

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ  
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR  
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**A NOCIVIDADE DOS GASES EM OCORRÊNCIAS DE  
INCÊNDIO.**

DIEGO MACIEL SERAFIM

São José

2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ  
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR  
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

DIEGO MACIEL SERAFIM

**A NOCIVIDADE DOS GASES EM OCORRÊNCIAS DE  
INCÊNDIO.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências pela Universidade do Vale de Itajaí, Centro Tecnológico da Terra e do Mar.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Rachel Faverzani  
Magnago

São José

2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ  
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR  
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

DIEGO MACIEL SERAFIM

**A NOCIVIDADE DOS GASES EM OCORRÊNCIAS DE  
INCÊNDIO.**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação São José.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão

São José, 16 de junho de 2008.

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Rachel Faverzani Magnago  
UNIVALI – CE de São José  
Orientador

Maj BM Evandro Carlos Gevaerd  
CEBM – Maj BM  
Banca Examinadora

Cap BM Alexandre Coelho Da Silva  
UNIVALI – CE de São José  
Banca Examinadora

**Dedico este trabalho a minha Mãe meu Pai,  
meus queridos irmãos Rodrigo e Priscila e  
minha namorada Ediany.**

Meus agradecimentos aos professores da Universidade do Vale do Itajaí do Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências, principalmente ao minha orientadora professora Dr. Rachel Faverzani Magnago pela dedicação demonstrada, bem como a todos instrutores militares do Centro de Ensino Bombeiro Militar.

Agradecimento aos meus companheiros de turma: Alcântara, Sommer, Túlio, Grígulo, Ana Paula, Davi, Coste, Márcio, Sarte, Cléber, Ivanka, Isabel, Dos Anjos, Lemos, Daniel, Eidt e Pratts pela ajuda prestada nos momentos de dificuldade.

Agradeço também a todos os bombeiros militares, principalmente aos Senhores Maj BM Gevaerd e Cap BM Coelho que muito contribuíram, com os conhecimentos ofertados em suas instruções, para que este trabalho fosse concluído dentro do prazo e com sucesso.

Agradecimento especial aos meus pais Maria e José, meus irmãos Priscila e Rodrigo e a minha namorada Ediany, pelo apoio prestado.

Que Deus abençoe a todos.

“La lucha moderna contra incendios es un arte que requiere un vasto acervo de conocimiento profesional y pericia.

Es imposible para un individuo tratar de adquirir conocimiento y habilidad adecuados solamente por la experiencia; la mayor parte debe adquirirse a través de estudio y entrenamiento sistemáticos”

**Lloyd Layman**

## RESUMO

SERAFIM, D.M. **A NOCIVIDADE DOS GASES EM OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIO**. 2008. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2008.

Esse estudo é direcionado a relação de nocividade apresentada pela atmosfera nas ocorrências de incêndio por decorrência dos produtos da pirólise ou combustão, como gases, vapores, fumos, fumaças, e partículas sólidas (como fuligem).

O assunto é de suma importância sendo que se levarmos em conta os perigos que envolvem a cena de um incêndio e todo o contexto das ocorrências que envolveram vítimas fatais, chegaremos a conclusão que na grande maioria dos casos o óbito deu-se em decorrência direta ou indireta da fumaça ou “gases” tóxicos. Pois em um incêndio mesmo antes que a quantidade de fumaça seja capaz de produzir intoxicação direta ou indireta, os efeitos da redução de visibilidade, pânico ou mesmo a própria narcose (essa decorrente de intoxicação) que provoca nos ocupantes do local sinistrado são na maioria das vezes os grandes vilões que impossibilitam a fuga destes.

**Palavras-chave:** Intoxicação. Toxicidade dos gases do incêndio. Corpo de Bombeiros.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.2 PROBLEMA.....	13
1.3 OBJETIVOS .....	13
1.3.1 Objetivo geral.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 JUSTIFICATIVA.....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
2.1 AS PRINCIPAIS REAÇÕES DE QUEIMA ENVOLVIDAS NO INCÊNDIO .....	15
2.1.1 Pirólise .....	15
2.1.2 Combustão Completa e Incompleta .....	16
2.2 CONCEITOS E CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES SOBRE O TRABALHO .....	18
2.3 OS PRINCIPAIS PRODUTOS DA COMBUSTÃO .....	19
2.3.1 Os “gases” da combustão .....	20
2.3.2 As chamas .....	21
2.3.3 O calor emitido.....	22
2.3.4 Fumaças visíveis .....	23
2.4 OS PRINCIPAIS AGENTES QUÍMICOS NOCÍVOS DAS FUMAÇAS, GASES E VAPORES GERADOS NOS INCÊNDIOS. ....	24
2.5 INTOXICAÇÃO POR INALAÇÃO. ....	25
2.5.1 Fisiopatologia.....	26
2.5.2 Diagnóstico .....	27
2.5.3 Toxicologia dos Principais Compostos da Pirólise e Combustão e Primeiros Socorros. ....	31
2.5.4 Outros Tratamentos a Considerar.....	49
2.6 OUTRAS LESÕES E DANOS.....	49
2.7 ESTATÍSTICAS DAS INTOXICAÇÕES. ....	53
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	60
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	60
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</b> .....	66

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**BM** – Bombeiro Militar

**CBMSC** – Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina

**CLT** – Consolidação das Leis de Trabalho

**EPI** – Equipamento de Proteção Individual

**EPR** – Equipamento de Proteção Respiratório

**IFSTA** - International Fire Service Training Association

**INMETRO** – Instituto Nacional de Metrologia

**LGE** – Líquido Gerador de Espuma

**NBR** – Norma Brasileira de Regulamentação

**NFPA** – National Fire Protection Association

**OBM** – Organização de Bombeiro Militar

**UNIVALI** – Universidade do Vale do Itajaí

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Frequência em cada mês de mortes relacionadas com fogo.....	53
GRÁFICO 2 – Frequência da etimologia de mortes relacionadas com fogo.....	54
GRÁFICO 3 – Frequência pelos sexos de mortes relacionadas com fogo.....	54
GRÁFICO 4 – Frequência por idade de mortes relacionadas com fogo.....	55
GRÁFICO 5 – Frequência por idade e sexo de mortes relacionadas com fogo.....	56
GRÁFICO 6 – Frequência dos tóxicos detectados em mortes relacionadas com fogo.....	57
GRÁFICO 7 – Frequência de combinações de tóxicos detectados em mortes relacionadas com fogo.....	57
GRÁFICO 8 – Frequência de níveis de COHb em mortes relacionadas com fogo.....	58
GRÁFICO 9 – Frequência de níveis cianureto em mortes relacionadas com fogo.....	58
GRÁFICO 10 – Frequência de níveis de COHb e cianureto em mortes relacionadas com fogo.....	59

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Principais Agentes químicos, sua origem e efeitos fisiológicos.....	25
TABELA 2 – Características clínicas dos principais gases e vapores tóxicos.....	30
TABELA 3 – Efeitos fisiológicos da hipóxia.....	32
TABELA 4 – Efeitos fisiológicos da hipóxia hipercarbônica. ....	34
TABELA 5 – Efeitos fisiológicos do monóxido de carbono no homem. ....	36
TABELA 6 – Efeitos fisiológicos do ácido cianídrico no homem. ....	38
TABELA 7 – Efeitos fisiológicos do ácido clorídrico no homem. ....	41
TABELA 8 – Efeitos fisiológicos do dióxido de nitrogênio no homem. ....	43
TABELA 9 – Efeitos fisiológicos do dióxido de enxofre no homem.....	45
TABELA 10 – Efeitos fisiológicos do ácido sulfídrico no homem.....	46
TABELA 11 – Efeitos fisiológicos do ácido fluorídrico no homem. ....	47
TABELA 12 – Efeitos fisiológicos do fosgênio no homem. ....	48
TABELA 13 – Efeitos fisiológicos da acroleína no homem.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso, tem como propósito inicial aprofundar a relação nociva dos gases tóxicos produzidos na combustão, na tentativa de perceber a relação nociva dos gases tóxicos e suas implicações na saúde do bombeiro militar.

Em uma reflexão sobre a atividade bombeiril, que se depara no cotidiano com riscos constantes em ações como o combate á incêndio, e por entender que o contato permanente com os gases tóxicos numa ocorrência de incêndio pode produzir vítimas com lesões, queimaduras, aquisição de doenças graves e até a morte, implicando conseqüências danosas sobre a vida de curiosos, moradores e de profissionais que nele atuam.

E ainda, considerando estatísticas as quais mostram que uma maioria considerável das mortes em incêndios, são provocadas pelos gases tóxicos e pela fumaça em detrimento dos outros tipos de riscos. Grande parte dessas mortes ocorrendo por intoxicação ou asfixia sem muitas vezes sofrerem nenhum tipo de queimadura. E por entender que existem muitos profissionais que se dirigem para um incêndio e que se submetem a riscos decorrentes de uma atmosfera quase sempre desconhecida por ignorarem a relação entre a nocividade dos gases produzidos pela combustão ou pirólise e os materiais consumidos num incêndio se expõem a toda prova, a situações de riscos, mesmo tendo a sua disposição, equipamentos eficazes, capazes de reduzir ou até extinguir os problemas em questão.

Na tentativa de melhor conhecer essa temática e de compreender esse universo, será levantada a seguinte questão: Até que ponto a exposição aos gases tóxicos pelos bombeiros militares e demais pessoas envolvidas numa ocorrência de incêndio, pode acarretar prejuízo no organismo destes?

Para responder essa questão, com base em pesquisa bibliográfica, entendeu-se como importante mergulhar nos assuntos a seguir: os produtos da combustão, os gases da combustão e efeitos dos gases tóxicos e fumaça, diminuição dos níveis de oxigênio, as chamas e emissão de gases e vapores, o calor emitido, queda de pressão sanguínea em decorrência da inalação de gases aquecidos , dano no sistema nervoso central, quantidade de temperatura suportável , fumaças visíveis , principais agentes químicos nocivos das fumaças , vapores gerados nos incêndios e intoxicação por inalação, Fisiopatologia (as concentrações do gás depositado no aparelho respiratório e vias superiores, árvore traqueobronquial e

parênquima), A toxicidade específica do gás e a resposta de cada indivíduo, diagnóstico: intoxicação por gases irritantes e solúveis, intoxicação por gases irritantes e insolúveis, intoxicação por gases pouco ou nada irritantes , inalação de fumaças provenientes de incêndios .

## 1.2 PROBLEMA

Quais os fatores determinantes na intoxicação pelos “gases” produzidos nos incêndios, e que tipo de prejuízos podem acarretar ao organismo dos bombeiros militares e demais pessoas envolvidas na ocorrência?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Identificar os riscos decorrentes da presença de gases tóxicos, provenientes da combustão de determinados materiais, numa ocorrência de incêndio.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Conhecer as características físico-químicas dos principais gases produzidos no incêndio e os efeitos fisiológicos produzidos no organismo humano devido a interação com estes gases.
- Mostrar elementos que evidenciem a importância da utilização dos Equipamentos de Proteção de Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Respiratória (EPR), como medida de prevenção contra intoxicações.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Considerando numa ocorrência de incêndio, os fatores causados pelos gases tóxicos, podendo produzir vítimas com lesões, queimaduras, mortes ou aquisição de doenças graves por inalação dos gases, comprometendo à vida de pessoas como profissionais e ocupantes do local, funcionários de empresas próximas, etc.

E que, segundo estatísticas do Corpo de Bombeiros citado por (Nakamura, 2007) por volta de 80% das mortes em incêndios são provocadas pelos gases tóxicos e pela fumaça, existindo um grande número de pessoas que morrem nessas ocasiões, vítimas de intoxicação, como asfixia ou envenenamento sem sofrer qualquer tipo de lesão ou queimadura.

Considerando ainda, que existem profissionais que para lá se dirigem, submetendo-se a riscos decorrentes de uma atmosfera, quase sempre desconhecida, por ignorarem a relação entre a nocividade dos gases produzidos pela combustão e os materiais consumidos num incêndio. E, mesmo com o constante surgimento de equipamentos de proteção eficazes, que vêm contribuindo enormemente para reduzir ou até extinguir os problemas decorrentes da intoxicação nos bombeiros, evidencia-se ainda, contudo, a falta de consciência necessária dos profissionais, quanto à devida utilização destes equipamentos, e quanto aos momentos em que essa utilização seja apropriada ou mesmo imprescindível.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 AS PRINCIPAIS REAÇÕES DE QUEIMA ENVOLVIDAS NO INCÊNDIO

#### 2.1.1 Pirólise

Segundo Oliveira (2005a apud GRIMWOOD, 2003,p.123), “a pirólise é a decomposição química de uma substância mediante a ação do calor” é a reação a qual os combustíveis sólidos são transformados em gases combustíveis. Resulta da quebra de moléculas com carbono, exclusivamente, por ação da temperatura, não havendo envolvimento de agente oxidante (oxigênio).

Os produtos da reação, normalmente gasosos, variam de acordo com o material sólido combustível e são liberados deixando na superfície deste material combustível resíduos cada vez mais parecidos com o carbono puro. Por vezes esses gases liberados entram em auto-ignição ao entrarem em contato com a superfície aquecida dos sólidos em pirólise, ou podem ser evacuados pela pluma de gases e entram em ignição em outro ponto.

#### **Produtos típicos de pirólise:**

**Material Sólido:** Polímeros celulósicos. Polímeros à base de hidratos de carbono com a fórmula geral  $[\text{CH}_2\text{O}]$ .

**Produto de pirólise:** Água.

**Material Sólido:** Poliofinas. Polietileno, polipropileno são hidratos de carbono com a fórmula geral  $[\text{CNH}_2\text{N}^{+2}]$ .

