497, 2008):
  - Grupo D;
  - Temperatura de *flash* de 13°C;
  - Temperatura de autoignição de 363°C;
  - Pressão de vapor de 59,5 mmHg;
  - Densidade relativa da fase vapor de 1,6;
  - LII de 3,3%, e;
  - LSI de 19%.

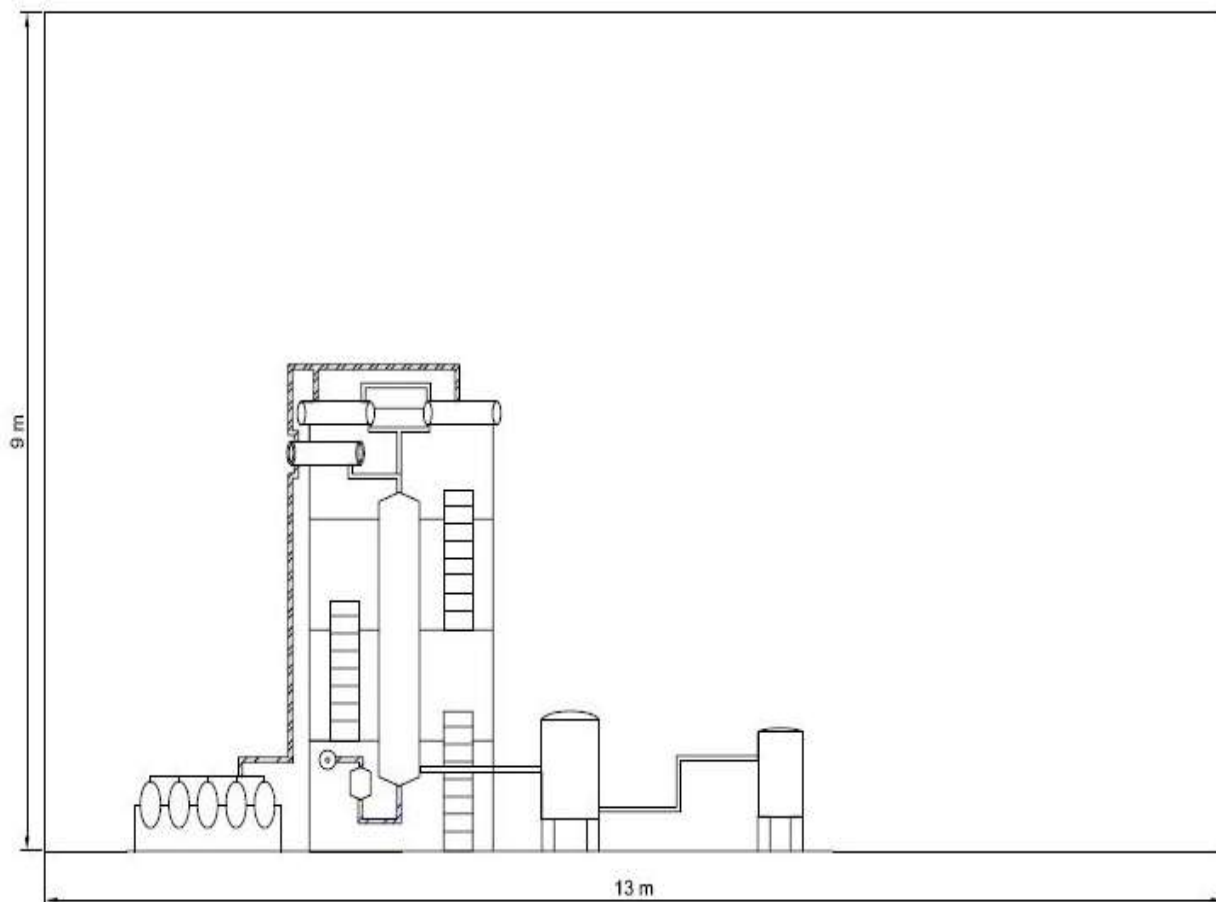


Figura 19 – Plot Plan da Vista Frontal

Passo três: Selecionando o diagrama adequado.

- 1) De acordo com as informações de operação podem-se determinar os dados de temperaturas, pressões e vazões em cada um dos equipamentos. Essas informações então são empregadas na classificação apresentada na Tabela 5. De acordo com a classificação da NFPA 497, volumes menores que 19 m<sup>3</sup>, vazões menores que 23 m<sup>3</sup>/h e pressões menores que 7 kgf/cm<sup>2</sup> são considerados baixos.

Tabela 5 – Lista de equipamentos da Unidade de Processamento do LADEQ.

Identificação	Descrição	Fluido	Densidade Relativa	Pressão	Vazão	Volume
BA-01	Caldeira	água	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-02	Vaso de Alimentação	óleo fúsel	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
DA-01	Coluna de destilação	óleo fúsel	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
EA-01	Condensador 1	etanol/água	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
EA-02	Condensador 2	etanol/água	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-02	Vaso de Condensado	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
EA-03	Refrervedor	vapor d'água/água	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-03	Vaso de Produto 1	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-04	Vaso de Produto 2	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-05	Vaso de Produto 3	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-06	Vaso de Produto 4	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-07	Vaso de Produto 5	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno

- Os processos ocorrem no chão ou acima do solo? Todos os processos ocorrem acima do chão;

- O processo ocorre *onshore*, *offshore*, em unidade de transporte ou terminais de carregamento/descarregamento? Não se enquadra em nenhuma destas opções de tipo de unidade.

