

FRANCIS JOSEPH CARREIRO NETO  
JOSÉ CARLOS ALVES NUNES  
JOSÉ DIB JUNIOR

SEGURANÇA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ATMOSFERAS  
POTENCIALMENTE EXPLOSIVAS: O EXEMPLO DO ACETILENO EM  
OFICINAS MECÂNICAS E FUNILARIAS

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de  
Especialista em Engenharia de  
Segurança do Trabalho.

São Paulo  
2007

FRANCIS JOSEPH CARREIRO NETO  
JOSÉ CARLOS ALVES NUNES  
JOSÉ DIB JUNIOR

SEGURANÇA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ATMOSFERAS  
POTENCIALMENTE EXPLOSIVAS : O EXEMPLO DO ACETILENO EM  
OFICINAS MECÂNICAS E FUNILARIAS

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de  
Especialista em Engenharia de  
Segurança do Trabalho.

São Paulo  
2007

## **DEDICATÓRIA**

Àqueles que sempre se empenham em compartilhar de seus conhecimentos, nossos  
queridos mestres.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, que sempre nos dá força para enfrentar os desafios da vida, disposição para continuarmos nossa caminhada e motivação para acreditarmos que o conhecimento jamais poderá ser tirado e, com ele, podemos realizar esta e muitas outras conquistas.

Às nossas chefias por ter permitido a participação no Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho desta Universidade de São Paulo- USP.

Aos Coordenadores, responsáveis pela realização do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Aos Professores que se envolveram, constantemente, na transmissão das disciplinas, a fim de que os alunos pudessem absorver, ao máximo, os conhecimentos.

Aos colaboradores do PECE que sempre, com presteza e eficiência, atenderam às nossas solicitações.

Aos nossos familiares, pelo constante apoio e cooperação, no sentido de que pudéssemos atingir os objetivos educacionais e, principalmente, pela compreensão nos momentos das ausências motivadas pelas viagens durante as aulas presenciais.

A todas as pessoas que nos apoiaram e contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A segurança é fundamental para todas as atividades humanas, entretanto a prática da segurança nem sempre é aplicada.

Este trabalho visa estudar a segurança das instalações elétricas utilizadas no interior de oficinas mecânicas e funilarias, cuja atividade requer soldagem oxiacetilênica, alimentados pela combinação de acetileno ( $C_2H_2$ ) e Oxigênio.

Foram visitadas três oficinas mecânicas e funilarias, nas cidades de São Paulo, Osasco e Jundiaí, Estado de São Paulo, onde apresentaremos as situações encontradas em seus interiores, nos quais são comuns as utilizações do oxigênio com o acetileno, nas operações de corte ou soldagem, cujas conseqüências poderão ser fatais.

As misturas, ar-acetileno ou oxigênio-acetileno, constituem uma mistura explosiva em faixas de percentagem bastante largas, assim, as instalações elétricas dos locais onde ocorrem tais misturas, devem seguir padrões de segurança e, também, o disposto na Norma Regulamentadora nº 10 (NR 10), objeto deste trabalho.

Concluímos que as oficinas mecânicas e funilarias, em sua maioria, não têm condições de funcionamento, por comprometerem a segurança de seus proprietários, funcionários bem como de suas vizinhanças, considerando-se as irregularidades ali encontradas.

## ABSTRACT

Security is fundamental for every human activity; however, its exercise is not always applied.

This piece of work aim to study the security of the mechanic garages and tinsmith that make use of blowtorch, to works with solder and oxi-cut, feed by the combination of acetylene ( $C_2H_2$ ) and oxygen, generating, then, an explosive atmosphere around its interior.

After visiting some mechanic garages and tinsmith, in the cities of Sao Paulo, Jandira and Jundiai, Sao Paulo State, we will be presenting situations found in their interiors, where we will know that is common the use of oxygen with acetylene, in the cut or solder operations and that deadly.

The mix of air-acetylene or oxygen-acetylene compose an explosive mixture in a very wide percentage rate, consequently, the electrical installations, from places which that mixtures occur, should follow security patterns and the determination of Regulative Principle number 10 (NR10), object of this paper.

We concluded that the mechanic garages and the tinsmith, in its majority, do not have the functioning conditions, because it compromises the security of its owners, workers as well as the neighbors, considering the irregularities found there.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Apresentação.....	1
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Justificativa.....	4
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Área Classificada.....	6
2.1.1 Riscos Oferecidos pelas Áreas Classificadas.....	6
2.1.2 Tratamentos das Áreas Classificadas.....	6
2.1.3 Legislação regulamentadora.....	6
2.1.4 As áreas classificadas e responsabilidade civil e criminal.....	6
2.1.5 Exigências das Legislações Federal e Estadual.....	7
2.2 Metodologia NBR/IEC.....	7
2.3 A Classificação de Áreas segundo NBR/IEC.....	7
2.3.1 Classificação de Zonas.....	8
2.3.2 Classe de Temperatura.....	9
2.3.3 Extensão da Área Classificada.....	9
2.4 Tipos de Proteção dos Equipamentos Elétricos (Ex).....	10
2.4.1 Tipos de proteção (Ex) aplicadas as Zonas.....	11
2.5 Marcação dos Equipamentos Ex.....	12

2.6 - Limite de explosividade de uma substância inflamável.....	13
2.6.1 Faixas de Explosividade de uma Substância Inflamável.....	14
2.7 O Acetileno.....	14
2.7.1 Regras de Segurança para o sistema oxiacetilênico.....	15
2.7.1.1 Cilindros de Acetileno.....	15
2.7.1.2 Cilindros de Oxigênio.....	16
2.7.1.3 Regulador de Pressão.....	16
2.7.1.4 Mangueiras e Conexões.....	17
2.7.1.5 Maçarico.....	17
2.7.1.6 Ventilação do Local.....	19
2.7.2 Prevenção de incêndio.....	19
2.7.2.1 Perigo de reparos e consertos.....	19
2.7.3 Observações importantes.....	20
2.7.3.1 Qualificação do soldador.....	20
2.7.3.2 Inspeção Final.....	20
<b>3. CÁLCULO DA TAXA DE LIBERAÇÃO E A EXTENSÃO DAS ÁREAS</b>	
<b>CLASSIFICADAS.....</b>	<b>21</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
4.2 Cálculo da Vazão de Acetileno em caso de vazamento.....	32
4.3 Proposta de layout de oficina de acordo com as normas de segurança NR 10 com custo mais acessível.....	37
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>LISTA DE REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Foto 1 –	Conjunto oxiacetilênico próximo a uma tomada comum.....	26
Foto 2 –	Conjunto oxiacetilênico próximo a um carregador de baterias.....	26
Foto 3 –	Conjunto oxiacetilênico próximo a um esmeril.....	27
Foto 4 –	Conjunto oxiacetilênico próximo a uma tomada comum.....	27
Foto 5 –	Conjunto oxiacetilênico próximo a produtos inflamáveis.....	28
Foto 6 –	Lâmpada comum.....	29
Foto 7 –	Isqueiro utilizado para acender o maçarico.....	29
Foto 8 –	Conjunto oxiacetilênico próximo a um carregador de baterias .....	30
Foto 9 –	Lâmpadas comuns próximas ao conjunto oxiacetilênico.....	31
Foto 10 –	Tomadas comuns próximas ao conjunto oxiacetilênico.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Substâncias que podem estar presentes em atmosferas explosivas de gás ou vapor.....	8
Tabela 2 –	Efeito das aberturas em relação às fontes de risco.....	8
Tabela 3 –	Classificação do equipamento em função de sua temperatura máxima de superfície.....	9
Tabela 4 –	Tipo de proteção (Ex).....	12
Tabela 5 –	Tipo de Proteção (Ex).....	12
Tabela 6 -	Valores pesquisados na cidade de São Paulo.....	34
Tabela 7 -	Custo com material elétrico convencional X Ex.....	35
Tabela 8 –	Comparativo de custos.....	37

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Conjunto acetilênico.....	18
Figura 2 –	Croqui de oficina hipotética, baseado nas oficinas visitadas.....	33
Figura 3 –	Vista frontal e superior de um cilindro de acetileno, demonstrando tamanho de raio da Zona de Gás ou vapor.....	33
Figura 4 –	Layout de oficina, de acordo com as normas de segurança.....	35
Figura 5 –	Proposta de layout de oficina, com base nas normas de segurança NR 10.....	38

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**CETESB** – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

**Ex** - Simbologia utilizada pela norma NBR/IEC, para identificar produtos para instalação em área classificada (atmosferas explosivas)

**IEC** – *International Electrotechnical Commission*

**LIE**– Limite Inferior de Explosividade

**LSI** –Limite Superior de Inflamabilidade

**MEC** – Ministério da Educação

**NBR** - Normas Brasileiras

**NEC** – *National Electrical Code*

**NFPA** - *National Fire Protection Association Standards from ANSI*

**NR**– Norma Regulamentadora

**SP** – Estado de São Paulo

**SEBRAE** – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

## LISTA DE SÍMBOLOS

**°C** – Graus Celsius

**V** – Volt

**W** – Watt

**G** – Taxa da liberação em massa (kg / s)

**Cd** – Coeficiente de descarga (-)

**a** – Área da secção do vazamento (m<sup>2</sup>)

**P** – Pressão da linha (N / m<sup>2</sup>)

**δ** – Razão do calor específico (-)

**M** – Massa molecular (kg / kmol)

**R** – Constante do Gás

**N / m<sup>2</sup>** – Newton por metro quadrado

**T** – Temperatura ambiente (K)

**K** – Kelvin

**m<sup>2</sup>** – metro quadrado

**m<sup>3</sup> / s** – Metro cúbico por segundo

**V** – Taxa de liberação em volume (m<sup>3</sup> / s)

**Kmol** – Peso molecular

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação

A segurança é fundamental para todas as atividades humanas, entretanto a prática da segurança nem sempre é aplicada.

Os motivos para tanto são dos mais variados, como falta de disponibilidade financeira, não conhecimento de regras e legislações em vigor, falta de tempo e muitas outras justificativas para se esquivarem das medidas de segurança. Às vezes as pessoas acreditam que estão em local seguro, e acreditam que todas as medidas de segurança foram tomadas pelos responsáveis, no entanto, estão expostas aos mais diversos riscos.

A maioria das pessoas que se utilizam deste tipo de estabelecimento não reparou nas instalações elétricas e muito menos nas condições dos cilindros (oxigênio e acetileno) existentes no local e não têm conhecimento do risco que isso representa.

O Acetileno ( $C_2H_2$ ) ou etino é obtido através da hidrólise<sup>1</sup> de carbureto de cálcio. É um gás instável, altamente inflamável, apresentando os limites de inflamabilidade no ar, em volume, de 2,5% (limite inferior) a 81% (limite superior) (MAGRINI, 1999). Existem outros autores que citam limite superior como 100% (ex.: normas internacionais).

A ampla faixa característica do acetileno indica que nas pequenas concentrações deste gás, em mistura com o ar, começam a existir riscos de explosões que persistem até que a concentração de acetileno atinja valores elevados (MAGRINI, 1999).

O processo oxiacetilênico de soldagem ou corte caracteriza-se pelo emprego do calor da chama resultante de reação de acetileno com oxigênio (MAGRINI, 1999).

---

<sup>1</sup>Hidrólise: reação química, em que um dos reagentes é a água, através da qual as grandes moléculas dos lípidos, prótidos e glúcidos são decompostas nas pequenas moléculas que os constituem.

Na primeira fase do processamento de reação ocorre a combinação do acetileno com o oxigênio, produzindo-se, então, o monóxido de carbono e o hidrogênio, gases também inflamáveis (MAGRINI, 1999).

Para execução dos serviços de soldagem ou corte pelos sistemas oxiacetilênico, o trabalhador deverá ser capacitado, ou seja, deve ter recebido instrução específica em cursos reconhecidos e autorizados pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), com currículo aprovado e que com aproveitamento comprovado mediante exames e avaliação preestabelecidos. (BARRICO; PEREIRA, 2005).

O local onde se executa a soldagem ou corte pelo sistema oxiacetilênico é considerado como área classificada (áreas sujeitas à ocorrência de atmosfera explosiva) (BARRICO; PEREIRA, 2005).

Os trabalhos em áreas classificadas devem ser precedidos de treinamento específico de acordo com o risco envolvido (BARRICO; PEREIRA, 2005).

As técnicas de montagem, blindagem e conexões, assim como o ferramental utilizado devem ser especiais e próprios para essas áreas, o que determina a necessidade de treinamento e preparo dos trabalhadores envolvidos (BARRICO; PEREIRA, 2005). Ferramentas geradoras de faíscas devem ser evitadas em áreas classificadas, a fim de evitar-se riscos de faiscamento e, conseqüentemente, vir a provocar um incêndio ou explosão.

As instalações elétricas nas áreas sujeitas a incêndios ou explosões (áreas classificadas) só são possíveis com instalações apropriadas baseadas em normas específicas, conforme NR-10 e que pressupõe uma prévia classificação de área, que indicará quais as técnicas e categorias de equipamentos recomendáveis (BARRICO; PEREIRA, 2005).