**Produto da pirólise:** Oligômeros em cadeia e hidrogênio altamente inflamável.

**Material Sólido:** Poliésteres. Os poliésteres comerciais são polímeros do ácido teraftálico e etilenoglicol.

**Produto de pirólise:** Monóxido de carbono e água.

**Material Sólido:** Poliuretanos. São polímeros de isocianatos e alcoóis.

**Produtos de pirólise:** Monóxido de carbono, ácido cianídrico.

**Material Sólido:** Nylon. Polímeros de ácidos e aminas.

**Produtos de pirólise:** Monóxido de carbono, hidrogênio e e ácido cianídrico.

**Material Sólido:** Polimetilmetacrilato. O “Perspex” é um polímero do ácido metacrílico.

**Produtos de pirólise:** metanol, formaldeído, e o monômero extremamente tóxico e inflamável.

**Material Sólido:** PVC. Polímero do cloreto de vinil.

**Produtos de pirólise:** O monômero.

No polímero do cloreto de vinil, o monômero é o produto principal da pirólise junto com o gás de ácido clorídrico. Estes são excepcionalmente tóxicos, porém menos inflamáveis que a maioria dos outros gases da pirólise.

### 3.1.2 Combustão Completa e Incompleta

A combustão é uma reação de uma substância (combustível) com o oxigênio (O<sub>2</sub>) (comburente) presente na atmosfera, com liberação de energia (luz e calor).

A liberação ou consumo de energia durante uma reação é conhecida como variação da entalpia ( $\Delta H$ ), isto é, a quantidade de energia dos produtos da reação ( $H_p$ ) menos a quantidade de energia dos reagentes da reação ( $H_r$ ):

$$\Delta H = H_p - H_r$$

Quando  $\Delta H > 0$  isto significa que a energia do(s) produto(s) é maior que a energia do(s) reagentes(s) e a **reação é endotérmica**, ou seja, absorve calor do meio ambiente. Quando  $\Delta H < 0$ , isto significa que a energia do(s) reagente(s) é maior que a energia do(s) produto(s) e a **reação é exotérmica**, ou seja, libera calor para o meio ambiente, como no caso da combustão da gasolina, por exemplo.

A combustão completa de qualquer combustível orgânico (que possui átomos de carbono) leva a formação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Já quando o combustível possui elementos tais como nitrogênio, enxofre e ferro o resultado da queima serão outros óxidos comuns. Dessa forma, o nitrogênio irá gerar o dióxido de nitrogênio, enxofre irá gerar dióxido de enxofre e ferro, óxido de ferro III.

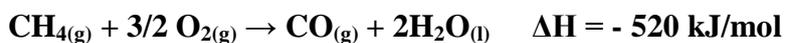
Na combustão incompleta não há o suprimento de oxigênio adequado para que ela ocorra de forma completa, o que faz com que seja produzido monóxido de carbono (CO) e/ou fuligem (carbono livre) em vez de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Nota-se que o CO tem um oxigênio a menos que o  $\text{CO}_2$ , o que caracteriza a deficiência de oxigênio, ou a ineficiência da reação. Outro produto indesejável da combustão incompleta é a fuligem (C), que não tem oxigênio na sua constituição. A porção mais fina da fuligem pode impregnar nos pulmões e causar problemas respiratórios.

As equações químicas abaixo ilustram a quantidade de calor ( $\Delta H$ ) liberada durante a combustão completa e incompleta do gás metano ( $\text{CH}_4$ ). Pode notar-se como a quantidade de calor liberado é menor nos casos de combustão incompleta. Portanto, além da combustão incompleta gerar compostos nocivos à saúde humana, há também, do ponto de vista energético, uma grande desvantagem econômica, pois com a mesma quantidade de combustível haverá menor quantidade de energia gerada. Como se pode notar nas seguintes equações:

Combustão completa do metano:



Combustão incompleta do metano:





É de extrema importância, saber a quantidade de calor liberada pelos combustíveis para que seja possível comparar o valor energético de cada um deles. É essencial, não só do ponto de vista econômico, para se saber qual combustível é mais econômico, mas também do ponto de vista da segurança contra incêndio, uma vez que auxilia no dimensionamento da **carga de fogo** (que consiste em transformar, através do poder calorífico, todos os materiais combustíveis de uma edificação em seu equivalente de madeira, por metro quadrado de área edificada) contida nas edificações.

## 2.2 CONCEITOS E CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES SOBRE O TRABALHO

Além de se considerar os estados físicos (sólido, líquido e gasoso), precisa-se, para uma maior compreensão sobre a atmosfera do incêndio, levar em conta outras formas comuns de encontrarmos os produtos químicos:

**POEIRAS:** são produzidas mecanicamente pela ruptura de partículas maiores. No ato de lixar, serrar, polir materiais, tais como amianto, sílica, carvão, poliuretano (polímeros), fibra de vidro, madeira, entre outros (FREITAS, 2000).

**FUMOS:** são partículas sólidas produzidas pela condensação de vapores metálicos. Fusão de metais, soldagem ( $\text{ZnO}_2$ ) de materiais metálicos, extração de ouro (Au), metalurgia (Cu, Pb, Zn, Al) (FREITAS, 2000).

**FUMAÇA:** produzida pela combustão (completa ou incompleta). Cigarro (Pd, CO), termelétricas (CO, NOx, SOx), automóveis, incêndios (FREITAS, 2000).

**NEBLINA:** São partículas líquidas produzidas pela condensação de vapores. Substâncias corrosivas, gás clorídrico, ácido sulfúrico, ácido cianídrico, água, dentre outros (FREITAS, 2000).

**GASES:** são dispersões de moléculas que se misturam com o ar, podendo até torná-lo tóxico. São exemplos de gases, o GLP (gás liquefeito de petróleo, cujo uso pode ser doméstico ou industrial), gás clorídrico, sulfúrico, cianídrico, monóxido de carbono, dentre outros (FREITAS, 2000).

**VAPORES:** são dispersões de moléculas no ar que podem se condensarem para formar líquidos ou sólidos em condições normais de temperatura e pressão. Vapores de benzol, dissulfito de carbono (FREITAS, 2000).

Levando em conta os diferentes processos químicos e físicos envolvidos no incêndio (como vaporização, pirólise ou combustão, por exemplo), por que passam os materiais atingidos pelo fogo e calor, bem como por que passam também os agentes extintores (como água ou LGE), nota-se que os agentes químicos nocivos nem sempre se encontram, presentes na atmosfera, na forma de gás ou fumaça, sendo comumente encontrados na forma de fumo, neblina, vapores entre outras. Em virtude disso, será adotado no presente trabalho para fins didáticos o conceito de “gás”, “gases”, “gasoso”, “gasosa” (entre aspas), que representará o conjunto dessas diferentes formas, não exclusivamente a gasosa, nas quais os agentes químicos podem se apresentar suspensos ou dissolvidos na atmosfera do incêndio.

### 2.3 OS PRINCIPAIS PRODUTOS DA COMBUSTÃO

Dentre os principais produtos da combustão serão elencados: os “gases” da combustão, as chamas propriamente ditas, o calor emitido e as fumaças visíveis.

Ao contrário do raciocínio comum, o maior risco à vida devido aos incêndios, não consiste nas chamas, nem no calor, mas na inalação de fumaça e dos gases aquecidos e tóxicos, assim como pela deficiência de oxigênio (OLIVEIRA, 2005a apud COTE & BUGBEE, 1988).

Corroborando com isso, Arnaldos (2004) menciona que em um incêndio, tanto o calor (irradiado ou pelo contato com as chamas) como a fumaça (contendo os gases da combustão) emitida como consequência da combustão, ameaçam a vida. No entanto, a uma distância maior é a fumaça e não as chamas ou o calor, a maior responsável pela grande

maioria das vítimas de um incêndio, seja por intoxicação, asfixia por diminuição de oxigênio no ar, queima das vias aéreas (pelos vapores aquecidos) ou redução de visibilidade devido sua opacidade, dificultando a evacuação e extinção do mesmo.

### **2.3.1 Os “gases” da combustão**

Os “gases” da combustão serão tratados nesse trabalho como aquelas substâncias gasosas que surgem durante o incêndio (seja por vaporização, por pirólise ou combustão) e permanecem mesmo após sua extinção, durante o período de rescaldo, onde os materiais atingidos pelo fogo serão resfriados até que atinjam temperaturas normais.

Conforme Oliveira (2005b) a quantidade e os tipos de gases da combustão presentes durante e depois de um incêndio variam de acordo com cinco fatores principais: a composição química do material da combustão (natureza do combustível), a taxa de calor (temperatura do incêndio), a taxa ou velocidade de aquecimento, a temperatura dos gases despreendidos e a concentração de oxigênio.

Os efeitos decorrentes dos gases tóxicos da fumaça sobre as pessoas dependem do tempo de exposição, da concentração dos gases na atmosfera e também, de forma significativa, das condições físicas e resistência dos indivíduos expostos.

As fumaças comumente geradas em incêndios contêm gases asfixiantes, anestésicos e irritantes. Alguns gases asfixiantes além da asfixia simples ou química, por si só podem causar depressão do sistema nervoso central, produzindo desorientação, intoxicação, perda da consciência e até morte. Os gases asfixiantes mais comuns são o monóxido de carbono (CO), o ácido cianídrico (HCN) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A redução dos níveis de oxigênio como resultado de um incêndio também pode provocar efeitos narcóticos nos humanos.

Os agentes irritantes são substâncias que podem causar lesões na respiração (irritantes pulmonares), além de inflamação nos olhos, vias aéreas superiores, e pele (irritantes sensoriais).

Dos principais gases presentes nos incêndios destacaremos como mais letais o monóxido de carbono, o dióxido de carbono, o ácido cianídrico, o cloreto de hidrogênio e a acroleína. Se a combustão se produz com grande aporte de oxigênio, o carbono existente na maioria dos combustíveis orgânicos se combinará para produzir dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Mas na maioria dos casos, os incêndios se desenvolvem sob condições nas quais as quantidades de oxigênio são insuficientes para completar a combustão, o que conseqüentemente acaba gerando a produção de monóxido de carbono (CO). Sendo este o gás gerado em maior proporção em um incêndio (OLIVEIRA, 2005b).

Como já foi citado e mais a diante será detalhado, outro efeito perigoso do processo da combustão é a diminuição dos níveis de oxigênio. A concentração normal de oxigênio (O<sub>2</sub>) no ar é de aproximadamente 21%, se esta concentração diminui abaixo de 17% se produz anóxia (com diminuição do controle muscular). Se o O<sub>2</sub> desce a níveis entre 14 e 10% as pessoas podem manter a consciência, mas perdem orientação e tendem a ficar muito cansadas. Concentrações de oxigênio entre 10 e 6% produzem desmaios e até a morte, caso a vítima não seja transferida para um ambiente com atmosfera normal e receba tratamento com oxigênio medicinal suplementar (OLIVEIRA, 2005b).

Como pode ser visto, diferentes são as implicações fisiológicas no organismo humano decorrentes seja da intoxicação, lesão, ou mesmo pela própria carência de oxigênio provocados pela exposição aos gases da combustão em um incêndio. Essas implicações serão vistas com maior profundidade ao longo desse trabalho.

### **2.3.2 As chamas**

A combustão dos materiais em ambientes abertos quase sempre estará acompanhada de chamas visíveis. O contato direto com as chamas, assim como o calor emitido pela irradiação direta ou convecção dos gases e vapores criados pelas mesmas pode produzir graves queimaduras. As queimaduras se classificam em diferentes graus. As queimaduras de primeiro grau afetam a parte mais externa da pele, são muito dolorosas, mas não tão graves como as de segundo e terceiro grau. As queimaduras de segundo grau são aquelas que penetram mais profundamente na pele, formam bolhas e acumulam quantidades de líquidos debaixo das mesmas. As queimaduras de terceiro grau são as que mais penetram e, portanto as mais perigosas, no entanto, não são inicialmente tão dolorosas como as de primeiro e segundo graus, já que as terminações nervosas acabaram destruídas e, portanto desativadas (OLIVEIRA, 2005b).

Qualquer queimadura é importante, pois além da profundidade, elas também devem ser avaliadas pela extensão da área atingida e quanto maior for a superfície corporal atingida, pior a situação da vítima. Os danos produzidos pelas queimaduras são dolorosos, duradouros, difíceis de tratar e muito penosos para os vitimados (OLIVEIRA, 2005b).

### **2.3.3 O calor emitido**

O calor produzido pelas reações exotérmicas da combustão nos incêndios quando irradiado afeta diretamente as pessoas expostas em função da distância e das temperaturas alcançadas e poderá produzir desde pequenas queimaduras até a morte. A exposição ao ar aquecido, por sua vez, aumenta o ritmo cardíaco, provoca desidratação, esgotamento, bloqueio do trato respiratório e queimaduras (OLIVEIRA, 2005b).

Pessoas expostas a ambientes extremamente quentes podem morrer se este ar quente entrar nos pulmões, uma vez que em consequência desse quadro ocorrerá uma queda na pressão sanguínea, a circulação do sangue ficará debilitada e a temperatura do corpo aumentará até danificar centros nervosos do cérebro. Segundo Oliveira (2005a), os bombeiros não devem adentrar a ambientes em que a atmosfera exceda os 50 graus Celsius sem roupas de proteção e conjuntos de proteção respiratória. O máximo nível de calor suportável num incêndio (durante um curto período de exposição, considerando uma atmosfera seca) é estimado em 150 graus Celsius. Qualquer umidade no ar aumentará notadamente esse perigo e reduzirá drasticamente o tempo de sobrevivência. O grande problema é que, de forma geral, o ambiente de um incêndio é eminentemente úmido. Fato observado pelas guarnições de combate á incêndio é o risco que envolve os vapores aquecidos produzidos pela calefação da água empregada para a extinção sobre as superfícies superaquecidas. Além de prejudicar a visibilidade, pois é produzido na forma de nuvens ou neblina branca, esses vapores, podem provocar queimaduras externas ou mesmo nas vias aéreas, e mesmo quando essas queimaduras não são de uma gravidade preocupante, a dor ou desconforto provocados por elas pode fazer com que o bombeiro tenda a refugar do ambiente aquecido. Ilustrando isso, Abad (2005 apud LENGUA, 2003) fala que as queimaduras em um incêndio são causadas por

várias causas: contato direto com o fogo, contato com o excesso de água borrifada até mesmo na parte externa da edificação para diminuir sua temperatura (este excesso de água ao chocar-se contra a superfície aquecida, não chega a evaporar-se completamente caindo sob a forma de água fervente, podendo afetar as partes mais expostas como as mãos, o pescoço e as orelhas) e contato com materiais incandescentes.