Com os dados da Tabela 5, pode-se perceber que a caldeira (BA-01) e o refervedor (EA-03) só possuem água e não precisam ser classificados. Considerando a utilização do etanol no lugar do óleo fúsel, e retirando os equipamentos que não devem ser classificados, obtemos a Tabela 6.

Tabela 6 – Lista de equipamentos da Unidade de Processamento do LADEQ modificada.

Identificação	Descrição	Fluido	Densidade Relativa	Pressão	Vazão	Volume
FA-02	Vaso de Alimentação	etanol *	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
DA-01	Coluna de destilação	etanol *	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
EA-01	Condensador 1	etanol/água	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
EA-02	Condensador 2	etanol/água	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-02	Vaso de Condensado	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-03	Vaso de Produto 1	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-04	Vaso de Produto 2	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-05	Vaso de Produto 3	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-06	Vaso de Produto 4	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno
FA-07	Vaso de Produto 5	etanol	mais pesado que o ar	baixa	baixa	pequeno

\*A substância contida nesses equipamentos, na realidade, é o óleo fúsel. Foram consideradas as propriedades do etanol por ser a substância mais perigosa presente na unidade. Além disso, as informações encontradas sobre o óleo fúsel são muito variáveis já que este não apresenta uma composição específica.

2) Completar a Tabela 3 de acordo com as informações do processo e observar qual tipo de recomendação a norma indica. Nota-se que a tabela de recomendação será a mesma para todos os equipamentos da unidade do LADEQ, pois todos se encontram no mesmo caso. A Tabela 7 apresenta os resultados. Para todos os equipamentos a norma indica o emprego da figura 5.10.1(d) (NFPA), indicada na coluna “zona” na Tabela 7.

Tabela 7 – Tabela de recomendação de diagramas.

Número da figura para classe 1	Condição Especial	Densidade Relativa >1	Densidade Relativa <1	Criogênico	Confinado	Confinado, Má ventilação	Ao ar livre	Acima do solo	No solo	Tamanho	Pressão	Vazão
5.10.1(d)		X			X			X		P/M	P/M	P/M

Após a geração da tabela, seleciona-se a figura de referência indicada para todos os equipamentos que necessitam ser classificados, que se encontra na Figura 20.

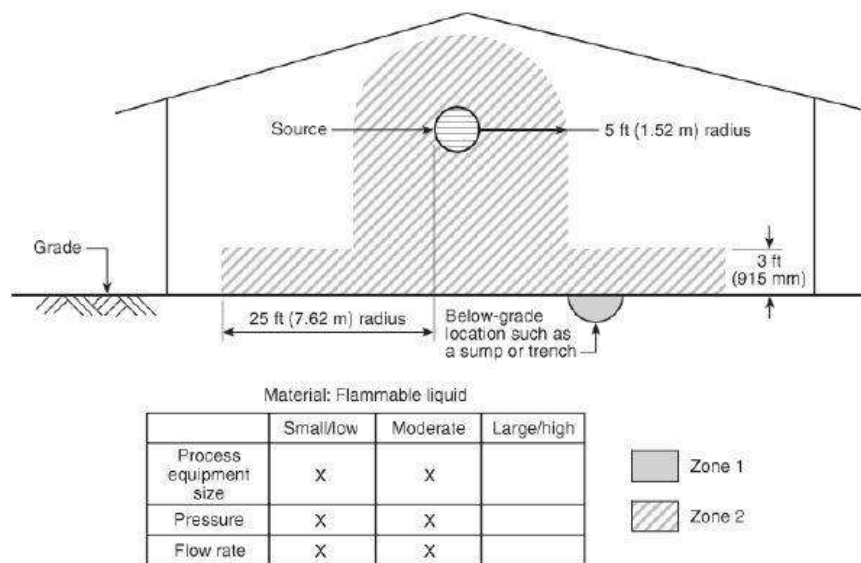


Figura 20- Figura 5.10.1(d) da norma NFPA 497 (2008).  
 Fonte: NFPA 497, 2008.

Passo quatro: Com o desenho do equipamento e a figura de referência, cria-se um desenho da área classificada ao redor deste equipamento. Estes serão apresentados na próxima seção. Após todos os desenhos, cria-se um *plot plan* unificado para determinar a área classificada de toda unidade.