Os materiais, equipamentos e dispositivos elétricos utilizados em áreas classificadas têm obrigatoriedade de certificação (BARRICO; PEREIRA, 2005).

As oficinas mecânicas que utilizam-se do sistema oxiacetilênico não estão obedecendo o disposto na NR-10.

Na soldagem oxiacetilênica em locais confinados, devemos observar se as mangueiras dos cilindros do acetileno e do oxigênio, que devem ser da mesma cor do cilindro, estão íntegras, ou seja, sem dobras, amassamentos e o mais importante, não permitindo vazamentos. Ainda, devemos observar as conexões do acetileno e do oxigênio, a fim de evitarmos trocas das mangueiras, pois cada uma foi projetada para suportar uma determinada pressão e não podem, jamais, ser confundidas.

O trabalhador qualificado para o serviço deverá saber que ao acender o maçarico, primeiro deve-se abrir a válvula do cilindro de acetileno e ao apagar o maçarico, primeiro fechar a válvula do acetileno e por último a do oxigênio, a fim de evitar-se excesso de acetileno no conjunto. Ainda, utilizar-se apenas de isqueiro de fricção nunca os isqueiros convencionais, a fim de evitar-se riscos de explosão, em virtude da quantidade de gás comprimido no isqueiro.



## 1.2 Objetivo

Neste trabalho propomos mostrar, em uma pequena amostra de oficinas mecânicas, nas cidades de Osasco, São Paulo e Jundiaí, todas no Estado de São Paulo, que operam conjuntos oxiacetilênicos nesses locais, onde confiamos nossos veículos para consertos, e que deveriam ser seguros, muitas vezes não estão em conformidade com a legislação e realmente não são seguros contra incêndios e explosões.

E os objetivos deste estudo são:

- Identificar falhas, nas aplicações das normas técnicas de segurança, em especial a Norma Regulamentadora nº 10 (NR 10), em oficinas mecânicas e funilarias, que utilizam-se do conjunto oxiacetilênico em suas atividades;
- Verificar as condições relacionadas à utilização de acetileno existentes em oficinas visitadas em cidades do interior e da capital de SP;
- Verificar as necessidades relacionadas às instalações elétricas decorrentes da utilização de materiais gasosos que possam gerar atmosfera explosiva;
- Classificar e apresentar as alternativas de equipamentos e instalações elétricas que minimizem os riscos inerentes a este tipo de atmosfera.

## 1.3 Justificativa

Há estabelecimentos de reparação de veículos, oficinas mecânicas e funilarias em bairros residenciais quando não no próprio quintal do proprietário do estabelecimento. Assim, as pessoas que vivem e convivem nas proximidades dos estabelecimentos nem sempre estão isentas de sofrerem acidentes, até mesmo fatais, em decorrência da falta de observação das normas de segurança pelos proprietários destes estabelecimentos, em nosso caso, especialmente, das instalações elétricas.

As oficinas mecânicas e funilarias utilizam-se de processos de soldagem, em nosso caso particular, a soldagem oxiacetilênica. Esse processo envolve diversos riscos,

entre os quais as explosões. Os trabalhadores, muitas vezes, não são devidamente preparados e as construções, em sua maioria, não foram projetadas adequadamente para que ali houvesse processo de soldagem oxiacetilênica.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Área Classificada**

Local com potencialidade de ocorrência de atmosfera explosiva. (BARRICO; PEREIRA, 2005).

#### **2.1.1 Riscos Oferecidos pelas Áreas Classificadas**

Provocar explosões ao entrar em contato com fontes de ignição que podem ser de origem elétrica, eletrônica, mecânica, eletrostática, etc., deixando com isso danos materiais, pessoais e em muitos casos fatais.

#### **2.1.2 Tratamentos das Áreas Classificadas**

Nas instalações elétricas de áreas classificadas ou sujeitas a risco acentuado de incêndio ou explosões devem ser adotados dispositivos de proteção, como alarme e seccionamento automático, para prevenir sobretensões, sobrecorrentes, falhas de isolamento, aquecimentos ou outras condições anormais de operação. (BARRICO; PEREIRA, 2005).

#### **2.1.3 Legislação regulamentadora**

Em nível Federal: a Norma Regulamentadora 10 (NR-10) do Ministério do Trabalho e Emprego. Em nível Estadual: da – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), do Sistema Segurador Brasileiro e do Corpo de Bombeiros. Todas as normas que regulamentam estes assuntos são de uso obrigatório, ou seja, são leis sujeitando os infratores ao Código Civil Brasileiro.

#### **2.1.4 As áreas classificadas e responsabilidade civil e criminal**

Em casos de acidentes, há responsabilidades civis e criminais, conforme abaixo-relacionadas, que recairão sobre os responsáveis pelo estabelecimento, engenheiros de segurança, se houver, técnicos de segurança, se houver, ou à pessoa que autorizou a execução da tarefa.

- Atos ilícitos Art. 186 (Ação ou omissão)

- Obrigação de indenizar Art.1927 (Reparação)
  - Crimes contra as pessoas Art.121 (Homicídio Culposo)
  - Lesões corporais Art.129
  - Dolo eventual Art.132
- (VADE MECUM, 2006)

### **2.1.5 Exigências das Legislações Federal e Estadual**

Sendo locais sujeitos a riscos de explosão, a Legislação Federal (NR-10) e Estadual (Meio Ambiente, Seguros e Bombeiros), exigem que todas estas áreas sejam devidamente identificadas, sinalizadas, inspecionadas e tratadas com equipamentos Ex.

### **2.2 Metodologia NBR/IEC:**

As metodologias de classificação de áreas são: NFPA/NEC (*National Fire Protection Association Standards from ANSI / National Electrical Code*) e NBR/IEC (Normas Brasileiras / *International Electrotechnical Comission*), lembrando, porém, que para fins legais, dentro do território nacional, somente a segunda é válida.

### **2.3 A Classificação de Áreas segundo NBR/IEC**

No intuito de identificar as áreas de risco capazes de tornar o ambiente potencialmente explosivo, esta metodologia inicia-se com levantamento das características físico químicas das substâncias presentes nas atividades, tais como: massa molecular, massa específica, ponto de fulgor, limites de explosividade, volatilidade, pressão de vapor, ponto de ebulição, densidade relativa, temperatura de ignição, granulometria, índice de explosividade, níveis de condutividade, umidade, concentrações mínimas, etc.

A norma NBR/IEC classifica os equipamentos referidos ao ambiente onde serão utilizados em dois grupos:

**Grupo I** – São equipamentos fabricados para operar em mineração subterrânea;

**Grupo II** – São equipamentos fabricados para operar em indústrias de superfície;  
O Grupo II tem uma subdivisão conforme as características de similaridade do ponto de vista de comportamento durante um processo de explosão das substâncias envolvidas, e também devido ao seu grau de periculosidade. Esta subdivisão se dá conforme a Tabela 1, a seguir:

**Tabela 1 – Substâncias que podem estar presentes em atmosferas explosivas de gás ou vapor.**

<b>Grupo</b>	<b>Substâncias</b>
<b>IIA</b>	Amônia, Benzeno, Metano Industrial, Monóxido de Carbono, Naftaleno, Tolueno, Xileno, Acetona, Álcool, Benzol, Butano, Gasolina, Hexano, Nafta, Gás Natural, Propano, Acetaldeído, Vapores de vernizes ou vapores de risco equivalente.
<b>IIB</b>	Etileno, Ciclopropano, Éter Etílico, Sulfeto de Hidrogênio, Acroleína, Óxido de Eteno, Butadieno, Acrilato de Etila, Acrilato de Metila, Alileno, Formaldeído, Gás de rua, Trioxano, Sulfato de Hidrogênio ou vapores de risco equivalente.
<b>IIC</b>	Hidrogênio, Acetileno e Dissulfeto de Carbono.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas/IEC

### **2.3.1 Classificação de Zonas:**

Para designar o grau de risco encontrado, a norma NBR/IEC baseia-se na probabilidade e no tempo de duração de uma mistura inflamável no local, conforme Tabela 2, a seguir:

**Tabela 2 – Efeito das aberturas em relação às fontes de risco.**

ZONA 0	Zona na qual uma mistura explosiva de gás ou vapor é continuamente presente, ou existe por longos períodos.
ZONA 1	Zona na qual uma mistura explosiva de gás ou vapor é provável de acontecer em condições normais de operação.
ZONA 2	Zona na qual uma mistura explosiva de gás ou vapor é pouco provável de acontecer e se acontecer é por curtos períodos e está associada a condições anormais de operação.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas/IEC

### 2.3.2 Classe de Temperatura:

A classe de temperatura de um equipamento informa a máxima temperatura que a superfície ou qualquer parte do equipamento pode atingir em operação normal ou de sobrecarga prevista (anormal), considerando a temperatura ambiente máxima igual a 40 °C. Segundo a norma brasileira e internacional NBR/IEC são definidas as seguintes classes de temperatura T, demonstradas na Tabela 3:

**Tabela 3 – Classificação do equipamento em função de sua temperatura máxima de superfície.**

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

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas/IEC

### 2.3.3 Extensão da Área Classificada:

Na determinação da extensão das áreas classificadas (volumes de risco) são considerados os seguintes fatores:

- Tipo de material inflamável ou combustível presente: Gás, Vapor, Líquido ou Poeira;
- Propriedades dos materiais inflamáveis ou combustíveis: temperatura de auto-ignição, ponto de fulgor, ponto de ebulição, limites de explosividade, massa molecular, densidade relativa, concentração, resistividade, etc.;

- c) Informações das condições de processo e liberação: vazão, pressão, volume, temperatura, sistema aberto ou fechado, área de armazenamento, etc.;
- d) Informações do ambiente: temperatura, aberto ou fechado, número de trocas de ar, disponibilidade e grau da ventilação, etc. (DÁCIO DE MIRANDA JORDÃO, 2002).

#### **2.4 Tipos de Proteção dos Equipamentos Elétricos (Ex)<sup>1</sup>:**

Os equipamentos e dispositivos elétricos devem possuir características inerentes que os tornem capazes de operar com segurança em atmosferas potencialmente explosivas, assim, foram desenvolvidas técnicas de fabricação, que são chamadas de tipos de proteção e são identificadas no equipamento elétrico através da marcação do símbolo (Ex) seguida da letra código do seu tipo de proteção.

**À prova de explosão (Ex. d):** Tipo de proteção na qual os equipamentos elétricos estão contidos em um invólucro capaz de suportar a pressão de explosão interna e não permitir a propagação da explosão para o meio externo, ou seja, há um confinamento da explosão dentro do invólucro.

**Segurança aumentada (Ex. e):** Tipo de proteção na qual o equipamento elétrico recebe medidas construtivas adicionais de modo a diminuir drasticamente a probabilidade de que o equipamento cause arcos, centelhas ou altas temperaturas durante sua operação.

**Segurança intrínseca (Ex. ia ou ib):** Tipo de proteção na qual o equipamento elétrico é dimensionado para que em condições normais ou anormais de operação não gere energia suficiente para ignição da mistura explosiva. Este método é aplicado a equipamentos de baixa energia, geralmente com potências inferiores a 1 W e tensões inferiores a 30 V, geralmente utilizado para equipamentos eletrônicos e de instrumentação.

---

<sup>1</sup>(Ex): Identificação dos equipamentos para atmosferas explosivas.

**Pressurizado (Ex. p):** Tipo de proteção na qual os equipamentos elétricos são instalados em um invólucro com pressurização positiva e com diluição contínua, de forma a evitar a penetração da mistura explosiva.

**Imerso em óleo (Ex. o) / resina (Ex. m) / areia (Ex. q):** Tipos de proteção nas quais os equipamentos elétricos operam imersos em óleo, resina ou areia isolante de forma a evitar o contato da mistura explosiva com as partes energizadas do equipamento, ou seja, é interposta uma barreira física entre a possível fonte de ignição e a atmosfera explosiva.

**Não acendível (Ex. n):** Tipo de proteção na qual o equipamento elétrico é dimensionado para que em condições normais de operação não gere energia ou temperatura para inflamar uma atmosfera explosiva.

**Hermético (Ex. h):** Tipo de proteção na qual o equipamento elétrico é completamente selado em corpo contínuo onde não há acesso externo ao seu interior, evitando o seu contato com a atmosfera explosiva.

**Especial (Ex. s):** Tipo de proteção na qual o equipamento elétrico emprega técnicas de proteção ainda não normalizadas, porém, cuja eficácia do tipo de proteção proposta tenha sido testada e aprovada em laboratórios aptos a certificação de equipamentos para atmosferas explosivas.

