

MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS



PERÍCIA DE INCÊNDIO

MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS



PERÍCIA DE INCÊNDIO



Portaria n. 321/2017

Aprova manual da Corporação referente à Perícia de Incêndio.

O Comando Geral do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, no uso de suas atribuições legais, nos termos do inciso II do art.11 da lei Estadual n. 18.305, de 30 de dezembro de 2013,

RESOLVE:

Art. 1º Aprovar o Manual Operacional de Bombeiros – Perícia de Incêndio.

Art. 2º O Comando da Academia e Ensino Bombeiro Militar deverá adotar as providências visando inserir o manual ora aprovado nos conteúdos programáticos dos cursos ministrados na Corporação, conforme conveniência.

Art. 3º A Secretaria Geral e o Comando Geral de Gestão e Finanças providenciem o que lhes compete.

Art. 4º Esta portaria entra em vigor na data de sua publicação em Boletim Geral da Corporação.

PUBLIQUE-SE E CUMPRA-SE

Comando Geral, em Goiânia, 6 de novembro de 2017.

Carlos Helbingen Júnior – Coronel QOC
Comandante Geral

MANUAL OPERACIONAL DE BOMBEIROS

PERÍCIA DE INCÊNDIO

Comandante Geral do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás

CEL BM QOC Carlos Helbingen Júnior

Comandante da Academia e Ensino Bombeiro Militar

CEL BM QOC Sérgio Ribeiro Lopes

Comissão de Coordenação e Elaboração

TC QOC Gladson Silva Pereira

TC QOC Carlos Borges dos Santos

1º Ten QOC Hugo de Oliveira Bazílio

Comissão de Colaboração

1º Ten QOC Frederico Magalhães Guerra

1º Ten QOC Ítalo Ferreira Silva

1º Ten QOC Alex Divino Pereira

Comissão de Revisão

1º Ten QOC Raphael Paiva Justo

1º Ten QOC Ricardo Barros Rocha

Imagen de Contra Capa

1º Ten QOC Marcelo Martins Moura

M294 Manual operacional de bombeiros : perícia de incêndio / Corpo de Bombeiros Militar. – Goiânia : - 2017.
276 p. : il.

Vários colaboradores.

1. Perícia de incêndio. 2. Investigação de incêndio. 3. Ciência do fogo. 4. Causas de incêndio. 5. Incêndios intencionais. 6. Explosões. I. Goiás (Estado) - Corpo de Bombeiros Militar.

CDU: 614.841

PREFÁCIO

Diante da dicotomia apresentada pelo fogo – de um lado os inegáveis benefícios que podem trazer seu uso controlado; e de outro, a desastrosa possibilidade de se perder o seu controle – os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil têm se posicionado de maneira a cumprir a máxima militar: conhecer o inimigo para melhor combatê-lo. É nessa perspectiva que a Perícia de Incêndio surge como ferramenta imprescindível para nossas instituições: conhecer de forma crítica as causas, a dinâmica de incêndio e a própria atitude de combate permitem maior eficiência e otimização de recursos.

Como compete ao Corpo de Bombeiros a prevenção e o combate a incêndios, não há que se dispensar a necessidade de se trabalhar a educação preventiva, a legislação, as medidas estruturais, as medidas operacionais, a pesquisa e o estudo dos sinistros ocorridos. Obviamente que cada localidade tem suas particularidades e as realidades precisam ser encaradas a partir de suas características regionais: cultura, costumes, materiais disponíveis, clima, etc. Portanto, não há que se reproduzir *ispis litteris* todos os estudos realizados por outros Corpos de Bombeiros – por melhores que sejam esses estudos.

O presente manual propõe a apresentar conceitos, definições e metodologias fundamentais para a realização de uma investigação de incêndio de forma ampla, vez que essa área científica apresenta diferentes aspectos a cada nova investigação de incêndio, visto que não existe um incêndio exatamente “igual ao outro”.

Nesse contexto o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás lança-se sobre esse desafio através da implementação do serviço de perícia de incêndio a partir do início do ano de 2016. O conhecimento científico, o progresso tecnológico e a boa capacitação de nossos profissionais bombeiros militares são os companheiros nessa jornada.

Carlos Helbingen Júnior – Cel QOC
Comandante Geral

Sumário

INTRODUÇÃO	11
HISTÓRICO	13
CAPÍTULO 1 - LEGISLAÇÃO APLICADA A INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIO	17
CAPÍTULO 2 - CICLO OPERACIONAL BOMBEIRO MILITAR	19
CAPÍTULO 3 – CIÊNCIA DO FOGO	23
Seção 1. Combustão e Fogo	23
Seção 2. Calor	26
Seção 3. Reação em cadeia	29
Seção 4. Comburente	30
Seção 5. Combustível	31
Seção 6. Agente ígneo	37
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA DE PERÍCIA DE INCÊNDIO	41
Seção 1: Processos de Solucionamento	42
Seção 2: Protocolos de Investigação	43
Seção 3. Realização da Investigação	45
Seção 4. Ações metodológicas	49
Seção 5. Documentação da investigação	52
Seção 6. Métodos de coleta	54
CAPÍTULO 5 - CAUSAS DE INCÊNDIO	61
CAPÍTULO 6 – QUÍMICA E FÍSICA APLICADOS À PERÍCIA DE INCÊNDIO	65
Seção 1. Conceitos Importantes	65
Seção 2. Diagramas de mudança de fase	67
Seção 3. Conceito de Substância	72
Seção 4. Reações Químicas	74
CAPÍTULO 7 – MARCAS DE COMBUSTÃO	77
Seção 1. Padrões de Queima	77
Seção 2. Padrões tipo cone	81
Seção 3. Padrões irregulares	88
Seção 4. Padrões de queima de gases	89
Seção 5. Padrões Gerados pela Ventilação	91
Seção 6. Outros tipo de Padrões	94
Seção 7. Localização dos objetos	96
Seção 8. Os padrões de acordo com a dinâmica do incêndio	98
Seção 9. Padrões de queima de acordo com o material da edificação	99

CAPÍTULO 8: COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS NO INCÊNDIO	101
Seção 1. Fusão de materiais sólidos.....	101
Seção 2. Vidros.....	103
Seção 3. Molas.....	106
Seção 4. Madeira	107
Seção 5. Gesso	108
Seção 6. Concreto	108
Seção 7. Polímeros	112
CAPÍTULO 9 - IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS.....	129
Seção 1. Processos envolvidos no preparo de uma amostra para análise química	131
Seção 2. Medidas espectroscópicas	134
Seção 3. Cromatografia	136
Seção 4. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)	140
Seção 5. Cromatografia gasosa (CG).....	141
Seção 6. Análise de resíduos de acelerantes.....	143
CAPÍTULO 10 – INCÊNDIOS INTENCIONAIS	151
Seção 1. Incêndio Provocados Intencionalmente.....	151
Seção 2. Motivação	152
Seção 3. Características	156
Seção 4. Avaliação do crescimento e dano do fogo:.....	161
CAPÍTULO 11 - INCÊNDIOS RELACIONADOS À ELETRICIDADE.....	165
Seção 1. Sinistros envolvendo eletricidade.....	166
Seção 2. Curto-circuito	167
Seção 3. Sobrecarga.....	170
Seção 4. Desconexão parcial.....	172
Seção 5. Contato imperfeito.....	173
Seção 6. Grafitização	173
Seção 7. Corrente de fuga	174
Seção 8. Descarga elétrica	175
Seção 9. Investigação em equipamentos e instalações elétricas	175
CAPÍTULO 12 – INVESTIGAÇÃO DE EXPLOSÕES	177
Seção 1: Conceitos	177
Seção 2. Efeito frontal de pressão de explosão.....	181
Seção 3: Investigação da Cena de Explosão.....	182
Seção 4. Identificação e registro.....	184

CAPÍTULO 13 – INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIOS VEICULARES	189
Seção 1. Prováveis Combustíveis.....	191
Seção 2. Prováveis fontes de ignição.....	195
Seção 3. Sistemas	196
Seção 4. Documentação e registro.....	202
CAPÍTULO 14 – PERÍCIA DE INCÊNDIO FLORESTAL	205
Seção 1: Definições	205
Seção 2: Causas dos Incêndios Florestais	206
Seção 3: Características dos Incêndios Florestais	208
Seção 4: Combustão nos Incêndios Florestais.....	215
Seção 5: Investigação dos Incêndios Florestais.....	221
CAPÍTULO 15 - EXPLOSIVOS	247
Seção 1. Detonação e Deflagração.....	247
Seção 2. Propriedades dos explosivos.....	249
Seção 3. Classificação do explosivos.....	253
Seção 4. Detonadores	256
Seção 5. Transporte e regulação	257
Seção 6. Alguns explosivos e seus usos	258
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	267
APÊNDICE 1 – NORMA OPERACIONAL N. 16	273
APÊNDICE 2 – MODELO DE LAUDO DE INVESTIGAÇÃO	277
APÊNDICE 3 - CHECK LIST PARA PERÍCIA DE INCÊNDIO	283

INTRODUÇÃO

A investigação e perícia de incêndio é o processo de elucidação dos fatores e circunstâncias que proporcionaram o surgimento, o desenvolvimento e a extinção do incêndio. O objetivo da perícia de incêndio e explosões para os Corpos de Bombeiros consiste em avaliar e mensurar o complexo que envolve o sistema de segurança contra incêndio e pânico. Essa avaliação tem a função de aprimorar a educação acerca da prevenção de incêndio, concepção de normas técnicas, otimização do desempenho dos profissionais envolvidos na prevenção e combate a incêndio, melhoria da relação custo/benefício dos sistemas de prevenção ao incêndio, inovação tecnológica dos equipamentos de prevenção e combate e dos materiais envolvidos no surgimento e propagação dos incêndios. Observa-se, portanto, objetivos bem diversos daqueles da perícia criminal, embora a perícia de incêndio do Corpo de Bombeiros possa vir a colaborar com ela.

São finalidades da Atividade de Investigação e Perícia de Incêndio:

- a) Apurar as causas de incêndios;
- b) Levantar dados necessários à prevenção de incêndios, verificando a adequabilidade, aplicabilidade, a conveniência e o cumprimento das normas técnicas vigentes;
- c) Verificar a eficiência do uso dos recursos preventivos existentes, com vistas à orientação adequada do público interno e externo;
- d) Fornecer dados para divulgação de riscos e para o aprimoramento do senso de risco do público externo e interno, através de ações educativas;
- e) Verificar o desenvolvimento das operações de socorro, visando à eficiência operacional da Corporação;
- f) Verificar os riscos aos quais são submetidas as guarnições para orientar os cuidados necessários ao combate a incêndio;
- g) Verificar se a tomada dos cuidados protocolares está sendo realizada pelas guarnições, para orientar sua adequação, se for o caso;
- h) Coletar dados técnico-científicos com vistas à adequação de equipamentos, normalização técnica, e treinamento da tropa;

- i) Manter vivo e adequado à realidade local os conhecimentos sobre ciência do fogo e dinâmica dos incêndios no âmbito da Corporação;
- j) Lançar luz para a elucidação de fatos visando orientar procedimentos administrativos relacionados a ações de combate, incidentes e danos ao patrimônio;
- k) Orientar casos pontuais de prevenção a incêndio em locais onde houve esse tipo de incidente;
- l) Auxiliar o Poder Judiciário, quando esse solicitar laudos de perícias realizadas.

Embora a perícia de incêndio seja fundamental para a ação preventiva, poucos incêndios ocorridos são investigados em virtude do baixo grau de significância de grande parte desses sinistros. Isso porque a grande maioria dos incêndios é debelada no seu princípio e, embora haja a ação dos bombeiros, os usuários dispensam o serviço pericial tendo em vista as baixas perdas. Há ainda o fato de que um grande número de incêndios cujas perdas não possuem usuários determinados como, por exemplo: locais ermos, amontoado de lixo, veículos abandonados, residências abandonadas, incêndio em gramíneas, etc. Essa seleção nem de longe desmerece a atividade de Investigação e Perícia de Incêndio, pois é justamente sobre os incêndios que se desenvolveram que repousa seu foco. Nos locais incendiados falharam a noção de risco, a prevenção, a escolha dos materiais, a detecção de incêndio, e o primeiro combate. Enfim, o que levou ao incêndio bem desenvolvido foi uma confluência de fatores, que é justamente o que se pretende analisar através da atividade de perícia.

A atividade de Investigação e Perícia de Incêndio pressupõe, necessariamente, grande conhecimento da natureza e do comportamento do fogo, das estruturas de construção, de fenômenos físicos, químicos e termoelétricos, engenharia e comportamento humano; exige, além da formação comum aos Bombeiros Militares, a necessidade da formação e treinamento em conhecimentos e técnicas específicas. Há a necessidade da perspicácia, da organização, em suma, do espírito investigativo. Faz-se necessária a formação específica de militares escolhidos baseado no perfil requerido para tal atividade.

Mas obviamente, além da capacitação técnica requerida, o serviço de perícia é amparado pela devida previsão legal para a execução de tal atividade por parte dos Corpos de Bombeiros Militares, conforme se tratará no capítulo a seguir.

HISTÓRICO

Infelizmente pouco se conhece do histórico da perícia de incêndio no Brasil, sendo uma área inicialmente focada na investigação criminal e na elucidação de sinistros por parte das seguradoras a fim de subsidiar os processos de liquidação dos sinistros. O fato é que, essa atividade teve uma maior motivação em 1939, com a criação pelo então Presidente Getúlio Vargas do Instituto de Resseguros do Brasil - IRB-Brasil, que é uma empresa que atua no mercado de resseguros.

No tocante ao histórico da investigação e perícia de incêndio por parte do CBMGO iniciou com a capacitação dos seguintes oficiais no curso de Perícia de Incêndios e Explosões no CBMDF:

Cel Antony Jefersson Frazão	1988
Cel Fernando Carlos Brandão	1990
Cel Edmilson Eurípedes Lopes	1991
Cel Roberto Sérgio Púglia	1992
TC Gladson Silva Pereira	1999
TC Carlos Borges dos Santos	2001
TC Hofmann Gomes Rodrigues	2001
Maj Helter Borges de Oliveira	2016

Quadro 1 - Oficiais pioneiros na atividade de perícia de incêndio no CBMGO.

Fonte: Arquivos Próprios

Com a formação desses oficiais eram realizadas Investigações de incêndios de casos específicos, na maioria dos casos, quando se tratava de incêndios relevantes ou por solicitação de outro Órgão ou Instituição.



Figura 1 - Foto de Perícia de Incêndio no Centro Administrativo o Governo de Goiás, no ano 2000.

Fonte: Arquivos Próprios



Figura 2 - Foto de Perícia realizada em Incêncio ocorrido no caminhão baú do CBMGO em 2008.
Peritos: TC Glaydson e TC Santos.
Fonte: Arquivos Próprios



Figura 3 - Foto de Perícia realizada em local de explosão de GLP em Residência no Jardim América em 2014, tendo ferido 05 bombeiros. Peritos: TC Glaydson e TC Santos.
Fonte: Arquivos Próprios



Figura 4 - Foto de Perícia realizada em local de incêndio ocorrido em 2009 em Auto Peças da Vila Canaã. Peritos: TC Glaydson, TC Monteiro e TC Alencar.
Fonte: Arquivos Próprios

A capacitação de Oficiais teve um incremento no ano de 2006, sendo formado uma turma de 22 oficiais, realizado na capital de Goiás em parceria com o CBMDF. Em 2015 foi realizado o segundo curso no CBMGO, formando 20 novos oficiais subalternos e 01 Perito da Polícia Técnico Científica de Goiás com capacitação em investigação e perícia de incêndio.

No ano de 2016 foi realizado novo curso de Investigação e Perícia de Incêndio no CBMGO, agora formando 15 oficiais do CBMGO, 02 Oficiais do CBMAM e 01 Perito da Polícia Técnico Científica de Goiás.