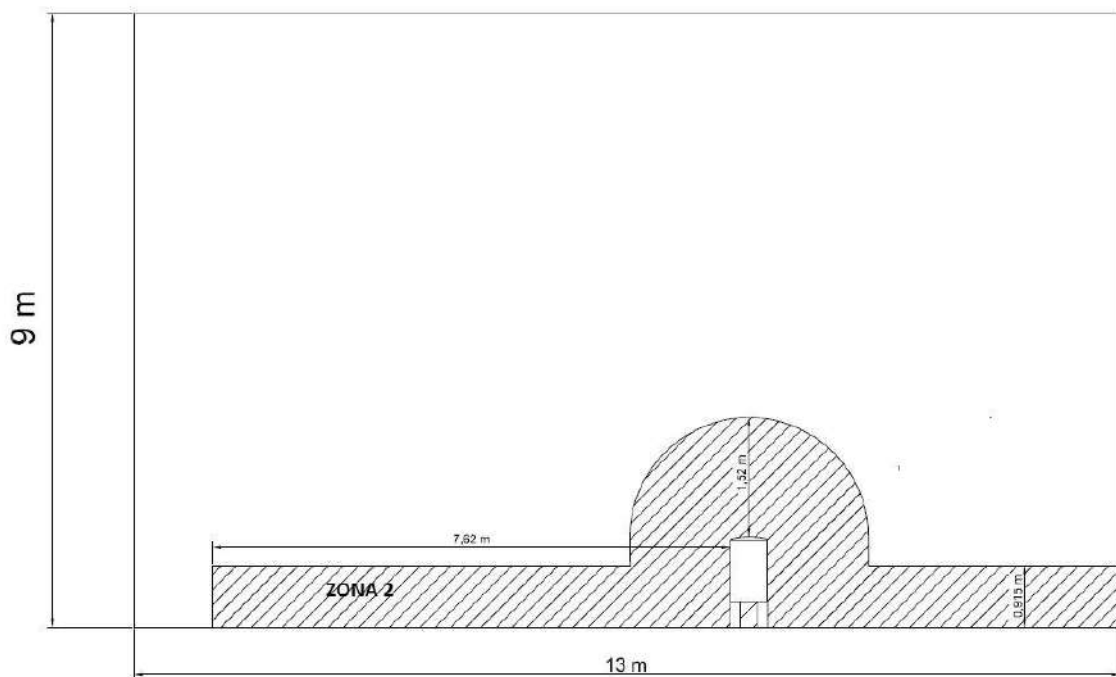
#### 4.7 RESULTADOS

O formato apresentado na figura de referência e aplicado ao *plot plan* da área do estudo de caso tem como característica um raio de liberação do equipamento de 1,52 metros, conforme ilustrado na Figura 20. Este raio é relativamente pequeno, uma vez que as instalações apresentam todas as características de processo na categoria de baixo risco.

De forma complementar, observa-se uma altura de 91,5 centímetros a partir do chão, conforme ilustrado na Figura 20. Essa região se estende sobre o chão por um raio de 7,62 metros, a partir do equipamento, pois o mesmo não se localiza no chão.

Como resultado do procedimento de classificação de área, obtemos os desenhos nas Figuras de 21 a 30.

O vaso de alimentação se encontra a, aproximadamente, meio metro do chão, sustentado por quatro suportes, conforme ilustrado na Figura 16. Por isso, é classificado como acima do chão e utiliza como base o mesmo diagrama que todos os outros equipamentos da unidade do LADEQ (Figura 21).



Figur

a 21 – Figura da área classificada ao redor do vaso de alimentação (FA-01)

A coluna de destilação, por sua vez, se encontra a, aproximadamente, um metro do chão, sustentada pela estrutura da unidade, conforme Figura 14. A Figura 22 apresenta as medidas da área hachurada de acordo com a recomendação da norma.

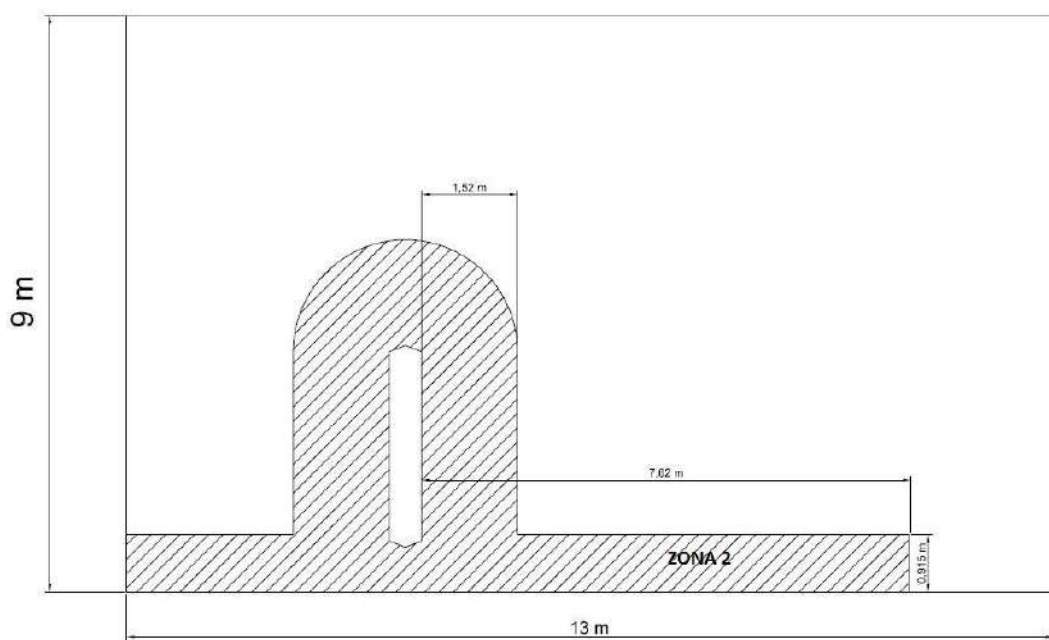


Figura 22 – Figura da área classificada ao redor da coluna de destilação (DA-01)