#### **2.4.1 Tipos de proteção (Ex) aplicadas as Zonas:**

Segundo a normalização brasileira e internacional NBR/IEC, a seleção do tipo de proteção a ser empregada na escolha do equipamento elétrico será feita em função da classificação da área, ou seja, para uma determinada ZONA, algumas técnicas podem ser utilizadas e outras não. Na Tabela 4, o resumo dos tipos de proteção normalizados em função das ZONAS de aplicação: (DÁCIO DE MIRANDA JORDÃO, 2002).



**Tabela 4 – Tipo de proteção (Ex).**

<b>Zona 0</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>
Ex. ia	Ex. ia	Ex. ia
Ex. s	Ex. ib	Ex. ib
	Ex. s	Ex. s
	Ex. d	Ex. d
	Ex. p	Ex. p
	Ex. o	Ex. o
	Ex. e	Ex. e
	Ex. m	Ex. m
	Ex. q	Ex. q
		Ex. n
		Ex. h

(Fonte: Empresa Nutsteel / 2007)

Para melhor compreensão dos tipos de proteção, entre os anexos, demonstramos alguns exemplos de equipamentos normalizados em função das ZONAS de aplicação.

### 2.5 Marcação dos Equipamentos Ex:

A Norma NBR 9518 “Equipamentos para atmosferas explosivas”, exige que as marcações dos equipamentos Ex sejam feitas conforme indicado na Tabela 5, abaixo:

**Tabela 5 – Tipo de Proteção (Ex).**

<b>País de Origem</b>	<b>Tipo de Proteção</b>	<b>Grupo</b>	<b>Subgrupo</b>	<b>Classe de Temperatura</b>	<b>Número do Certificado</b>	<b>Nome da Entidade</b>
BR	Ex ia, ib, s, d, p, o, e, m, q, n, h.	I ou II	A, B ou C	T1, T2, T3, T4, T5 ou T6.	XXXXXXX	CEPEL USP

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas/IEC

**Tabela 6 – Exemplo de marcação dos Equipamentos Ex:**

BR	Ex	D	IIC	T3
Origem do produto	Equipamento para atmosferas explosivas	Tipo de proteção	Grupo de Classes	Classe de temperatura

(Fonte: Empresa Nutsteel / 2007)

**2.6 - Limite de explosividade de uma substância inflamável**

A ignição de uma substância inflamável depende da concentração da mesma em relação ao volume de ar .

Assim, quando temos uma pequena concentração da substância inflamável e uma grande quantidade de ar, dizemos que a mistura está pobre e, quando há uma grande concentração da substância inflamável e uma pequena quantidade de ar dizemos que a mistura está rica. (DÁCIO DE MIRANDA JORDÃO, 2002).

Em ambos os casos, na presença de uma fonte não há ignição, por falta ou excesso de ar. Podemos então definir dois limites de inflamabilidade:

- Limite Inferior de Explosividade (LIE): Valor da concentração, expresso em porcentagem de volume, abaixo do qual não ocorre a explosão ou a inflamação auto-sustentável da atmosfera explosiva.
- Limite Superior de Explosividade (LSI): Valor da concentração, expresso em porcentagem de volume, acima do qual não ocorre a explosão ou a inflamação auto-sustentável da atmosfera explosiva.

A densidade relativa em relação ao ar nos indica se, ao ser liberado no ambiente o gás irá subir, caso de densidades relativas superiores à do ar ou descer, caso de densidades relativas inferiores à do ar.

Assim, tomando o ar como referência, com densidade igual a um  $AR = 1$ , quando uma substância possuir densidade menor que um, ela sobe e, quando for maior que um ela desce.

Exemplos:

Butano	2,05 (Desce)
Álcool	1,59 (Desce)
Tolueno	3,18 (Desce)
Hidrogênio	0,07 (Sobe)
Acetileno	0,90 (Sobe)

### 2.6.1 Faixas de Explosividade de uma Substância Inflamável:

Exemplos:

Álcool	–	LIE = 3,30%	à	LSI = 19%
Tolueno	–	LIE = 1,20%	à	LSI = 7%
Acetileno	–	LIE = 1,50%	à	LSI = 81%

Como podemos ver, o Acetileno possui uma faixa muito larga, tornando o produto altamente inflamável, aumentando o risco de explosão.

## 2.7 O Acetileno

As aplicações do acetileno são variadas desde a utilização em indústrias e até mesmo em oficinas mecânicas e funilarias, objeto deste estudo, em especial no sistema de soldagem oxiacetilênica. O acetileno é um hidrocarboneto composto de carbono e hidrogênio, de fórmula química  $C_2H_2$ . À pressão atmosférica e temperatura ambiente, é um gás inflamável, incolor e inodoro quando totalmente puro. É um gás ligeiramente mais leve que o ar e tende a subir e se dispersar, quando não confinado. Assim faz-se necessário obediência às normas de segurança, em nosso caso a Norma Regulamentadora nº 10. Por ser um gás inodoro, o acetileno é distribuído com substâncias odorizantes à base de fosfina e de gás sulfídrico, que lhe conferem o odor característico de alho, sendo essa uma das formas de verificarmos se há vazamento do acetileno.

Quando se tomam as precauções necessárias para o acetileno, ele pode ser utilizado e manuseado com segurança. Em caso contrário, perigosas explosões podem ocorrer. É importante considerar os caminhos pelos quais o acetileno pode explodir:

O acetileno explode quando misturado com certas quantidades de ar ou oxigênio.

- O acetileno gasoso pode se decompor explosivamente quando sujeito a uma fonte de ignição, mesmo se não misturado com ar ou oxigênio. Quaisquer tomadas elétricas, interruptores elétricos, fiações elétricas, podem tornar-se fontes de ignição.

As oficinas mecânicas e as funilarias utilizam-se do sistema oxiacetilênico, por:

- Consumir menos oxigênio nos processos de soldagem.
- Ter a capacidade de concentrar a chama num único ponto, produzindo uma maior velocidade de reação.
- Aquece mais rapidamente.
- Gerar temperaturas mais elevadas que outros gases.
- Liberar menos água.

<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/9356.pdf>

## **2.7.1 Regras de Segurança para o sistema oxiacetilênico**

### **2.7.1.1 Cilindros de Acetileno**

As seguintes regras de segurança devem ser observadas:

1 – Vazamentos – Podem ser descobertos pelo cheiro ou pela aplicação de água com sabão nas juntas e observando se há formação de bolhas. Nunca procure localizar um vazamento de acetileno riscando um fósforo ou por meio de qualquer chama. Caso o vazamento se forme no bujão fusível ou qualquer outro dispositivo de segurança, o cilindro deve ser removido para céu aberto, longe de qualquer fonte de ignição, a válvula deve ser aberta ligeiramente e assim deixada até o escapamento completo do gás. Um aviso deve ser posto no cilindro proibindo aproximação de chamas ou cigarros acesos. O fornecedor deve ser avisado imediatamente do defeito.

2 – Cilindros vazios – É terminantemente proibido tentar recarregar um cilindro de acetileno ou usá-lo para outro gás. É também proibido adaptar ao cilindro qualquer

dispositivo de cobre, latão, bronze ou outras ligas de cobre e as tubulações também não podem ser desses materiais, sob pena de explosão.

3 – Chave de válvula – somente a chave especial fornecida com o cilindro deve ser usada para abrir ou fechar as válvulas. Quando em operação a chave deve estar sempre em posição para facilitar um fechamento rápido em caso de emergência.

4 – É proibido o uso de tubos de cobre ou latão para conduzir acetileno.

#### **2.7.1.2 Cilindros de Oxigênio**

1 – Acabado ou suspenso o serviço, o cilindro deve ser imediatamente coberto com o capuz próprio, tendo o máximo cuidado com os aparelhos e canalizações ligados a ele.

2 – É absolutamente proibido passar graxa ou óleo em qualquer parte destes aparelhos e canalizações (perigo de combustão violenta).

3 – Substâncias oleosas ou graxas devem ser conservadas longe dos cilindros, dos aparelhos e canalizações de oxigênio, mesmo que o oxigênio não esteja sendo usado.

4 – A abertura da válvula do cilindro de oxigênio deve ser feita lentamente. Antes de abrir a válvula, gire para a esquerda o parafuso do ajuste do regulador de pressão do cilindro até ficar frouxo. Abra um pouco a válvula até que o ponteiro do regulador pare. Abra então completamente a válvula. Nunca se deve abrir de um golpe a válvula, nem dar pancadas e nem forçá-la. O operador não deve ficar em frente ao regulador, durante a sua abertura (MAGRINI, 1999).

#### **2.7.1.3 Regulador de Pressão**

É o aparelho que conduz a altíssima pressão do cilindro para uma pressão bem menor, que é a de trabalho. É aparelho delicado que pode ser danificado por queda ou pancada e deve ser manuseado com todo cuidado.

É terminantemente proibido, sob riscos de acidentes graves e fatais, usar um regulador de oxigênio em tubos de gás combustível ou vice-versa.

De forma alguma deve ser forçada a entrada da rosca para adaptar um regulador de gás diferente (MAGRINI, 1999).

#### **2.7.1.4 Mangueiras e Conexões**

As mangueiras de oxigênio e de acetileno deverão ter cores diferentes; as conexões devem ter identificações visíveis que evitem trocas perigosas. Todas as conexões devem estar estanques sem vazamentos. Tubos e conexões devem ser inspecionados semanalmente e qualquer defeito corrigido. Todos devem ser curtos exceto nas construções civis que é preferível ter ligações compridas a transportar os cilindros para o alto. É preciso sempre defender os tubos contra danos ocasionados por pessoas, veículos, objetos que caem, partículas incandescentes e uso de ferramentas inadequadas.

Qualquer vazamento deve ser imediatamente consertado sob pena de desperdício de gás, explosões, queimaduras e morte.

As mangueiras novas devem ser sopradas para limpar alguma sujeira. Tubos metálicos e mangueiras armadas não são aconselháveis (MAGRINI, 1999).

#### **2.7.1.5 Maçarico**

Nunca pendure um maçarico aceso, apague-o antes. Para apagar o maçarico, feche primeiro acetileno e depois o oxigênio. Nunca procure acender o maçarico numa cavidade quente, pois, antes de se inflamarem, os gases podem se acumular na cavidade e produzir uma explosão. O maçarico deve ser introduzido na cavidade já aceso, com a chama regulada.

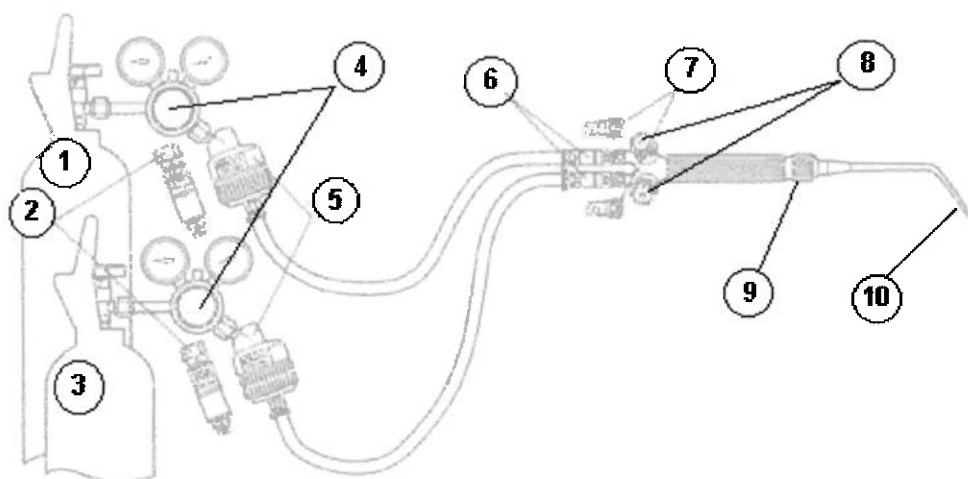
Nunca encoste o bico do maçarico na peça, nem o deixe aquecer demasiadamente.

A pressão de trabalho recomendada pelo fabricante deve ser obedecida. O bico do maçarico não pode ficar frouxo, e não deve haver sujeira no seu assento. Caso a chama volte, feche imediatamente as válvulas dos tubos, fechando primeiro a de

oxigênio. Com as pressões de trabalho bem reguladas, o perigo desse acidente é mínimo. Caso aconteça, significa que há algum defeito no maçarico ou na maneira de usá-lo. Se o maçarico aquecer demais, pode ser mergulhado em água, fechando a válvula do tubo de oxigênio. Se mudar o maçarico de lugar, feche as válvulas dos cilindros, o processo de estrangular os tubos com a mão ou por um torniquete é condenável (MAGRINI, 1999).

Para um melhor entendimento das recomendações aqui detalhadas, na sequência, a figura de um conjunto acetilênico completo.