Dessa forma pode-se notar a importância da utilização adequada dos equipamentos de proteção individual e de proteção respiratória. Uma balaclava, por exemplo, nem sempre encontrada compondo os EPIs utilizados pelas guarnições, pode evitar queimaduras no pescoço e orelhas, muito comuns nas ocorrências em que a sua utilização é negligenciada.

#### **2.3.4 Fumaças visíveis**

As fumaças consistem em partículas sólidas e líquidas transportadas pelo ar e por gases desprendidos dos materiais que queimam. Geralmente, em uma queima incompleta, onde o aporte de oxigênio é insuficiente para produzir o  $\text{CO}_2$ , fazendo com que o carbono contido nos materiais combustíveis como madeira, papel, gasolina e outros combustíveis comuns seja convertido em CO (gás tóxico) e/ou fuligem (pó de carvão). A fuligem é composta por minúsculas partículas de carbono que é de cor preta, as quais ficam visíveis na fumaça e se acomodam sob superfícies por deposição (OLIVEIRA, 2005b).

Conforme Oliveira (2005a apud COTE & BUGBEE, 1988), a fumaça, incluindo os gases venenosos invisíveis, nela contidos, é a principal causa de mortes em incêndios, quer seja pela redução da visibilidade, que impede a localização das rotas de fuga, quer seja pela própria inalação dos gases tóxicos, sendo responsáveis por cerca de 50 a 75% das mortes.

A fumaça irrita os olhos e os pulmões e normalmente cria pânico. Outros gases da combustão, como o metano ( $\text{CH}_4$ ), formaldeído e ácido acético, podem, também, ser gerados sob combustões incompletas, condensando-se sobre as partículas de fumaça e sendo transportadas até os pulmões com conseqüências fatais para as pessoas. (OLIVEIRA, 2005a apud COTE & BUGBEE, 1988).

## 2.4 OS PRINCIPAIS AGENTES QUÍMICOS NOCÍVOS DAS FUMAÇAS, GASES E VAPORES GERADOS NOS INCÊNDIOS.

Os compostos químicos possíveis de serem achados entre os gases e vapores de uma combustão são muitos e guardam relação com os compostos químicos integrantes dos materiais envolvidos nessa combustão, pois são criados a partir deles ao reagirem com os materiais oxidantes e também entre eles mesmos, em presença de altas temperaturas.

Qualquer material pode ser vaporizado, antes ou depois de sofrer uma fusão ou decomposição, se a temperatura aumentar suficientemente para isso, por essa razão, em um dado momento do processo de combustão podem ser encontrados certos elementos e compostos químicos em fase de vapor ou gás, que posteriormente podem reagir para dar lugar a compostos diferentes em função da temperatura alcançada em cada momento e do aporte de novos elementos ou compostos oxidantes ou combustíveis que tenha lugar.

Dessa forma, pode-se citar o exemplo da fumaça, que é produzida no início da queima e que é formada por uma mistura complexa de gases, vapores orgânicos, vapor de água, partículas sólidas de carbono e de óxidos metálicos, mas que posteriormente podem dar lugar, ao ocorrer a ignição desses gases e vapores, a outro diferente tipo de atmosfera, com chamas, formada com uma porcentagem maior de outros gases como o dióxido de carbono, o monóxido de carbono e o vapor de água, que não possuem uma aparência tão densa e opaca.

No intuito de evitar uma lista exaustiva de todos os possíveis componentes da fumaça, gases e vapores produzidos em um incêndio, tratar-se-á no presente trabalho daqueles que aparecem com maior frequência e são mais habitualmente citados nas bibliografias.

**Tabela 1: Principais agentes químicos, sua origem e efeitos fisiológicos**

Nome	Fonte	Efeito Tóxico
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Queima de Materiais com C	Asfixiante físico
Monóxido de Carbono (CO)	Queima com déficit de O	Asfixiante químico
Ácido Cianídrico (HCN)	Queima de Materiais com C e N	Asfixiante químico
Ácido Clorídrico (HCl)	Queima de Materiais com Cl	Irritante
Óxidos de Nitrogênio (NO e NO <sub>2</sub> )	Queima de Materiais com N	Asfixiante físico, Irritante
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Queima de Materiais com S	Irritante
Ácido Sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	Queima de Materiais com S, sem O	Irritante
Ácido Fluorídrico (HF)	Queima de Materiais com F	Irritante
Fosgênio (COCl <sub>2</sub> )	Queima em hidrocarbonetos clorados	Irritante, asfixiante químico
Acroleína (H <sub>2</sub> C = CH - CHO)	Queima em madeira, algodão e outros	Irritante

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

De todos esses agentes químicos, o dióxido de carbono e o vapor de água estão presentes, quase sem exceção, em todos os processos de combustão, e outros tais como o monóxido de carbono, o ácido cianídrico, as partículas de carbono (fuligem) e óxidos metálicos se apresentam também com muita frequência nas queimas.

O vapor de água é outro dos compostos que mais frequentemente são produzidos nas combustões e tem um efeito de asfixiante físico, ao mesmo tempo em que atua como condutor do calor, podendo chegar a produzir lesões profundas no trato respiratório quando inalado.

## 2.5 INTOXICAÇÃO POR INALAÇÃO.

Um grande número de gases irritantes pode produzir dano agudo ou mesmo crônico em algumas ocasiões, ao sistema respiratório.

A inalação aguda pode ocorrer em uma grande variedade de circunstâncias, mas é mais frequente no âmbito industrial. Os “gases” irritantes que usualmente alteram as vias respiratórias são: amônio, cloreto de hidrogênio, dióxido de enxofre, cloro, dióxido de

nitrogênio e fosfênio. Ocasionalmente produzem lesões por inalação o formaldeído, o ácido cianídrico, o ácido sulfídrico e os vapores de mercúrio.

Assim, como já mencionado no presente trabalho, a inalação prolongada de fumaça proveniente da combustão dos materiais dos incêndios é a causa de mais de 50% das mortes relacionadas com esse tipo de ocorrência, e não as queimaduras. (ABAD, 2005 apud GUIDOTTI, 2001).

### **2.5.1 Fisiopatologia**

As alterações respiratórias produzidas pela intoxicação aguda de “gases” irritantes dependem de vários fatores:

- As concentrações do “gás” depositado no aparelho respiratório (vias aéreas superiores, árvore traqueobronquial e parênquima).
- A toxicidade específica do “gás”.
- A resposta de cada indivíduo.

A concentração está determinada tanto pela quantidade do “gás”, como pela sua solubilidade nas mucosas.

A toxicidade e as características irritantes de um “gás” dependem de sua composição química. Os “gases” mais irritantes e solúveis como o amônio e o ácido clorídrico, produzem com menor probabilidade lesão de vias aéreas inferiores e alvéolos, já que sua natureza irritante faz com que o indivíduo escape rapidamente de sua exposição; as lesões se produzem principalmente nas vias aéreas superiores, a menos que o indivíduo não possa separar-se do ambiente contaminado pelo gás. Em contrapartida, os “gases” com menor poder irritante produzem alterações tanto nas vias aéreas superiores como nas inferiores e nos alvéolos.

Segundo Wakamatsu (2008), os agentes que passam despercebidos e cujos efeitos são tardios, são mais perigosos que aqueles que lesam a parte alta das vias respiratórias, pois neste último caso, a vítima, consciente, retira-se do ambiente contaminado, protegendo-se.

A reação da pessoa ante o gás é um fator significativo para determinar o padrão da lesão broncopulmonar; igual importância tem o antecedente ou prévia existência de doença

pulmonar aguda ou crônica.

Os gases oxidantes como o óxido de nitrogênio, o ozônio e o cloro, interferem diretamente nos sistemas enzimáticos celulares e mitocondriais formando radicais livres, os quais podem alterar a produção, a estrutura ou a integridade de certas proteínas.

Os gases com caráter ácido como o ácido clorídrico e ácido sulfúrico ou caráter básico como amônia ou ainda os gases que podem ser precursor de produtos ácidos como o óxido de enxofre ou óxido de nitrogênio quando em contato com a água alteram o pH intracelular produzindo mudanças estruturais nas proteínas, destruição celular e aumento de permeabilidade capilar. Independentemente do mecanismo, pode se produzir inflamação severa das vias aéreas, tanto das superiores como das inferiores e do parênquima pulmonar, o qual pode ocasionar, em forma aguda, obstrução das vias aéreas e ruptura da membrana alvéolo-capilar com desenvolvimento de edema pulmonar e insuficiência respiratória aguda. Estas mudanças agudas podem ser seguidas de “bronquite degenerativa” (bronquiolitis obliterante), fenômenos de hiperatividade bronquial e, em alguns casos, de fibrose pulmonar.

### **2.5.2 Diagnóstico**

Os sinais e sintomas variam segundo a substância. Para fins didáticos, Caballero (2007) considerou três síndromes clínicas, relacionados com o tipo de gás inalado; dando uma consideração especial a fumaça proveniente dos incêndios (Tabela 2).

**Intoxicação por “Gases” irritantes e solúveis:** os gases mais representativos são o amônio e o ácido clorídrico. Produzem lesão imediata; os pacientes desenvolvem manifestações de obstrução das vias respiratórias altas caracterizadas por tosse, dispnéia, sensação de asfixia e estridor por edema laríngeo, acompanhados de dor e opressão esternal, irritação ocular, nasal, e orofaríngea. Observou-se, em casos muito severos, o desenvolvimento de edema pulmonar não cardiogênico (cardiogénico). Em alguns indivíduos produziu-se bronquectasias e doença obstrutiva residual depois que exposição acidental ao amônio.

**Intoxicação por “Gases” irritantes e insolúveis:** como o cloro (gás), cádmio (fumo), cloreto de zinco (vapor) e vanádio (fumo) costumam afetar tanto o trato respiratório superior, como o inferior e o epitélio alveolar. Conforme Caballero (2007), após a exposição ao cloro; o desenvolvimento clínico passa, geralmente, por quatro fases, nas quais se nota diferentes quadros clínicos conforme as alterações fisiológicas apresentadas. Tais fases podem servir de modelo para os outros gases irritantes deste grupo:

**Fase 1:** (nas primeiras 6 horas após a exposição) apresenta o quadro de tosse, dispnéia leve e sibilâncias fracas com hiperemia nasofaríngea, que geralmente desaparecem à retirada da exposição.

**Fase 2:** (de 6 horas á 10 dias após a exposição) se caracteriza por sintomas de obstrução das vias respiratórias altas, com retrações inspiratórias e estridor. Observa-se severo edema nasal, faríngeo e laríngeo que se estende até a traquéia e os brônquios; igualmente se desenvolve bronquite severa com tamponamento dos brônquios de médio e pequeno calibre e aparição de bronquectasias. Alguns pacientes apresentam sintomas e sinais típicos de uma síndrome de dificuldade respiratória do adulto com hipertensão pulmonar.

**Fase 3:** (de 1 a 4 semanas após a exposição) se produz uma gradual recuperação da função pulmonar, mesmo que persista a tosse e certo grau de bronquioconstrição (broncoconstrição).

**Fase 4:** durante este período melhora mais ainda o estado clínico do paciente, mesmo que possam persistir leves alterações na distribuição da ventilação.

**Intoxicação por “Gases” pouco ou nada irritantes:** são os representados pelo óxido de nitrogênio, o fósforo e o mercúrio (fumo) os quais produzem dano e manifestações clínicas independentes da solubilidade. A severidade das lesões depende da concentração do gás e do tempo da exposição. O protótipo deste grupo é o óxido de nitrogênio, o qual produz as lesões principalmente em nível dos brônquios terminais. A inalação de altas concentrações conduz à formação de metahemoglobina, fenômeno interfere seriamente com o aporte de

oxigênio aos tecidos.

O curso clínico deste tipo de exposição tem várias fases. Inicialmente o paciente apresenta tosse, dispnéia e sibilâncias, depois de várias horas desenvolve edema pulmonar não cardiogênico o qual se resolve em poucos dias, dando início à fase de recuperação que dura de duas a cinco semanas.

**Inalação de fumaça proveniente de incêndios:** mais da metade das mortes relacionadas com os incêndios é consequência da inalação da fumaça, a qual contém uma variedade de gases tóxicos de diversa constituição química, solubilidade, além de partículas (ABAD, 2005 apud GUIDOTTI, 2001)..

O comprometimento pulmonar e sistêmico é causado por mecanismos térmicos, químicos e asfixiantes (hipóxicos). O prejuízo térmico é ocasionado pela inalação de gases quentes e outros produtos da combustão. Grande parte do dano térmico está limitada à faringe, via aérea superior e rara vez se estende além da região subglótica. O prejuízo químico é determinado pelos constituintes contidos na fumaça, como o ácido clorídrico, acroleína, fosgênio, ácido cianídrico e nitratos. A hipoxia é a consequência imediata, como resultado da asfixia por obstrução mecânica das vias aéreas (como pode ser provocado pelo vapor de água ou por um irritante que cause o estreitamento destas) ou asfixia simples (caso do dióxido de carbono), ou ainda, pela asfixia química (caso do monóxido de carbono e ácido cianídrico).