Os condensadores da coluna de destilação se encontram a, aproximadamente, cinco metros e meio do chão, sustentados pela estrutura da unidade, conforme na Figura 14. As Figuras 23 e 24 apresentam as medidas da área hachurada de acordo com a recomendação da norma.

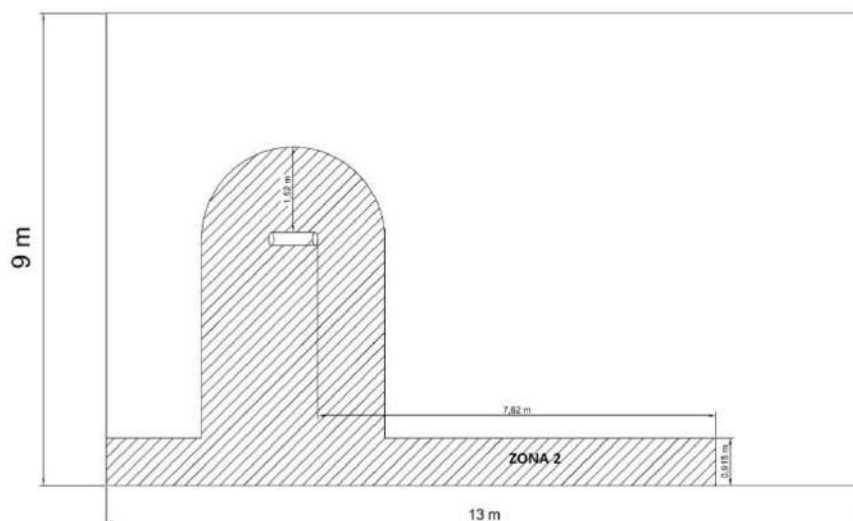


Figura 23 – Figura da área classificada ao redor do condensador 1 (EA-01)

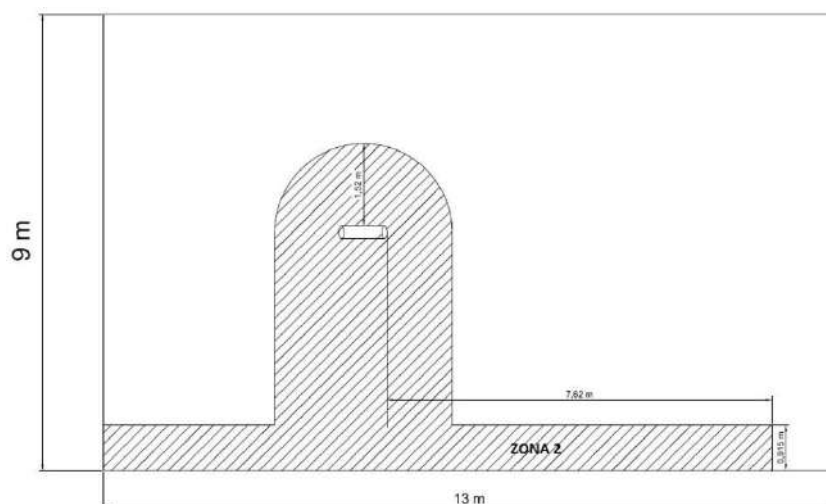


Figura 24 – Figura da área classificada ao redor do condensador 2 (EA-02)

Também sustentado pela estrutura da unidade, o vaso de condensado se encontra a aproximadamente cinco metros do chão. Este equipamento encontra-se apresentado também na Figura 14. A partir das recomendações da norma NFPA 497, a Figura 25 apresenta as medidas da área hachurada para classificação de área.



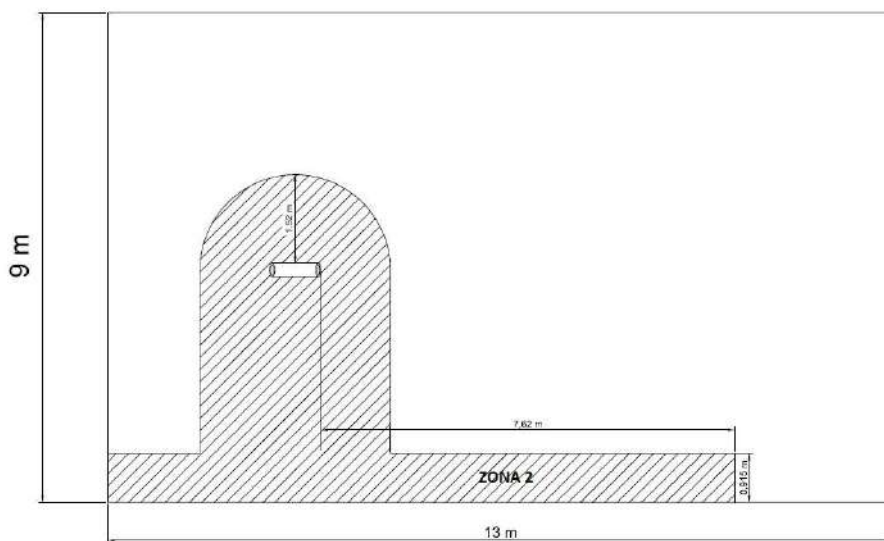


Figura 25 – Figura da área classificada ao redor do vaso de condensado (FA-02).