**Figura 1 – Conjunto acetilênico**



- 1 = Cilindro (ou Garrafa) de Oxigênio
- 2 = Válvulas de Segurança Anti-retrocesso de Chama para Regulador
- 3 = Cilindro (ou Garrafa) de Acetileno
- 4 = Reguladores de Pressão com Manômetros
- 5 = Engates Rápidos das Mangueiras de Acetileno e de Oxigênio
- 6 = Mangueiras com Terminais de Conexão
- 7 = Válvulas de Segurança Anti-retrocesso da Chama para Punho
- 8 = Válvulas de Controle Manual da Chama
- 9 = Punho com Misturador de Gases
- 10 = Bico

Obs.: no linguajar do pessoal que normalmente utiliza este equipamento, o conjunto de punho e bico (peças 8, 9 e 10) é conhecido simplesmente como "Maçarico".

<http://www.joseclaudio.eng.br/laudo.html>, em 28/06/2007

#### **2.7.1.6 Ventilação do Local**

É preciso ventilar muito bem o ambiente. O ar deve provir de ventilação natural e nunca do compressor, como mostra o croqui da página 38. O oxigênio do tubo não deve ser usado para purificar o ambiente. Nos locais confinados deve-se remover imediatamente, do ponto de ignição, as impurezas que se formam.

Deve-se ter certeza de que existirá ar suficiente para a respiração do trabalhador e que não há existência de atmosfera explosiva, quando da soldagem oxiacetilênica em ambientes fechados. Assim poderá ser utilizado, para avaliação do ambiente, o auxílio de um explosímetro ou instrumento equivalente e, ainda, certificar-se de que a concentração de oxigênio para respiração do trabalhador exceda 17%. (MAGRINI, 1999).

#### **2.7.2 Prevenção de incêndio**

##### **2.7.2.1 Perigo de reparos e consertos**

Há sempre perigo de explosão quando se acende um maçarico perto de material combustível ou em atmosfera com gases inflamáveis ou explosivos. Este perigo é maior nos reparos e consertos eventuais do que nas instalações fixas de soldagem para produção industrial. O perigo reside principalmente nos pequenos consertos feitos em qualquer ponto, sem as devidas cautelas, por pessoas desavisadas ou sem instrução sobre os riscos que existem no ambiente.

Antes de iniciar o serviço é preciso que uma pessoa responsável inspecione o local e o declare livre de perigo de fogo e de explosão, em muitos casos, poderá ser o supervisor ou até mesmo o proprietário do local.



### **2.7.3 Observações importantes**

#### **2.7.3.1 Qualificação do soldador**

As operações de soldagem e corte à quente somente podem ser realizadas por trabalhadores qualificados.

[http://www.fundacentro.gov.br/CTN/cpn\\_comite\\_11nr18.asp](http://www.fundacentro.gov.br/CTN/cpn_comite_11nr18.asp), em 01/08/2007

Tendo qualificação e sendo treinado de tempo em tempo, o operador de solda poderá exercer a sua função de forma a não se acidentar, não provocar acidentes na ocasião do trabalho, nem posteriormente, devido à imperfeição das soldas que fez, principalmente em estruturas sujeitas a esforços que podem rompê-las, causando prejuízo, ferimentos e mortes.

#### **2.7.3.2 Inspeção Final**

Após o término do serviço de solda dentro de um intervalo não superior a 30 minutos, deve ser feita inspeção final em toda a área, de modo que se certifique de que não existem chama ou brasas acesas. (MAGRINI, 1999)

### 3. CÁLCULO DA TAXA DE LIBERAÇÃO E A EXTENSÃO DAS ÁREAS CLASSIFICADAS - ("Electrical Installations in Hazardous Areas" - Eur Ing Alan McMillan - 1998)

Liberação de Gás ou Vapor:

A liberação ou vazamento proveniente de um orifício ou bico é dada pela primeira equação:

$$G = C_d \cdot a \cdot P \cdot [(\delta \cdot M / R \cdot T) \cdot (2 / \delta + 1)^{(\delta + 1 / \delta - 1)}]^{0,5}$$

onde:

- G = Taxa da liberação em massa (kg / s)
- C<sub>d</sub> = Coeficiente de descarga (-)
- a = Área da secção do vazamento (m<sup>2</sup>)
- P = Pressão da linha (N / m<sup>2</sup>)
- δ = Razão do calor específico (-)
- M = Massa molecular (kg / kmol)
- R = Constante do Gás = 8312 (m / kmol / K)
- T = Temperatura ambiente (K)

A razão do calor específico (Calor específico à pressão constante divide pelo volume constante):  $\delta = C_p / C_v$ , tem um valor em torno de 1,4 para vasta maioria dos gases e vapores inflamáveis. O coeficiente de descarga tem um valor máximo em 0,8 nas circunstâncias ideais.

Simplificando a equação com os valores  $\delta = 1,4$  e  $C_d = 0,8$ , teremos:

$$\begin{aligned} G &= C_d \cdot a \cdot P \cdot [(\delta \cdot M / R \cdot T) \cdot (2 / \delta + 1)^{(\delta + 1 / \delta - 1)}]^{0,5} \\ G &= 0,8 \cdot a \cdot P \cdot [(1,4 \cdot M / 8312 \cdot T) \cdot (2 / 1,4 + 1)^{(1,4 + 1 / 1,4 - 1)}]^{0,5} \\ G &= 0,8 \cdot a \cdot P \cdot [(0,000168431 \cdot (M / T)) \cdot (2 / 1,4 + 1)^{(1,4 + 1 / 1,4 - 1)}]^{0,5} \\ G &= 0,8 \cdot a \cdot P \cdot [(0,000168431 \cdot (M / T)) \cdot (2 / 2,4)^{(2,4 / 0,4)}]^{0,5} \\ G &= 0,8 \cdot a \cdot P \cdot [(0,000168431 \cdot (M / T)) \cdot (2 / 2,4)^6]^{0,5} \end{aligned}$$

$$G = 0,8 \cdot a \cdot P \cdot [(0,000168431 \cdot (M / T) \cdot (0,833333333)^6]^{0,5}$$

$$G = 0,8 \cdot a \cdot P \cdot [(0,000168431 \cdot (M / T) \cdot 0,334897977)]^{0,5}$$

$$G = 0,8 \cdot a \cdot P \cdot [0,000056407 \cdot (M / T)]^{0,5}$$

$$G = 0,8 \cdot a \cdot P \cdot 0,007510477 \cdot (M / T)^{0,5}$$

Assim,

$$G = 0,006008381 \cdot a \cdot P \cdot (M / T)^{0,5} \Leftrightarrow \text{Válida } P > 2 \cdot 10^5 \text{ (N / m}^2\text{)} \text{ ou } P > 2 \text{ (bar)}$$

onde:  $G$  = Taxa da liberação em massa (kg / s)

$a$  = Área da secção do vazamento (m<sup>2</sup>)

$P$  = Pressão da linha

$M$  = Massa molecular (kg / kmol)

$T$  = Temperatura ambiente (K)

Para a razão, a seguinte equação, se  $r_c < P / P_a$  (Fluxo Crítico) ou se  $r_c > P / P_a$  (Fluxo Subcrítico), teremos:

$$r_c = P / P_a = [(\delta + 1) / 2]^{\delta / (\delta - 1)}$$

Simplificando a equação com os valores  $\delta = 1,4$  de para 1,9 e válida  $P \leq 2$  (N/m<sup>2</sup>)

teremos a equalização:  $G = C_d \cdot a \cdot [2\sigma \cdot (P - P_a)]^{0,5}$

Como densidade do gás ou com vapor, assim:

$$G = 3,95 \cdot a \cdot [M (P - 10^5 / T)]^{0,5} \Leftrightarrow \text{Válida } P \leq 2 \cdot 10^5 \text{ (N / m}^2\text{)} \text{ ou } P \leq 2 \text{ (bar)}$$

onde:  $G$  = Taxa da liberação em massa (kg / s)

$a$  = Área da secção do vazamento (m<sup>2</sup>)

$P$  = Pressão da linha

$M$  = Massa molecular (kg / kmol)

$T$  = Temperatura ambiente (K)

Transformando a taxa de liberação em massa para volume:

$$V = 0,082051282 \cdot G \cdot (T / M)$$

onde:  $V$  = Taxa de liberação em volume ( $\text{m}^3 / \text{s}$ )  
 $G$  = Taxa da liberação em massa ( $\text{kg} / \text{s}$ )  
 $T$  = Temperatura ambiente (K)  
 $M$  = Massa molecular ( $\text{kg} / \text{kmol}$ )

Válida para transformação das equações:  $V_s = [\delta \cdot R \cdot T / M]^{0,5}$

Simplificando para  $\delta = 1,4$  e  $R = 8312$ , teremos:

$$V_s = 107,8740006 \cdot [T / M]^{0,5}$$

onde:  $V_s$  = Taxa de liberação em volume ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $T$  = Temperatura ambiente (K)  
 $M$  = Massa molecular ( $\text{kg} / \text{kmol}$ )

Raio da Zona com a equação válida para  $P > 2 \cdot 10^5 \text{ (N} / \text{m}^2)$  ou  $P > 2 \text{ (bar)}$ :

$$X = 2,1 \cdot 10^3 \cdot [G / (E^2 \cdot M^{1,5} \cdot T^{0,5})]^{0,5}$$

onde:  $X$  = Tamanho do raio da Zona de Gás ou Vapor (m)  
 $G$  = Taxa da liberação em massa ( $\text{kg} / \text{s}$ )  
 $E$  = Limite inferior de inflamabilidade ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )  
 $M$  = Massa molecular ( $\text{kg} / \text{kmol}$ )  
 $T$  = Temperatura ambiente (K)

Raio da Zona com a equação válida para  $P \leq 2 \cdot 10^5 \text{ (N / m}^2\text{)}$  ou  $P \leq 2 \text{ (bar)}$ :

$$X = 10,8 \cdot [(G \cdot T) / (E \cdot M)]^{0,55}$$

onde: X = Tamanho do raio da Zona de Gás ou Vapor (m)

G = Taxa da liberação em massa (kg / s)

E = Limite inferior de inflamabilidade (kg / m<sup>3</sup>)

M = Massa molecular (kg / kmol)

T = Temperatura ambiente (K)

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

No intuito de verificar as condições de segurança em oficinas de funilaria e pintura onde se faz uso de cilindros de acetileno, fomos a campo e tiramos algumas fotos para ilustração do nosso trabalho. A seguir, mostraremos 10 fotos que escolhemos para exemplificar estas condições e na página 33 um croqui onde se pode observar a movimentação de um conjunto acetilênico por toda a extensão das oficinas visitadas.

##### **Osasco / SP – Oficina localizada em um bairro residencial**

Em Osasco/SP, observamos num estabelecimento de funilaria e pintura localizado ao lado de uma residência, tinha em suas instalações tomada elétrica do tipo comum que não atendem legislação em vigor. O cilindro de acetileno está próximo à uma fonte de ignição (carregador de baterias) e, também, observamos o bocal de lâmpada, completamente fora dos padrões exigidos e, ainda, sem as mínimas condições de uso.



Foto 1 – Conjunto oxiacetilênico próximo a uma tomada comum.





Foto 2 – Conjunto oxiacetilênico próximo a um carregador de baterias.

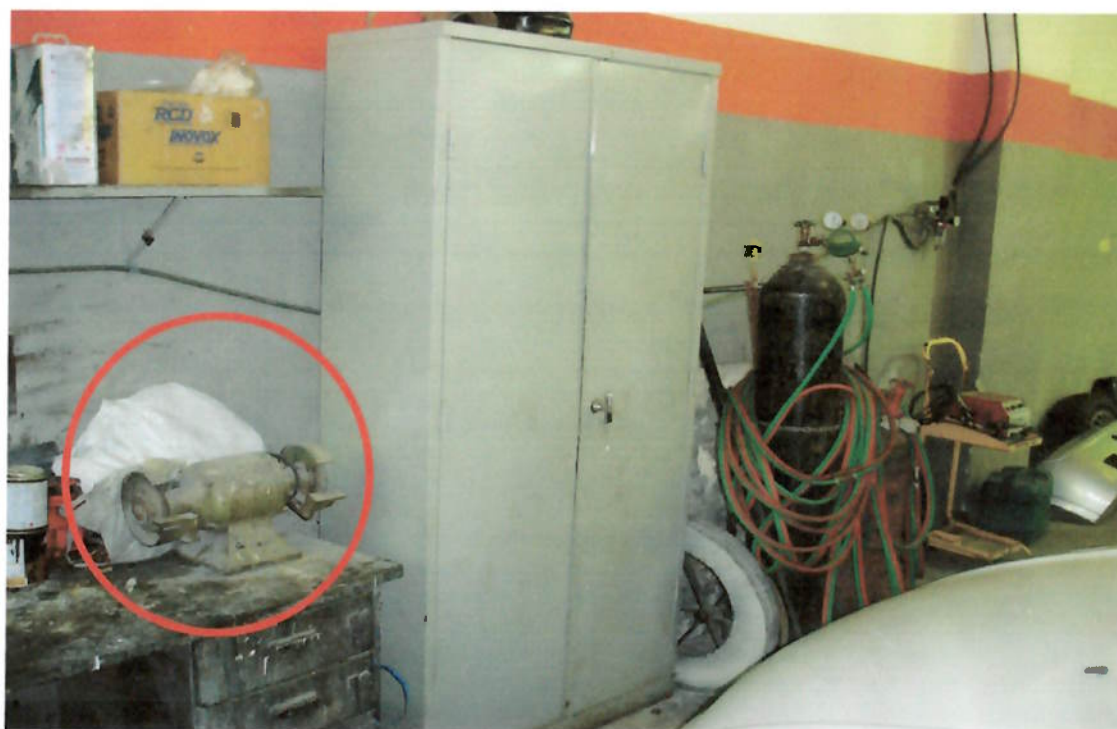


Foto 3 – Conjunto oxiacetilênico próximo a um esmeril.