A atividade de investigação e Perícia de Incêndio iniciou de forma efetiva em janeiro de 2016, passando a ter uma dupla de Peritos de Incêndio de serviço em regime de plantão de 24 horas, para a realização das perícias nos locais de incêndio atendidos pelo CBMGO na região metropolitana.

Em 2016 foi inaugurada a primeira instalação destinada exclusivamente para a atividade de investigação de Incêndio.



Figura 5 - Centro de Investigação e Perícia de Incêndio – CIPI, inaugurado em 21 de abril de 2016.
Fonte: CIPI/CBMGO

CAPÍTULO 1 - LEGISLAÇÃO APLICADA A INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIO

O Estatuto do Corpo de Bombeiros Militares do Estado de Goiás – CBMGO, Lei n. 11.406/91, em seu art. 2º, estabelece a competência da Corporação:

Art. 2º - O Corpo de Bombeiros Militar do Estado é uma instituição permanente e regular, organizada com base na hierarquia e na disciplina, força auxiliar e reserva do Exército, destinando-se à execução de serviços de perícia, prevenção e combate a incêndios; de busca e salvamento; de prestação de socorros nos casos de inundações e desabamentos, catástrofes e calamidades públicas, bem assim, à execução de outros serviços que se fizerem necessários à proteção da comunidade, inclusive atividades de defesa civil.

Assim sendo, percebe-se que o serviço de perícia está previsto explicitamente no Estatuto do CBMGO. Além disso, o Código Estadual de Segurança contra Incêndio e Pânico, Lei n. 15.802/06, também prevê competência ao Corpo de Bombeiros Militar para efetuar o serviço de perícia:

Art. 9º É função do órgão de gerenciamento e regulação contra incêndio e pânico:

- I - praticar os atos de gestão do Sistema de Segurança Contra Incêndio e Pânico;
- II - propor ao Conselho Técnico Normativo (CTN) a instituição e alteração das NTCBMGO;
- III - orientar, na esfera de suas atribuições, os serviços de segurança contra incêndio e pânico realizados pelos órgãos de execução do CBMGO, nos casos de consultas ou recursos;
- IV - realizar análise, pesquisa e perícia das causas de ocorrência de incêndio e pânico, principalmente daquelas decorrentes do surgimento de novas tecnologias.

Por fim, a Lei n. 18.305/13, que dispõe sobre a estrutura organizacional do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, estabelece o seguinte:

Art. 2º Compete ao Corpo de Bombeiros Militar:

- I – planejar e executar atividades de prevenção e combate a incêndios, busca, resgate e salvamento de pessoas e bens, bem como controlar situações de pânico;
- II – aplicar e fiscalizar o cumprimento da legislação e de normas específicas que tratam da proteção contra incêndio, explosão, pânico e desastres;
- III – realizar perícias de incêndio voltadas exclusivamente à prevenção de sinistros e relacionadas com sua competência;

IV – coordenar os atendimentos a desastres, situações de emergência ou estados de calamidade pública;

V – planejar e executar atividades de proteção ao meio ambiente, relacionadas com sua competência;

VI – desenvolver atividades educativas relacionadas com sua competência;

VII – realizar outras atividades, visando ao cumprimento de suas atribuições constitucionais e legais.

De acordo com os §1º e §4º do Inciso V do Art. 144 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 – CF/88, a apuração de infrações penais é de responsabilidade das polícias Federal e Civil, respectivamente. Portanto, aos Corpos de Bombeiros não cabe a apuração da infração penal, sendo a perícia do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás voltada para retroalimentação do seu ciclo operacional. Em caso de suspeita de o incêndio ter sido criminoso o responsável pela edificação deve ser orientado a procurar uma delegacia de polícia para registrar o fato, fazendo seus relatos. É o delegado quem decidirá se irá ou não acionar a Polícia Científica. É ela, a Polícia Científica quem tem competência legal para adentrar primeiro na cena do crime para investigar. As equipes de investigação do Corpo de Bombeiros Militar só podem entrar em cena de crime depois de autorizadas pelo perito criminal. Como essa atividade de perícia não se ampara no disposto no art. 5, XI, da Constituição, ou seja, não é uma atividade de prestação de socorro nem atendimento a desastre, há que se obter a autorização do proprietário ou responsável pela edificação para a realização dos estudos. Após autorizado pela Polícia Científica, casos de suspeita de crime, e pelos proprietários no demais casos, pode-se realizar a investigação.

Portanto, fica evidenciado que a atividade de perícia de incêndio encontra-se na competência legal do CBMGO, embora não se possa falar em competência privativa uma vez que a Lei-Maior não concedeu tal adjetivação à matéria.

CAPÍTULO 2 - CICLO OPERACIONAL BOMBEIRO MILITAR

As atribuições legais do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (vistas no capítulo anterior), recortando somente o concernente aos incêndios, podem ser agrupadas em quatro grupos:

- a) Execução operacional de atividades de combate a incêndio;
- b) Prevenção a incêndios;
- c) Fiscalização; e
- d) Perícia de Incêndio.

Essas “frentes de trabalho” têm características bem definidas, mas guardam entre si uma considerável interdependência. Formam, juntas e harmoniosamente integradas, o “Ciclo Operacional Completo Bombeiro Militar”. O Ciclo Operacional compreende quatro fases, a saber:

- a) Fase preventiva ou Normativa:** normatização, atividades educativas, etc;
- b) Fase Passiva ou Estrutural:** busca a garantia da implementação dos sistemas preventivos e ações normatizados, principalmente através de análise de projetos e inspeção das edificações;
- c) Fase Ativa ou de Combate:** treinamento e ações de combate a incêndio, aquisição e manutenção dos equipamentos/veículos de combate;
- d) Fase Investigativa ou Pericial:** investigação das causas, consequências, condições de propagação e ações de combate.

Como dito, essas fases, embora tenham uma autonomia relativa, têm uma interdependência marcante.

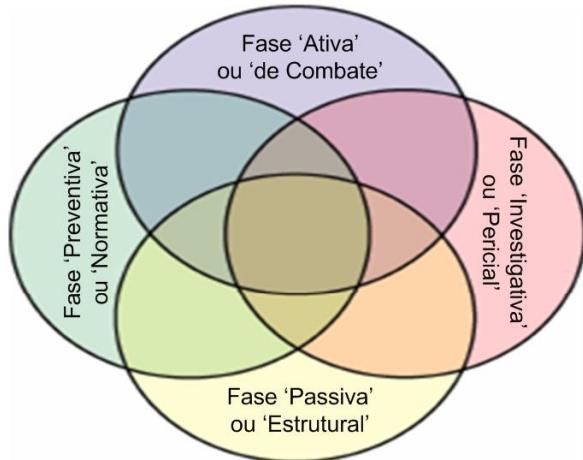


Figura 6 - Ciclo Operacional Bombeiro Militar
Fonte: Farias, 2013

O Serviço de Investigação e Perícia de Incêndio, atividade-fim da Corporação, destina a promover a retroalimentação do Ciclo Operacional do CBMGO, tendo como objetivos específicos:

1. Para a fase preventiva ou normativa:

Conhecendo, através da perícia de incêndio, conhecimento das principais causas de incêndio e dos elementos de propagação dos focos iniciais, pode-se evitar a ocorrência futura de sinistros com riscos idênticos aos de casos reais. Com esses dados, somados ao conhecimento da efetividade e viabilidade dos sistemas e medidas preventivas, é possível o estudo, revisão e elaboração das normas de segurança (considerando que, pelo avanço tecnológico ou outros motivos, algumas normas tornam-se obsoletas).

A perícia de incêndio trabalha ainda na identificação de responsabilidades pelas falhas no cumprimento das normas de segurança. Em um primeiro momento, para efeitos estatísticos ou, no máximo, administrativos; em um segundo momento, pode ajudar a esclarecer processos judiciais de acordo com a conveniência avaliada pelo sistema judiciária.

2. Para a fase passiva ou estrutural:

Nessa fase são objetivos da Perícia de Incêndio:

- fazer apontamentos acerca do projeto de segurança dos incêndios periciados;
- fazer apontamentos acerca da concepção, do dimensionamento; da instalação, manutenção ou de operação de sistemas e equipamentos de segurança;
- fazer apontamentos acerca do desempenho do pessoal que atua na segurança física do estabelecimento sinistrado; e
- propor programas de capacitação das guarnições.

3. Para a fase ativa ou de combate:

Avaliação acerca das viaturas e equipamentos de combate, das ações humanas nos incêndios (comportamentos antes do incêndio que levaram ao mesmo, comportamentos durante o incêndio que aumentaram ou diminuíram as suas consequências e comportamentos durante o combate que contribuíram ou não para a extinção eficiente das chamas). É importante também que se façam apontamentos acerca de ações táticas ou técnicas no emprego do poder operacional da Corporação.

De posse desses dados resultantes da análise dos casos reais de sinistros, propõe programas de treinamento para o desenvolvimento dos integrantes da Corporação e conclui sobre o desempenho operacional da Corporação no caso real analisado, propondo, se o for o caso, soluções voltadas para a melhoria da qualidade do serviço.

4. Para a fase investigativa ou de perícia:

A finalidade da fase investigativa ou de perícia é elucidar o caso real do sinistro, em todas as suas circunstâncias para a retroalimentação das demais fases do ciclo operacional, além de fornecer subsídios fundamentais para as indústrias e profissionais que atuam na área de segurança; fornecer subsídios para as companhias seguradoras, especialmente nos processos de regulação e liquidação de sinistros; fornecer subsídios para justiça na elucidação de fatos e atos criminosos em locais onde haja pressuposto de crime, notadamente contra a incolumidade pública.

Para tanto, arma-se de melhorias constantes nas técnicas de preservação de local, de coleta de dados, das formas de relatórios, da utilização de equipamentos, dentre outros; e, além de retroalimentar o Ciclo Operacional, pode fornecer informações sobre investigação e perícia de incêndio aos poderes públicos e a pessoas físicas ou jurídicas relacionadas como o sinistro.

CAPÍTULO 3 – CIÊNCIA DO FOGO

Fazendo um levantamento sobre os principais conceitos relacionados a incêndio (fogo, combustão, chama, incêndio, etc) podemos perceber a enorme variedade de definições – muitas vezes insuficientes ou contraditórias entre si. A escolha das definições utilizadas neste manual levou em consideração o respaldo da bibliografia consultada, em coerência com o consenso científico atual. Outra preocupação foi que as definições adotadas nos permitissem uma melhor compreensão e explicação dos fenômenos relacionados à combustão, além de uma linguagem padronizada que permitisse uma livre comunicação com outros ramos de pesquisa científica.

Seção 1. Combustão e Fogo

1. Definição de combustão

Segundo a NFPA 921, combustão é “um processo químico de oxidação que ocorre a uma velocidade suficientemente rápida para produzir calor e geralmente luz sob a forma de um brilho ou chama”. A Norma ISO 8421-1 define que combustão é uma “reação exotérmica de uma substância combustível com um oxidante usualmente acompanhada por chamas e/ou abrasamento e/ou emissão de fumaça”. Aragão (2010) acrescenta que essa reação ocorre sob certas condições de pressão e de temperatura e utiliza o termo mais completo “oxirredução” para definir o tipo de reação. Entretanto, várias outras reações de oxidação que não são consideradas combustão são exotérmicas (produzem calor) e poderiam ser englobadas pela definição, como a oxidação do papel, tornando-o amarelado e o enferrujamento da palha de aço. O elemento de distinção do conceito de combustão para as outras oxidações é a rapidez com que a combustão ocorre. A rapidez da combustão é elemento em comum a todas as definições encontradas e é um dos principais elementos de diferenciação para as outras reações de oxirredução.

Algumas referências trazem ainda o termo “auto-sustentável” para definir a combustão. Esse termo é utilizado no sentido de que, em consequência de ser uma reação rápida, a energia liberada (a reação é exotérmica) não se dissipa com

facilidade antes de retroalimentar o próprio processo (ou seja, o calor não se dissipa antes de fomentar as etapas pré-combustão - como veremos adiante - e antes de fornecer a energia de ativação suficiente para que a reação aconteça). Nesse sentido, é o calor liberado na combustão que permite, na maioria das vezes, que outras moléculas do combustível reajam com o oxigênio (no caso de o material estar em um ambiente que tenha atingido a temperatura de ignição do mesmo, a própria temperatura do meio é suficiente para “alimentar” a reação). Não se deve entender o termo “auto-sustentável” como se, após iniciada a reação, o fogo não estivesse dependente de fatores externos como a temperatura do ambiente, a pressão, o aporte de combustíveis, etc. Por exemplo, no lampejo de chama emitido por um líquido que atinge sua temperatura de fulgor a reação não se sustenta, e nem por isso deixa de ser combustão.

Nesse sentido, Dawson Powell (Powell, 1955) descreve em seu livro “The Mechanics of Fire” os seis elementos do ciclo do fogo. Esses elementos são calor, combustível, oxigênio, proporção dos reagentes, mistura e continuidade da combustão. Todos esses elementos são essenciais para o início e continuação do processo de combustão. Somente calor, combustível e comburente não são suficientes para garantir a combustão se combustível e comburente não estiverem na proporção correta, não estiverem devidamente difundidos entre si (mistura) e se o calor excedente da reação de combustão não for transferido para os materiais vizinhos, garantindo o aporte de mais combustível na rapidez requerida para alimentar a reação (continuidade).

De forma mais simplificada e com o foco didático no combate a incêndio, pode-se reduzir esses elementos aos seus três primeiros componentes: o calor, o combustível e o comburente. Esses três elementos são “recortados” dos elementos iniciais por serem dicotômicos a três formas de combate: o resfriamento, a retirada ou corte do aporte de combustível e o abafamento, respectivamente. Entretanto, tecnologias de combate e retardo a chamas atuam em campos diferentes, cujas antíteses não são representadas no triângulo do fogo. Por isso, ainda vislumbrando o combate, tem-se a figura do tetraedro do fogo, que é composto por quatro elementos: calor, combustível, comburente e reação em cadeia não inibida. Essa “reação em cadeia não inibida” se refere à possibilidade de que produtos intermediários da reação de combustão sejam “sequestrados” por (ou reajam com) espécies químicas de modo que a combustão não seja levada a termo. Dessa

maneira, os modos de combate a incêndio passam a ser, respectivamente: o resfriamento, a retirada ou corte do aporte de combustível, o abafamento e a inibição da reação em cadeia (se a reação de combustão não se completa, não há o elemento “continuidade”, conforme esse termo foi descrito anteriormente). No triângulo do fogo e no tetraedro do fogo considera-se a proporção, a mistura e continuidade da ignição como subentendidos.

Combustão: reação química de oxidorredução que ocorre a uma rapidez tal que o próprio saldo de calor resultante retroalimenta o processo, dando-lhe continuidade, desde que mantidos aporte e mistura de agente oxidantes (chamados nesse processo de comburentes) e de agentes redutores (provenientes dos combustíveis). Produz, além de calor, radiação eletromagnética espectral visível e/ou invisível e tipos químicos diversos.

2. Definição de fogo

Embora seja tratado em algumas bibliografias como sinônimo de combustão, o fogo se refere mais às manifestações sensíveis da combustão. Por exemplo, para a norma ISO 8421-1, “fogo” é definido como sendo o “processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado de fumaça ou chama ou ambos”. Para Chagas (2006) e Aragão (2010) o fogo é o resultado da combustão, e não sinônimo da combustão. Assim, enquanto o termo “combustão” se refere ao processo, o termo “fogo” se refere ao “corpo” formado pelos componentes da combustão em reação. O fogo “é o desenvolvimento simultâneo da emissão de luz e de energia térmica como manifestações sensíveis do estado de materiais que ardem” (ARAGÃO, 2010). De fato, faz sentido dizer que “os produtos da combustão são...” mas não faz sentido dizer “os produtos do fogo são...”, enquanto faz sentido falar nas marcas deixadas pelo fogo quanto nas marcas deixadas pela combustão. Também nesse sentido, diz-se que certo material “pega fogo”, como se fosse um corpo que se agraga a outro, enquanto que se diz que a combustão “se inicia”.