Os cinco vasos de produto da unidade se encontram a, aproximadamente, meio metro do chão, sustentados por uma estrutura anexa a principal – conforme a Figura 15. As Figuras 26 a 30 apresentam as medidas da área hachurada de acordo com a recomendação da norma NFPA 497.

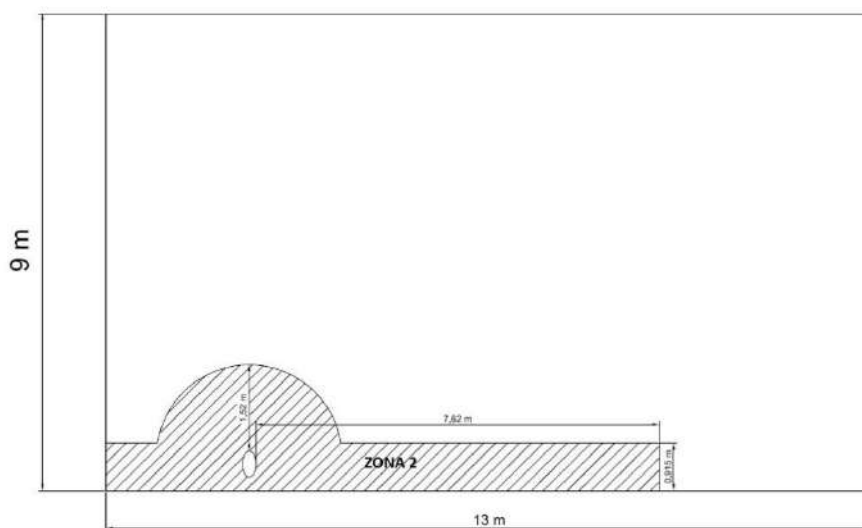


Figura 26 – Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 1 (FA-03).

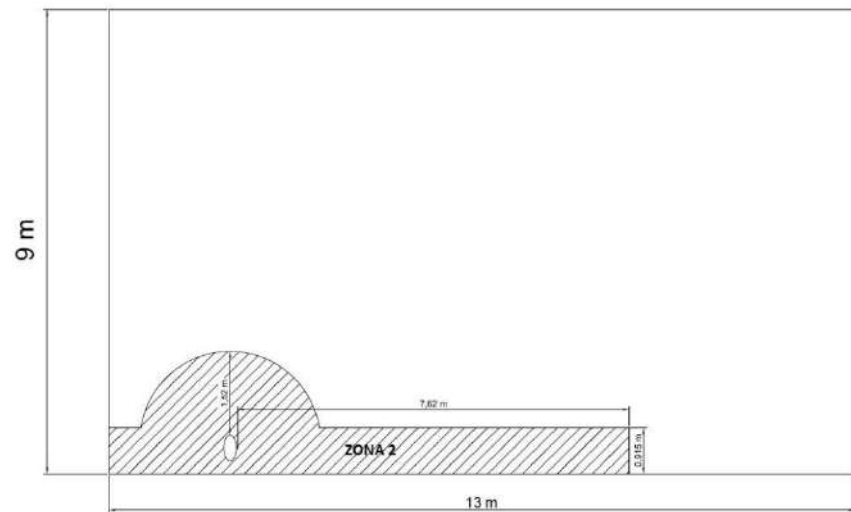


Figura 27 – Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 2 (FA-04).

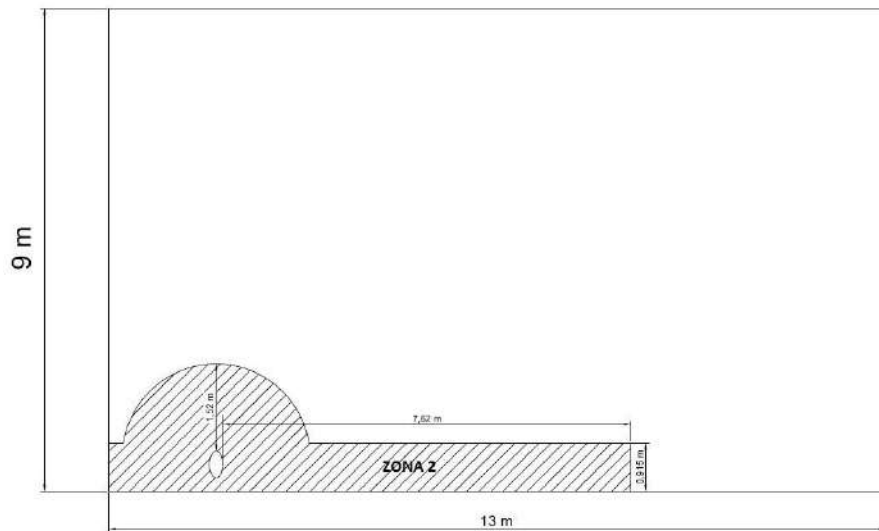


Figura 28 – Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 3 (FA-05).