Foto 4 – Cilindro de acetileno próximo a uma tomada comum.

#### **Jundiaí / SP – oficina localizada em bairro residencial**

Observamos neste estabelecimento que os padrões de segurança não são cumpridos, não sendo possível determinar se por desconhecimento ou por negligência. Cilindro de acetileno em proximidade a matérias inflamáveis, podendo vir a ocasionar acidentes graves. Lâmpada do tipo comum sendo utilizada nas dependências do local onde se armazena o cilindro de acetileno, o que não atende o disposto na NR 10. Isqueiro comum sendo utilizado para acender o maçarico, colocando em risco, tanto operador, como os demais colaboradores do local, bem como a vizinhança.





Foto 5 – Conjunto oxiacetilênico próximo a produtos inflamáveis.



Foto 6 – Lâmpada comum.

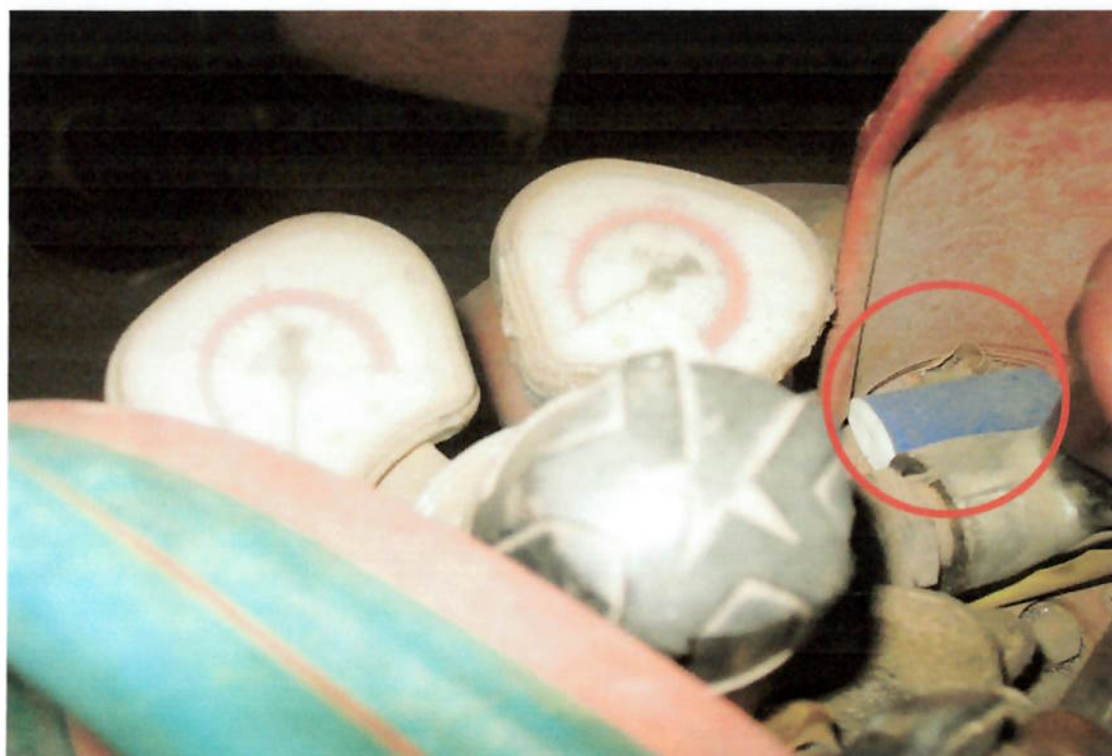


Foto 7 – Isqueiro utilizado para acender o maçarico.



**São Paulo / SP – oficina localizada em bairro residencial**

Observamos neste estabelecimento que os padrões de segurança não são cumpridos, não sendo possível determinar se por desconhecimento ou por negligência. Cilindro de acetileno em proximidade com equipamentos que podem gerar faíscas e ocasionar acidentes. Cilindros de oxigênio e acetileno amarrados com arame, que pode romper-se e derrubar os cilindros. Desorganização do local, que em caso de incêndio, implicará em dificuldades, pois há muitos equipamentos espalhados no chão e pouco espaço para locomover-se entre eles. Extensões elétricas não adequadas, que podem gerar faiscamento e, conseqüentemente, explosão no local, em caso de vazamento do gás acetileno.



Foto 8 – Conjunto oxiacetilênico próximo a um carregador de baterias.



Foto 9 – Lâmpadas comuns próximas ao conjunto oxiacetilênico.



Foto 10 – Tomadas comuns próximas ao conjunto oxiacetilênico.

#### 4.2 Cálculo da Vazão de Acetileno em caso de vazamento

Os vazamentos de acetileno podem ocorrer em diferentes partes do equipamento, como a mangueira, o conjunto de manômetros e válvulas redutoras de pressão, as válvulas de engate, o maçarico e o próprio cilindro que contem o gás.

Exemplo:

Baseado nos cálculos propostos por Alan MacMilan, fizemos uma simulação de um vazamento de acetileno em uma das oficinas visitadas. Por serem oficinas de área construída de dimensões semelhantes, em média  $70\text{m}^2$ , escolhemos a de Osasco, que mede aproximadamente 6m de largura, 12m de comprimento e 4m de altura, e armazena cilindros de gás acetileno.

$$a = 1,26 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ (Área do orifício hipotético)}$$

$$M = 26 \text{ kg/kmol (Massa molecular)}$$

$$P = 17,6 \text{ kg/cm}^2 = 1725970,4 \text{ N/m}^2 \text{ (Pressão de operação)}$$

$$T = 22^\circ\text{C} = 295 \text{ K (Temperatura ambiente média)}$$

$$E = 1,5 \% \text{ (Limite inferior de explosividade - LIE)}$$

$$G = 0,006008381 \cdot a \cdot P \cdot (M / T)^{0,5}$$

$$G = 0,006008381 \cdot 1,26 \cdot 10^{-5} \cdot 1725970,4 \cdot (26/295)^{0,5}$$

$$G = 0,038688009 \text{ kg/s (Taxa de liberação da fonte de risco em massa)}$$

$$X = 2,1 \cdot 10^3 \cdot [G / (E^2 \cdot M^{1,5} \cdot T^{0,5})]^{0,5}$$

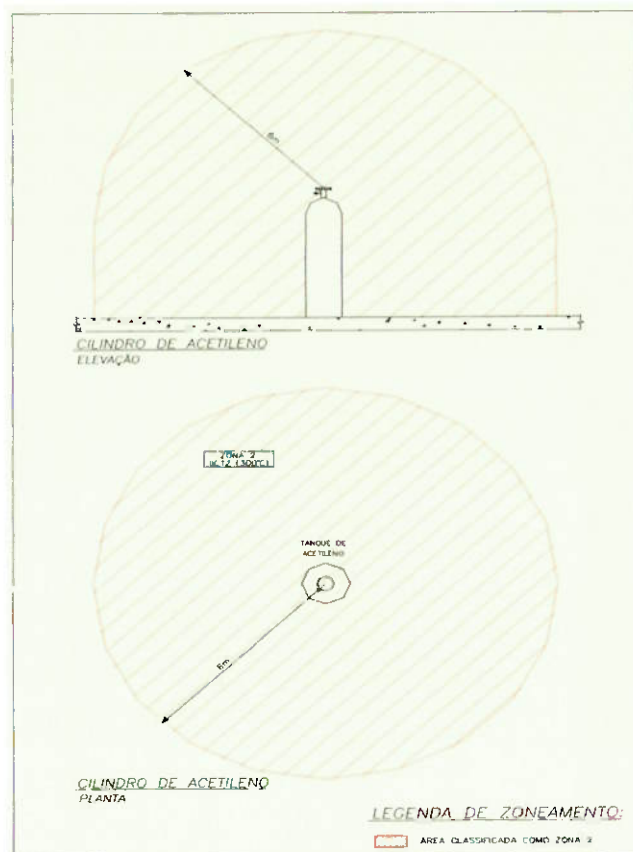
$$X = 2,1 \cdot 10^3 \cdot [0,038688009 / (1,5^2 \cdot 26^{1,5} \cdot 295^{0,5})]^{0,5}$$

$$X = 5,77 \approx 6 \text{ m (Tamanho do raio da Zona de Gás ou Vapor)}$$

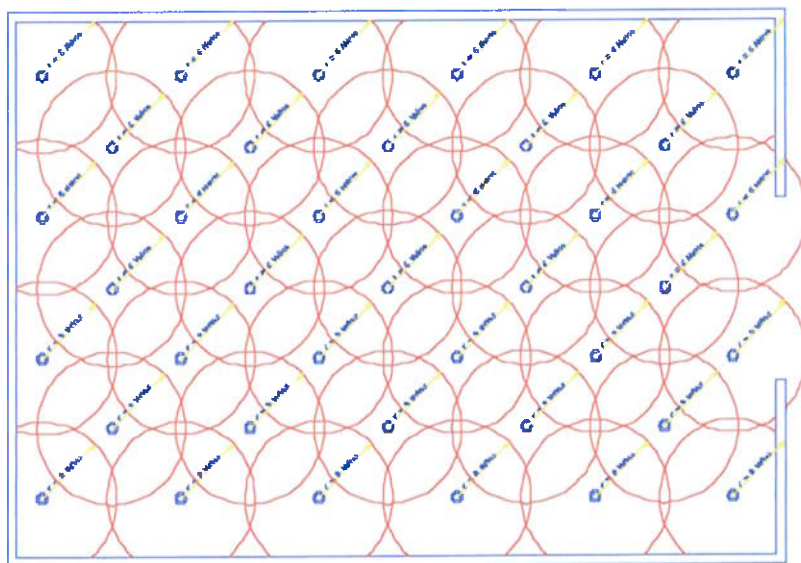
Em nossas visitas observamos que o conjunto oxiacetilênico não tem um lugar determinado para ficar, ou seja, ele acaba circulando por toda a extensão da oficina, conforme demonstramos no croqui a seguir.



**Figura 2 – Vista frontal e superior de um cilindro de acetileno, demonstrando tamanho de raio da Zona de Gás ou vapor**



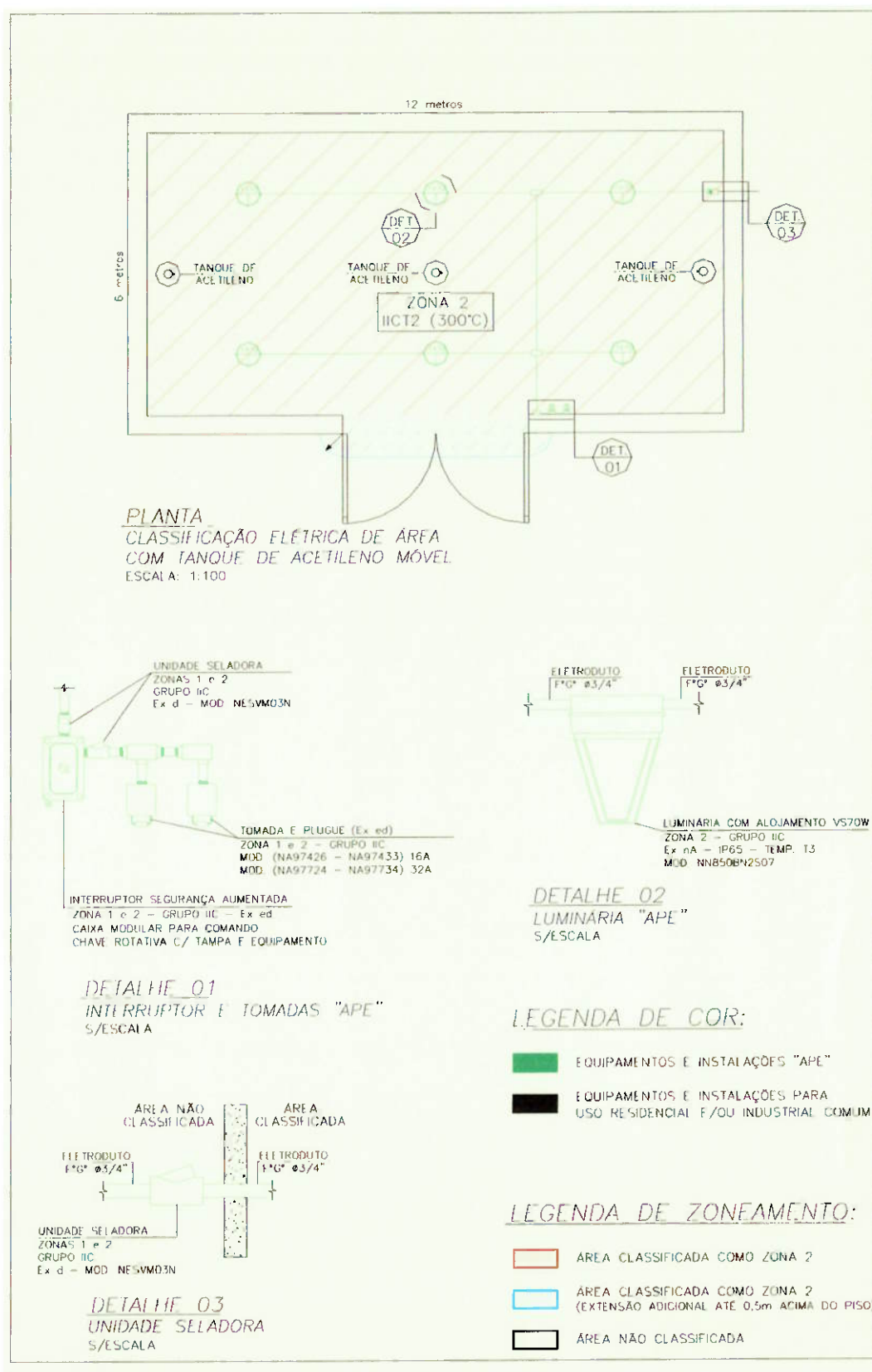
**Figura 3 – Croqui de oficina hipotética, baseado nas oficinas visitadas.**