O fogo apresenta-se em duas formas diferentes (que, dependendo do combustível podem se apresentar isolada ou conjuntamente): a chama e a brasa.

Enquanto a chama é o “fluxo de material gasoso envolvido no processo de combustão” (NFPA 921, 2004) ou a “porção de gás muito quente onde estão ocorrendo reações químicas que desprendem luz e calor” (CHAGAS, 2006), a brasa é a incandescência do próprio material sólido a alta temperatura, devido ao processo de combustão.

Seção 2. Calor

Calor é a energia transferida de um corpo mais quente para um mais frio devido a uma diferença de temperatura. Em contraposição, a temperatura é a expressão numérica do grau de agitação molecular de um material em comparação com um ponto de referência (no caso dos graus Celsius, o ponto de congelamento e o ponto de ebulição da água, tendo seu intervalo convenientemente dividido em 100 unidades). A forma como essa energia se relaciona com a temperatura do corpo é chamada “capacidade calorífica” ou “capacidade térmica” (calor adicionado ao corpo dividido pelo aumento de temperatura por ele provocado). A capacidade calorífica por unidade de massa é conhecido como “calor específico”. Obviamente, o calor específico de um material varia de acordo com a temperatura em que ele se encontra. Ou seja, uma mesma quantidade de calor produz variações de temperatura diferentes em materiais diferentes (e em temperaturas diferentes).

O calor é sempre transferido da massa de alta temperatura para a massa de baixa temperatura e essa transferência é medida em termos de fluxo de energia por unidade de tempo (Btu/seg ou quilowatts). A energia fornecida a um sistema para iniciar e manter uma combustão deve ser suficiente para exceder a energia de ativação (E_a) necessária para iniciar a combustão. Essa energia vai depender do material, da pressão, da temperatura e da proporção entre combustível e comburente.

O calor pode ser fornecido por:

- Compressão de gases
- Energia elétrica
- Fricção

- Ação química
- Superfícies aquecidas
- Chama aberta

O calor produz efeitos físicos e químicos nos corpos em geral (dilatação, mudança de estado físico, aumento da temperatura, variação do volume), e fisiológicos nos seres vivos (queimadura, desidratação, choque, etc).

1. Mecanismos de transmissão de calor

As propriedades envolvidas na condução são a condutividade térmica, a densidade do material e a sua capacidade de calorífica. Materiais menos densos tendem a ser melhores isolantes, materiais com capacidade calorífica alta precisam de muita energia para aumentar sua temperatura e materiais com alta condutividade térmica podem fazer facilmente o calor se propagar para além do foco inicial com maior rapidez. Essas três propriedades determinam a maneira pela qual um material irá transmitir o calor da superfície exposta ao seu núcleo ou a uma superfície não exposta e distribuir e absorver calor dentro do próprio elemento. A inter-relação dessas três propriedades, que expressa a facilidade ou a dificuldade de se aquecer um material é o conceito de inércia térmica. O entendimento da inércia térmica é importante para determinar se certa quantidade de material combustível pode ser ignido por um determinado agente ígneo. A temperatura da superfície de um material com baixa inércia térmica aumentará muito mais rapidamente quando exposto a energia a partir de uma fonte de alta temperatura do que um material com maior inércia térmica.

1.2. Condução

A propagação de calor se processa por um meio de contato direto ou por um meio de um condutor intermediário sólido, líquido ou gasoso, transmitindo o calor de molécula a molécula. A energia é transferida da área aquecida para a área não aquecida a uma taxa dependente da diferença de temperatura e das propriedades físicas do material.

A inércia térmica é um fator importante nas fases iniciais do incêndio (pré-flashover). A partir da generalização do incêndio, a condutividade térmica passa a ser preponderante na transmissão do calor, em relação à densidade e à capacidade calorífica.

1.3. Convecção

Na convecção o calor é transferido por um meio circulante - gás ou líquido. O movimento do fluido deve-se unicamente a diferença de densidades provocadas pelas diferentes temperaturas dos fluidos. O calor é usado para aquecer produtos da reação, o que, em nível molecular, significa que quanto maior é o calor fornecido, mais energia cinética é transferida para as moléculas do produto. Esta energia cinética, na convecção, é transferida para outras moléculas via colisão. No entanto, para que a energia seja transferida para moléculas-chave, como as encontradas na cera de vela vaporizada, a energia tem de ser entregue, através de moléculas de movimento rápido, para o lugar certo.

Na convecção essa transferência de massa se dá por diferença de densidade. Os gases aquecidos sobem por terem diminuída sua densidade gerando no local de origem uma diminuição da pressão. Os gases dos ambientes adjacentes então são “empurrados” para esse local sendo, por sua vez, aquecidos (ou consumidos pelas chamas, o que acarretará também o aquecimento dos produtos da combustão), terão suas densidades reduzidas por aumento do volume, retroalimentando o processo. Esses movimentos tendem então a orientar a movimentação de gases quentes para as partes superiores dos ambientes e quanto maior a velocidade do gás, maior a taxa de transferência de calor convectiva.

1.4. Radiação

A propagação do calor de um corpo para outro se processa por meio de ondas eletromagnéticas semelhantes à luz ou às ondas de rádio, sem a necessidade de um meio intermediário. À medida que a temperatura ambiente aumenta com a generalização das chamas no ambiente (flashover) a convecção continua, mas o

papel da radiação aumenta rapidamente e se torna o mecanismo dominante de transferência de calor.

A taxa de transferência de calor de um material radiante é proporcional à temperatura absoluta desse material aumentada para a quarta potência. Por exemplo, a duplicação da temperatura absoluta de um material radiante resultará em um aumento de 16 vezes na radiação desse material. Por outro lado, à medida que a distância aumenta, a quantidade de energia radiante sobre uma unidade de área declina numa proporção relacionada com o tamanho da fonte radiante e com a distância.

Seção 3. Reação em cadeia

Dentre os componentes do Tetraedro do Fogo, talvez o que tenha a compreensão mais dificultada seja a “reação em cadeia não inibida”. Se por “reação em cadeia não inibida” se entende a retroalimentação das chamas, em último caso, qualquer ação de combate seria uma inibição da reação em cadeia e o tetraedro do fogo deixaria de ter sentido. Devemos então ter uma clareza sobre o que se entende por “reação em cadeia”.

A IUPAC define “reação em cadeia” como “uma reação na qual um ou mais intermediários reativos (frequentemente radicais) são regenerados continuamente, normalmente através de um ciclo repetitivo de passos elementares (os ‘passos de propagação’). Peter Atkins define em seu Atkins’Physical Chemistry que “em uma reação em cadeia, uma reação intermediária produzida em uma etapa gera um intermediário em uma etapa subsequente, então o intermediário gera outro intermediário, e assim por diante”. Os intermediários em uma reação em cadeia são chamados carregadores da cadeia. Em uma reação em cadeia de radicais os carregadores são radicais (espécies com elétrons desemparelhados). Ions também podem atuar como carregadores da cadeia.

O seja, a combustão não acontece por colisões de etapa única entre as moléculas do combustível e as do oxidante. Na verdade, as reações que ocorrem na combustão são baseadas em radicais livres, onde três etapas genéricas acontecem:

- Iniciação, onde os primeiros radicais livres são formados;
- Propagação, onde as reações entre os radicais produzem mais radicais;
- Terminação, onde os resultados da combinação entre os radicais formam uma espécie neutra.

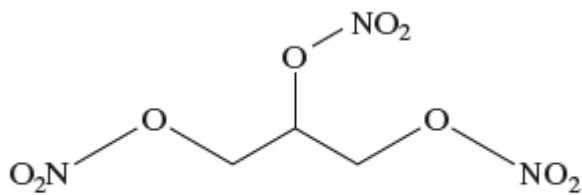
Quando os radicais reagem com uma espécie neutra para criar novos radicais é que temos a reação em cadeia.

Só para se ter uma idéia de como esse processo é complexo, estudos recentes sobre a combustão do metano revelaram 277 reações elementares para essa combustão envolvendo 49 diferentes espécies químicas.

Podemos observar, portanto, no que tange ao combate a incêndio, que o termo “reação em cadeia” se refere à existência de intermediários da reação de combustão que provocam (ou que alimentam) a etapa subsequente. Portanto, os agentes extintores que atuam por inibição da reação em cadeia agem através da reação de espécies químicas com esses intermediários e, em consequência, não permitem que a combustão tenha continuidade. São eficientes no combate à combustão mesmo que esses agentes não removam calor, combustível ou oxigênio.

Seção 4. Comburente

Na maioria das vezes o comburente é o oxigênio gasoso (O_2), mas pode ser também outras substâncias fortemente oxidantes, como os nitratos, os percloratos, os permanganatos, o dicromatos, o flúor (F_2). No caso da pólvora, por exemplo, em sua composição mais básica, é o salitre (um nitrato). Essa composição do material com o comburente permite que alguns desses materiais mantenham combustão inclusive imersos em água ou em ambientes isolados do ar. Um exemplo interessante é a nitroglicerina. Ela tem um balanço de oxigênio positivo, de modo que quando ela se decompõe em produtos gasosos, a própria molécula pode suprir a si mesma com todo o oxigênio necessário para a combustão.



Nitroglycerina $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$

Figura 7 - Fórmula química da nitroglycerina.

Atmosferas com proporções maiores de oxigênio proporcionam queimas a temperaturas mais altas, considerando os mesmos combustíveis.

Seção 5. Combustível

O combustível pode estar na fase gasosa, líquida ou sólida. Os mecanismos para cada uma das fases são, obviamente, diferentes. Dependendo do combustível, não haverá reação do material em seu estado inicial, sendo necessário um tipo de “preparação”, ou uma etapa “pré combustão”.

O termo “combustível” significa “o que pode ser queimado” (à parte de parâmetros legais e usuais baseados na temperatura de fulgor), não importando seu estado físico ou sua forma de apresentação (névoas, pós, colóides em geral, etc). O combustível pode se apresentar na forma de gases e vapores, materiais sólidos (finamente divididos ou não) e líquidos (nebulizados ou não).

Sólidos e líquidos que produzem vapores para a queima (discutiremos o processo de combustão dessas agregações a seguir) apresentam três “faixas” de temperatura mensuráveis e úteis ao estudo da combustão: as temperatura de fulgor, de combustão e de ignição, conforme se segue.

Ponto de Fulgor: É a temperatura mínima em que um combustível desprende vapores em quantidade suficiente para que, na presença de um agente ígneo, se inflame. No entanto, nesta temperatura, a chama não se mantém, pois a proporção de combustível em estado de vapor foi consumida pela chama e não houve aporte suficiente da vaporização para dar continuidade ao processo.

Ponto de Combustão: É a temperatura em que um combustível desprende vapores em quantidade suficiente para que, na presença de um agente ígneo, se inflamem e mantenham-se inflamando, mesmo na retirada do agente ígneo.

Ponto de Ignição: É a temperatura em que um combustível desprende vapores em quantidade suficiente para que, em contato com um comburente, se inflame e mantenha-se inflamando, independentemente da existência de um agente ígneo. No caso de gases combustíveis, é a temperatura em que o gás, estando dentro de sua faixa de inflamabilidade, se inflama, independentemente da existência de um agente ígneo.

Materiais	Ponto de Fulgor	Ponto de Combustão (°C)	Ponto de Ignição (°C)
Madeira Dura	245	270	290
Papel	230	N/A	230
Gasolina	-40	-20	227
Etanol	13	N/A	370
Butano	-60	N/A	430

Tabela 1 - Pontos de referência de alguns combustíveis.

Fonte: NFPA 921, 2004.

1. Gases

Gases são materiais que se apresentam naturalmente no estado gasoso na CNTP (diferentemente da água, que na CNTP é líquida e que, portanto, ao seu estado gasoso chamamos “vapor” e não “gás”). A chama é um fenômeno de fase gasosa e, claramente, combustíveis líquidos e sólidos que emitem chamas ao queimar envolvem antes a sua conversão para a forma gasosa. O fatores “mistura” e “proporção” são muito facilitados quando o combustível é gasoso, pelo que os gases são mais favoráveis à combustão. Portanto, os gases requerem a menor quantidade de energia para a ignição.

Nas chamas de pré-mistura, o combustível e o oxidante são misturados antes de atingirem a zona de reação. Nestas chamas a posição da zona de reação

não é definida pela difusão dos reagentes, mas pelo equilíbrio da velocidade convectiva local dos reagentes com a taxa de consumo dos reagentes (velocidade da chama). Nesse tipo de chamas, quando a velocidade de alimentação do reagente, imediatamente antes da frente da chama não é suficiente para se opor à velocidade da chama, a chama propaga-se em direção à fonte dos reagentes. Isso é conhecido como “flashback”. Ao contrário, se a velocidade de fornecimento local do reagente é maior do que a velocidade da chama, a chama move-se para jusante, um fenômeno chamado de “sopro”. No flashback e no sopro as chamas se apagam.

Em chamas não pré-misturadas (difusas), o combustível e o oxidante estão presentes de lados opostos da zona de reação. São levados para a zona de reação num estado não misturado principalmente devido à difusão de reagentes e produtos para fora da zona de reação.

2. Líquidos

Os combustíveis líquidos, dependendo da sua natureza, se decompõem em espécies moleculares menores com posterior vaporização. Formam, portanto, chamas ao queimarem. Passam, necessariamente, pelo processo de vaporização antes de queimar. Disso decorre que o processo tem seu aspecto endotérmico (a vaporização). Assim, quando um líquido acelerante tal como gasolina é vertido sobre uma superfície e os vapores são inflamados, se a poça formada for suficientemente profunda, isolará o substrato abaixo e limitará o aumento da temperatura. Como a temperatura do acelerante líquido não pode exceder seu ponto de ebulição, o padrão de queima e queimadura na borda da poça e longe dela será diferente dos padrões diretamente abaixo do líquido inflamável.

A evaporação é um fenômeno de superfície (por isso a queima dos líquidos é um fenômeno de superfície). Há que se atentar que, quanto os líquidos queimem depois de vaporizados, tem-se um fenômeno muito parecido com a faixa de inflamabilidade, como acontece com os combustíveis gasosos. Somente quando o líquido é aquecido a uma temperatura tal que emita vapores em um fluxo suficiente para formar uma mistura proporcional com o ar (e essa proporção depende da reatividade dos vapores do líquido com o oxigênio). Convém ressaltar que usamos o termo “aquecido” em uma abordagem absoluta, não relativa. Ou seja, alguns

Líquidos já podem estar nessas condições à temperatura ambiente. Embora a temperatura dos líquidos, em geral, deva estar acima do seu ponto de combustão para ignir, uma fonte de ignição pode criar uma área aquecida localmente suficiente para resultar em ignição. Líquidos nebulizados (relação superfície/massa elevada) podem também ser mais facilmente inflamados do que o mesmo líquido na forma a granel (a alta superfície disponível facilita a evaporação do líquido, fazendo seus vapores atingirem a faixa de inflamabilidade abaixo da temperatura do mesmo líquido a granel).

3. Sólidos

Para a maioria dos sólidos, no entanto, decomposição química ou pirólise é necessária para se obter produtos de peso molecular suficientemente baixos para que possam volatilizar a partir da superfície e entrar na chama. Esse processo de decomposição é mais endotérmico que a evaporação simples, motivo pelo qual a temperatura da superfície de um sólido que queima tende a ser mais elevada que a do líquido (por volta de 400°C). Ou seja, é necessário fornecer mais calor à superfície do sólido para garantir vapores para a queima. Depende da natureza do material se a produção de voláteis é precedida ou não de fusão.

Nas combustões com chama a maioria dos produtos da pirólise será consumida na chama, mas sob outras condições (por exemplo, pirólise sem combustão após a exposição a uma fonte externa de calor ou, para alguns materiais, combustão sem chama) os produtos de elevado ponto de ebulição e alcatrões vão se condensar formando uma fumaça de aerosol tão logo eles se misturam com o ar frio.