Clinicamente os pacientes apresentam dispnéia, cianose, disfonia, estridor, sibilâncias e tosse. Os sintomas produzidos pela intoxicação por monóxido de carbono se relacionam com os níveis sanguíneos de carboxihemoglobina: cefaléia quando os níveis estão entre 10 e 30% acompanhada de dor torácico e diminuição da acuidade visual. Se os níveis superam 30% se apresentam náuseas, vômito e perda da destreza manual. Com níveis maiores de 50% há confusão, ataxia, taquicardia, estupor, convulsões e coma. A morte advém como consequência de níveis superiores a 60% (CABALLERO, 2007).

**Tabela 2: Características clínicas dos principais gases e vapores tóxicos**

(continua)

<b>Classe de substância tóxica</b>	<b>Tóxico</b>	<b>Fonte</b>	<b>Causas e Sintomas</b>	<b>Tratamento</b>
Asfixiantes simples	Propano	Gás de cozinha	Todos deslocam ao ar normal e diminuem a taxa de O <sub>2</sub> . Sintomas de hipoxemia sem irritação de vias aéreas	Retire ao paciente da fonte; administre oxigênio
	Metano	Gás de cozinha		
	Dióxido de carbono	Todas as queimas		
	Gases inertes (nitrogênio, argônio)	Indústria (especialmente de solda)		
Asfixiantes químicos	Monóxido de carbono	Queimas (combustão incompleta)	Forma carboxihemoglobina; inibe transporte de oxigênio. Cefaléia é o primeiro sintoma	Oxigênio a 100%
	Ácido cianídrico	Indústria; plásticos queimados, mobília, tecidos	Asfixiante celular muito tóxico	Use antídoto contra cianureto
Irritantes Muito hidrossolúvel	Gás cloro	Indústria; substâncias para piscinas, branqueador misturado com ácido no lar	Início, lacrimejamento, ardor faríngeo, estridor, traqueobronquite e na exposição intensa pode progredir a edema pulmonar em 2 a 6 horas	Oxigênio umidificado, broncodilatadores, tratamento de vias respiratórias
	Ácido clorídrico	Indústria; tecidos queimados		
	Amoníaco			
Pouco hidrossolúveis	Dióxido de nitrogênio	Celulose queimada; tecidos. Silos grãos (gás vermelho ácido)	Tem cheiro doce. Início tardio (12-24 horas) de traqueobronquite, pneumonia e edema pulmonar. Bronquite crônica tardia	Oxigênio; observação por 24-48 horas; esteróides (discutível)

(continuação)

Alergênicos	Diisocianato de tolueno	Fabricação de poliuretanos	Constrição bronquial reativa; pode haver efeitos a longo prazo (doença pulmonar obstrutiva crônica) em pessoas propensas	Dilatadores bronquiais
Vapores de metais	Zinco Cobre Estanho Teflon	Soldagem (especialmente soldagem de metais galvanizados)	Calafrios, febre, mialgias, cefaléia, tosse seca	Limita-se por si só (12 a 24 horas)

Fonte: INHALACION DE GASES TOXICOS, 2007 (Traduzido pelo autor).

(conclusão)

### 2.5.3 Toxicologia dos Principais Compostos da Pirólise e Combustão e Primeiros Socorros

#### Compostos da Pirólise e da Combustão

A pirólise e a combustão dos materiais durante um incêndio, produzem como efeito primário, nas pessoas expostas aos seus gases, a hipoxia (ou falta de oxigênio), a qual somar-se-á, posteriormente, a toxicidade dos compostos formados.

Tratar-se-á aqui dos principais agentes químicos nocivos das fumaças, gases e vapores gerados nos incêndios, ou seja, os que aparecem com maior frequência e são mais habitualmente citados nas bibliografias, são eles: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ácido cianídrico (HCN), ácido clorídrico (HCl), óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S), ácido fluorídrico (HF), fosgênio (COCl<sub>2</sub>) e acroleína (H<sub>2</sub>C = CH - CHO).

#### Toxicologia e Primeiros Socorros

Indicar-se-á para cada um dos compostos referenciados o TLV (Limite Teto - Valores, em Inglês), cuja concentração do agente tóxico não deve ser excedida durante qualquer parte do dia de trabalho, esse índice destina-se a proteger os trabalhadores, no

ambiente de trabalho, de substâncias químicas que possam causar irritações crônicas, danos irreversíveis nos tecidos, ou mesmo, narcose que aumentam a probabilidade de lesões acidentais, o nível IPVS (Imediato perigo a vida e a Saúde, em espanhol) ou concentração máxima a qual uma pessoa que esteja exposta a uma atmosfera contaminada com esses compostos pode escapar dentro de um período máximo de 30 minutos sem que os danos produzidos impeçam sua fuga ou efeitos irreversíveis para sua saúde, assim como outras concentrações que produzem determinados efeitos. Comentaremos ainda os primeiros socorros ou tratamentos adequados para cada um dos casos.

## Hipoxia

Conforme as informações contidas no manual “Fundamentos da luta contra o fogo”, da IFSTA (2002, p.93), os efeitos fisiológicos (tabela 3) da redução do oxigênio (hipóxia) produzem os sinais e sintomas de aumento do ritmo respiratório, falta de coordenação, dor de cabeça (cefaléia), fadiga, enjôo, inconsciência e até morte em poucos minutos por falha respiratória e insuficiência cardíaca, no homem (OLIVEIRA, 2005a).

**Tabela 3: Efeitos fisiológicos da hipóxia.**

Oxigênio no ar (porcentagem)	Sinais e sintomas no homem
21%	Nenhum, condições normais.
17%	Aumento do ritmo respiratório e algum dano muscular em relação à coordenação.
12%	Dor de cabeça (cefaléia), fadiga e enjôo.
9%	Inconsciência.
6%	Morte em poucos minutos por falha respiratória e insuficiência cardíaca.

Fonte: Tabela 4.1 do Manual de fundamentos da luta contra o fogo, IFSTA, 2002, p.93.

**Observação:** Estes dados não são absolutos, uma vez que se necessita levar em conta outros fatores fisiológicos individuais, tais como, as diferenças do ritmo respiratório de cada pessoa, além dos tempos de exposição. Estes sinais e sintomas são produzidos unicamente pela redução da porcentagem do oxigênio ocasionada, por exemplo, pela

ocupação de parte do volume, na atmosfera local, antes destinada ao oxigênio por um gás inerte (asfixiante simples) como é o caso do dióxido de carbono, comumente encontrado e nos incêndios. Caso a atmosfera esteja contaminada com gases tóxicos, poderão surgir outros problemas, como será visto a frente.

Traçando um paralelo entre os dados da tabela 3 e os apontados por Mayol (1982), onde ele aponta 20% de concentração de oxigênio como sendo o limiar da normalidade, cita que entre 15 e 12% haverá perda de coordenação motora; entre 14 e 10% o indivíduo exposto a essa condição embora continue consciente, a falta de discernimento e o esforço muscular o conduzem rapidamente a fadiga (IPVS); de 8 a 6% a pessoa rapidamente entrará em colapso, porém um socorro rápido ainda pode evitar sua morte; já a uma concentração de 6% ou inferior leva o indivíduo a morte dentro de 6 a 8 minutos.

Em incêndios, algumas medidas de primeiros socorros podem ser decisivas para a sobrevivência das vítimas, no caso de intoxicação. Levando isso em conta serão elencados alguns procedimentos de essencial conhecimento.

Sendo o primeiro passo, retirar ao paciente da fonte de gases tóxicos e proporcionar-lhe oxigênio suplementar, 10 litros/min mediante máscara, caso o mesmo esteja respirando (CABALLERO, 2007).

Em caso de parada respiratória deverá iniciar-se com urgência a respiração artificial seja com a utilização do ressuscitador manual ou mesmo o boca a boca, tomando os devidos cuidados para que o socorrista não se contamine com algum tóxico a que eventualmente o paciente possa ter sido exposto ou mesmo agente biológico o qual paciente possa estar sendo portador. Esse tipo de cuidado pode ser tomado usando-se máscaras próprias para o boca a boca que evitem fluxo reverso do ar e saliva.

Caso o quadro se agrave para parada cardiorrespiratória deverá conciliar-se a respiração artificial com a massagem cardíaca.

Voltado o paciente a respirar *se* deve proporcionar-lhe oxigênio suplementar, 10 litros/min mediante máscara.

Em todos os casos acima a pessoa afetada deve ser encaminhada aos cuidados médicos, para avaliar seu real estado ou eventual lesão neurológica devido a um prolongado tempo sem a oxigenação do cérebro.

## Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um gás inodoro, incolor, mais denso que o ar e que produzido em todas as combustões nas quais intervenham materiais combustíveis que contenham carbono. Quando a concentração deste gás na atmosfera que respiramos aumenta, primeiro se induz uma estimulação dos movimentos respiratórios devido a detecção de elevadas taxas desse elemento na corrente sanguínea pelo bulbo no cérebro. Aumentando a velocidade e a intensidade da respiração - que conforme Oliveira (2005b), em concentrações de até 2% no ar, pode aumentar o ritmo respiratório em aproximadamente 50% -, aumenta também a tendência de que sejam inaladas quantidades ainda maiores de gases e fumaças.

Quando a sua concentração aumenta mais, desloca o oxigênio contido na atmosfera ambiente fazendo com que esse reduza a certos limites, podendo produzir a asfixia por anoxia do organismo afetado. Por ser mais denso que o ar, tem a tendência de depositar-se em lugares baixos tais como poços, túneis ou adegas nos quais não haja suficiente ventilação (CODES, 2005).

O CO<sub>2</sub> é um composto presente em qualquer processo de pirólise e combustão e sua presença, além de reduzir a pressão parcial de O<sub>2</sub> no meio, pode dar determinada sintomatologia própria, tabela 4 (MAYOL, 1982).

**Tabela 4: Efeitos fisiológicos da hipóxia hipercarbônica.**

Concentração na Atmosfera	Sinais e sintomas no homem
9000 mg/m <sup>3</sup> (5000 ppm)	TLV
90000 mg/m <sup>3</sup> (50000 ppm)	IPVS
5 – 6 %	Sensação de respiração forçada, porém raramente produz dispnéia.
> 10 %	Dispnéia, dor de cabeça, sudorese, arquejo, parestesias e um sentimento geral de mal-estar.

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

A intoxicação do sistema nervoso central por CO<sub>2</sub> é sempre um fenômeno reversível (MAYOL, 1982).

Sendo o CO<sub>2</sub> um asfixiante simples a sua inalação não provocará irritação das vias aéreas ou maiores danos ao organismo por intoxicação, porém devido ao CO<sub>2</sub> diminuir a pressão a parcial de oxigênio no local, diminuirá a concentração de O<sub>2</sub> do ar inalado o que poderá levar a hipoxia hipercarbônica, que é a anoxia provocada pelo excesso de gás carbônico. Dessa forma em se tratando unicamente de hipoxia, aplica-se os mesmos métodos de primeiros socorros mencionados no item anterior (Hipoxia).

Deve-se atentar para o fato; porém, de que quando a concentração deste gás na atmosfera que está sendo respirada aumenta, primeiro se induz uma estimulação dos movimentos respiratórios devido a detecção de elevadas taxas desse elemento na corrente sanguínea, o que aumenta a tendência da que se inalem quantidades ainda maiores de gases e fumaças; aumentando, dessa forma, a probabilidade vir associada a intoxicação por outro tipo de gás tóxico.

### **Monóxido de Carbono (CO)**

Conforme Codes (2005), o monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro, incolor e mais leve que o ar que é produzido naquelas combustões de materiais que contêm carbono, nas quais ocorre uma combustão incompleta do material combustível devido a uma escassez de oxigênio. Corroborando, Arnaldos (2004) diz que dentre todos os outros gases tóxicos produzidos nos incêndios é o CO o que mais mata, de tal maneira que se estima que por volta de 50% das causas de mortalidade são atribuídas aos seus efeitos.

A toxicidade do CO deve-se fundamentalmente a sua tendência a combinar-se com a hemoglobina (segundo Codes (2005), com aproximadamente 200 vezes mais afinidade, que o enlace que se estabelece entre esta e o oxigênio) presente na hemácia, dessa forma a hemoglobina se satura facilmente de CO inutilizando a hemácia para o transporte de oxigênio aos tecidos do organismo afetado, o que diminuirá a oxigenação nesses tecidos (hipóxia). Não existe um percentual de saturação mínimo de carboxihemoglobina (COHb) associado com a morte, mas se sabe que uma saturação superior a 30% seria potencialmente perigosa a qualquer indivíduo e um percentual perto dos 50% seria praticamente mortal (OLIVEIRA, 2005a).

Para que um bombeiro possa determinar níveis de concentração perigosos recomendamos o uso da seguinte regra de cálculo: qualquer exposição ao CO na qual o

produto da concentração (expresso em ppm) pelo tempo (expresso em minutos) exceda a cifra de 35.000 ppm.min será provavelmente perigosa e causará incapacidade a maioria dos indivíduos a ela exposta (OLIVEIRA, 2005a).

É o principal causador das intoxicações e mortes produzidas durante os incêndios, seus efeitos fisiológicos estão descritos na tabela 5.

**Tabela 5: Efeitos fisiológicos do monóxido de carbono no homem.**

<b>Concentração na Atmosfera</b>	<b>Sinais e sintomas no homem</b>
55 mg/m <sup>3</sup> (50 ppm)	TLV
0,01%	Exposição durante várias horas sem efeito.
0,04 – 0,05 %	Exposição durante 1 hora sem efeito.
0,06 – 0,07 %	Produz efeitos apreciáveis ao fim de 1 hora.
0,12 – 0,15 %	Efeitos perigosos ao fim de 1 hora.
165 mg/m <sup>3</sup> (1500 ppm)	IPVS
0,40%	Mortal ao fim de uma hora.