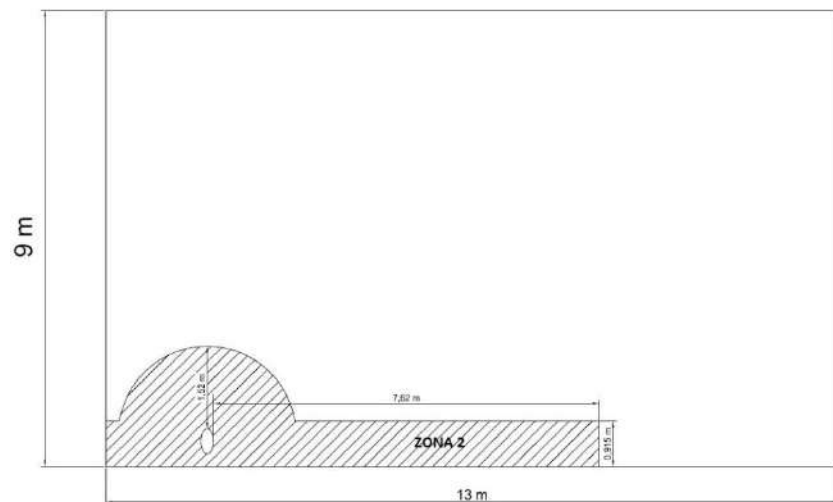


Figura 29 – Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 4 (FA-06).

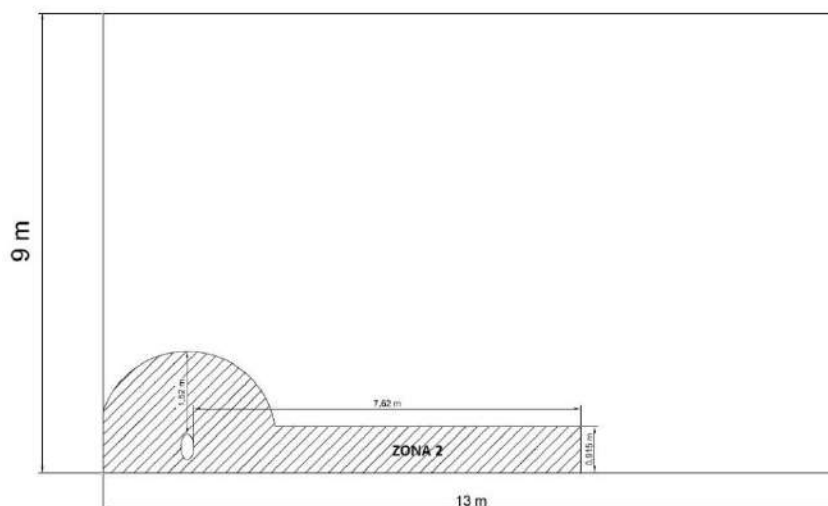


Figura 30 – Figura da área classificada ao redor do vaso de produto 5 (FA-07).

Como produto final da classificação individual de cada equipamento, obtém-se o *plot plan* da unidade de processamento do LADEQ, apresentado na Figura 31. Este é o resultado da união das áreas classificadas de todos os equipamentos, em apenas um *plot plan* unificado gerando o desenho final.