A Figura 8, complementada pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, ilustra os processos pelos quais um sólido pode gerar voláteis para alimentar a chama.

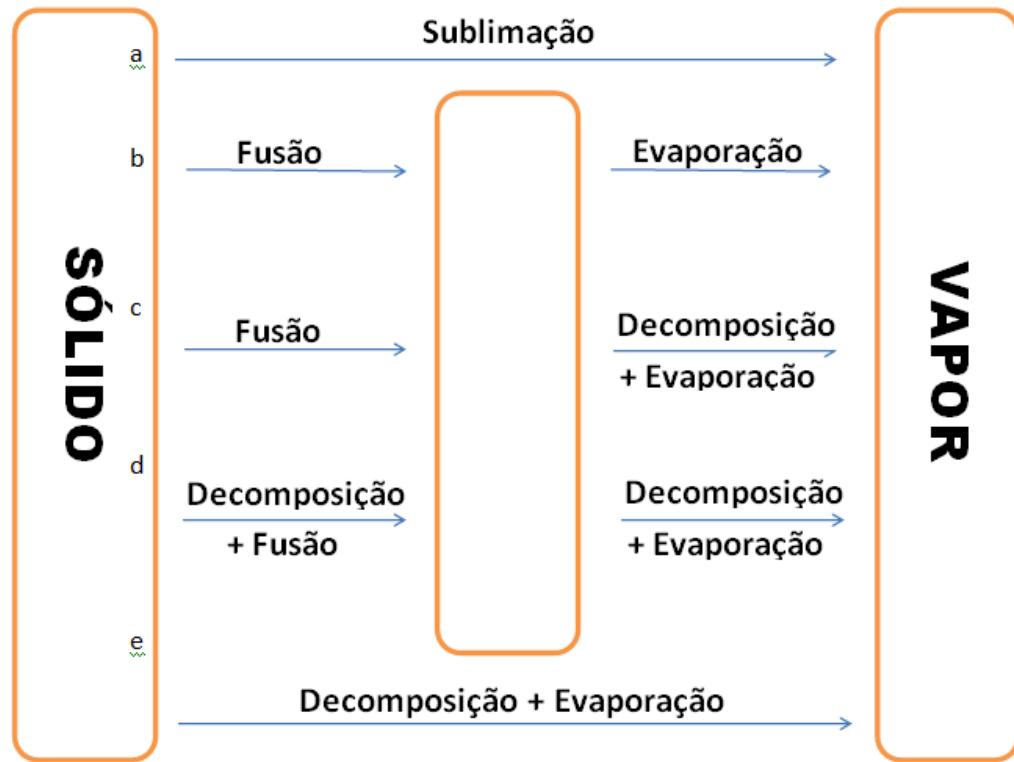


Figura 8 - Diferentes modos pelos quais vapor combustível é gerado a partir de um sólido.
Fonte: Drysdale, 1985

Designação	Mecanismo	Exemplos
A	Sublimação	Metanamina
B	Derretimento e evaporação sem mudança química	Parafinas de baixo peso molecular, apesar de o mecanismo também envolver (b) e (c)
C	Derretimento, e então decomposição seguido por evaporação de produtos de baixo peso molecular	Termoplásticos; graxas de alto peso molecular, etc
D	Decomposição para produzir produtos fundidos ^a que se decompõem mais uma vez produzindo espécies voláteis	Poliuretanos
E	Decomposição gerando espécies voláteis diretamente	Celulose; a maioria das resinas termofixas (exemplo: poliuretano)

Tabela 2 - Formação de voláteis a partir de combustíveis sólidos (ver Figura 8)
Fonte: Drysdale, 1985

^aA decomposição inicial também pode produzir espécies que podem volatilizar diretamente.

A condição para que combustíveis entrem em combustão no próprio estado sólido (brasas) é que se apresentem agregados de forma a apresentar alta superfície específica (finamente divididos e/ou porosos – nevoas e poeiras), porque só assim podem formar uma mistura satisfatória com o comburente. Exemplos de combustão de materiais diretamente no estado sólido são o carvão, o magnésio e o alumínio, quando finamente divididos. Mas em geral os combustíveis são os materiais ricos em carbono e hidrogênio, para os quais a pirólise é necessária para fornecer produtos de peso molecular suficientemente baixo para volatilizar da superfície do sólido e entrar na chama.

A pirólise é uma termólise, geralmente associada à exposição a altas temperaturas. Na química, ela se refere a uma reação de degradação em uma atmosfera inerte, mas na visão do combate a incêndio é simplesmente a decomposição de uma substância pelo calor para produzir espécies químicas de menor peso molecular. Os produtos da pirólise são diferentes dos da combustão e podem ser identificados como uma camada na madeira queimada. Tipicamente, a zona de pirólise está a alguma distância abaixo da superfície queimada. A camada é definida pela disponibilidade de oxigênio e pela profundidade à qual o calor pode penetrar.

No caso do carvão, a queima em brasas pode acontecer concomitantemente com a queima em chamas. A queima somente em chamas pode ser resultado de uma redução da concentração do oxigênio gasoso (a cerca de 15-16% da composição do ar) e também devido a uma redução do calor fornecido ao sistema (dificultando a vaporização de agregados químicos do carvão industrial), uma vez que o calor liberado por sua combustão na forma de brasas é menor do que o requerido para a sua vaporização (no caso do carvão comercial, a vaporização de substâncias agregadas ao carvão permite mais facilmente a sua combustão na forma de chamas).

Sólidos de alta densidade conduzem energia térmica para longe da área incidida (dispersam mais eficientemente a energia térmica recebida) mais rapidamente que materiais de baixa densidade (considerando o mesmo tipo de material). Os sólidos de baixa densidade então permitem que a energia permaneça mais tempo na superfície, acumulada no mesmo ponto. Por isso madeiras densas demoram mais para inflamar que madeiras pouco densas (há que se considerar

também a superfície específica do material). Portanto, a energia necessária para inflamar madeiras poucos densas também é menor. Devido à superfície específica disponível, cantos são mais facilmente queimados que superfícies planas.

Sólidos sobre os quais incidem calor por meio de irradiação térmica necessitam de uma temperatura maior para se auto-ignir do que sólidos expostos ao calor por convecção. Isso porque os voláteis desprendidos do sólido, na convecção, encontram uma atmosfera já quente e isso permite que atinjam mais facilmente sua temperatura de auto-ignição. Já nos materiais irradiados os voláteis inflamáveis oriundos do sólido (pirólise ou outro processo) podem ter sido gerados a uma temperatura muito inferior à temperatura de auto-ignição e precisam de mais energia irradiada para atingi-la. Outra relação entre energia de ignição e tempo de ignição acontece para materiais finos e espessos. Quando expostos à sua temperatura de ignição, materiais finos inflamam-se mais rapidamente do que materiais espessos (menor dispersão do calor nos materiais finos).

Seção 6. Agente ígneo

Tem-se que ignição é o aporte de energia necessário para dar início à combustão, ou seja, “pontapé inicial” do processo de combustão, que pode ser sustentado ou transitório. Essa energia, nessa configuração específica capaz de iniciar o processo da combustão é o “agente ígneo”. A luz solar, que fornece aproximadamente 1400 J por segundo em uma área de 1 metro quadrado pode não ser suficiente para começar uma ignição em uma mistura de gás combustível, enquanto que uma faísca que produza somente 1,3 J pode ser suficiente para ignorar essa mesma mistura.

Por esses motivos acima descritos neste Manual adota-se a expressão “agente ígneo” em vez de “fonte externa de calor” para descrever o processo que inicia a combustão na definição de ponto de fulgor e ponto de combustão. Ou seja, não é somente a quantidade de calor (ou energia fornecida ao combustível) que irá propiciar o início à combustão. Por vezes, o aquecimento de um líquido inflamável em uma chapa de aquecimento com grande fluxo de calor não é suficiente para igni-lo, enquanto uma pequena chama já iniciada, com uma energia térmica bem menor, é suficiente para dar início às chamas.

O agente ígneo é fornecido pela “fonte de ignição”, que segundo a NFPA é “qualquer item ou substância capaz de liberação de energia em um tipo e magnitude suficientes para inflamar qualquer mistura inflamável de gases ou vapores”. Uma fonte de ignição é um item ou substância capaz de liberar uma energia em tipo, magnitude e tempo suficientes para inflamar os combustíveis aos quais é aplicada. Em outras palavras, é o corpo ou a região limitada do espaço produtor (ou fornecedor) de tal energia.

As fontes de ignição mais comuns são: fricção, faíscas mecânicas, energia solar, combustão espontânea, descargas atmosféricas, eletricidade estática, chama aberta, incandescência e eletricidade dinâmica. O dispositivo capaz de fornecer o agente ígneo é também chamado de “dispositivo ígneo” (isqueiro, fósforo, duas pedras que se atritam e produzem faísca, etc).

Obviamente, se o ambiente atinge a temperatura de ignição do material, não é necessário um agente ígneo para dar início às chamas. A reação entre comburente e combustível se dá naturalmente, pela simples mistura nas proporções corretas. Abaixo da temperatura de ignição e acima da temperatura de combustão, o agente ígneo é responsável por fornecer energia suficiente para que uma pequena porção do combustível reaja com o oxigênio do ar. Essa combustão inicial irá fornecer energia para que as moléculas vizinhas também reajam, alimentando a chama em um verdadeiro “efeito dominó”.

A própria fonte de ignição pode liberar calor para o combustível até que o mesmo atinja sua temperatura de combustão, para só assim inflamá-lo. Em outra situação, o combustível já se encontra com temperatura acima do ponto de combustão e é inflamado a partir da fonte de ignição. Há ainda a configuração onde o combustível é aquecido por fonte diversa até atingir o ponto de ignição para que então seja dado início às chamas por meio da fonte de ignição.

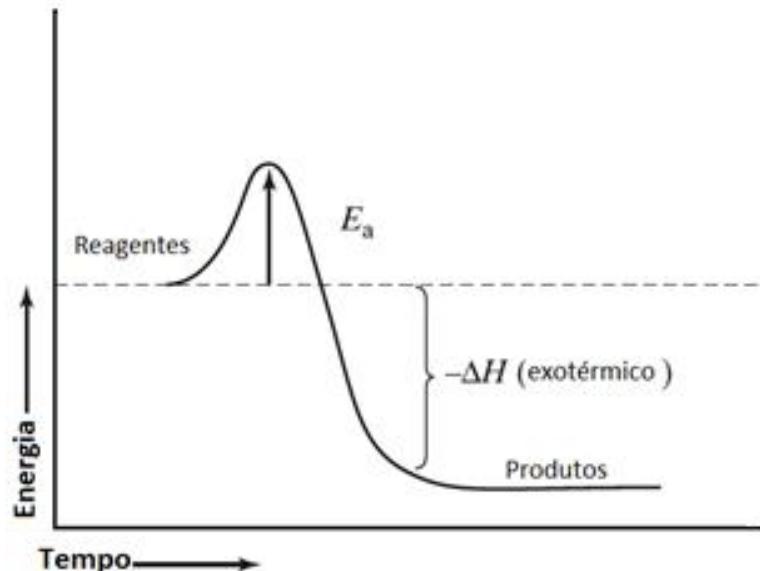


Figura 9 - Gráfico genérico Energia versus Tempo para uma reação exotérmica.
Fonte: Material Próprio

O início da combustão requer energia suficiente para exceder a energia de ativação (E_a) da reação entre o comburente e o combustível. O agente ígneo não necessariamente fornece essa energia para todo o combustível. Muitas vezes fornece somente para uma pequena fração do mesmo. É o saldo de energia da combustão dessa pequena fração que, a partir da reação já iniciada, fornece a energia para que o restante do combustível reaja.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA DE PERÍCIA DE INCÊNDIO

A realização de uma perícia de incêndio envolve habilidade, tecnologia, conhecimento e ciência. A metodologia serve para fornecer uma base sólida e confiável à perícia de incêndio e para tal deve contar com uma abordagem sistemática (método científico) que promova uma atenção a todos os detalhes relevantes da cena do sinistro e dos elementos que a envolvem.

Nesse sentido, o primeiro passo para que se legitime uma perícia de incêndio é identificar o problema, e no nosso caso o problema a ser resolvido é: houve um incêndio e ele deve ser estudado para que eventos similares não aconteçam no futuro. O segundo passo é pensar o problema, de que maneira ele pode ser solucionado e quais os recursos disponíveis para que se encontre a causa e as condições do incêndio. Nessa etapa, deve-se planejar e executar ações de análise e registro, baseados no conhecimento do comportamento do fogo, suas marcas e no comportamento do material que foi submetido a todas as condições trazidas pelo incêndio. Os dados adquiridos nessa etapa (observação, evidências, fotografias, croquis, entrevistas, etc.) devem ser analisados considerando a experiência, conhecimento e expertise do perito de incêndio. Então, baseado na análise dos dados levantam-se as hipóteses. A última etapa do método é testar a hipótese através do raciocínio dedutivo, onde o perito de incêndio compara suas hipóteses com todos os elementos conhecidos. A metodologia utilizada no laudo permitirá a compreensão dos fatos que culminaram com o sinistro. A cadeia cronológica de eventos é estabelecida pelas testemunhas, pelo cenário do incêndio e por testes laboratoriais.

Na investigação há que se preocupar não somente com os fatos, mas com a inter-relação entre os fatos, com a gênese dos vestígios encontrados e com os meios e modos pelos quais ocorreu o fato. Há que se considerar ainda que no incêndio agem contra o investigador: as chamas, a fumaça, o calor e a ação de combate (água e rescaldo com retirada de materiais). O que resta pode não ser suficiente para determinação da causa. Nesses casos a opção que se tem é analisar as provas subjetivas e examinar a compatibilidade dos testemunhos com o conjunto probatório.

Seção 1: Processos de Solucionamento

Os vestígios são coletados do local de incêndio em razão de um conhecimento específico do perito que os relacionem, pelo menos a princípio, à dinâmica do incêndio ou à sua causa. O estudo desses vestígios deve também ser embasado pela científicidade. Segundo Ranzier Feitosa, podemos considerar os seguintes princípios de científicidade dos vestígios:

- **Princípio do uso:** os fatos apurados são produzidos por agentes mecânicos, químicos ou biológicos;
- **Princípio da produção:** os agentes produzem vestígios com grande variedade morfológica e estrutural;
- **Princípio do intercâmbio:** os objetos permitem características ao interagirem;
- **Princípio da correspondência de características:** a ação dinâmica entre agentes mecânicos reproduz morfologias caracterizadas pelas naturezas e modos de atuação dos agentes;
- **Princípio de reconstrução:** a aplicação de leis e teorias técnicas e científicas sobre a complexação dos vestígios remanescentes de uma ocorrência estabelecem os nexos causais entre as várias etapas da transformação, culminando na reconstrução do evento;
- **Princípio da certeza:** as preditas características são presididas por princípios técnicos e científicos inalteráveis e suficientemente comprovadas, que atestam a certeza das afirmações periciais.

Uma vez que os dados levantados (vestígios) são estudados e é considerada sua possível ligação com o fato investigado, são organizados numa ordem cronológica ou espacial, passam então a ser tratados como “evidências”.

Para o estudo dos dados, correlacionam-se as evidências encontradas no ambiente incendiado com conhecimentos previamente estabelecidos pelas ciências experimentais, dispensando-se, através do processamento por meio do raciocínio, a experimentação padrão científica. Ou seja, os vestígios assinalam a manifestação do fenômeno ocorrido a priori, e o estudo dos dados é feito através da reconstrução

conceptual do evento baseando-se em leis e teorias uniformes, regulares, invariáveis e universais. São referências nesse sentido os conhecimentos específicos da Perícia de Incêndio, os princípios universais imutáveis da natureza (teorias e leis científicas), os conhecimentos derivados dessas leis (tecnologias) e as normas técnicas que estabelecem padrões para os produtos.