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

Os primeiros socorros e tratamentos da intoxicação por CO obedecem à seguinte ordem:

**a) A vítima está consciente e respira:**

- Tirá-la da área contaminada.
- Trasladá-la a um lugar tranqüilo, fresco e bem ventilado.
- Caso o rosto estiver vermelho, deitar à vítima com o corpo elevado, mas se o rosto estiver pálido deitá-la em decúbito dorsal, a cabeça voltada para um dos lados e as pernas elevadas.
- Afrouxar o colarinho e o cinto.
- Cobri-la com uma manta.
- Reconfortá-la com palavras.

- Chamar ao médico, informando o produto inalado e o estado da vítima.

**b) A vítima está consciente, mas respira com dificuldade ou está inconsciente, mas respira:**

- Chamar ao médico, informando o produto inalado e o estado da vítima.
- Deitar a vítima com o corpo ligeiramente elevado.
- Afrouxar o colarinho e o cinto.
- Cobri-la com uma manta.
- Ofertar-lhe oxigênio sob pressão, até a chegada do médico.

**c) A vítima não respira:**

- Atuar rapidamente como na situação anterior, mas começar o mais rápido possível a respiração artificial com a utilização do ressuscitador manual ou mesmo o boca a boca.
- Logo que possível, administrar oxigênio sob pressão com um aparelho adequado.
- Continuar a manobra até a chegada do médico ou até que a vítima volte a respirar.
- Tão logo volte a respirar, continuar a inalação de oxigênio sob pressão até a chegada do médico.

### **Ácido Cianídrico (HCN)**

O ácido cianídrico (HCN) é um gás com cheiro de amêndoas amarga e que é produzido nas combustões de materiais que contêm nitrogênio e carbono - entre eles podemos destacar materiais naturais e sintéticos, como a lã, a seda, o nylon, os poliuretanos e resinas

que contenham uréia -, sendo um composto relativamente estável a altas temperaturas, por essa razão sua produção é mais abundante a partir dos 600 °C aproximadamente e é incrementada até os 900 °C ou 1000 °C dependendo do tipo de atmosfera criada na combustão, oxidante ou com escassez de oxigênio, e do tipo de materiais contidos na queima (CODES, 2005).

Segundo Oliveira (2005b), o ácido cianídrico é aproximadamente 20 vezes mais tóxico que o monóxido de carbono (CO). Ele praticamente não se combina com a hemoglobina, mas impede a utilização do oxigênio por parte das células (hipóxia histotóxica).

Os efeitos do HCN sobre o organismo consistem em uma inibição da enzima citocromo-oxidase que media a respiração celular, impedindo o eficaz intercâmbio de oxigênio e produzindo a anoxia dos tecidos. Ao atuar conjuntamente com o CO têm um efeito de sinergia e potenciação da capacidade anoxiante de ambos os tóxicos, reduzindo-se de forma considerável os intervalos de tempo necessários para chegar a produzir a incapacitação e a morte dos organismos afetados (CODES, 2005).

Utilizando uma regra de exposição similar a do CO, observa-se que o produto da concentração de ácido cianídrico (expresso em ppm) pelo tempo (expresso em minutos) em valores de aproximadamente 1.500 ppm.min já seriam provavelmente perigosas para os seres humanos, mas a medida que a concentração aumenta, diminui a dose tolerada (OLIVEIRA, 2005b). Os efeitos fisiológicos provocados no organismo humano estão especificados na tabela 6.

**Tabela 6: Efeitos fisiológicos do ácido cianídrico no homem.**

Concentração na Atmosfera	Sinais e sintomas no homem
55 mg/m <sup>3</sup>	TLV
11 - 50 mg/m <sup>3</sup>	Dispneia
55 mg/m <sup>3</sup>	IPVS
55 - 75 mg/m <sup>3</sup>	Convulsões
75 - 120 mg/m <sup>3</sup>	Asfixia
120 - 150 mg/m <sup>3</sup>	Mortal em 30 minutos à 1 hora.
300 mg/m <sup>3</sup>	Mortal instantaneamente.

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

Os primeiros socorros recomendados na intoxicação por HCN são:

**a) Se a vítima estiver consciente:**

- Tirá-la rapidamente da atmosfera tóxica.
- Trasladá-la a um lugar tranquilo, fresco e bem ventilado.
- Deitar à vítima em decúbito dorsal.
- Reconfortá-la, acalmá-la
- Afrouxar o colarinho e o cinto.
- Cobri-la com uma manta.
- Vigia-la com o objetivo de que não se lesione durante as convulsões.
- Se preciso, manter a cabeça estendida para facilitar a respiração.

**b) Se a vítima está inconsciente, mas ainda respira:**

Além das operações recomendadas na situação anterior há alguns procedimentos médicos que embora seja a execução vetada ao socorrista BM, é importante o seu conhecimento:

- Romper com um lenço uma ampola de nitrito de amilo (0,2 ml) e fazer o paciente respirar os vapores durante 3 minutos (MAYOL, 1982).
- Repetir esta operação a cada 5 minutos (no máximo 3 ampolas)(MAYOL, 1982).
- Quando possível, administrar oxigênio sob pressão com um aparelho adequado, caso necessário, até a chegada do médico.

**c) Se a vítima já não respira:**

Além das operações descritas na primeira situação, porém efetuadas com mais urgência:

- Começar o mais rápido possível a respiração artificial com a utilização do ressuscitador manual (**nunca o boca a boca**).
- Logo seja possível, administrar oxigênio a baixa pressão com um aparelho adequado.
- Continuar a administração de oxigênio até a chegada do médico ou até que a vítima volte a respirar.
- Tão logo volte a respiração, tirar a máscara.
- Romper uma ampola de nitrito de amilo (0,2 ml) em um lenço e fazer a vítima respirar os vapores durante 3 minutos (MAYOL, 1982).
- Repetir a operação anterior cada 5 minutos (3 ampolas no máximo) (MAYOL, 1982).
- Voltar a administrar oxigênio até a chegada do médico.

### **Ácido Clorídrico (HCl)**

O ácido clorídrico se forma a partir da combustão ou pirólise de materiais que contem cloro (exemplo: PVC). Trata-se de um importante agente irritante, tanto sensorial como pulmonar. Concentrações a partir de 75 ppm já são extremamente irritantes aos olhos, parte superior do trato respiratório e podem produzir distúrbios de comportamento. Ainda são poucos os estudos sobre os efeitos da fumaça de PVC e outros irritantes, mas de forma geral eles produzem disfunções respiratórias e certa susceptibilidade a infecções (OLIVEIRA, 2005b).

Os efeitos de sua exposição sobre as pessoas são apontadas na tabela 7.

**Tabela 7: Efeitos fisiológicos do ácido clorídrico no homem.**

<b>Concentração na Atmosfera</b>	<b>Sinais e sintomas no homem</b>
0,067 - 0,4 ppm	Concentração limiar odorífica e limiar para trocas respiratórias, reflexos, sensibilidade luminosa e toxicidade digital-vascular.
1 -5 ppm	Não existe deterioração orgânica.
5 ppm	TLV.
10 ppm	Irritação e altera o trabalho.
10 -50 ppm	Dificulta o trabalho.
50 -100 ppm	Intolerável.
100 ppm	IPVS.
100 -1000 ppm	Perigo para exposições breves.
1000 -1300 ppm	Muito perigoso.
1300 -2000 ppm	Mortal.

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

Primeiros socorros em caso de intoxicação:

**a) Se a vítima está consciente e não tosse**

- Manter a vítima sob observação médica durante 2 dias, pelo menos, em caso de risco de edema pulmonar ou de infecção microbiana.
- Tirá-la da atmosfera tóxica.
- Trasladá-la a um lugar tranquilo, fresco e ventilado.
- Deitá-la com o corpo elevado.
- Afrouxar o colarinho e o cinto.
- Cobri-la com uma manta.
- Confortá-la com palavras.

**b) Se a vítima tosse muito**

Além das operações recomendadas na situação anterior:

- Fazer-lhe respirar um algodão impregnado com um pouco de álcool ou algumas gotas de éter.
- Fazer-lhe inalar oxigênio a baixa pressão.

**c) Se a vítima está inconsciente, mas respira:**

Além das operações recomendadas na primeira situação, fazer-lhe inalar oxigênio a baixa pressão até a chegada do médico.

**d) Se a vítima não respira:**

- Tirá-la o mais rápido possível da zona contaminada.
- Rapidamente:
  - Estendê-la sobre uma manta.
  - Afrouxar o colarinho e o cinto.
  - Começar a respiração artificial de uma maneira muito delicada para evitar a lesão dos pulmões.
  - Administrar, o mais rápido possível, oxigênio a baixa pressão com um aparelho adequado.
  - Continuar a manobra até a chegada do médico ou até que a vítima volte a respirar.
  - Logo que o paciente volte a respirar, colocá-lo deitado com o corpo elevado e continuar a administração de oxigênio.

A vítima será mantida sob observação médica durante 2 dias, pelo menos, em caso de risco de edema pulmonar ou de infecção microbiana.

### Óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>)

Estes óxidos são produzidos pela combustão de compostos nitrogenados e para efeito de toxicidade considera-se somente o NO<sub>2</sub> (Tabela 8):

**Tabela 8: Efeitos fisiológicos do dióxido de nitrogênio no homem.**

Concentração na Atmosfera	Sinais e sintomas no homem
6 mg/m <sup>3</sup> (3 ppm)	TLV.
47 mg/m <sup>3</sup> (25 ppm)	Ao fim de 6 a 8 semanas de exposição bronquite e broncopneumonia, com recuperação.
94 mg/m <sup>3</sup> (50 ppm)	IPVS. Ao fim de 6 a 8 semanas produz bronquite, pneumonia focal, com recuperação.
282 mg/m <sup>3</sup> (150 ppm)	Ao fim de 3 a 5 semanas, bronquite degenerativa ( <i>bronquiolitis obliterante</i> ) fatal.
564 mg/m <sup>3</sup> (300 ppm)	Ao fim de 2 a 10 dias, broncopneumonia fatal.
940 mg/m <sup>3</sup> (500 ppm)	Ao fim de 48 horas, edema pulmonar agudo fatal.

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

No tratamento das intoxicações produzidas por óxidos de nitrogênio é necessário distinguir-se entre a intoxicação inicial, antes que a vítima apresente o edema pulmonar (profilaxias do edema) ou quando já apresentou o edema.

Intoxicação inicial, depois das operações iniciais de retirar a vítima da zona contaminada e trasladá-la a um quarto tranqüilo, fresco e bem ventilado:

- Repouso absoluto, ainda em casos aparentemente leves. O aumento do pulso e da velocidade respiratória indicam a possibilidade de edema pulmonar, pelo qual se faz conveniente o início de uma terapia profilática.
- O paciente há de abrigar-se (permanecer quente), sem o fornecermos fluído algum.

Quando já se estabeleceu o edema, o tratamento consiste em:

- Elevar a parte superior do corpo do paciente.
- Fazer-lhe respirar contra pressão. Para resistir ao edema é preciso aumentar a pressão intratorácica, por exemplo, expirando com os lábios pressionando conjuntamente contra o filtro de um cigarro ou contra a resistência de um espirômetro.
- Aspiração de secreções.
- Administração de oxigênio. Esta medida é de grande importância. A administração pode ser nasal ou mediante qualquer dos sistemas comumente usados. Na prática, os cilindros de oxigênio pequenos, de fácil transporte, são de grande valor. Pode administrar-se até 80% de oxigênio a uma velocidade não superior a 6 l/min. Não deve se omitir a aspiração do fluído do edema e a administração de oxigênio deve continuar até se conseguir o desaparecimento da cianose.

Caso o edema pulmonar estiver associado com asma bronquial, é indicado uma combinação de oxigênio com helio (1:4), uma vez que o hélio produz uma diminuição pronunciada da resistência pulmonar e não é tóxico.

## Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)

Produzido por pirólise e combustão de compostos sulfurados. Os efeitos sobre os seres humanos estão indicados na tabela 9:

**Tabela 9: Efeitos fisiológicos do dióxido de enxofre no homem.**

Concentração na Atmosfera	Sinais e sintomas no homem
1,1 mg/m <sup>3</sup> (0,37 ppm)	Não exerce nenhum efeito ao fim de 2 horas, sobre pessoas normais.
2,1 mg/m <sup>3</sup> (0,75 ppm)	Leves efeitos sobre as funções respiratórias, ao fim de 30 minutos.
2,9 mg/m <sup>3</sup> (1 ppm)	Ao fim de 1 a 3 horas, produz uma diminuição do fluxo do muco nasal e secção cruzadas do o trato nasal, enquanto entre 10 e 30 minutos produz aumento de resistência pulmonar e resistência respiratória.
2,9 - 23 mg/m <sup>3</sup> (1 - 8 ppm)	Ao fim de 10 minutos, produz aumento dos batimentos cardíacos, diminuição do volume de ar inspirado e aumento da velocidade respiratória.
5 mg/m <sup>3</sup> (2 ppm)	TLV.
260 mg/m <sup>3</sup> (100 ppm)	IPVS.
1040 mg/m <sup>3</sup> (400 ppm)	Edema pulmonar.

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

O composto é muito irritante para a pele e olhos. O tratamento adequado da intoxicação inclui:

**a) Se o paciente estiver consciente:**

- Tirá-lo da área de perigo.
- Afrouxar o colarinho e o cinto.
- Administrar oxigênio.

**b) Se o paciente se acha inconsciente:**

- Colocá-lo em decúbito dorsal e ver se respira.
- Caso a respiração tenha parado, aplicar respiração artificial com a utilização do ressuscitador manual (caso haja) ou mesmo o boca a boca.
- Em todos os casos avisar ao médico, informando-o o gás responsável pela intoxicação e os sintomas que apresenta o paciente.