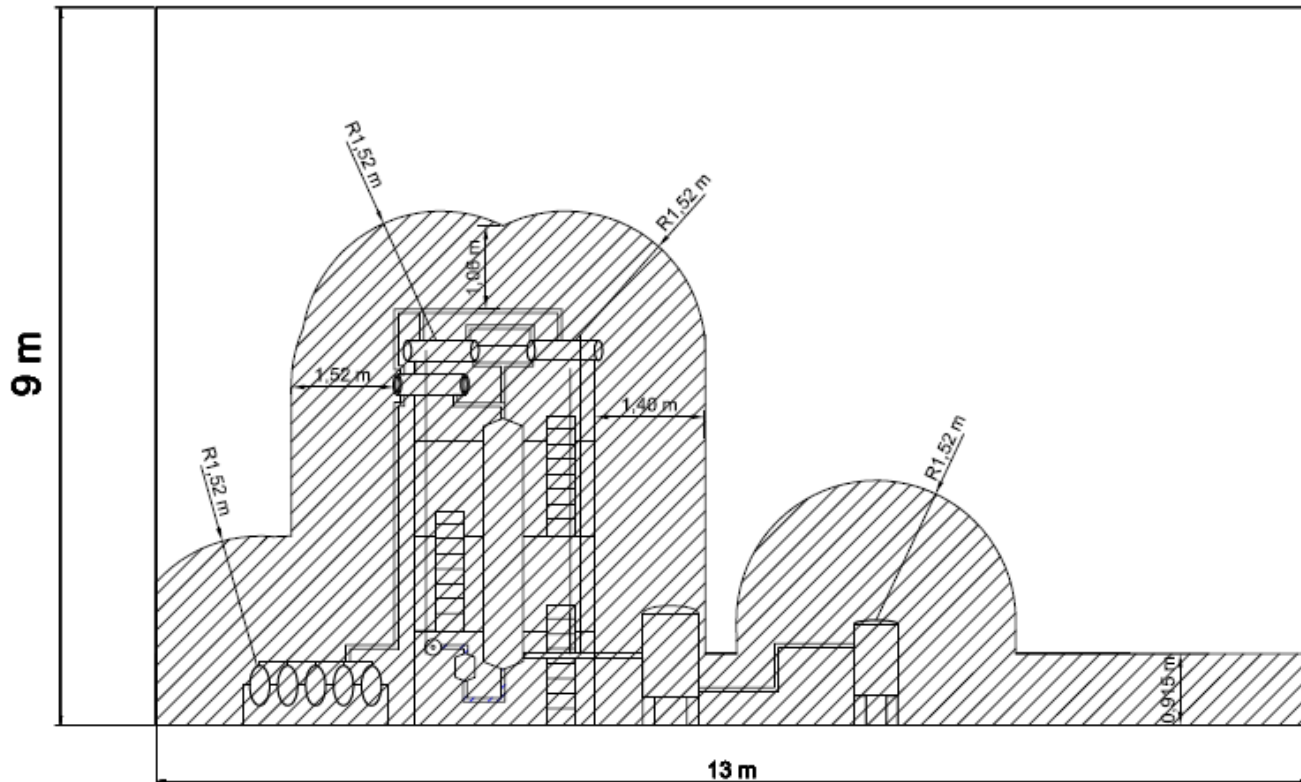


Figura 31 – Plot Plan da Vista Frontal da Área Classificada

Em termos do LADEQ, a área próxima da unidade de destilação apresenta apenas equipamentos e instrumentos relativos à sua operação. Hoje em dia, devido ao depósito inadequado de equipamentos e instalação de novos instrumentos na área do “vão livre”, esta área hachurada contém dispositivos que podem gerar faíscas.

Para melhor situar a unidade no “vão livre” do LADEQ, foi feito um corte superior da unidade, representada na Figura 32. De posse desta figura, pode-se ter uma melhor noção de onde está localizada a unidade no laboratório.

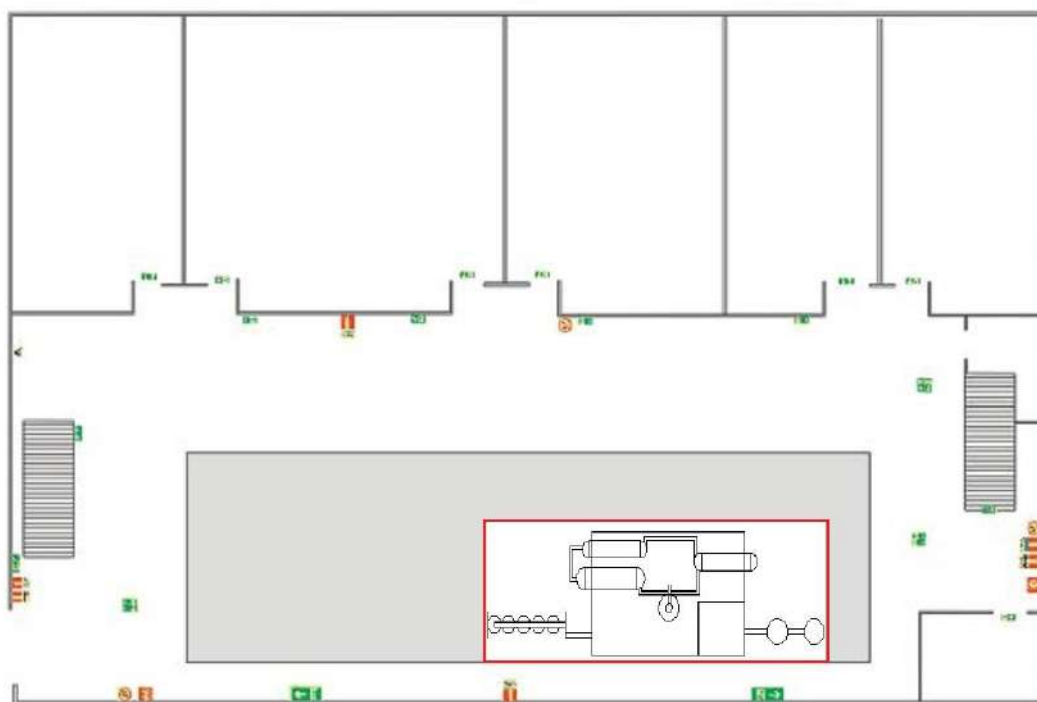


Figura 32 – Vista superior da unidade de processamento do LADEQ

Ressalta-se a presença de instalações elétricas inadequadas, que podem representar riscos para esta unidade.