O investigador deve usar o método científico como método para coleta de dados, desenvolvimento de hipóteses e testes de hipóteses quanto à consideração de potenciais fontes de ignição. Esse processo envolve o desenvolvimento e teste de hipóteses alternativas. Neste caso, uma hipótese separada é desenvolvida considerando cada fonte de calor individual na área de origem como uma potencial fonte de ignição. A avaliação sistemática (teste de hipóteses) é então conduzida com a eliminação dessas hipóteses que não são suportáveis (ou refutadas) pelos fatos descobertos através de um exame mais aprofundado. As potenciais fontes de ignição devem ser eliminadas da consideração apenas se houver evidências definitivas de que elas não poderiam ser a fonte de ignição para o incêndio.

Seção 2: Protocolos de Investigação

Ao ser notificado de um incêndio, o perito de incêndio deve buscar saber informações sobre o incidente e qual o intuito da perícia que estará realizando. Deve identificar quais recursos estão à sua disposição e quais recursos deveriam estar disponíveis antes que eles sejam necessários. A organização e o planejamento são extremamente necessários, pois, dependendo dos recursos disponíveis, num cenário de incêndio o investigador pode ter que fazer as fotos, o croqui da cena, coletar evidências, fazer entrevistas e ser responsável pela cena sem outros assistentes.

1. Planejamento da Investigação

O planejamento pode ajudar em muito no êxito da investigação. Sabendo informações a respeito do incidente, o perito de incêndio definirá quais ferramentas, equipamentos e pessoal serão necessários para a investigação, além de poder estimar o tempo e recursos logísticos como transporte, alimentação, comunicação,

etc. Um bom planejamento leva em consideração as seguintes informações básicas do incidente:

- **Localização:** podem ser necessários recursos adicionais ou documentação adicional se a distância a percorrer é grande. É importante também saber as possíveis dificuldades de acesso, em especial quando se trata de incêndio veicular ou florestal. Esses locais podem requerer equipamentos especiais para facilitar o acesso. Roupas e equipamentos de Proteção Individual específicos também podem ser necessários. Outros fatores importantes a serem verificados: segurança do local e necessidade de apoio policial;
- **Data e hora do incidente:** O tempo decorrido do incidente até a perícia podem ter efeitos no planejamento da investigação. Quanto maior o tempo decorrido, maior a necessidade e possibilidade de se ajuntar documentações prévias, como relatórios da polícia e bombeiros, fotos, diagramas, reportagens;
- **Condições do tempo:** pode interferir no transporte, na vestimenta e EPIs utilizados, na dificuldade do acesso;
- **Tamanho e complexidade do incidente:** verificar a necessidade de assistência ou de uma equipe multidisciplinar. Áreas grandes podem criar necessidades de comunicação e logística. Também interfere no tempo de investigação;
- **Tipo de Estrutura e Ocupação da Edificação:** podem dar importantes informações sobre riscos específicos do local (presença de GLP ou líquidos inflamáveis, presença de produtos perigosos diversos, possibilidade de contaminação biológica e radiológica, etc). Necessidade de se levantar quais as medidas de proteção específicas devem ser adotadas;
- **Natureza e extensão do dano:** podem fornecer informações a respeito de necessidades de equipamentos para a investigação, segurança da cena, e cuidados para não se adentrar em cena de crime sem a liberação de instituição competente;
- **Segurança do cenário:** deve ser realizada uma avaliação das condições de risco: colapso estrutural, explosões secundárias, produtos perigosos, etc. Caso não seja possível preservar a cena até a chegada da equipe de investigação, deve-se tirar fotos e documentar as condições existentes antes das intervenções que alterem o cenário.

Seção 3. Realização da Investigação

A metodologia de campo consiste, geralmente, em primeiro se estabelecer a origem do incêndio, e depois a causa, circunstâncias e condições que propiciaram o início e a propagação das chamas. Dentre as ferramentas para se chegar a isso estão as documentações prévias feitas por outras instituições ou órgãos, como Polícia Militar, Polícia Técnico-Científica, Equipe do Corpo de Bombeiros que atenderam à ocorrência. O registro da cena é realizado através de fotografia e diagramação (confecção do croqui). As evidências, após cuidadoso levantamento de todos os detalhes da cena, são reconhecidas, documentadas e devidamente preservadas.

1. Determinação da Origem do Incêndio

Geralmente, se a origem de um incêndio não pode ser determinada, a causa não pode ser determinada. A determinação da origem do incêndio frequentemente envolve a coordenação de informações derivadas do seguinte:

- a) As marcas físicas (padrões de fogo) deixadas pelo fogo;
- b) As observações relatadas por pessoas que testemunharam o incêndio ou estavam cientes das condições presentes no momento do incêndio;
- c) A análise da física e química do início, desenvolvimento e crescimento do fogo como um instrumento para condições de incêndio conhecidas ou hipotéticas relacionadas capazes de produzir essas condições;
- d) Observação da localização onde o arco elétrico causou danos e do circuito elétrico envolvido.

Em alguns casos, uma única informação, como um artigo irrefutável de evidência física ou uma testemunha ocular confiável, pode ser a base para uma determinação conclusiva de origem. Na maioria dos casos, no entanto, nenhuma informação sozinha é suficiente em si mesma. O investigador então deve usar todos os recursos disponíveis no desenvolvimento de cenários possíveis e determinar quais cenários se encaixam de forma plausível em todas as evidências disponíveis. Quando um cenário aparentemente plausível não corresponde a algum elemento de

evidência, é fundamental que o investigador determine qual dos dois é equivocado: o cenário ou a evidência.

É importante que a determinação de um único ponto de origem não seja feita a menos que a evidência seja conclusiva. Quando um único ponto não pode ser identificado, ainda pode ser valioso para muitos fins identificar possíveis fontes de origem. Em tais casos, o investigador deve fornecer uma lista completa de explicações plausíveis para a origem com a evidência que suporte cada opção.

As várias atividades de determinação de origem geralmente ocorrem simultaneamente com as de investigação de causa e análise de falhas. Da mesma forma, o registro da cena, a tomada de notas, a fotografia e a identificação e coleta de evidências são realizadas simultaneamente com esses esforços. Geralmente, as várias atividades de determinação da origem seguirão uma sequência rotineira, enquanto as ações paralelas de registro e observação de vestígios ocorrem concomitantemente dentro de cada etapa da investigação da origem.

A área de origem pode ser determinada examinando a evidência do padrão de fogo da cena do fogo. Se identificáveis, os padrões de incêndio de movimento e intensidade devem ser rastreados até uma área ou ponto de origem. Uma vez que a área de origem tenha sido estabelecida, o investigador deve ser capaz de entender e documentar a propagação do fogo. O objetivo de determinar a origem do incêndio é identificar a localização geográfica onde o incêndio começou. Quando a área de origem foi determinada, com base nos padrões ou em quaisquer outras metodologias estabelecidas, a localização específica da origem pode ser identificada. A origem específica será onde o calor inflamou o primeiro combustível e é comumente referido como o foco inicial.

Os investigadores devem estabelecer um procedimento sistemático a seguir para cada tipo de incidente. Ao seguir um procedimento familiar, o investigador pode se concentrar no incidente em questão e, mais importante, o investigador pode evitar negligenciar inadvertidamente uma faceta significativa da investigação. Começando na área de menor dano e movendo-se para a área de maior dano, o investigador evitara formar conclusões sobre a origem e será mais provável que observe todas as evidências importantes. Basicamente, o procedimento consiste na seguinte sequencia: exame preliminar do cenário, desenvolvimento de hipóteses preliminares sobre a dinâmica de propagação do incêndio, exame aprofundado do cenário,

reconstrução do cenário, desenvolvimento de um cenário final de propagação do fogo e identificação da origem do fogo. Todos os aspectos do evento devem ser considerados pelo investigador durante a investigação. Tais aspectos como declarações de testemunhas, conhecimentos do investigador e procedimentos de combate a incêndios desempenham papéis importantes na determinação da origem do fogo.

2. Determinação das causas de incêndio

A determinação da causa de um incêndio deve considerar:

- circunstâncias em que ocorreu o incêndio;
- condições em que o incêndio ocorreu;
- situações que promoveram a união do combustível, da fonte de ignição e do comburente.

Considera-se, obviamente, a natureza, disposição e aglomeração/disposição dos materiais presentes, presença ou não de dispositivos ou equipamentos envolvidos na ignição, presença de um agente ígneo suficiente para causar o incêndio sobre os materiais presentes. Consideram-se ainda as possíveis falhas mecânicas e elétricas ou ações humanas que permitiram o início e a propagação do incêndio.

2.1 Processos de Eliminação

Segundo a velha máxima, “a ausência de evidência não é evidência de ausência”. Ou seja, toda determinação de causa de incêndio deve basear-se em evidências e não na ausência de provas. Entretanto, uma vez determinada a origem do incêndio (foco inicial) pode-se fazer uma eliminação credível de todas as outras potenciais fontes de ignição, desde que a fonte de ignição restante seja consistente com todos os fatos conhecidos. A eliminação envolve o desenvolvimento, teste e rejeição de hipóteses alternativas e torna-se mais difícil à medida que o grau de destruição aumenta. O investigador, sempre que elimina uma possível fonte de

ignição, deve saber descrever como essa fonte se encontra após o incêndio e como se encontraria caso fosse ela a responsável pela ignição inicial.

Para um melhor processo de eliminação é importante o conhecimento das possíveis fontes de ignição e das possíveis causas de incêndio

2.2 Identificação de fontes ígneas e combustíveis

Uma vez identificado a zona de origem ou, ainda melhor, o ponto de origem, o investigador deve identificar todos os dispositivos, aparelhos ou equipamentos que produzam calor, que poderiam ter causado a ignição; bem como por aparelhos ou equipamentos cuja falha possa ter causado uma ignição. Se havia no ambiente gases e vapores inflamáveis a fonte de ignição pode ter uma energia bastante reduzida.

Concomitantemente com a análise das prováveis fontes de ignição está a análise dos combustíveis presentes no momento da ignição. Essa análise deve levar em consideração a disposição e o estado de agregação dos materiais ali presentes (ou seja, a superfície específica dos materiais ou razão superfície/massa), além da inércia térmica do material. Isso permitirá estimar se determinada hipótese de agente ígeo seria capaz ou suficiente para incendiar o material que ali se encontrava. A identificação do combustível inicial é importante para a compreensão dos eventos que causaram o incêndio. O investigador precisa identificar itens facilmente inflamados que, uma vez iniciados, poderiam fornecer a fonte de calor para danificar ou envolver mais difíceis de inflamar.

Gases e vapores podem ser o combustível inicial e podem causar confusão porque o ponto de ignição pode estar a alguma distância de onde o fogo sustentado começou na estrutura ou no mobiliário. Além disso, focos instantâneos podem ocorrer com a queima sustentada de materiais de fácil ignição, como cortinas, que estão localizados longe da fonte inicial de gás ou vapor combustível. Quando a ignição causa uma explosão de baixa ordem, é óbvio que um gás, vapor ou pó estão envolvidos e a sobrepressão causada por essa explosão pode deslocar massa de gás/vapor para longe do epicentro, causando focos aparentemente isolados. Os vapores de gasolina podem inflamar-se violentamente de modo que a fonte de ignição esteja a vários metros do local da poça de líquido acelerante.

Seção 4. Ações metodológicas

Resumidamente e lembrando-se que a ordem das ações pode ser bastante variável de caso a caso, pode-se estabelecer um panorama geral dos passos da investigação, conforme o que se segue:

- a) Plano de investigação;
- b) Observação do local;
 - Investigação exterior;
 - Investigação interior;
- c) Coleta de depoimentos;
- d) Determinação da zona de origem;
- e) Esquadriamento da área;
- f) Escavação de escombros;
- g) Reconstituição simulada;
- h) Determinar foco inicial;
- i) Estudo dos materiais queimados obtidos na escavação;
- j) Comprovação do agente gerador do fogo;
 - No local;
 - Exames de laboratório;
- k) Determinação da causa e subcausa;
- l) Planimetria e croqui;
- m) Fotografias;
- n) Liberação do local;

As ações a serem tomadas no local do incêndio incluem:

- Coleta de informações;
- Coleta de amostras para análise;
- Escavação dos escombros;
- Inspeção das instalações elétricas (disjuntores, fusíveis, condutores e terminais);
- Registro fotográfico;
- Inspeção visual das áreas atingida e adjacentes;
- Reconstituição da cena (com os escombros e com os materiais não queimados);

- Verificação da existência de múltiplos focos.

A variedade de ações é específica para cada incêndio, mas alguns tópicos muito comuns podem ser pinçados desse universo. É importante rodear toda a edificação para obter uma impressão geral da situação, fazendo um croqui de cada parede que mostre as posições (não necessariamente o estado) das portas e janelas. Marca-se no croqui de cada parede qualquer sinal do incêndio ou do trabalho dos bombeiros incluindo:

- Manchas de fumaça;
- Sinais de carbonização e fuligens;
- Pontos, aparentemente sem conexão, que mostram sinais do incêndio;
- O ponto mais baixo com sinais do incêndio;
- Pontos em que o fogo se propagou do interior para o exterior.

Verifica-se o estado das portas e janelas (arrombadas, quebradas, etc), a existência de objetos estranhos às dependências (fotografar/recolher), o estado dos vidros das portas e janelas: quebrados, derretidos, retorcidos, manchados de fumaça, etc. Verifica-se se há indícios de entrada forçada, a posição e estado das chaves dos medidores de gás e eletricidade, a posição e estado das conexões e controles dos sistemas de segurança contra incêndio e pânico, a posição e estado das mangueiras de incêndio e escadas e outras horas de fuga. Registra-se cada parede afetada, mostrando a parede inteira e tiram-se fotos de qualquer circunstância anômala. Verifica-se o telhado ou laje da edificação. Faz-se a observação no relatório de qual a situação climática no momento do incêndio, bem como da direção e intensidade do vento.

Materiais

Os equipamentos recomendados para uma investigação de incêndio incluem os seguintes:

- Proteção para os olhos;
- Lanternas;
- Luvas;
- Capacete;

- Proteção respiratória (dependendo do tipo de exposição);
- Botas de segurança;
- Roupas especiais (roupa de aproximação ou encapsulada, etc);
- Material para absorção;
- Machados;
- Vassoura;
- Câmera fotográfica;
- Martelo;
- Compasso;
- Contêiner para coleta de amostras;
- Etiquetas de evidências;
- Toalhas de mão;
- Machadinha;
- Detector Multigás e explosímetro;
- Escada;
- Iluminação;
- Ímã;
- Canetas de marcação;
- Pincéis;
- Faca;
- Alicates/ Cortadores de fio;
- Pé de cabra;
- Rodo;
- Corda;
- Réguas;
- Serras;
- Chaves de fenda;
- Pá;
- Peneira;
- Sabonete;
- Copos de isopor;
- Fita métrica;
- Gravador de áudio;

- Fios;
- Voltímetro/ohmímetro;
- Água;
- Equipamentos para escrever e desenhar (papel quadriculado, se for o caso).

Seção 5. Documentação da investigação

A documentação de uma investigação pode ser feita através de fotografias, vídeos, diagramas, mapas, sobreposições, gravações, notas e relatórios. O objetivo é registrar com precisão a investigação através de meios que permitirão que os investigadores recuperem e comuniquem suas observações em uma data posterior. Também por meio da documentação as conclusões dos investigadores podem ser verificadas e comprovadas.

1. Fotografia: A sequência de fotografias geralmente segue uma lógica de fora para o interior, bem como do não queimado para o queimado. Nas fotos sequenciais o mesmo indício é fotografado a certa distância, onde é mostrado o contexto do objeto com os arredores. As fotografias seguintes são então tiradas cada vez mais perto até que o assunto seja o foco de todo o quadro.