Logo, com base nestes cálculos, podemos comprovar que nenhuma das oficinas visitadas está de acordo com as normas básicas de segurança apresentadas neste estudo. Se ocorresse qualquer tipo de vazamento seguido de explosão, além da destruição da oficina e danos fatais aos que estivessem dentro dela, seria também afetada toda a área habitada ao redor do estabelecimento num raio de 6 metros.

Como nosso estudo é baseado na NR 10 que dita as normas de instalações elétricas, demonstramos também, através de uma planta, os detalhes de iluminação e posicionamento dos equipamentos Ex. ideais para que uma destas oficinas visitadas, utilizada como exemplo, estivesse livre de risco de explosões em caso de vazamento do acetileno.

**Figura 4 – Layout de oficina hipotética, de acordo com as normas de segurança.**





**Tabela 7 – Comparativo de Custos**

**Itens de Instalação Elétrica Comum X À Prova de Explosão**

<b>Produto</b>	<b>Convencional Preço unitário R\$</b>	<b>À prova de explosão Preço unitário R\$</b>	<b>Diferença</b>
Tomadas	20,00	480,00	2400%
Interruptores	20,00	300,00	1500%
Luminárias	60,00	520,00	866%
Unid. seladora		23,00	0%

(Fonte: Empresa Nutsteel / 2007)

Com base nos dados acima, fizemos um comparativo entre o custo com material elétrico convencional e com material à prova de explosão. Para uma oficina com dimensão 6 x 12 metros, onde será preciso material à prova de explosão em toda a sua área por não ter um lugar definido para se executar o serviço de soldagem, como mostra o croqui acima, o custo do material convencional X Ex, seria:

**Tabela 8 – Comparativo de Custos**

Itens de Instalação Elétrica convencional X Ex				
Produto	Qtd	Convencional R\$	À prova de explosão R\$	Diferença
Tomadas	2	40,00	960,00	2400%
Interruptor	1	20,00	300,00	1500%
Unidade Seladora	3	-	69,00	
Luminárias	6	360,00	3.120,00	867%
<b>Total</b>		<b>420,00</b>	<b>4.449,00</b>	<b>1059%</b>

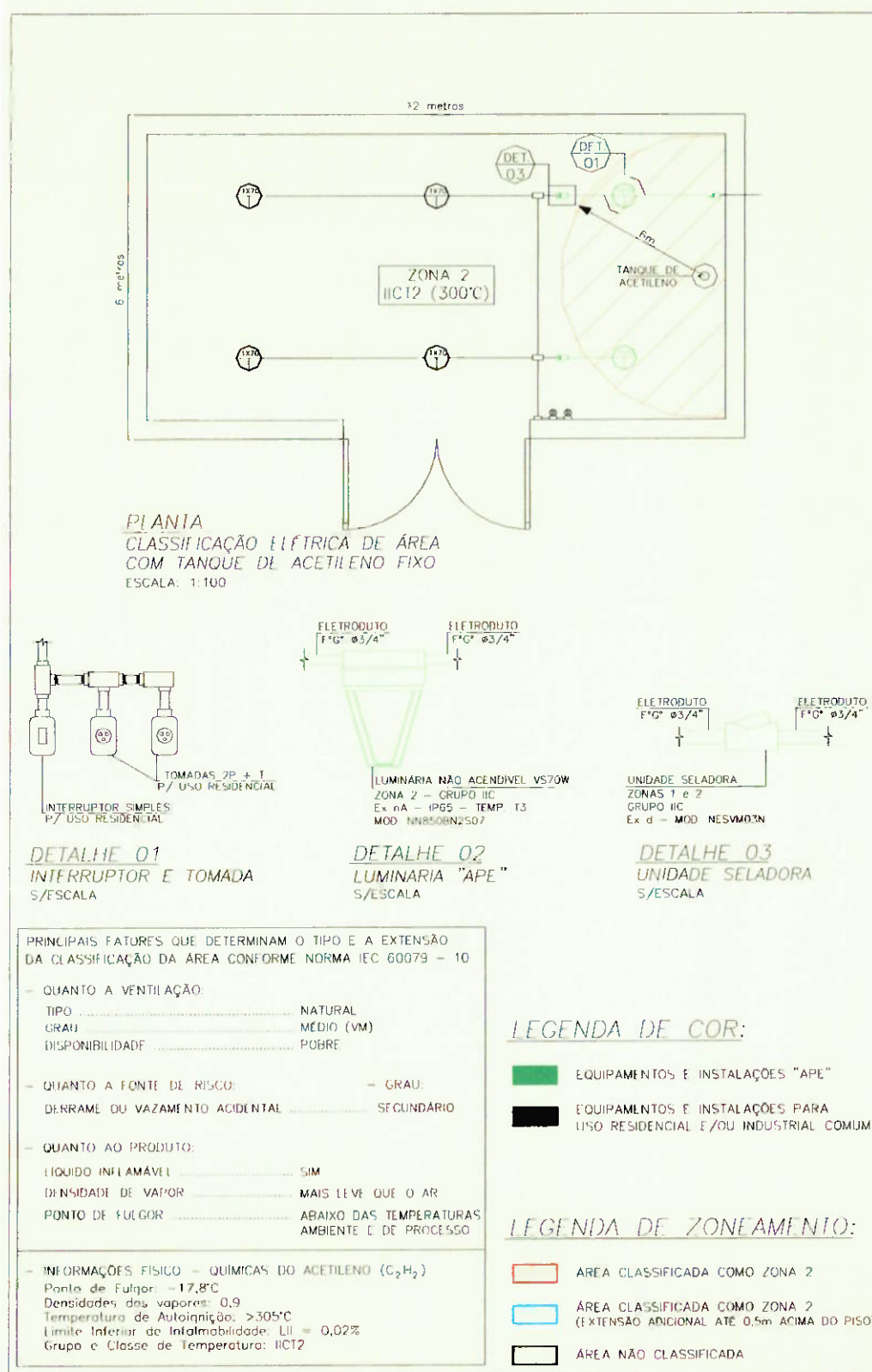
(Fonte: Empresa Nutsteel / 2007)

#### **4.3 Proposta de layout de oficina de acordo com as normas de segurança NR 10 com custo mais acessível.**

Como pudemos observar, o grande responsável pela maioria dos estabelecimentos não estar de acordo com as normas de segurança é o custo do material. No desenho 3, apresentamos um layout que faria com que esta oficina estivesse de acordo com as normas de segurança, porém, os custos seriam muito altos.

No layout a seguir, desenho 4, apresentamos uma alternativa de layout para a mesma oficina utilizada como exemplo até o momento, onde definimos uma área específica para o uso do conjunto oxiacetilênico para a realização de trabalhos de soldagem. Com a definição da área para trabalhos com solda, nosso objetivo foi reduzir a área de risco, tornando desnecessário o uso de equipamento Ex em toda a extensão da oficina. O resultado disso: tornar a oficina segura com custo mais acessível.

**Figura 5 – Proposta de layout de oficina, com base nas normas de segurança NR 10**



Na tabela abaixo, demonstramos que, se o proprietário da oficina se dispusesse a fazer as reformas necessárias para atender a NR 10 de acordo com nossa proposta de layout, ele gastaria 58% menos do que regularizando toda a oficina com o layout pré-existente.

**Tabela 9 – Comparativo de custos**

Layout de Oficinas de Acordo com NR 10					
Produto	Oficina 3		Oficina 4		Redução
	Qtd	À prova de explosão Custo total em R\$	Qtd	À prova de explosão Custo total em R\$	
Tomadas	2	960,00	1	480,00	-50%
Interruptor	1	300,00	1	300,00	0%
Unidade Seladora	3	69,00	3	69,00	0%
Luminárias	6	3.120,00	2	1.040,00	-67%
<b>Total</b>		<b>4.449,00</b>		<b>1.889,00</b>	<b>-58%</b>

(Fonte: Empresa Nutsteel / 2007)

## 5. CONCLUSÃO

Analisado todo o trabalho, é possível concluir que as oficinas visitadas não atendem às normas de segurança, em particular o disposto na Norma Regulamentadora nº10, principalmente no quesito Segurança das Instalações Elétricas em Atmosferas Potencialmente Explosivas e que há necessidade de serem implementadas recomendações para mitigar a probabilidade e as consequências de acidentes graves com cilindros contendo oxigênio e acetileno nas dependências de oficinas mecânicas e funilarias.

As oficinas mecânicas e funilarias estudadas neste trabalho demonstram que, não somente elas, como possivelmente a maior parte das demais existentes, cujas atividades utilizam o sistema oxiacetilênica, são consideradas como Áreas Classificadas.

No entanto, o que se verificou foi a não aplicação das normas de segurança, em especial o disposto na Norma Regulamentadora nº 10 (NR 10), nas oficinas mecânicas e funilarias visitadas, cujas instalações elétricas demonstram ser precárias e, além disso, não são à prova de explosões, como reza o texto na NR 10 para áreas classificadas.

Há necessidade, urgente, que os proprietários, colaboradores, familiares, vizinhos, órgãos fiscalizadores, passem a conhecer melhor o disposto na Norma Regulamentadora nº 10, no tocante à peculiaridade dos serviços desenvolvidos nas oficinas mecânicas e funilarias, com o conjunto oxiacetilênico e as respectivas instalações elétricas do local.

Para tanto, esta norma deve ser melhor divulgada, principalmente pelos meios de comunicação, talvez, com patrocínio das Prefeituras, Governo do Estado, Governo Federal, SEBRAE, ou outros patrocinadores que tenham conhecimento do risco que envolve as oficinas mecânicas e funilarias que utilizam solda oxiacetilênica.