Além disso, cabe-se ressaltar também a possibilidade de que a taxa de ventilação seja menor na parte traseira da unidade, próxima a parede. Como a norma prevê uma análise da ventilação de toda unidade, caso seja necessário deve-se alterar o tipo de ventilação e com isso uma nova figura será recomendada. Porém, como já foi levantada a hipótese durante a elaboração do trabalho, esta se mostrou demasiado prevencionista.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar até que ponto a classificação de áreas mostra-se relevante em um ambiente de ensino que emprega plantas piloto. A partir da comparação das principais normas, optou-se por adotar como referência a norma NFPA 497. A IEC não apresenta figuras de referência, necessitando de complexas simulações de modelos de dispersão. Enquanto que a API RP 505, por sua vez, apresenta figuras de referência “genéricas”, aplicáveis para uma gama muito grande de variações de condições de processo. Segundo alguns estudos, o emprego da API RP505 pode revelar-se excessivamente precionista e custoso (CRUZ, 2012). Portanto, por apresentar figuras de referência que se adaptam para variações nas condições de processo (pressão, vazão, temperatura e volume), escolheu-se a NFPA 497.

Este estudo baseou-se na definição da classificação de áreas para a unidade de processamento de óleo fúsel localizada no Laboratório de Engenharia Química (LADEQ), da Escola de Química da UFRJ (EQ/UFRJ).

A partir da análise foi possível definir que o volume de área classificada no entorno do equipamento é relevante. Porém por apresentar apenas área classificada do tipo zona 2, zonas onde a concentração de ignição de gases ou vapores não é esperada durante a operação normal, o risco fica atenuado pela baixa probabilidade de ocorrer liberação de material inflamável.

Ressalta-se que, apesar de conter sensores e outras instalações elétricas que possivelmente não atenderiam as exigências para operação em áreas classificadas, não foram relatados acidentes. Este fato leva a crer que, durante os anos de operação, não houve simultaneamente atmosfera explosiva e faísca para gerar uma explosão ou incêndio.

A partir das análises realizadas é possível concluir que, para a unidade voltar a operar, algumas modificações precisariam ser feitas. Atualmente a unidade serve de depósito de equipamentos e instrumentos fora de uso. Melhor política de organização mostra-se necessária. Outro fator relevante é considerar a frequente utilização de celulares. Estes dispositivos eletrônicos não são adequados para utilização em áreas classificadas, tendo o potencial de gerar faíscas. Finalmente, as instalações elétricas devem ser especificadas e instaladas conforme exigência normativa.

As seguintes propostas para futuros trabalhos poderiam complementar o material apresentado: classificar outros processos com os quais a unidade já operou; criação de um PFD e de um P&ID da unidade.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PREVENÇÃO DE EXPLOSÕES. **Manual de Bolso de Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas**. 4.ed. São Paulo, Set. 2010.

CATÁLOGO DE NORMAS.NFPA **497**: Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/java/viewnorma.aspx?Q=D1476C0FDC4AE5C5F032DB2773A9C0ED7163D488D2DBB8FA>. Acesso em: 24 mai. 2012.

DA CRUZ, Simone Regina Albuquerque. **Análise Comparativa das Metodologias Utilizadas Para Classificação de Áreas Potencialmente Explosivas em Unidades de Refino de Petróleo**. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA BAHIA. **Legislação comentada: NR 20 – Líquidos Combustíveis e Inflamáveis**. Salvador, 2008.

FREITAS, Ronald Poli. **Classificação de áreas – Instalações Elétricas e Equipamentos em Atmosferas Explosivas**. Curitiba, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2010.

GARCIA, Vanderlei. **Subproduto de Destilaria de Óleo Fúsel: Caracterização da Composição Química e Estudo de sua Aplicação Industrial**. São Caetano do Sul, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e bioquímicos) – Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, 2008.

HERCO CONSULTORIA DE RISCOS – Disponível em: [http://www.herco.com.br/servicos\\_class\\_eletr.asp](http://www.herco.com.br/servicos_class_eletr.asp). Acesso em: 13 jun. 2012.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION – Disponível em: <http://www.iec.ch/>. Acesso em: 26 jul. 2012.

JORDÃO, D.M.; Franco, L.R. **Prevenção contra explosões e outros riscos**. Curso de formação de operadores de refinaria. Curitiba, Petrobras, UnicenP, 2002.

MANTECON, Victor Sued. **Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas**. Disponível em: [http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/492\\_inst\\_explosiva.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/492_inst_explosiva.pdf). Acesso em: 12 jun. 2012.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION – Disponível em: <http://www.nfpa.org/>. Acesso em: 03 jul.2012.

OSTERNACK, D. *et al.* **Estudo de Caso de Ventilação Natural e Artificial em uma Sala de Baterias do Tipo Chumbo-Ácidas.** In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 6., Niterói, 2010.

VAZ JUNIOR, Carlos André. **Avaliação das condições de segurança contra incêndio de central de laboratórios de engenharia química.** Rio de Janeiro, Jun. 2012. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.