Um mosaico ou colagem de fotografias pode ser confeccionado em situações em que uma visão panorâmica é desejada, mas não há ângulo suficiente para tal.

Para fotografar evidências físicas uma régua pode ser usada para identificar o tamanho relativo da evidência, assim como marcadores numerados podem ser usados para ajudar na identificação das mesmas. Deve tirar-se uma fotografia das provas sem a régua ou o marcador antes de tirar uma fotografia com o marcador

Para melhor orientar e ajudar a identificar os ângulos em que uma foto foi tirada, pode ser feito um diagrama, onde setas podem indicar a direção a partir da qual cada foto foi tirada, numerando-as no croqui, conforme a Figura 10:

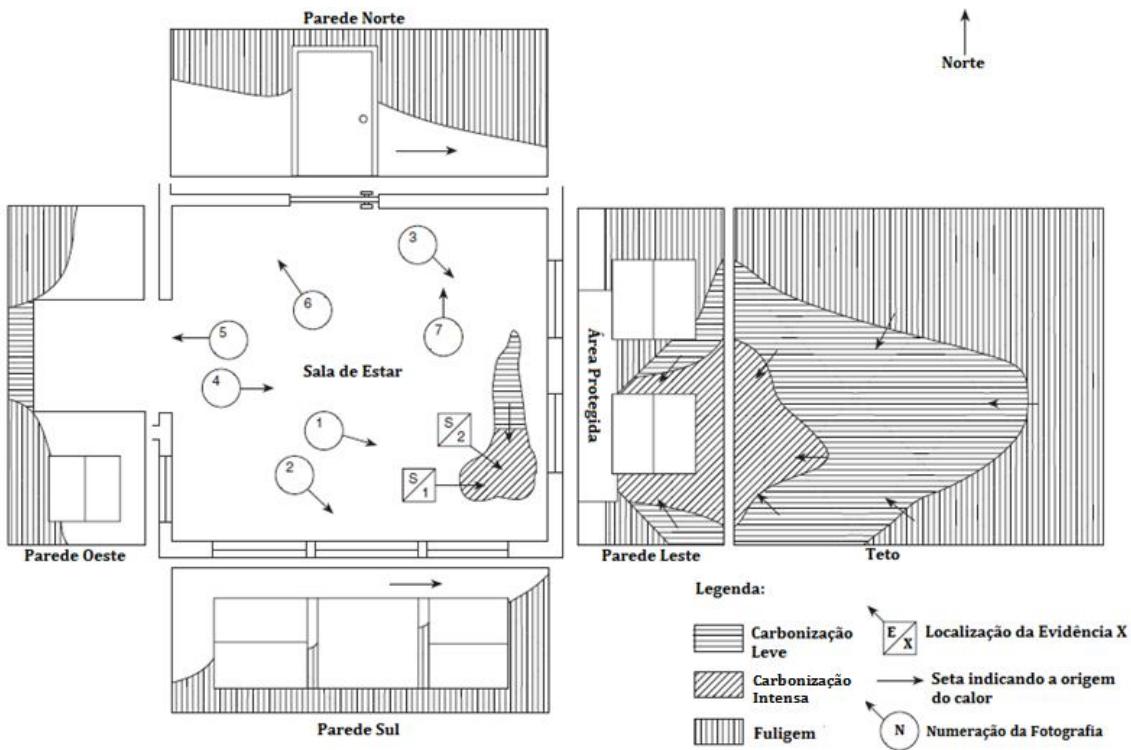


Figura 10 - Modelo de croqui.
Fonte: Adaptado de NFPA 921/2004

2. Vídeo. Os vídeos podem ser utilizados para orientar o cenário do incêndio através do movimento progressivo do ângulo de visão. No entanto, o uso dos vídeos não deve ser exclusivo, sendo necessário serem utilizados em conjunto com as fotografias. Pode ser utilizado para gravar entrevistas ou mesmo para recordar melhor o cenário para a confecção posterior do relatório. Também pode ser eficaz para documentar o exame de provas, em especial o exame destrutivo.

3. Desenhos. Os esboços são geralmente diagramas feitos à mão ou com ferramentas mínimas, feitos no próprio cenário. Já os diagramas são desenhos mais formais que são completados após a conclusão da investigação da cena. Esboços e diagramas claros e concisos podem ajudar o investigador a documentar evidências de crescimento de fogo, condições de cena e outros detalhes da cena do fogo. Também são úteis para fornecer suporte e compreensão das fotografias. Podem ter representação bidimensional ou tridimensional, dependendo do que se queira representar.

O Diagrama pode ter os seguintes elementos (escolha dependendo do escopo e da complexidade do incêndio):

- a) Informações gerais: Identificação do indivíduo que preparou o diagrama, o título do diagrama, a data de preparação e outras informações pertinentes;
- b) Identificação da Orientação (indicação do norte geográfico);
- c) Escala;
- d) Cotas de nível ou linhas de nível;
- e) Símbolos: usados para denotar determinados recursos, sistemas preventivos, posições de onde foram tiradas as fotografias, esquema de cores para indicar locais mais danificados pelo fogo ou pelo sobrePRESSÃO, etc;
- f) Legenda: explicam os símbolos utilizados no diagrama.

Seção 6. Métodos de coleta.

Fatores para determinar o método da coleta:

- a) Estado físico. Se a evidência física é um sólido, líquido ou gás;
- b) Características físicas. O tamanho, a forma e o peso da evidência física;
- c) Fragilidade. Com que facilidade a evidência física pode ser quebrada, danificada ou alterada;
- d) Volatilidade. Quão facilmente as evidências físicas podem evaporar.

O método deve ser orientado ainda pelos procedimentos laboratoriais pelos quais passará a amostra, conforme descrito no capítulo específico de análise laboratorial.

1. Documentando a Coleta de Evidências Físicas.

As evidências físicas devem ser cuidadosamente documentadas antes de serem movidas, por meio de notas de campo, relatórios, esboços, diagramas e fotografias. A diagramação e a fotografia devem sempre ser realizadas antes que a evidência física seja movida ou perturbada. O investigador deve se esforçar para manter uma lista de todas as evidências removidas e de quem a removeu.

A documentação deve ajudar a estabelecer a localização, condição e relação com o incêndio, além de estabelecer que a evidência física não foi contaminada ou alterada. Acelerantes podem ser encontrados nos estados gasoso, líquido e sólido.

1.1 Acelerantes Líquidos

Os acelerantes líquidos são facilmente absorvidos pela maioria dos componentes estruturais, mobiliário interior e outros detritos de fogo. Geralmente flutuam quando em contato com a água (o álcool é uma exceção notável) e têm persistência notável (capacidade de sobrevivência) quando presos dentro de material poroso.

Quando um possível líquido inflamável é encontrado em estado líquido, ele pode ser coletado usando qualquer um de uma variedade de métodos. Qualquer que seja o método empregado, no entanto, o investigador de incêndio deve ter certeza de que a evidência não se torna contaminada. Se for facilmente acessível, o líquido pode ser coletado com uma nova seringa, conta-gotas, pipeta, dispositivo de sifão ou o próprio recipiente de evidências. Bolas de algodão estéril ou almofadas de gaze também podem ser usadas para absorver o líquido. Este método de coleta resulta no líquido absorvido pelas bolinhas de algodão ou gaze. As bolinhas de algodão ou gaze e seus conteúdos absorvidos tornam-se a evidência física que deve ser selada em um recipiente hermético e submetida ao laboratório para exame e teste.

Muitas vezes, o acelerante líquido pode ser encontrado apenas absorvido por materiais sólidos, como madeiras, solo, e as próprias cinzas e carvões do incêndio. Nesse caso, recolhem-se esses materiais sólidos com seus conteúdos absorvidos com o próprio recipiente de prova ou através de corte, serragem ou raspagem. Se a profundidade da carbonização for suspeita, toda a seção transversal do material deve ser removida e preservada para avaliação laboratorial. Em materiais como o solo ou a areia, o acelerante líquido pode absorver profundamente no material e, portanto, devem-se remover as amostras de uma maior profundidade.

Nas situações em que se acredita que os acelerantes líquidos ficam presos em material poroso, como um piso de concreto, o investigador de incêndio pode usar materiais absorventes, como a cal e a terra de diatomáceas, dentre outros. Este método de coleta envolve o espalhamento do absorvente na superfície do concreto,

permitindo que ele permaneça de 20 a 30 minutos e protegendo-o em um recipiente limpo e hermético. O absorvente é então extraído no laboratório. O investigador deve ter cuidado ao usar ferramentas e recipientes limpos para o passo de recuperação, uma vez que o absorvente é facilmente contaminado. Uma amostra do absorvente não utilizado deve ser preservada separadamente para análise como amostra de comparação (método do duplo cego).

1.2 Amostras de comparação.

Quando a evidência física é coletada para exame e teste, muitas vezes é necessário coletar amostras de comparação. A coleta de amostras de comparação é especialmente importante na coleta de materiais que se acredita que contêm acelerante líquido ou sólido. Por exemplo, a amostra de comparação para provas físicas consistindo em um pedaço de tapete que se acredita conter um acelerante de líquido seria um pedaço do mesmo tapete que não contém nenhum acelerante líquido. As amostras de comparação permitem ao laboratório avaliar as possíveis contribuições de produtos de pirólise volátil para a análise e também estimar as propriedades de inflamabilidade do combustível normal presente. Quando coletada com o objetivo de identificar a presença de resíduos de acelerante, a amostra de comparação deve ser coletada de uma área que o investigador acredite que está livre de tais acelerantes como, por exemplo, em móveis ou em áreas que não estiveram envolvidas em o fogo. Supondo que a amostra de comparação teste negativa para líquidos inflamáveis, qualquer líquido inflamável que é encontrado na amostra suspeita pode ser mostrado como estranho à área quando a amostra suspeita foi retirada.

Se houver suspeita de equipamentos mecânicos ou elétricos na ignição incêndio, equipamentos exemplares podem ser identificados e coletados ou comprados como amostra de comparação.

1.3 Coleta de Amostras Gasosas.

A coleta de amostras gasosas pode ser realizada através uso de dispositivos de amostragem mecânica comercialmente disponíveis. Esses dispositivos coletam uma amostra da atmosfera gasosa e a contêm em uma câmara de amostragem ou através de uma armadilha de material adsorvente de carvão ou polímero, para posterior análise.

Outro método é a utilização de latas de amostragem de ar evacuadas, especialmente projetadas para tal fim.

1.4 Coleta de equipamentos elétricos e componentes do sistema.

Antes de tentar coletar equipamentos elétricos ou componentes de circuitos de um sistema de distribuição de energia, o investigador de incêndio deve verificar se todas as fontes de eletricidade estão desligadas ou desconectadas. Equipamentos elétricos e componentes podem ser coletados como evidência física para ajudar o investigador de incêndio a determinar se o componente estava relacionado à causa do incêndio. Eles podem estar, devido ao incêndio, quebradiços e sujeitos a danos se forem manuseados de maneira incorreta. Portanto, os métodos e procedimentos utilizados na coleta devem preservar, na medida do possível, a condição em que a evidência física foi encontrada. Antes de qualquer componente elétrico ser coletado como evidência física, ele deve ser completamente documentado, incluindo ser fotografado e diagramado. A fiação elétrica geralmente pode ser cortada facilmente e removida. Este tipo de evidência pode consistir em uma peça curta, uma extremidade cortada ou derretida, ou pode ser uma peça muito mais longa, incluindo uma seção não queimada onde o isolamento da fiação ainda está intacto. O investigador de incêndio deve coletar a maior parte da fiação possível para que qualquer isolamento restante também possa ser examinado. Antes de cortar os fios, deve ser tirada uma fotografia do(s) fio(s) e, em seguida, ambas as extremidades do fio devem ser marcadas e cortadas para que possam ser identificadas como uma das seguintes:

- a) O dispositivo ou aparelho para o qual foi anexado ou a partir do qual foi cortado;

b) O disjuntor ou o número ou localização do fusível ao qual o fio estava preso ou a partir do qual ele foi cortado;

c) O caminho do fio ou a rota que ele levou entre o dispositivo e o protetor de circuito.

Os interruptores elétricos, termostatos, relés, caixas de junção, painéis de distribuição elétrica e equipamentos e componentes similares são frequentemente coletados como evidências físicas. Recomenda-se que esses tipos de evidência elétrica sejam removidos intactos, na condição em que foram encontrados. Os aparelhos (fornos, lavadoras, torradeiras, rádios, ventiladores, lâmpadas) podem ser coletados como evidência física para apoiar a determinação do investigador de incêndio de que o aparelho foi ou não foi a causa do incêndio. Sempre que possível, todo o aparelho ou equipamento deve ser coletado intacto como evidência física. Quando o tamanho ou condição danificada de um aparelho ou item de equipamento torna impossível a remoção na sua totalidade, recomenda-se que seja protegido no local para exame e teste. Muitas vezes, no entanto, apenas um único componente ou grupo de componentes em um aparelho ou equipamento pode ser coletado como evidência física.

Todas as evidências devem ser identificadas no momento da coleta. A identificação recomendada inclui o nome do investigador, da data e hora de coleta, um nome ou número de identificação, o número do laudo e a designação do item, uma descrição das evidências físicas e onde a evidência física foi localizada. Isso pode ser realizado diretamente no recipiente ou em uma etiqueta afixada no recipiente.

2. Exame e Teste de Evidências Físicas.

A evidência física pode ser examinada e testada para identificar sua composição química, para estabelecer suas propriedades físicas, para determinar a sua conformidade ou a falta de conformidade com certas normas legais, para estabelecer o seu funcionamento, inoperação ou mau funcionamento, para determinar a suficiência ou deficiência de design, ou outras questões que proporcionem ao investigador de incêndio a oportunidade de entender e determinar a origem de um incêndio, a causa específica de um incêndio, os fatores que

contribuem para a propagação do fogo ou a responsabilidade por um incêndio. Existe uma grande variedade de testes padronizados, dependendo da evidência física e da questão ou hipótese que está sendo examinada ou testada. Tais testes devem ser realizados por procedimentos que tenham sido padronizados por algum grupo reconhecido. Essa conformidade melhor garante que os resultados sejam válidos e que sejam comparáveis aos resultados de outros laboratórios ou instalações de teste.

CAPÍTULO 5 - CAUSAS DE INCÊNDIO

Os peritos de incêndio dos Corpos de Bombeiros Militares desenvolvem seus trabalhos com foco a obter dados e informações que se destinam a promover a retroalimentação do Ciclo Operacional do CBMGO, sendo a causa dos incêndios uma das informações de relevância.

As causas possíveis de incêndios são tipificadas em:

Fenômeno termoelétrico: Compreende todo incêndio causado por mau funcionamento da corrente elétrica: centelhamento, desconexão parcial, sobrecarga, contato imperfeito, grafitização, curto-circuito e sobretensão.

Fenômeno natural: Representa todo incêndio cuja causa está relacionada com comportamentos da natureza ou anomalias da edificação: queda de raio, vendaval, deslizamento, desmoronamento, terremoto.

Fenômeno químico: Toda causa de incêndio relacionado a uma reação química, espontânea ou induzida é tipificada nesta causa. Geralmente, envolve uma reação exotérmica, ou seja, com liberação de calor, causado pela combinação de substâncias químicas.

Origem acidental: Compreende toda causa relacionada a defeitos de funcionamento, fagulha ou acidente. Isso compreende possíveis deficiências de maquinários e equipamentos, o que permite, por meio do levantamento de dados desta origem, solicitar, junto aos fabricantes, a correção de mau funcionamento de eletrodomésticos e eletro-eletrônicos.

Ação Pessoal Intencional: Também conhecido como incêndio criminoso, este tipo de evento envolve dolo, ou seja, intenção de causar o incêndio. Geralmente, é caracterizado pela presença de múltiplos focos iniciais, comportamentos de queima

anômalos ou presença de agentes acelerantes, mais comumente, hidrocarbonetos (gasolina, álcool, querosene).