**Ácido Sulfídrico (H<sub>2</sub>S)**

Produzido na pirólise de compostos sulfurados com deficiência de oxigênio. Os efeitos fisiológicos para diferentes concentrações encontram-se resumidos na tabela 10:

**Tabela 10: Efeitos fisiológicos do ácido sulfídrico no homem.**

Concentração na Atmosfera	Sinais e sintomas no homem
0,14 - 0,28 mg/m <sup>3</sup> (0,1 - 0,2 ppm)	Limiar odorífico.
4,2 - 7 mg/m <sup>3</sup> (4,2 - 7 ppm)	Odor modesto.
14 mg/m <sup>3</sup> (10 ppm)	TLV.
70 - 140 mg/m <sup>3</sup> (50 - 100 ppm)	Limiar de lesão ocular grave.
210 - 350 mg/m <sup>3</sup> (150 - 250 ppm)	Paralisia olfativa.
420 mg/m <sup>3</sup> (300 ppm)	IPVS.
420 - 700 mg/m <sup>3</sup> (300 - 500 ppm)	Edema pulmonar.
700 - 1400 mg/m <sup>3</sup> (500 - 1000 ppm)	Apnéia e estimulação intensa do sistema nervoso central.
1400 - 2800 mg/m <sup>3</sup> (1000 - 2000 ppm)	Colapso imediato com paralisia respiratória.

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

Os primeiros socorros correspondentes à intoxicação por ácido sulfídrico correspondem exatamente aos mencionados no caso do ácido clorídrico.

## Ácido fluorídrico (HF)

Somente será produzido no caso de combustão ou pirólise de compostos fluorados.

Os efeitos fisiológicos segundo sua concentração no ar se indicam na Tabela 11.

**Tabela 11: Efeitos fisiológicos do ácido fluorídrico no homem.**

Concentração na Atmosfera	Sinais e sintomas no homem
0,99 - 1,98 mg/m <sup>3</sup> (1,5 - 3 ppm)	Sem perigo durante várias horas.
2 mg/m <sup>3</sup> (3 ppm)	TLV.
6,6 mg/m <sup>3</sup> (10 ppm)	Sem perigo durante 1 hora.
13,2 mg/m <sup>3</sup> (20 ppm)	IPVS.
33 - 165 mg/m <sup>3</sup> (50 - 250 ppm)	Perigo ao fim de 1 hora.
165 mg/m <sup>3</sup> (250 ppm)	Mortal.

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

Para o tratamento da intoxicação por ácido fluorídrico são válidas as mesmas recomendações indicadas para o ácido clorídrico.

## Fosgênio (COCl<sub>2</sub>)

Forma-se na decomposição térmica dos hidrocarbonetos clorados ou seus polímeros em um meio rico em oxigênio.

Os efeitos fisiológicos a diferentes concentrações em ar estão indicados na Tabela 12.

**Tabela 12: Efeitos fisiológicos do fosgênio no homem.**

Concentração na Atmosfera	Sinais e sintomas no homem
0,4 mg/m <sup>3</sup> (0,1 ppm)	TLV.
4 mg/m <sup>3</sup> (1 ppm)	Sem perigo durante 1 hora.
8 mg/m <sup>3</sup> (2 ppm)	IPVS.
10 mg/m <sup>3</sup> (2,5 ppm)	Perigo ao fim de meia hora.
200 mg/m <sup>3</sup> (50 ppm)	Rapidamente mortal.

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

### **Acroleína (H<sub>2</sub>C=CH-CHO)**

A acroleína é um importante irritante, tanto sensorial como pulmonar. Se forma a partir da combustão ou pirólise de materiais celulósicos (como a madeira) e dos polietilenos. A acroleína é extremamente irritante mesmo em baixas concentrações e seus efeitos poderão causar a morte por complicações pulmonar horas depois da exposição (OLIVEIRA, 2005b).

Seus efeitos fisiológicos são indicados na Tabela 13.

**Tabela 13: Efeitos fisiológicos da acroleína no homem.**

Concentração na Atmosfera	Sinais e sintomas no homem
0,25 mg/m <sup>3</sup> (0,1 ppm)	TLV. Pode produzir irritação.
2,5 mg/m <sup>3</sup> (1 ppm)	Produz lacrimejamento e é quase intolerável.
12,5 mg/m <sup>3</sup> (5 ppm)	IPVS. Irritação das mucosas.
25 mg/m <sup>3</sup> (10 ppm)	Mortal em poucos minutos

Fonte: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión, 1982 (Traduzido pelo autor).

Os tratamentos e primeiros socorros, em caso de intoxicação seguem as mesmas recomendações do ácido clorídrico.

#### 2.5.4 Outros Tratamentos a Considerar.

O primeiro passo é retirar o paciente da fonte de gases tóxicos e proporcionar-lhe oxigênio suplementar, 10 litros/min com a utilização da máscara.

**Assegurar via aérea permeável:** remover os detritos em boca e nariz nos pacientes expostos a incêndios. Caso necessário, utilizar a cânula orofaríngea.

**Corticóides:** são essenciais na inalação de dióxido de nitrogênio, com o objetivo de diminuir as lesões adiantadas e evitar complicações tardias. Requer-se doses altas (500 mg de hidrocortisona) para controlar uma possível bronquite degenerativa (bronquilitis obliterante).

**Controle da metahemoglobinemia:** causada pela inalação de dióxido de nitrogênio, trata-se com azul de metileno diluído em dextrosa a 5% AD em dose de 1 mg/kg durante 5 a 10 minutos.

**Controle da intoxicação por monóxido de carbono (CO):** administra-se oxigênio a 100%. O tempo de eliminação de CO com oxigênio a 21% é de 250 minutos e com oxigênio a 100% é de 40 minutos.

#### 2.6 OUTRAS LESÕES E DANOS.

Sabe-se que o fogo é uma fonte de calor e que como tal, pode produzir mudanças de fase e de composição nos meios materiais sobre os quais atua. Os fenômenos de fusão acarretam a destruição das estruturas sólidas. A vaporização suporá a perda de líquidos no meio ou organismo que se trate e a decomposição representa a transformação dos materiais de partida em outros compostos químicos diferentes. Estas mudanças, quando produzidas nos tecidos e órgãos dos seres vivos supõem a aparição de lesões em uns e a destruição de sua utilidade prévia nas outras.

Outra forma de lesões ocorridas aos seres vivos como conseqüência do fogo é a intoxicação pela ação da fumaça e pelos gases gerados na queima. Esses tipos de lesões podem ocorrer, e assim acontece em grande parte dos incêndios, sem que se chegue a produzir qualquer tipo de lesões por ação direta do calor e por isso representam um risco potencial de longo alcance nos incêndios, já que não é necessário estar no foco do fogo ou incêndio para ser lesionado através deste mecanismo. Corroborando com isso, Arnaldos (2004) menciona em um dos seus artigos que em um incêndio, tanto o calor (irradiado ou pelo contato com as

chamas) como a fumaça (contendo os gases da combustão) emitida como consequência da queima, ameaçam a vida. No entanto, a uma maior distância é a fumaça e não as chamas ou o calor, a responsável pela grande maioria das vítimas dos incêndios, seja por intoxicação direta, asfixia por diminuição de oxigênio no ar, queima das vias aéreas (pelos vapores aquecidos) [...]. Na realidade cotidiana esta é a primeira forma de lesões em consequência dos incêndios, isoladamente ou vinculada a outros tipos de lesões.

As queimaduras, em sentido amplo, podem ser descritas como uma perda da funcionalidade dos órgãos ou tecidos ou, em casos extremos, sua destruição pela ação direta de gradientes térmicos muito intensos, sejam por muito calor ou por muito frio, e a origem destas variações de temperatura pode ser muito diversa ainda que envolva sempre uma fonte ou um sumidouro de energia de alta intensidade.

Um Tipo de classificação das queimaduras em função de sua gravidade pode ser representada na tabela 14.

**Tabela 14: Características fisiológicas em relação grau de queimadura.**

<b>TIPO DE QUEIMADURA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS</b>
Primeiro Grau	São as que só produzem um simples eritema ou irritação superficial da pele, às vezes caracterizado por uma vasodilatação cutânea com leve inflamação e tumefação.
Segundo Grau	São aquelas que se caracterizam por uma penetração maior das lesões e a formação de "flictenas" ou ampolas que se enchem com plasma exsudato, apresentando comprometimento da epiderme e em algumas ocasiões também da derme.
Terceiro Grau	Nestas queimaduras se produz o comprometimento total da pele com perda da epiderme e derme o que provoca ferida aberta com o conseguinte risco de infecção e perda de líquidos.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

Esta classificação das queimaduras em função de sua gravidade ou profundidade não permite por si só uma quantificação da situação global de um organismo afetado, já que uma queimadura de menor intensidade porém que afete uma grande parte da superfície corporal representa uma ameaça maior para a sobrevivência do mesmo que uma queimadura de muita gravidade mas limitada a uma pequena área desse organismo, sempre que essa área não seja essencial para a vida.

As lesões produzidas por intoxicação em incêndios se caracterizam fundamentalmente porque a via de entrada do tóxico ou tóxicos é a respiratória e assim os primeiros órgãos afetados são os do sistema respiratório com efeitos que vão desde simples irritações leves a edemas agudos de pulmão. A entrada de partículas fuligem e de gases asfixiantes físicos e químicos como o dióxido de carbono, vapor de água, monóxido de carbono, o ácido cianídrico e outros nas vias aéreas, como já foi discorrido no presente trabalho, produz dificuldades respiratórias e eventualmente asfixia anóxica que ocasiona a perda de consciência, entrada em coma e posterior morte do afetado.

Essas lesões por inalação costumam ser classificadas em três tipos diferentes segundo sua origem e fisiopatologia.

#### LESÕES POR INALAÇÃO:

- Lesões celulares e do parênquima pulmonar.
- Hipoxemia pela interrupção do aporte de oxigênio.
- Lesões orgânicas por absorção sistêmica através do trato respiratório.

As lesões pulmonares e do sistema respiratório podem advir de efeitos diretos térmicos ou químicos sobre as superfícies epiteliais das vias respiratórias intra e extratorácicas, alteração da função muco-ciliar e acumulação de resíduos nas vias aéreas, o qual pode facilitar o desenvolvimento de posterior crescimento bacteriano com risco de produzir pneumonia.

Lesões térmicas na mucosa produzem queimaduras e edema em nariz, boca, faringe e laringe e costumam estar limitadas às vias aéreas superiores exceto no caso de inalação de vapores a alta temperatura em cujo caso, as lesões podem alcançar a todo o trato respiratório.

Os gases irritantes podem também causar dano tisular direto, espasmo bronquial e ativação da resposta inflamatória do corpo. A localização das lesões dependerá da solubilidade aquosa das ditas substâncias irritantes, afetando as de maior solubilidade à parte superior das vias aéreas e as de solubilidade média e baixa poderá afetar de forma mais difusa a todo o conjunto do aparelho respiratório.

A hipoxemia é produzida como consequência de um descenso na concentração de oxigênio inspirado na atmosfera do fogo, obstrução das vias respiratórias ou falta de transporte de oxigênio, o qual pode ser inibido por tóxicos, fundamentalmente pelo monóxido de carbono e do ácido cianídrico.

As partículas de carbono e outros componentes da fumaça podem contribuir à obstrução das vias respiratórias, sendo depositadas em diferentes localizações dependendo do seu tamanho. As partículas que medem entre 5 e 30 micrômetros habitualmente se depositam na zona naso-faríngea, enquanto as partículas menores entram na traquéia e nos brônquios, e inclusive podem alcançar os condutos e sacos alveolares como acontece com as menores de 1 micrômetro.

O monóxido de carbono é o principal responsável pelo maior número de intoxicações ocorridas em incêndios e seu mecanismo de ação, ao combinar-se com a hemoglobina para formar carboxihemoglobina que é inábil para o transporte de oxigênio aos tecidos, unido à presença de outros possíveis gases asfixiantes, pode produzir hipoxia e levar ao coma. O monóxido de carbono e também o ácido cianídrico têm como principais órgãos afetados o coração e o cérebro e, portanto sintomas frequentes da intoxicação são dor de cabeça, enjôo, náuseas, confusão mental e também taquicardia, angina, hipertensão, arritmias e ocasionalmente infarto agudo de miocárdio em casos nos quais houver uma prévia predisposição.

Outros tóxicos como os metahemoglobinizantes, o gás sulfídrico e outros podem ter efeitos acrescentados sobre a morbidade e mortalidade dos afetados, com síndromes neurológicas, acidose metabólica e outras disfunções orgânicas de efeitos retardados que podem aparecer semanas depois da exposição.

## 2.7 ESTATÍSTICAS DAS INTOXICAÇÕES.

É de extrema importância o conhecimento de questões tais como: sobre em que circunstâncias são produzidas lesões ou mortes em incêndios, ou que influência têm as intoxicações sobre essas mortes e dentro destas intoxicações, quais são os tóxicos responsáveis e em que concentrações. Interessa, ainda, saber que outros fatores interferem nestas mortes, tais como o período do ano de maior incidência, sexo e idade das vítimas, a etimologia médico-legal das ocorrências entre outras.

Buscando respostas a estas questões foi realizado um estudo sobre uma amostra de 305 casos de mortes ocorridas em incêndios durante um período de dez anos, compreendido entre os anos de 1991 e 2000, analisadas no Instituto de Toxicologia de Madri. Avaliou-se nessa amostra uma série de parâmetros relativos a frequência anual e mensal, a etimologia, a frequência por sexo e idade, o local do óbito, os tóxicos encontrados e suas respectivas concentrações.

Quanto ao período do ano em que houve o maior número de óbitos, pode ser visto no Gráfico 1 a predominância nos meses de inverno e outono (na Espanha) coincidindo com as baixas temperaturas e associado portanto a utilização do fogo com a finalidade aquecimento (sistema de calefação, lareiras entre outros), e só uma pequena parte ocorre nos meses de verão podendo estar associada a mortes em incêndios florestais ou queimadas e com incêndios de veículos em acidentes de trânsito.