Com base nestes estudos, faremos a seguir uma série de recomendações visando a segurança e bem estar de todos que possam estar direta ou indiretamente ligados aos serviços que utilizam o conjunto oxiacetilênico:

- as empresas fabricantes, distribuidores e revendedores do gás acetileno deveriam ter, por obrigação, a veiculação dos riscos que este gás oferece ao consumidor, ao ambiente e ao local onde será empregado, bem como as principais legislações em vigor acerca do assunto;
- todas as oficinas mecânicas e funilarias deveriam ter suas áreas classificadas, considerando-se a existência do gás acetileno que pode vazar e ir à atmosfera e, ainda, entrar em contato com partes elétricas, gerando riscos de incêndios e explosões;
- anexar em local de fácil visualização pelos usuários e colaboradores das oficinas mecânicas e funilarias, as propriedades químicas do gás acetileno que pode ser liberado para a atmosfera e, com facilidade, provocar incêndio.
- os usuários e colaboradores dos locais onde haja presença de gás acetileno para execução dos serviços, devem estar cientes dos planos de fuga quando da ocorrência de sinistros, envolvendo vazamento deste gás para a atmosfera;
- tanto na realização dos trabalhos internamente, como na contratação de serviços deve-se exigir que os profissionais possuam certificado de participação em curso específico, principalmente nos serviços de soldagem oxiacetilênica, bem como exigência de treinamentos para prevenção de acidentes, primeiros socorros e prevenção e combate a incêndios;
- deveria haver critério de tempo para validade de comprovantes de habilitação, já que pode ocorrer de profissionais com treinamentos feitos há muito tempo não conhecerem tecnologias e processos mais modernos;
- os procedimentos para autorização dos serviços, devem ser escritos em linguagem compreensível pelos executantes;
- é necessário que haja nas proximidades equipamentos para combate a incêndio compatíveis a classe da operação, a fim de utilização rápida e eficiente quando necessário for;

- é necessário checar aberturas no piso e/ou frestas que possam possibilitar a passagem do gás acetileno para outras dependências, gerando, assim, mais atmosferas explosivas em outros locais;
- é necessário verificar a utilização, nas proximidades do cilindro de gás acetileno, de atividades com uso de tintas ou outros produtos inflamáveis, bem como e principalmente a existência de resíduos de líquidos inflamáveis ou outros materiais combustíveis;
- é necessário dar importância não somente aos controles realizados na mão de obra e no método de trabalho, mas, sobretudo, aos controles que os equipamentos devem ter;
- deve haver clareza nos procedimentos de alguns requisitos a serem exigidos, a fim de obter-se um padrão de segurança. Mais importante ainda deve ser a realização da verificação periódica dos equipamentos, em nosso caso especial, do sistema de soldagem oxiacetilênica. Deve ser criada uma sistemática de revisões, cuja frequência, a nosso ver, não seja superior a seis meses;
- deve-se gerar um meio (selo ou ficha) que permita a identificação imediata do prazo de validade da revisão do equipamento;
- os cilindros de oxigênio e acetileno devem, preferencialmente, ser montados sobre um carrinho metálico, com rodas metálicas ou de borracha, dotado de separador entre os cilindros e suportes para fixação dos mesmos;
- deve ser terminantemente proibida a abertura de válvulas dos cilindros com a utilização de martelos e outras ferramentas. Todos os envolvidos no local onde haja presença do cilindro de gás acetileno devem estar cientes desta recomendação. Para tanto, o cilindro de acetileno deve sempre estar acompanhado de chave adequada que permita o rápido fechamento da válvula.

Seria ainda muito interessante, considerando-se a necessidade de adequações dos locais, baseando-se nas disposições da Norma Regulamentadora nº 10, que, num primeiro momento, houvesse subsídio do Governo Federal, Estadual ou Municipal para aquisição de materiais elétricos necessários para que se trabalhe com segurança na presença do gás acetileno;

Finalizando, as oficinas mecânicas e funilarias não poderiam estar em funcionamento, face ao risco de acidentes que oferecem a seus colaboradores e vizinhança, principalmente quando o assunto é solda oxiacetilênica, cujo cilindro do gás acetileno merece um cuidado todo especial.



## LISTA DE REFERÊNCIAS

- ANSI/NFPA 497M, **Classification of Gases, Vapors, and Dusts for Electrical Equipment in Hazardous (Classified) Locations.**
- ANSI/NFPA 497A, **Classification of Class I Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.**
- CENTURION, R. M. J. – **Segurança do Trabalho na Distribuição do Acetileno**, Florianópolis, 2003
- <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/9356.pdf> . Último acesso: 01/08/2007.
- DIÁRIO UNO – 21.04.2006 – Policiales. **Tres heridos al explotar tubo de acetileno en taller de pintura.** Disponível em:  
<http://www.unoentrierios.com.ar/index.php?mod=imprimir&id=8882>. Último acesso: 23/04/2007.
- EL PAÍS.COM - Madrid, España, **Arde Madrid.** Disponível em:  
[http://www.elpais.com/articulo/madrid/MADRID/MADRID/\\_MUNICIPIO/EMT/Muerto/explosion/caldera/taller/autobuses/EMT/Elipa/elpepiautmad/19810117elpmad\\_3/Tes/](http://www.elpais.com/articulo/madrid/MADRID/MADRID/_MUNICIPIO/EMT/Muerto/explosion/caldera/taller/autobuses/EMT/Elipa/elpepiautmad/19810117elpmad_3/Tes/). Último acesso: 17/02/2007.
- FUNDACENTRO, **Operações de soldagem e corte a quente.**  
[http://www.fundacentro.gov.br/CTN/cpn\\_comite\\_11nr18.asp](http://www.fundacentro.gov.br/CTN/cpn_comite_11nr18.asp), em 01/08/2007
- JORDÃO, M. D. - **Manual de Instalações Elétricas em Indústrias Químicas, Petroquímicas e de Petróleo** - 4ª Edição – 2002.
- MCMILLAN, Alan – **Electrical Installations in Hazardous Areas** – First Edition – 1998.
- MAGRINI, O. R. – **Segurança do Trabalho na Soldagem Acetilênica**, São Paulo : FUNDACENTRO, 1994.
- NBR 5418** - Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas - 1995
- NBR/IEC 60079-10** - Classification of Hazardous Areas.
- NBR/IEC 60079-0** – Eletrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres.
- NBR 9518** – Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas – Requisitos Gerais.
- NEC Article 500, **Hazardous (Classified) Locations.**

NEC Article 501, **Class I Locations**.

NEC 2002, **Code Review**.

NFPA Codes Vol. I – **Flammable Liquids and Gases** – 1960.

NOTÍCIAS NET, Bariloche, Viedma, Patagones – Anó 7 – 3013, 25/10/2005, **La explosión de un tubo de acetileno en la Escuela Industrial alertó a los estudiantes**, Disponível em:

[http://www.noticiasnet.com.ar/d25\\_10\\_05\\_pagina\\_2c.htm](http://www.noticiasnet.com.ar/d25_10_05_pagina_2c.htm), Último acesso: 23/04/2007.

NUTSTEEL Indústria Metalúrgica Ltda., **Guia Ex Atmosferas Explosivas**. São Paulo, 2006.

PEREIRA, C. J. - **Medida Cautelar de Produção Antecipada de Prova**,

<http://www.joseclaudio.eng.br/laudo.html>, em 28/06/2007

PERRY, John H. – **Chemical Engineers Handbook**- 1999.

Portal da ABMDPII – Secretaria de Estado da Defesa Civil. **Simulação de Vazamento de Acetileno**, Disponível em:

<http://www.academia.cbmerj.rj.gov.br/modules.php?name=coppermine&file=thumbnails&album=39&page=1>, Último acesso: 23/04/2007.

REID, Robert C. and PRAUSNITZ, John M. and POLING, Bruce E. – **The Properties of Gases and Liquids** – Fourth Edition – 1987.

SCHARAM, Peter J. and EARLEY, Mark W – **Electrical Installations in Hazardous Locations** – Third Printing – June – 1993.

SOUZA, B. J. J. & PEREIRA, G. J. – **NR-10 Comentada, Manual de Auxílio na Interpretação e Aplicação da Nova NR-10**, São Paulo, Ed. LTr, 2005.

Vade Mecum Saraiva 2006 - Saraiva / SARAIVA

VALE PARAIBANO. Edição 23/06/2004, **Perigo Imediato**. Disponível em: <http://jornal.valeparaibano.com.br/2004/06/23/sjc/ace1.html>, Último acesso em 23/04/2007.

## **APÊNDICE**

### **Levantamento de Acidentes com Acetileno**

Pesquisamos em alguns jornais na internet e obtivemos informações referentes a alguns acidentes onde o causador tenha sido o descuido e/ou falta de cuidados no manuseio, armazenagem ou manutenção dos equipamentos relacionados direta ou indiretamente ao acetileno.

Através desta pesquisa pode-se verificar a importância do seguimento das normas de segurança referentes ao uso deste material. São vários os tipos de acidentes, desde explosões em oficinas e transformadores até acidentes em pesquisas científicas, onde, infelizmente, os ferimentos são em sua maioria fatais. Segue alguns fatos ocorridos em vários cantos do mundo em diferentes datas:

#### **1. Estados Unidos – Fev/2000**

##### **“Explosão de Gás Acetileno em Caminhão de Serviço”**

O acidente em questão nos leva a observar, na prática, a falta de ventilação e, ainda, onde nas normas de segurança não são observadas e cumpridas. Também, nesse caso, verificamos erro quanto o armazenamento do acetileno. Criou-se uma atmosfera explosiva, a qual também é objeto de estudo deste trabalho, no tocante à NR 10.

“Dois funcionários tentavam abrir a porta do baú de ferramentas de um caminhão, que estava congelada. Neste baú eram guardadas ferramentas, equipamentos, gases comprimidos e acetileno. Contudo, o compartimento onde guardava-se o gás acetileno, estava localizado diretamente acima do baú de ferramentas.

Na tentativa de desemperrar a porta, houve uma explosão acetileno-combustível, devido a alguns motivos que iremos relatar abaixo, porém que justifique o objeto deste trabalho;

- Falta de ventilação no compartimento onde estavam armazenados os cilindros de gás oxigênio e acetileno, criando-se atmosfera explosiva;
- Acomodação indevida, junto ao cilindro de acetileno, de regulador não específico ou não desenvolvido para serem utilizados com esse gás acetileno;
- Em especial, chamamos atenção para o seguinte: - Os componentes elétricos não eram à prova de explosão e mesmo assim eram utilizados dentro do compartimento de estocagem dos cilindros de gás, oxigênio e acetileno.”

Assim, à luz da Norma Regulamentadora nº 10 (NR 10), observamos realidade semelhante à apresentada acima nas oficinas mecânicas e funilarias, cujas dependências armazenam-se cilindros de gás acetileno e oxigênio, mas referidas dependências não possuem componentes elétricos à prova de explosão.

## **2. Brasil – Jun/2004**

### **“Perigo Imediato - Ameaça de explosão interdita centro”**

Nesta matéria fica claro e evidente os riscos que oficinas mecânicas e funilarias expõem às suas vizinhanças.

Um quarteirão foi isolado pelo Corpo de Bombeiros, após acidente com cilindro de gás acetileno em uma oficina, localizada na rua Paraibuna, em São José dos Campos/SP. O risco maior deveu-se ao fato do gás acetileno ser altamente inflamável e com isso haver uma grande probabilidade de explosão na oficina.

“Segundo o Corpo de Bombeiros, o aparelho, utilizado para soldas, foi comprometido por um princípio de incêndio. O acetileno é um produto altamente

inflamável --em caso de explosão, um cilindro com o gás pode destruir construções em um raio de 50 metros.

Ainda, há relatos de que esse foi o segundo acidente com cilindros de acetileno na região em menos de dois meses.

Um problema similar ocorrido em uma oficina na Vila Menino Jesus, em Caçapava, Estado de São Paulo, provocou o isolamento de oito ruas do bairro e a remoção de cinco famílias que moravam nos arredores.

Há necessidade do cilindro de acetileno passar por resfriamento, através de um jato ininterrupto de água sobre o equipamento com o auxílio de uma mangueira acoplada ao caminhão-pipa dos Bombeiros.

Ainda, segundo o tenente Rubem Melo de Freitas, do Corpo de Bombeiros, o acetileno é um gás muito instável e requer algumas medidas preventivas.

A prefeitura de Caçapava, Estado de São Paulo, proibiu a utilização de cilindros de acetileno em locais com grande concentração de residências e determinou a cassação do alvará de funcionamento da oficina onde ocorreu o incêndio.”

Realmente, os riscos provenientes de acidentes envolvendo o acetileno podem ser considerados graves, devido ao poder de destruição que esse tipo de gás pode vir a causar.

### **3. Argentina – Out/2005**

#### **“A explosão de um tubo de acetileno na Escola Industrial alertou os estudantes”**

Parece-nos que normas de segurança são feitas para sabermos que existem, mas não nos desperta interesse em praticá-las. Mas para que praticar segurança? Comigo nada acontece.

Assim, professores e alunos de uma Escola Industrial, depararam-se com um acidente originado pelo defeito do cilindro de acetileno. Observou-se que falta

mínima de segurança teria sido a causa do acidente. Houve uma explosão ocasionada pela ruptura de uma mangueira do tubo de acetileno.

“ “Por sorte o cilindro não estava cheio, porque senão teria explodido tudo, segundo nos disseram os bombeiros quando chegaram à oficina” comentou um dos alunos, entrevistado por um repórter.”

Mas o que mais nos chama a atenção, devido à semelhança do que ocorre nas oficinas mecânicas e funilarias, é que não se cumpre as normas de segurança, tendo em vista que a mangueira que rompeu-se estava atada com um arame e tinha um defeito na válvula de segurança.



Figura 1 – Foto do local do acidente, que foi evacuado por questões de segurança.

[http://www.noticiasnet.com.ar/d25\\_10\\_05\\_pagina\\_2c.htm](http://www.noticiasnet.com.ar/d25_10_05_pagina_2c.htm)

Os alunos já sabiam do risco, mas e os professores? Aqueles que são instrutores deveriam ser os primeiros a darem o exemplo, contudo não foi o que vimos.

Imaginem as oficinas mecânicas e funilarias onde, muitas vezes, seus colaboradores

nem sabem que existem legislações específicas para cada produto ou serviço. O perigo, muitas vezes, é nosso vizinho.

#### **4. Argentina – Abr/2006**

##### **“Três feridos ao explorar tubo de acetileno em oficina de pintura”**

Nesta matéria, verificamos que a possível causa do acidente é a falta de conhecimento no manuseio do equipamento. Se nem o equipamento sabem manusear, imaginem se conhecem o estabelecido na NR 10, quanto à blindagem de possíveis componentes elétricos.