Para isso, é necessário que o perito saiba coletar e acondicionar corretamente a amostra, sob pena de perder os traços deixados pelo agente acelerante. Investigação de incêndio que envolva resarcimento de prejuízo por meio de seguro deve considerar esta possibilidade até que possa descartada pelos vestígios. Incêndios criminosos com intenção de receber o valor assegurado não são tão raros quanto deveriam.

Ação Pessoal Acidental: É toda origem de incêndio decorrente de ação humana sem dolo, ou seja, sem intenção de causar dano. Geralmente, é consequente de negligência, imprudência ou imperícia. Ex: velas esquecidas acesas, cigarros mal apagados.

Ação Pessoal Indeterminada: É toda origem, comprovadamente, relacionada à ação humana, porém sem elementos que possam comprovar se a intenção foi dolosa ou accidental. Em todo tipo de ação pessoal, os investigadores devem ser apresentar qual o agente causador do incêndio: se chama aberta (chama de vela, de fósforo, de chama de fogão, etc.), material incandescente (cigarro, faísca, etc.) ou superfície aquecida. Exemplo de superfície aquecida: vazamento de gás liquefeito de petróleo (GLP) em contato com o forno do fogão aquecido.

Causa decorrente de ação de criança: O fogo costuma atrair a atenção de crianças e, por consequência, incêndios envolvendo ação de crianças também são comuns. Este tipo de classificação, à parte das outras ações pessoais, visa um levantamento de dados que permita desenvolver campanhas educativas junto à sociedade para prevenção de incêndios que envolvam crianças. Incêndios deste tipo costumam causar queimaduras, quando não levam a óbito, uma vez que o mais comum é que brinquem próximas a sofás ou camas, que queimam fácil e rapidamente devido à sua carga de incêndio. O mais comum é o uso de fósforo, mas

isqueiros também são utilizados. Geralmente define-se como criança em um laudo pericial abaixo de oito anos de idade.

Nestes casos, é comum encontrar: palitos de fósforo na zona de origem do incêndio ou espalhados pelo local; ausência da caixa de fósforos ou do isqueiro da residência no local de costume; dificuldade de obter informações mais precisas sobre o incêndio, principalmente da mãe da criança envolvida, por proteção.

Causa não apurada: Todas as vezes em que os vestígios existentes não puderem sustentar a causa apontada, depois de seguida a metodologia, o laudo deve apresentar causa não apurada, ainda que os investigadores saibam o que causou o sinistro.

De forma resumida apresentamos o quadro a seguir com as causas e subcausas dos incêndios:

CAUSAS		SUBCAUSAS
Ação Pessoal	Intencional	Agente físico - chama Aberta; - superfície superaquecida; - material incandescente, fagulha ou brasa;
	Não Intencional	Agente químico (reações químicas exotérmicas que não necessitam de agente ígneo)
	Indeterminada	Agente biológico (ação de bactérias e microorganismos similares)
Origem Accidental		Fenômeno Termelétrico - curto-circuito; - sobrecarga; - desconexão parcial;

	<ul style="list-style-type: none"> - contato imperfeito; - grafitização; - sobretensão, etc.
Fenômeno Natural	Raio
	Deslizamento
	Terremoto
	Vendaval
	Combustão Espontânea
	Desmoronamento
	Outros
Causa não apurada	Local violado
	Impossibilidade de acesso
	Insuficiência de vestígios

Quadro 2 - Esquema de causas de subcausas.

Fonte: Material Próprio

CAPÍTULO 6 – QUÍMICA E FÍSICA APLICADOS À PERÍCIA DE INCÊNDIO

A química tem uma vasta aplicação na perícia de incêndio, seja no entendimento dos processos de combustão e suas variáveis (como se inicia uma combustão, em que situações, os mecanismos, tecnologias de retardo de chamas, etc), seja na análise dos materiais encontrados nos ambientes incendiados (identificação de materiais ou simplesmente de propriedades de corpos e sua relação com a facilidade ou dificuldade de iniciação da chama ou da propagação da mesma entre ambientes).

Seção 1. Conceitos Importantes

A energia é usualmente definida como “capacidade de realizar trabalho”. De fato, o termo é de origem grega (energéia) e significa força ou trabalho. No entanto, a capacidade de realizar trabalho é somente uma das manifestações da energia, que pode ser também manifestada na forma de luz, de calor, som, etc. O importante é que essas manifestações são intercambiáveis e se dão na interação entre dois sistemas, mantendo sempre sua quantidade total. Essa interação é que nos interessa, pois, ao interagir esses sistemas físicos são acometidos por mudanças específicas (uma mudança específica em um sistema é acompanhada por determinada mudança específica no outro).

Formas de energia:

- Cinética (movimento macroscópico, térmica etc)
- Potencial (elétrica, gravitacional, elástica etc)

Tem-se que matéria é “tudo que tem massa e ocupa lugar no espaço.” A matéria encontra-se agregada em quatro estados físicos: sólido, líquido, gasoso e plasma. Por sua vez, massa é a medida de inércia de um corpo.

No estado sólido a matéria apresenta uma forma rígida, um arranjo compacto e ordenado de suas partículas elementares constituintes, volume definido e movimento molecular restrito. Os sólidos que apresentam, em nível atômico, uma

estrutura ordenada são chamados sólidos cristalinos. Aquelas que não possuem estrutura atômica ou molecular definida são chamados de amorfos (vidro, a maioria dos plásticos, borracha, asfalto, etc). Já no estado líquido os materiais apresentam forma indefinida, arranjo desordenado, volume definido e movimento molecular mais livre. À transição de uma forma para outra se dá o nome de fusão. Alguns sólidos apresentam uma característica intermediária entre um estado e outro, como no caso dos vidros que são sólidos amorfos que escorrem ao longo de um tempo considerável.

No estado gasoso a matéria apresenta-se com uma forma indefinida, o arranjo é totalmente desordenado e volume é indefinido (expandindo-se ou comprimindo-se conforme a disponibilidade de espaço. Nesse estado as partículas são livres para se moverem. No plasma a substância recebe tanta energia que a agitação térmica molecular supera a energia de ligação que mantém os elétrons em órbita no núcleo atômico.

Como referido no Capítulo 5, calor é a energia transferida de um corpo mais quente para um mais frio devido a uma diferença de temperatura e , por sua vez, temperatura é a expressão numérica do grau de agitação molecular de um material em comparação com um ponto de referência.

As unidades usuais para calor são caloria, Joule e BTU. A caloria é definida como a quantidade de calor necessária para se elevar de 14,5°C para 15,5°C uma quantidade de 1g de água. O BTU é a quantidade de calor pra elevar 1 lb de água de 63°F para 64°F. Joule - unidade adotada pelo SI para energia, com as devidas transformações para o sistema métrico.

Corpos em desequilíbrio térmico trocam calor até alcançar o equilíbrio. Em um sistema isolado, a quantidade total de calor trocado entre os corpos é nula, ou seja, o calor total recebido pelos corpos mais frios é igual ao calor total retirado dos corpos mais quentes.

Seção 2. Diagramas de mudança de fase

Quando o calor trocado resulta somente na variação da temperatura do material, sem que se mude seu estado físico, ele é chamado de calor sensível. Como exemplo, temos aquecimento da água numa panela antes da fervura. À relação entre calor fornecido ao sistema e o aumento da temperatura decorrente chama-se “capacidade calorífica” ou “capacidade térmica”. Quando a capacidade térmica é expressa por unidade de massa temos o “calor específico”.

Substância	Calor Específico		Calor Específico Molar
	cal / (g·K)	J / (kg·K)	
Sólidos Elementares			
Chumbo	0,0305	128	26,5
Tungstênio	0,0321	134	24,8
Prata	0,0564	236	25,5
Cobre	0,0923	386	24,5
Alumínio	0,215	900	
Outros Sólidos			
Latão	0,092	380	
Granito	0,19	790	
Vidro	0,20	840	
Gelo (-10°C)	0,530	2220	
Líquidos			
Mercúrio	0,033	140	
Álcool Etílico	0,58	2430	
Água do mar	0,93	3900	
Água doce	1,00	4190	

Tabela 3 - Calores específicos de alguns materiais.
Fonte: Halliday, 2009.

Quando o calor trocado é suficiente somente para que o material mude de estado físico, sem variação de temperatura e sob pressão constante, ele é chamado de calor latente, como no caso do fornecimento de calor à água fervente.

O calor latente de mudança de estado pode ser:

endotérmico: no caso em que o sistema, para o processo acontecer, absorve energia na forma de calor, como nas transformações de fusão, vaporização e sublimação,

exotérmico: no caso em que o sistema, em decorrência do processo, libera energia na forma de calor, como nas transformações de liquefação, solidificação e sublimação inversa.

Como regra geral, a “quebra” de ligações (sejam elas ligações químicas ou meras interações intermoleculares) necessita de energia para que ocorra (processo endotérmico) e a efetivação de ligações libera energia (processo exotérmico). Os exemplos mais simples são justamente a vaporização e a liquefação, respectivamente endotérmica e exotérmica. Em alguns casos a análise não é tão simples assim, pois algumas ligações são desfeitas para que se formem outras, como no caso das reações químicas e da solvatação. Nesses casos o processo pode ser tanto exotérmico quanto endotérmico, dependendo do saldo energético do mesmo.

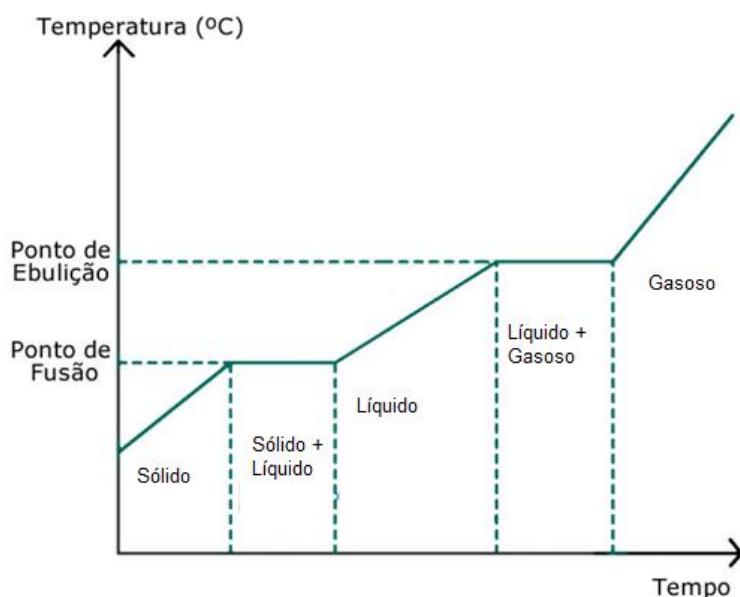


Figura 11 - Diagrama de mudança de fase. Nesse diagrama considera-se a pressão uma constante e fornecimento constante de calor ao sistema.

Fonte: Adaptado de <https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/propriedades-da-aacutegua.html>

A Figura 11 mostra o diagrama de mudança de fase de um sólido cristalino sendo aquecido até se transformar em vapor. Note-se que, como os processos de fusão e ebulição são endotérmicos, a temperatura não varia até que o processo se complete. Para sólidos amorfos não seria assim. A temperatura subiria mesmo durante o processo, pois esses materiais não apresentam temperatura de fusão/solidificação muito definidos. É o que ocorre durante o derretimento do vidro e de alguns plásticos.

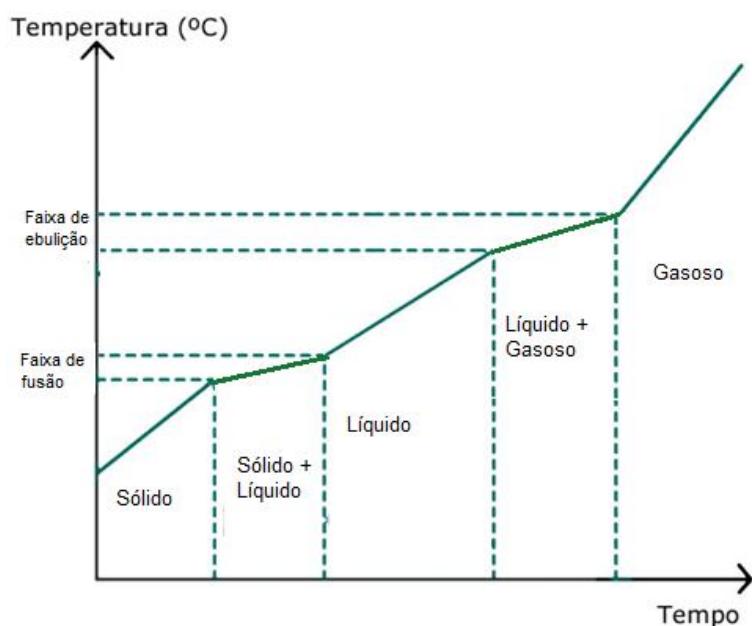


Figura 12 - Gráfico para mudança de fase de mistura (excetuam-se as misturas eutéticas e as misturas azeotrópicas).

Fonte: Adaptado de <https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/propriedades-da-aacutegua.html>

Para misturas o ponto de ebulição não terão valores determinados e constantes, conforme Figura 12. Exceções são as misturas eutéticas e as misturas azeotrópicas, para as quais as misturas comportam-se como se fossem puras em transformações específicas. As misturas eutéticas se comportarão como substância pura durante a fusão e as misturas azeotrópicas se comportarão como substância pura durante a ebulição. Um exemplo famoso de mistura azeotrópica é a mistura de água em álcool a 95,5% deste, onde o álcool não pode ser separada da água por destilação (que é baseada na diferença dos pontos de ebulição dos componentes da mistura).

Numa mistura de dois líquidos com temperaturas de ebulição diferentes, à medida que calor vai sendo fornecido ao sistema o componente de temperatura de

ebulição mais baixo primeiramente volatiliza em maior proporção. No caso do botijão de GLP (mistura composta majoritariamente de propano e butano), por exemplo, a proporção inicial de butano que resta no recipiente no final do uso é muito maior que a sua proporção inicial, pois o propano é mais volátil.

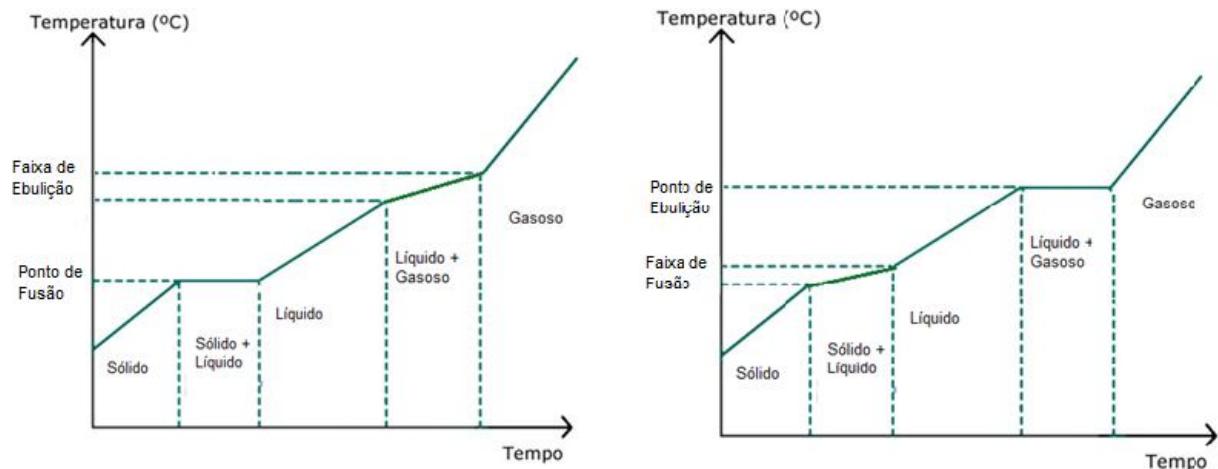


Figura 13 - Gráficos representativos de uma mistura eutética (à esquerda) e azeotrópica (à direita).
Fonte: Adaptado de <https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/propriedades-da-aacutegua.html>

Os estados físicos não são dependentes somente da temperatura. A relação com a pressão é muito importante. A Figura 14 ilustra um gráfico que demonstra essa relação. As baixas pressões e temperaturas somente são possíveis os estados sólido e gasoso, ocorrendo a transformação conhecida como sublimação. No ponto triplo (uma determinada pressão e uma determinada temperatura, para cada substância) coexistem os três estados físicos. Acima do ponto triplo (temperaturas e pressões mais altas) a substância estará ou no estado sólido, ou no líquido, ou no gasoso. Existe um outro ponto no gráfico, na curva de vaporização, acima do qual as propriedades das duas fases não podem ser distinguidas uma da outra, resultando em apenas uma fase no ponto crítico: um fluido supercrítico homogêneo.