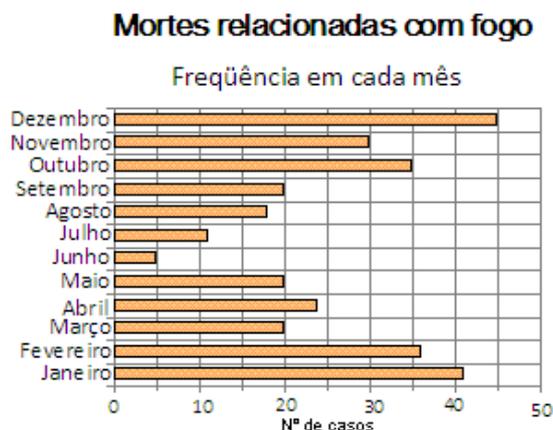


Gráfico 1: Frequência em cada mês de mortes relacionadas com fogo.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

Quanto à etiologia médico-legal das mortes, de causa suposta ou informada pelos médicos forenses na sua solicitação de análise, predominam os acidentes, tal e como pode ser visto no Gráfico 2, seguidos pelos suicídios e homicídios, ocorridos em muito menor escala, muito embora haja uma alta percentagem de casos de etiologia desconhecida que poderiam corresponder a alguma destas causas minoritárias.

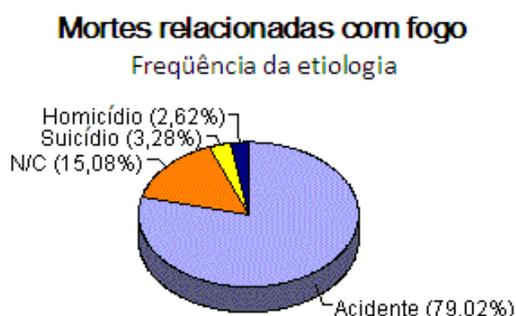


Gráfico 2: Frequência da etiologia de mortes relacionadas com fogo.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

Também pode ser observado no Gráfico 3 que o maior número de casos corresponderam a homens com quase o dobro de número de casos que o das mulheres. Isto tem também influência na distribuição por idade dos falecidos que segue a tendência observada para os homens, exceto no caso das mortes ocorridas na década dos 80 a 90 anos em que predominam os casos correspondentes a mulheres.



Gráfico 3: Freqüência pelos sexos de mortes relacionadas com fogo.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

No Gráfico 4, pode ser visto que um grande número de casos ocorrem em idades entre os 20 e os 50 anos, porém isto só é certo no caso dos homens que, ao serem maioria, determinam a tendência do conjunto. Também se observa uma tendência a incrementar-se com a idade a partir dos 60 anos, esta tendência para ambos os sexos, que corresponderia a acidentes induzidos por erros funcionais devidos à idade.

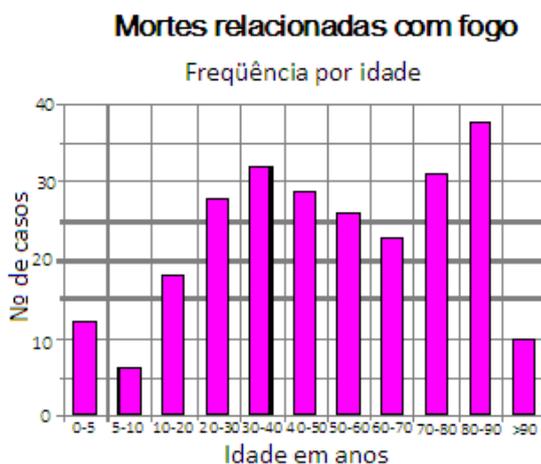


Gráfico 4: Freqüência por idade de mortes relacionadas com fogo.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

Ao se relacionar os óbitos com o lugar onde ocorreram e ao mesmo tempo em função do sexo da vítima, vê-se no Gráfico 5 que a maioria dos casos se deram no domicílio, tanto

para homens como para mulheres, seguido em número pelos quais ocorrem em veículos, neste caso - mesmo tendo sua representação prejudicada pela dificuldade de representar na forma gráfica, sendo encoberta por outra coluna – considera-se a predominância dos homens, e em menor quantidade os sucedidos no campo e o trabalho.

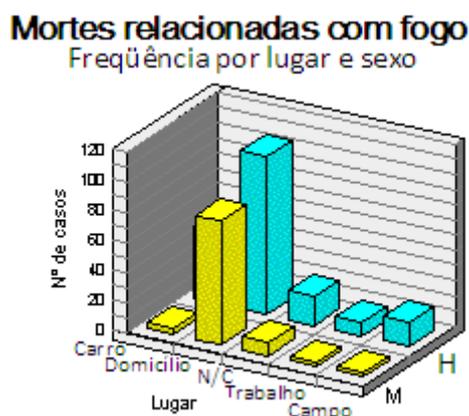


Gráfico 5: Frequência por idade e sexo de mortes relacionadas com fogo.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

Até aqui, pode ser visto que a mortalidade em incêndios é maior no caso dos homens em quase todas as idades e situações excetuando-se os acidentes no domicílio na categoria de idade de 80 a 90 anos em que é maior para as mulheres.

É importante destacar o fato de que as mortes em veículos, em acidentes de trânsito com posterior incêndio do mesmo, são predominantes em homens entre 20 e 40 anos e ainda o fato de que a maior mortalidade no campo corresponde também a homens, mas em uma categoria de idade entre 60 e 80 anos, associada a certos costumes como a prática de queimadas e à incapacidade para escapar do fogo descontrolado.

As mortes no trabalho, mesmo que em número pequeno, correspondem a uma margem de idades compreendidas entre 20 e 60 anos e também são mais numerosas no caso dos homens.

Já, quanto aos tóxicos detectados, entendendo por tais, aqueles encontrados nas amostras de sangue em concentrações iguais ou superiores aos limites de quantificação correspondentes, pode ser visto nos gráficos quais foram estes e também as combinações de tóxicos encontradas.

No Gráfico 6, observa-se que os que se apresentaram com maior frequência foram o monóxido de carbono, o cianureto e o etanol nesta ordem, sendo englobado no item "outros" todos os demais tóxicos tais como ; paracetamol, benzodíazepinas ou cocaína que representam só uma pequena parte dos tóxicos detectados.

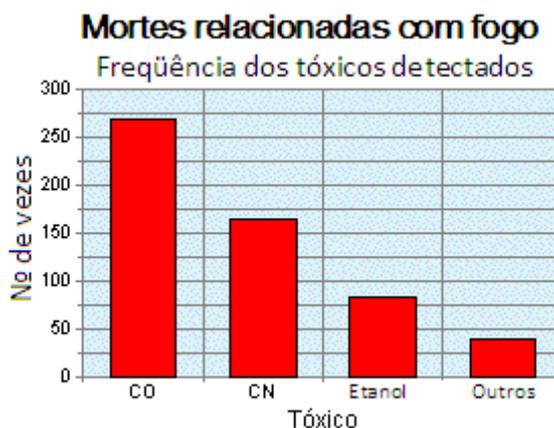


Gráfico 6: Frequência dos tóxicos detectados em mortes relacionadas com fogo.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

Nota-se, ainda, conforme o Gráfico 7 que a combinação predominante de tóxicos encontrada é a de monóxido de carbono e íon cianureto, seguida pela de monóxido de carbono, cianureto e etanol e por outras combinações destes tóxicos entre si e com outros minoritários.

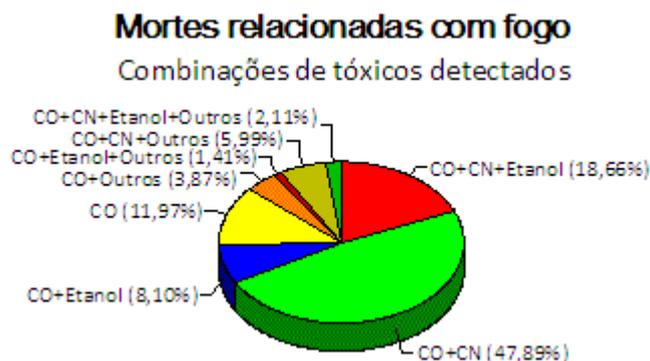
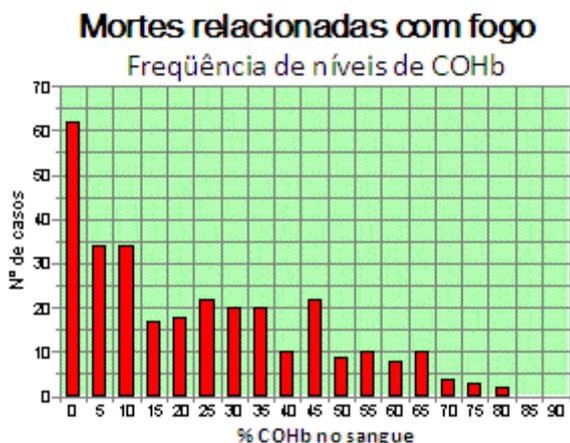


Gráfico 7: Frequência de combinações de tóxicos detectados em mortes relacionadas com fogo.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

O diagrama de freqüências para os níveis de carboxihemoglobina e do cianureto encontrados podem ser vistos no Gráfico 8 e Gráfico 9 respectivamente, nos quais se observa que o maior número de casos apresenta valores de porcentagem de COHb entre 1 e 15% e depois valores até 50%, sendo mais raros os casos em que esse valor é excedido. Também nota-se que a maioria dos casos têm concentrações do cianureto no sangue compreendidas entre 0.1 e 0.3 mg/l e em menor número concentrações até 2.1 mg/l, sendo minoria os casos em que se excede este nível, embora já chegou-se a registrar concentrações de até 10 e 12 mg/l, valores muito acima do limiar que se considera mortal e que costuma estabelecer-se ao redor dos 4 ou 5 mg/l.



(a)



(b)

(a) Gráfico 8: Freqüência de níveis de COHb em mortes relacionadas com fogo – (b) Gráfico 9: Freqüência de níveis cianureto em mortes relacionadas com fogo.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

Estes dados põem em destaque o fato, bem conhecido pelos forenses experimentados, que nos fogos e incêndios uma alta proporção dos falecidos o são em consequência da ação direta do calor e as chamas e não existe nestes casos possibilidade que se alcancem altos níveis dos tóxicos gerados no fogo. Mas também evidenciam que é freqüente que se encontrem nas amostras analisadas certos níveis que, mesmo que baixos, nos informam que a pessoa respirou na atmosfera criada no fogo, no caso que tenha tido uma curta sobrevivência nele.

Buscando uma possível relação entre os níveis de carboxihemoglobina e do cianureto encontrados em cada amostra, representaram no Gráfico 10 os valores em porcentagem de carboxihemoglobina e de íon cianureto para cada caso investigado, ordenando os níveis de COHb em ordem crescente e referido à outra escala de ordenadas as concentrações de íon cianureto expandidas em um fator de 5.

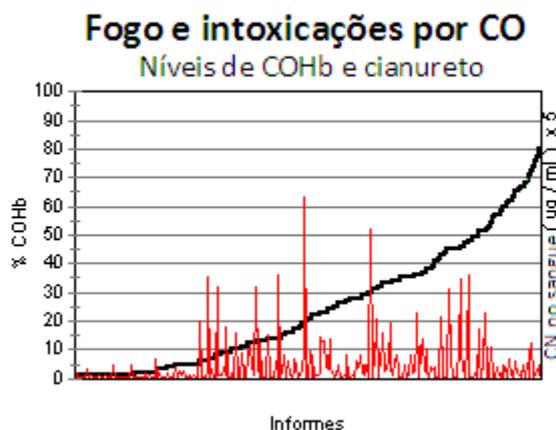


Gráfico 10: Frequência de níveis de COHb e cianureto em mortes relacionadas com fogo.

Fonte: Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las: INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS, 2008 (Traduzido pelo autor).

Como se pode ver no Gráfico 10, não existe nenhuma relação evidente entre os níveis de um e outro tóxico e que, mesmo que a presença de certos níveis de cianureto aparece em grande número de casos, existem amostras nas quais o dito nível é muito baixo e há outras nas quais se encontram níveis muito altos, inclusive letais, que ocorrendo de forma pontual e aleatória mesmo que não se apresentam nos casos nos quais os níveis de carboxihemoglobina são muito baixos já que estes corresponderiam provavelmente a situações nas quais a morte se produziu de forma rápida, e sim se apresentam associados a níveis de COHb de 5% ou superiores.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Esse estudo tem como característica, a pesquisa bibliográfica, sendo utilizado para isso, obras escritas (livros, monografias, artigos de jornais e revistas), pesquisa na internet, documentos e conversas informais com bombeiros. Ela apresentou-se também como uma abordagem mais qualitativa, tendo como fio condutor a reflexão, a análise e a síntese.

### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como pôde ser visto ao decorrer do presente trabalho, em incêndios, vários são os fatores determinantes nas mortes, como embriaguez, a menor mobilidade e raciocínio lento das vítimas senis, fatores esses que dificultam ou impossibilitam a fuga. Outro fator responsável por grande parte das mortes em incêndios e ou queimas são os agentes tóxicos das fumaças e “gases” tóxicos.

Dentre esses os principais fatores determinantes nas intoxicações pelos agentes tóxicos dos “gases” e fumaças produzidos nos incêndios, pode-se mencionar como o de maior relevância, devido principalmente por independer a classificação (asfixiante, irritante, anestésico entre outras) do agente químico em questão, é o fato de esses agentes tóxicos sensibilizarem ou não os órgãos dos sentidos. Seja pelo odor, irritação, cor ou outro aspecto que o identifique. Dessa forma, são as “ameaças imperceptíveis”, ou seja, as que por não causam uma sensibilização imediata dos órgãos dos sentidos, as grandes vilãs das intoxicações, pois seja por não causarem desconforto, ou mesmo, não ser constatada sua presença, fazem com que a vítima não sinta a necessidade de abandonar essa atmosfera o que implica em um maior tempo de exposição, ou ainda, por muitas vezes nem se dêem conta de que estão em meio a um incêndio, perdendo, por vezes, a oportunidade de escapar com vida.