E a realidade que vivemos no dia a dia, onde a economia informal faz crescer, cada vez mais, estabelecimentos (oficinas mecânicas e funilarias) sem as mínimas condições de funcionamento, no tocante às normas de segurança, quanto ao manuseio do acetileno.



Figura 2 - A onda expansiva afetou o teto do lugar.



“Com relação aos motivos que poderiam ter levado à explosão, a priori não se descartou entre os peritos a possibilidade de que o cilindro de acetileno possa ter sido mal manipulado no processo de soldagem.”

<http://www.unoentferios.com.ar/index.php?mod=imprimir&id=8882>

#### **5. Espanha – Set/2006**

Neste caso específico, observamos que os cilindros contendo acetileno e oxigênio foram os colaboradores para a propagação do incêndio. A explosão teve início em algumas das partes elétricas da subestação, o que pode ocorrer em quaisquer dependências de oficinas mecânicas e funilarias, em cujas dependências existem cilindros de oxigênio e acetileno.



Fig. 3 – Foto do local em chamas

Na figura acima, notamos o poder de destruição das chamas, cujos cilindros contendo acetileno e oxigênio contribuíram para que se alastrasse ainda mais.



“O acetileno é um gás altamente inflamável utilizado freqüentemente em trabalhos de soldagem. A mistura deste gás com o ar em proporções entre 2,5 e 81% o converte em um agente explosivo de grande potência, quando em suas imediações se manifesta uma fonte de energia (faísca, calor, etc.), assim como pela ação do calor o gás armazenado pode expandir, se não se conseguir conter a tempo a ruptura do cilindro, fazendo sair ao exterior este gás superaquecido e produzindo uma bola de fogo.”



Fig. 4 – Foto do local em chamas, de um outro ângulo.

“Este efeito se conhece como BLEVE (Bouling Liquid Expanding Vapor Explosion), significa a saída violenta ao exterior de um gás armazenado em estado líquido, o qual, por efeito do calor, tenha se gaseificado no interior do recipiente e que, uma vez produzida a ruptura deste por excesso ou pressão em seu interior, sai ao exterior com uma potência calculada em 260 vezes maior que a do próprio gás em seu estado normal.”

“O risco de explosão de um cilindro de acetileno afetado pela ação do calor pode prorrogar-se até 24 horas depois de haver sofrido a ação do calor, devido ao processo de decomposição do gás e da acetona que contém o cilindro.”



Fig. 5 – Foto do prédio vizinho.

“Outro elemento utilizado em soldagem oxiacetilênica é o oxigênio, agente que atuará como oxidante e permitirá a fusão dos materiais que se pretende soldar, mas que no caso deste incêndio, a ação do oxigênio tem sido como uma parte mais do tetraedro do fogo, que significa um comburente enriquecendo a capacidade de combustão.”

[http://www.elpais.com/articulo/madrid/MADRID/MADRID/\\_MUNICIPIO/EMT/Muerto/explosion/caldera/taller/autobuses/EMT/Elipa/elpepiautmad/19810117elpmad3/Tes/](http://www.elpais.com/articulo/madrid/MADRID/MADRID/_MUNICIPIO/EMT/Muerto/explosion/caldera/taller/autobuses/EMT/Elipa/elpepiautmad/19810117elpmad3/Tes/)

Devido às várias ocorrências de acidentes fatais envolvendo o acetileno pelo mundo e principalmente no Brasil, as autoridades brasileiras começaram a se mobilizar. São realizados treinamentos específicos pelo corpo de bombeiros para combater acidentes com acetileno.

Devido à importância dessa simulação, deixaremos na íntegra a matéria extraída da fonte.

#### **6. “Simulação de incêndio em oficina mecânica”**

Publicado em 27/04/2006 / Seção: Outras Notícias

No dia 06 de abril, na instrução de TMI-II (Tecnologia e Maneabilidade de Incêndio) foi realizado um simulado de vazamento de Acetileno (Etino) em uma oficina mecânica. A Casa de Fumaça serviu como compartimento onde ocorria o vazamento do gás, que é extremamente inflamável, possuindo uma faixa de explosividade extensa com risco de uma explosão.

A 2ª Companhia foi dividida em guarnições, e cada uma delas realizou o exercício separadamente.

Os Cadetes ouviam o brado e tinham um minuto para vestirem a roupa de aproximação e embarcarem nas viaturas de salvamento (ABSL-113) e combate incêndio (ABT-015). Logo após a chegada, a guarnição de salvamento tinha por missão desligar a energia elétrica, enquanto a de incêndio estabelecia os equipamentos do socorro.

Devido à iminência de uma explosão, foi feito um isolamento de 200m em toda área com o intuito de proteger vidas humanas. Outras ações foram praticadas como resfriamento da estrutura e verificação da temperatura externa.



Fig. 6 – Foto de simulação de incêndio em oficina mecânica 1

Após atendidas as condições citadas acima, as portas do compartimento foram abertas para que pudesse ser executado o resfriamento do cilindro. Isto era o fator primordial para que o trabalho fosse feito de forma segura e consistia em um dos maiores objetivos da operação.

Por se tratar de uma intervenção arriscada, utilizou-se a posição de “alarme e gases” e evitou-se permanecer à frente da porta para que os combatentes não fossem atingidos por estilhaços ou onda de pressão, caso houvesse uma explosão.





Figs. 7/8 – Foto de simulação de incêndio em oficina mecânica 2/3

Assim que possível, o registro do cilindro foi fechado, concluindo a instrução.

O treinamento com acetileno é de suma importância, pois este gás tem uma ampla utilização e as solicitações feitas ao CBMERJ são bastante comuns.

Como se pôde constatar na instrução, o isolamento da área deve ser de no mínimo 200m, todos devem estar usando equipamentos de respiração autônoma e o resfriamento do cilindro deverá se estender por 24h\*.

Além de ser um gás muito inflamável, o acetileno é também asfixiante, embora não seja tóxico. Sua densidade é de 1,107 Kg/m<sup>3</sup> (21°C e 1 atm), sendo solúvel em água e possuindo limites de explosividade que variam de 2,2%(LIE) a 80%(LSE). É um produto muito instável, bastando aumentos de temperatura, choques, centelhas e aumento de pressões acima de 1,2Bar (1,176 Kgf/cm<sup>2</sup>) para que se inicie uma perigosa reação no interior do cilindro. Seu número ONU é 1001, classe de risco 2.1 e número de risco 239.

\*O CBMERJ já dispõe de um sofisticado equipamento denominado "câmera de imagem térmica" que é uma importante ferramenta nas ações de socorro em eventos que envolvam acetileno, pois ela possibilita o monitoramento do comportamento térmico do cilindro. Este recurso, além de estabelecer o tempo exato para a duração do resfriamento, pode também salvar vidas, alertando o comandante do socorro a cerca de uma situação indesejada, caracterizada pelo progressivo aumento de temperatura do cilindro, o que após um determinado limite, inexoravelmente resulta na explosão.”.

<http://www.academia.cbmerj.rj.gov.br/modules.php?name=coppermine&file=thumbnails&album=39&page=1>

## ANEXOS

## Anexo A – Memorial de Cálculo

Memorial de Cálculo									
Fonte de Risco :		Vazamento							
Substância :		Acetileno - (C2H2) - CAS nº 74-86-2							
Local		Estudo de caso (funiliria e pintura para carros)							
Desenho :		Cilindro de acetileno							
Dados do Ambiente									
T <sub>a</sub> =	22	°C	=	295	K	(Temperatura ambiente média)			
g =	9,81	m/s <sup>2</sup>	(Aceleração da gravidade)						
v <sub>m</sub> =	2	m/s	(Velocidade média do vento)						
Dados da Substância									
ρ =	1.170	kg/m³	(Massa específica)						
ρ <sub>v</sub> =	0,9		(Densidade relativa em relação ao ar)						
T <sub>f</sub> =	-17,8	°C	(Ponto de fulgor)						
T <sub>e</sub> =	-80,75	°C	(Ponto de ebulição)						
T <sub>i</sub> =	305	°C	(Temperatura de ignição)						
M =	26	kg/kmol	(Massa molecular)						
LEL =	1,5	%	=	0,016224	kg/m³	(Limite inferior de explosividade - LEL)			
ΔP =	4.378,00	kPa	=	43,207502	atm	(Pressão de vapor)			
Dados do Processo									
P =	17,6	kg/cm²	=	1,7259704	Mpa	(Pressão de operação)			
d =	4	mm	(Diâmetro do orifício hipotético)						
a =	1,257E-05	m²	(Área do orifício hipotético)						
C <sub>d</sub> =	0,8		(Coeficiente de descarga)						
Taxa de Liberação e Extensão da Área Classificada									
G =	0,038688	kg/s	(Taxa de liberação da fonte de risco em massa)						
V =	0,0359947	m³/s	(Taxa de liberação da fonte de risco em volume)						
R <sub>1</sub> =	5,77	m	≈	6	m	(Raio da Zona 2)			
Estimativa do Volume Hipotético e Tempo de Persistência									
k =	0,5		(Fator de segurança k p/ fontes de grau secundário)						
d <sub>v</sub> /d <sub>i</sub> =	4,8017864	m³/s	(Vazão mínima de ar)						
f =	1		(Fator de eficiência da ventilação)						
C <sub>ar</sub> =	400	h <sup>-1</sup>	=	0,1111111	s <sup>-1</sup>	(Número de trocas de ar)			
V <sub>z</sub> =	43,216077	m³	(Volume hipotético)						
t =	0,0122321	h	=	44,03567	s	(Tempo de persistência da mistura)			





### Anexo C - Tabela da NBR/IEC 60079-10 – Características Físico-Químicas

[illegible]



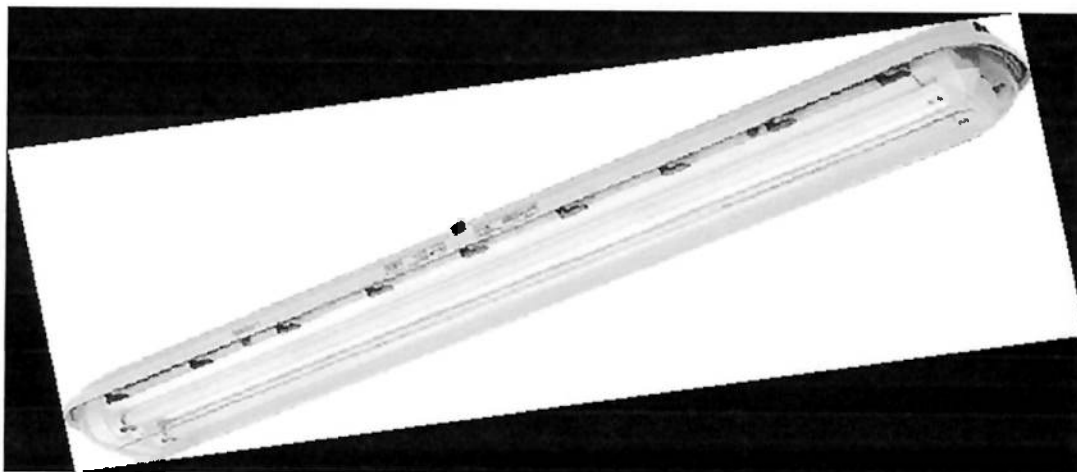


## **Anexo F – Equipamentos elétricos de segurança**

### **LUMINÁRIA PARA ZONA 2 (com alojamento)**

- Atmosferas explosivas
- Zona 2 - Grupos IIA, IIB e IIC
- Grau de proteção: IP 65
- NBR 9518 e NBR 6146
- IEC 60079-15, IEC 60079-0 e IEC 60529
- Certificado de conformidade: 04/UL-BRAE-0025X





**LUMINÁRIA FLUORESCENTE**  
(segurança aumentada)

NA91372-73

NA91534-55

NA96372-73

NA96534-55

- Atmosferas explosivas
- Zonas 1 e 2, 21 e 22 - Grupos IIA, IIB e IIC
- Grau de proteção: IP 66/67
- NBR 5363, NBR 9518, NBR 9883 e IEC 60529
- Temperatura de operação: -20°C a +55°C
- Tipo certificado: Fle
- Certificado de conformidade: MC, AEX-1875-X



**TOMADA e PLUGUE 63A e 125A**  
(segurança aumentada)

NA96842-92

- A chave seccionadora pode ser travada com cadeado, na posição
- Atmosferas explosivas
- Zonas 1 e 2, 21 e 22 - Grupos IIA, IIB e IIC
- Grau de proteção: IP 66
- Temperatura de operação: -30°C a +55°C
- NBR 9518, NBR 5363, NBR 9883, NBR 6146, IEC 60079-0/1/7 e CENELEC EN50014-18-19
- Tipo certificado (63A): PC 63X
- Tipo certificado (125A): PC 125X
- Certificado de conformidade: MC, AEX-1874-X