Por sua vez, um maior tempo de exposição aliado as características inerentes a cada agente tóxico, bem como os efeitos fisiológicos que produzem no homem corroboram para o agravamento do quadro de intoxicação.

Um fato positivo em relação aos efeitos irritantes de alguns agentes tóxicos liberados na pirólise ou combustão é de servir como sinal de alerta, evitando muitas vezes que pequenos incidentes cheguem a se tornar grandes tragédias, como a que ocorreu na discoteca Alcala 40

em Madri na Espanha, onde um incêndio vitimou a maioria das pessoas que ali estavam, as quais sem se dar conta foram intoxicadas com monóxido de carbono.

Levando-se em consideração que qualquer combustão gera monóxido de carbono (e também dióxido de carbono), o que pode ser feito para amenizar seus efeitos é controlar a sua emissão. Alguns materiais como é o caso do PVC, que além de dificultar propagação da chama (devido ao cloro contido em sua molécula que lhe confere um caráter ignífugo), gera ácido clorídrico gasoso, que mesmo sendo corrosivo quando em solução aquosa, possui uma toxicidade inferior à do monóxido de carbono, apresentando além disso a vantagem que, pela sua natureza irritante e de detecção pelo olfato, é detectado mais facilmente, inclusive em pequenas quantidades ainda não tóxicas. E, ainda, tendo o PVC uma porcentagem em peso de cloro de 57% pelo menos, o que implica a redução no conteúdo de carbono de 57%, conseqüentemente a emissão de monóxido e dióxido de carbono produzido na decomposição deste será mais baixa que a de qualquer outro material que só contenha carbono, reduzindo, portanto, o risco que representa a produção destes gases.

Por outro lado, o fato de certos agentes tóxicos não provocarem sensibilização imediata, no caso dos bombeiros, agrava ainda mais a situação da intoxicação em relação as vítimas. Uma vez que, geralmente atuam na ânsia de contribuir para o salvamento de vidas ou proteção de patrimônio, e que têm alguns julgamentos de valores próprios que exaltam princípios como rusticidade, os quais contribuem com que não tomem os devidos cuidados com relação a própria saúde. Se for levado em conta que, na grande maioria das vezes, somente utilizam o equipamento de respiração autônomo os bombeiros que adentram à edificação ou mesmo combatam o incêndio, ainda que externamente, porém bem próximos; Contudo, vários outros bombeiros atuam na cena sem qualquer tipo de proteção respiratória, se expondo indiscriminadamente aos “gases” e fumaças do incêndio. Se esses “gases” e fumaças provocassem irritações imediatas, haveria maior receio em relação aos danos provocados por essa exposição, o que os alertariam para necessidade da utilização do EPR.

O presente trabalho não tem a pretensão de exaurir o tema ou estabelecer procedimentos padrões de atuação, mas tão somente esboçar um pano de fundo para o entendimento dos meandros que envolvem as intoxicações nos incêndios.

Ficam sim, sugestões, para que seus implementos no CBMSC sejam analisados quanto sua viabilidade operacional bem como financeira.

Sugestões:

a) UTILIZAÇÃO MÁSCARAS COM FILTROS DE AR.

Utilização Máscaras com filtros de ar (e com viseira ou óculos de proteção) com a finalidade de proteção não só para as vias aéreas, mas também para os olhos, evitando a irritação provocada pela fumaça e “gases” tóxicos.

As vantagens são o menor peso e tamanho em relação ao equipamento de proteção respiratória com cilindro ar, e ainda, maior autonomia em relação a esse, pois diferentemente do equipamento autônomo, não necessita ser recarregado; dispensa, assim, na cena, toda logística envolvida nessa finalidade, o que o torna muito versátil.

Um inconveniente é o preço (variando de 60 á 120 €, em se tratando da máscara própria para incêndio, já com a proteção para os olhos), porém lançando mão de um pouco de criatividade seria possível baratear esses custos. Como por exemplo, utilizando as máscaras que o CBMSC já possui (sem proteção para os olhos) com filtros de ar próprios para fumaça e lançando mão de óculos de natação como recurso criativo para a proteção dos olhos. Outro fato a se levar em conta, é que após retirado o lacre de segurança o tempo previsto para sua saturação (prazo de validade) diminui, o que se fosse levado em conta, por exemplo, na sua utilização em incêndios em matas (que será comentado na seqüência), não haveria muito prejuízo, pois sendo as ocorrências mais freqüentes no verão, durante esse período seria várias vezes utilizada o que justificaria o seu custo.

É imprescindível salientar que há restrições para a utilização desse tipo de máscara, como é o caso de incêndios em locais confinados, pois além da baixa ventilação e outras características inerentes a esse tipo de local o que as torna um ambiente geralmente com baixa concentração de oxigênio, a própria combustão acaba por consumir boa parte desse oxigênio restante.

Já existem no mercado, máscaras portáteis mais baratas, com proteção respiratória (além de proteger os olhos) de 15 minutos, tempo estimado suficiente para que uma pessoa possa escapar de ambientes perigosos em um incêndio. É o caso da EVAC+™, de tamanho compacto (de uma latinha de cerveja) - fácil transportar e guardar - além de leve (250g). Possui tamanho universal, não necessitando de ajuste de tamanho, podendo ser usado também com óculos ou por homens com barba. Não necessita apenas manutenção visual, tendo uma vida útil de 8 anos (lacrado), além de ser fácil de usar. Especificado na norma européia EM

403-M para equipamentos filtrantes com capuz para evacuação em incêndios.

No processo de filtração os gases tóxicos penetram no filtro, um filtro de fibra elimina do ar as partículas de fuligem maiores que um micrão de tamanho, o qual passa pelo carvão ativado onde são adsorvidos os agentes tóxicos dos “gases” criados pela combustão, posteriormente um catalisador de cerâmica transforma o monóxido de carbono em dióxido de carbono chegando o ar purificado a boca do usuário, que posteriormente o exala fazendo com que um capuz que cobre sua cabeça infle mantendo uma pressão positiva (evitando assim a penetração dos gases tóxicos), sendo o excesso eliminado pela área de contato entre o capuz e o pescoço, onde fica preso.

**Em virtude da versatilidade das máscaras com filtro de ar, seria muito eficiente nas seguintes funções e atividades:**

**Fogo no mato** – É fato conhecido, o grande número de atendimento a emergências pelo CBMSC de incêndios em matas durante os meses de verão. Muitas vezes, devido a própria geografia do terreno (relevos acidentados, mata fechada entre outros), vasta extensão de área afetada, calor ou pela própria técnica de combate (com a utilização de batedores) torna esse tipo de atividade muito desgastante, o que faz com que os combatentes por muitas vezes dispensem a utilização do EPI e EPR, utilizando, quando muito, calça e botas.

É freqüente, no intuito de diminuir a inalação de fuligem e partículas contidas na fumaça, a utilização por parte dos bombeiros de camisetas cobrindo boca e nariz. Após passado algum tempo, pode se notar a parte da camiseta que ficava sobre boca e nariz preta, impregnada por fuligem, porém mesmo o profissional lançando mão desse artifício, é possível constatar a presença de fuligem nas vias aéreas superiores, notando sua presença, seja no catarro ou o enegrecimento das narinas, o que comprova que partículas menores passaram pelo tecido. Não são raros, ainda, bombeiros, que mesmo lançando mão desse método rudimentar de filtração de ar, sentem, ao final de um dia de trabalho (desempenhando essa atividade) mal-estar e dores de cabeça. De acordo com o que já foi visto, o fator mais evidente que corrobora para o aparecimento desses tipos de sintomas é o fato, de que essa filtração superficial não implica neutralização dos agentes tóxicos contidos na fumaça.

Dessa forma, vê-se a carência de um EPR que além de eficaz atenda as necessidades

do bombeiro em relação à atividade. Nesse sentido, as máscaras com filtros corresponderiam às expectativas, sendo que além desempenharem sua função são leves e diferentemente dos cilindros autônomos não precisam ser recarregados, dando maior autonomia e dispensando toda logística envolvida, muitas vezes impossível de dispor nesse tipo de cena.

**Como Recurso reserva para possibilitar a fuga do próprio combatente** - A utilização pelas guarnições de combate à incêndio com a finalidade de ser um recurso reserva para possibilitar sua fuga da atmosfera hostil no caso de um possível problema no equipamento de respiração autônoma (o que não é raro acontecer devido ao seu complexo sistema de válvulas e peças sensíveis como o diafragma). Dessa forma, como medida preventiva adotaria-se o procedimento padronizado de cada bombeiro que adentrasse a edificação levasse no bolso do EPI uma máscara portátil lacrada. Assim, se no decorrer do combate o profissional tiver problemas com seu equipamento autônomo ou mesmo se encontrar uma vítima encurralada pela fumaça pode lançar mão desse recurso para possibilitar uma fuga segura.

**Busca Primária** – Busca primária é a busca realizada na edificação incendiada no início do combate às chamas com o intuito de encontrar vítimas encurraladas ou mesmo perdidas em meio à fumaça. Casos já houve, de o bombeiro ao encontrar a pessoa que estava encurralada pela fumaça, optar por fornecer o seu próprio EPR para que essa pudesse atravessar o trajeto enfumaçado até a saída, e devido ao caos da cena foi esquecido dentro da edificação quase se tornando vítima fatal. Nesse caso, se o bombeiro tivesse tomado o mesmo procedimento do caso anteriormente falado, levando a máscara portátil como recurso reserva para possibilitar a sua própria fuga poderia fornecer esse recurso à vítima e conduzi-la até fora com segurança.

#### b) UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL.

Vários são os modelos e princípios de funcionamento, sendo o modelo digital o mais

apropriado às necessidades do Corpo de Bombeiros em virtude de sua maior praticidade. Além disso, necessita ser versátil, robusto e resistente para que possa suportar as exigências da atividade.

### c) UTILIZAÇÃO DA OXIGENOTERAPIA.

Variados são os tipos tratamentos medicamentosos utilizados nos diferentes tipos de intoxicação.

Ao bombeiro, porém, cabe apenas, ministrar a oxigenoterapia, respeitando as restrições para pacientes portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC). O oxigênio a concentração de 100% é bastante eficiente até para intoxicações por asfixiantes químicos como o monóxido de carbono e o ácido cianídrico, compostos altamente tóxicos responsáveis por quase totalidade das mortes por intoxicação nos incêndios, reduzindo consideravelmente o tempo de desintoxicação.

Dessa forma, justifica-se a utilização de um cilindro de oxigênio a 100% nos caminhões de Combate a Incêndio, para o atendimento de eventuais vítimas de intoxicação ou até de um bombeiro, antes da chegada do ASU.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARNALDOS, Domingo Beltrán. **Atmósferas adversas creadas en la combustión de materiales de interiorismo (I)**. Disponível em: <  
<http://www.belt.es/expertos/experto.asp?id=2049>>. Acesso em: 5 jun. 2008.

\_\_\_\_\_. **Atmósferas adversas creadas en la combustión de materiales de combustión (II)**. Disponível em: <  
<http://www.belt.es/expertos/experto.asp?id=2090>>. Acesso em: 5 jun. 2008.

BALSAMAR. **Trajes y equipos de respiración**. Disponível em: <  
<http://www.balsamar.com/PRODUCTOS/CONTRAINCENDIOS/MC04.htm>>. Acesso em: 5 jun. 2008.

CABALLERO, Andrés. **INHALACION DE GASES TOXICOS**. Disponível em: <  
<http://www.aibarra.org/Guias/3-24.htm>>. Acesso em: 30 mai. 2008.

CODES, Fernando Valcarce. Aspectos Físico-Químicos y Toxicológicos de las:  
**INTOXICACIONES EN FUEGOS E INCENDIOS**. Disponível em:  
<<http://personal.telefonica.terra.es/web/cienciaenpoesia/ciencia/fuegos/index.htm>>. Acesso em: 30 mai. 2008.

FREITAS, Nilton Benedito Branco. **Cadernos de Saúde do Trabalhador – Situações e fatores de risco no ramo químico**. Editora: Kingraf, 2000.41 p.

MAYOL, Domenec Turuguet. **NTP 65: Toxicología de compuestos de pirólisis y combustión**. Disponível em: <  
[http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_065.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_065.htm)>. Acesso em: 30 mai. 2008.

MORAL, Roberto Frías del. **Máscaras de respiración: pequeños equipos que salvan vidas**. Disponível em: <  
<http://www.belt.es/expertos/experto.asp?id=1264>>. Acesso em: 5 jun. 2008.

NAKAMURA, J. Fogo Contido. **Téchne** . Março de 2007, São Paulo.

OLIVEIRA, Marcos de. **Estudo sobre incêndios de progresso rápido**, Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – 2005. 88 f. Monografia (para obtenção do Grau de Especialista em Planejamento e Gestão em Defesa Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

\_\_\_\_\_, Marcos de. **Manual de estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndio estrutural** - Comando e controle em operações de incêndio / Marcos de Oliveira. Florianópolis, SC: Editora Editograf, 2005.136 p.

RUSSEL, J.B, Química Geral, Volume 1, 2ª Edição, São Paulo: MAKRON BOOKS.

SOUZA, Carlos Antonio Noia de. **RISCOS DOS GASES PROVENIENTES DA COMBUSTÃO DE POLÍMEROS**. 2000. 78f. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Centro de Aperfeiçoamento e Estudos Superiores - Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2000.

VIEIRA, Alexandre. **PRESSURISAÇÃO DE ESCADAS**. 2001. 228f. Monografia (Curso de Especialização de Bombeiros para Oficiais) – Comando do Corpo de Bombeiros - Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2001.

WAKAMATSU, Celina T. **DOENÇAS CAUSADAS POR GASES IRRITANTES**. Disponível em: < <http://www.geocities.com/Athens/Troy/8084/Irritant.htm> >. Acesso em: 3 junh. 2008.