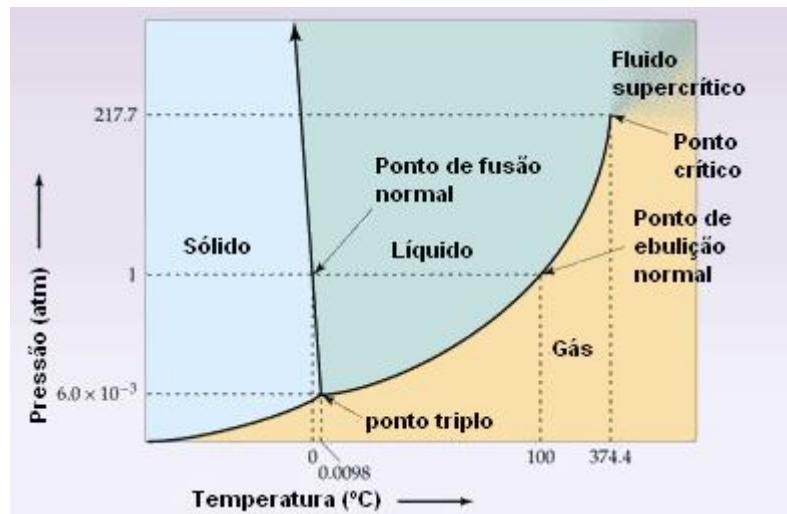


Figura 14 - Diagrama Pressão versus Temperatura apresentando os três estados da matéria (no caso, a água) e suas linhas de mudança de fase.

Fonte: Adaptado de <https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/propriedades-da-aacutegua.html>

Acima da temperatura crítica o gás não pode ser condensado por aumento de pressão. Isso vai ser muito importante para se analisar o comportamento do GLP nos incêndios quando o ambiente atinge temperatura acima de sua temperatura crítica. Nessas condições, como dito, o GLP não pode mais ser liquefeito pela pressão do recipiente e há um aumento substancial da pressão interna do mesmo, decorrente da passagem de todo o GLP que estava no estado líquido para o estado gasoso.

O calor se transfere pelos seguintes processos:

- Condução
- Convecção
- Irradiação térmica.

Para maiores informações sobre esses processos consulte a Seção 2 do Capítulo 3 deste Manual.

Segundo a Lei dos Intercâmbios, todo bom absorvedor é um bom emissor de radiação térmica e todo bom refletor é um mau emissor de radiação térmica. Hipoteticamente, um corpo que absorve toda a radiação que nele incide é chamado de corpo negro. O corpo negro é o emissor ideal de radiação térmica (radiador ideal), toda radiação gerada nele é emitida. Os corpos que mais se aproximam do corpo negro são os corpos escuros, que são bons absorvedores e emissores de

radiação térmica, como por exemplo a fuligem. Por outro lado, corpos claros e polidos (como a prata polida) são maus absorvedores e maus emissores de radiação térmica.

Seção 3. Conceito de Substância.

Um conceito em química extremamente importante é o conceito de substância. A palavra vem do latim *sub-stat*, ou seja, aquilo que “está debaixo”. Essa etimologia faz sentido na acepção original da filosofia Aristotélica, onde o termo significa o que pode ser apreendido pelos cinco sentidos descontados os “acidentes”, ou características que o objeto possui, mas que não são essenciais para defini-lo. Ou seja, a substância “está debaixo” das características que não a definem, é aquilo que sustenta os “acidentes”.

Por outro lado, na ciência atual, o termo designa aqueles materiais que possuem uma composição característica e definida, com os átomos dos elementos em composições específicas, podendo, portanto ser representados por fórmulas (H_2O , H_2SO_4 , etc...). Em decorrência disso, possuem um conjunto definido de propriedades (propriedades específicas). Podem ainda ser simples (formadas por só um elemento químico) ou compostas (formadas por vários elementos químicos). Há casos em que substâncias diferentes sejam formados pelos mesmos elementos em proporções ou configurações espaciais diferentes (alotropia). Quando moléculas de mesma composição química (mesma fórmula) formam substâncias diferentes são chamadas de isômeros.

Temos então que definir o que são as ditas propriedades específicas. Saibamos, a princípio, que as propriedades são divididas em propriedades gerais e propriedades específicas. As propriedades gerais são aquelas que podem se repetir para substâncias diferentes, que não são exclusivas de um único material (inércia, massa, extensão, etc). Já as propriedades específicas são exclusivas e particulares de cada material puro. A identificação de uma substância pode ser realizada através de suas propriedades específicas. As propriedades podem ser:

- propriedades físicas;

- propriedades químicas;
- propriedades organolépticas.

As principais propriedades físicas da matéria são:

- ponto de fusão;
- ponto de ebulição;
- dureza;
- tenacidade;
- maleabilidade e ductilidade;
- permeabilidade;
- condutibilidade;
- densidade

As principais propriedades químicas da matéria são:

- reatividade;
- funções químicas;
- calor de combustão;
- temperaturas de pirólise, combustão e ignição

As principais propriedades organolépticas são:

- cor;
- brilho;
- transparência;
- odor;

- sabor

Seção 4. Reações Químicas

A combustão é um tipo de reação química. Num local de incêndio outros tipos de reações podem ocorrer, em decorrência do calor e do fluxo de materiais no ambiente. Resumidamente, a reação química é o processo de transformação de uma substância em outra. Ou seja, se uma reação química aconteceu, necessariamente, há uma mudança nas propriedades específicas dos materiais envolvidos (ou seja, os produtos são diferentes dos reagentes). São indícios de que uma reação química está ocorrendo:

1. Mudança de coloração.
2. Liberação gasosa.
3. Formação de um precipitado.
4. Liberação ou absorção de calor.

Ressalte-se que esses são indícios que devem ser confirmados pela constatação de que houve mudança de substância.

As reações ocorrem quando favorecidas com o aumento da entropia e/ou a diminuição da energia (entalpia no caso de reações isobáricas ou energia interna para reações isovolumétricas). Se os dois fatores são contrapostos, há que se verificar qual é preponderante, de acordo com seus valores (resultando na energia livre de Gibbs ou energia de Helmholtz). Nesses casos diz-se que a reação é termodinamicamente favorável (espontânea). No entanto, uma reação termodinamicamente favorável pode ter uma energia de ativação alta, o que resultará em certa lentidão para que o processo ocorra (ou pode ser que o processo nem chegue a ocorrer, embora a reação seja termodinamicamente favorável. São os fatores cinéticos. Ou seja, uma reação termodinamicamente favorável pode ser kineticamente desfavorável.

Os fatores que influenciam a rapidez (cinética) da reação são os seguintes:

- **Concentração:** Quanto maior a concentração dos reagentes, maior a rapidez da reação.
- **Energia de ativação:** Quanto maior a energia de ativação, mais lenta a reação.
- **Temperatura:** Quanto mais elevada a temperatura, mais rápida a reação.
- **Pressão:** No caso de reações que envolvam reagentes gasosos, quanto maior a pressão, mais rápida a reação.
- **Superfície de contato:** Para o caso de reagentes em diferentes fases, quanto maior a superfície de contato do reagente sólido, mais rápida será a reação.
- **Catálise.**

Reação de Oxidação

Oxidação é um tipo de reação química onde há a remoção completa e líquida de um ou mais elétrons de uma entidade molecular e um aumento no número de oxidação de qualquer átomo. Algumas oxidações representam a idéia original que deu nome ao fenômeno, qual seja o ganho de oxigênio e/ou perda de hidrogênio de um substrato orgânico. As oxidações podem também ser descritas como a degradação de um substrato orgânico através da remoção de um ou vários elétrons seguido ou em decorrência da perda ou ganho de água ou hidrônios, ou mesmo por substituição nucleofílica por água.

Propriedades da Radiação Eletromagnética

A radiação eletromagnética é uma forma de energia que é transmitida através do espaço com velocidade dependente do meio em que se propaga (sendo mais rápida no vácuo que em outros meios). Quando a radiação eletromagnética passa por materiais transparentes sua velocidade se reduz a uma fração da velocidade da luz no vácuo, sendo esse seu índice de refração (uma propriedade característica de cada material). O índice de refração de um material é dependente, como dito, do próprio material, e do comprimento de onda da luz que sobre ele incide, causando a dispersão dos diferentes comprimentos de onda em um mesmo conjunto de feixes).

Nos casos de absorção ou emissão não se utiliza esse modelo ondulatório, pois o mesmo se mostra falho para explicar os fenômenos observados. Nesse caso encara-se a radiação eletromagnética através de uma visão complementar ao modelo ondulatório, como pacotes discretos de energia (fótons ou quanta). A energia de um fóton é diretamente proporcional à sua freqüência.

Esses tipos de interação da radiação eletromagnética com os materiais envolvem transições entre diferentes níveis energéticos das espécies químicas. Outros tipos de interações, como a reflexão, refração, interferência e difração, são mais relacionados com alterações das propriedades globais dos materiais do que com os níveis energéticos de moléculas ou átomos específicos.

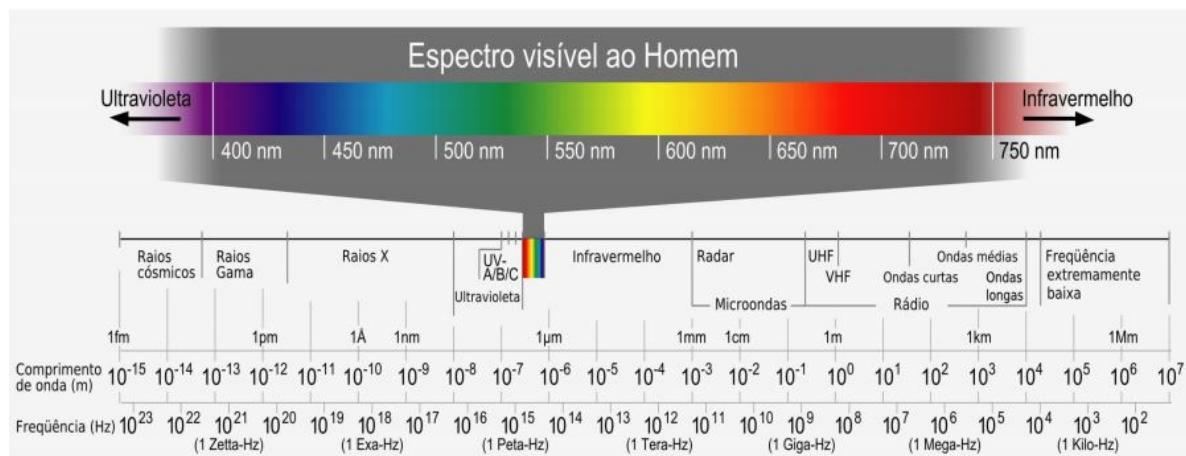


Figura 15 - Espectro eletromagnético.
Fonte: http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/fisica/035_ondas/

Cada tipo de radiação (freqüência, comprimento de onda e energia) interage com os átomos e as moléculas de forma própria, o que pode ser explorado na análise dos compostos e elementos. Radiações de baixa energia, como a Ressonância Magnética Nuclear (RMN) é capaz de causar alterações no spin dos elétrons. As microondas alteram a orientação das ligações, enquanto o infravermelho altera a configuração das mesmas. Radiações no espectro do luz visível e ultravioleta causam alterações da distribuição eletrônica dos elementos e ligações e os raios gama causam alterações da configuração nuclear.

CAPÍTULO 7 – MARCAS DE COMBUSTÃO

Seção 1. Padrões de Queima

Os sinais no ambiente de um incêndio contam a história do acidente. As novas cores deixadas nas paredes podem dizer a temperatura das chamas. Já o esfumaçamento indica a direção por onde passou o fogo. Reunindo informações como a temperatura capaz de contorcer materiais e o padrão de queima de madeiras, os peritos conseguem reconstituir a origem do primeiro foco das chamas.

Os padrões de queima são mudanças físicas visíveis ou mensuráveis, ou formas identificáveis, formadas por um efeito do incêndio ou grupo de efeitos do incêndio. Os danos criados pelas chamas, radiação, gases quentes e fumaças criam padrões que podem ser usados para determinar a zona de origem e o foco de incêndio. Esses danos incluem efeitos térmicos sobre materiais, tais como carbonização, oxidação, consumo de combustíveis, depósitos de fumaça e fuligem, distorção, fusão, mudanças de cor, mudanças no aspecto dos materiais, colapso estrutural, dentre outros. Os padrões de queima podem ser encontrados em superfícies como paredes, pisos, tetos, portas, janelas, móveis, eletrodomésticos, máquinas, equipamentos, armários, beirais, telhados, calhas, etc.



Figura 16 - A partir da observação das marcas de combustão pode-se verificar a localização das chamas: no caso em questão as chamas se encontravam na parte externa frontal (lateralizada) e próxima ao piso. Incêndio ocorrido em março de 2016 no Jardim América, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

Os padrões de queima podem ser padrões de movimento (produzidos pelo crescimento ou movimento do fogo e/ou seus produtos) ou padrões de intensidade (resposta dos materiais à exposição ao calor). Alguns padrões podem assumir ambos os aspectos.

Como discutido no Capítulo sobre Metodologia, os padrões podem ser utilizados para rastrear a zona de origem e o foco inicial. Esse rastreamento permite uma análise dos tipos de combustíveis, das possíveis fontes de ignição e de disponibilidade de comburente que, juntos, podem elucidar as causas do incêndio. Porém, determinar qual padrão foi produzido no foco inicial pelo primeiro material comburido normalmente se torna mais difícil à medida que o tamanho e a duração do incêndio aumentam.



Figura 17 - Marcas de Combustão. Aqui é possível notar a diferença entre os efeitos do calor e a simples deposição de fuligem sobre a superfície. Nesse caso, fica óbvia também a origem da fonte de calor, o que permite a sua rastreabilidade. Incêndio ocorrido em abril de 2016 no Setor dos Afonsos,

Aparecida de Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

Alguns conceitos iniciais são necessários. Quando se fala de padrões de queima, dois termos são muito importantes: linhas de demarcação e áreas de demarcação. As áreas de demarcação são locais ao longo de uma superfície que exibem características de danos similares (por exemplo, magnitude do dano, tipo de efeito de fogo, cor, textura) e estão próximas umas das outras. As linhas de demarcação são as fronteiras que definem as diferenças em certos efeitos de calor e fumaça do fogo em vários materiais. Eles aparecem entre a área afetada e áreas adjacentes, áreas menos afetadas.



Figura 18 - Marcas de combustão na fachada de um edifício residencial. Fica visível qual a área de maior incidência do calor advindo do incêndio. Essas marcas podem ajudar a verificar, por exemplo, a eficácia da distância entre aberturas para compartimentação vertical. Incêndio ocorrido em abril de 2016 no Setor dos Afonsos, Aparecida de Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016



Figura 19 - Fachada de edificação residencial. Nesse caso, as marcas de combustão evidenciam a compartimentação vertical por meio da interposição de abas entre as aberturas. Incêndio ocorrido em junho de 2016 em Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

As ações para o uso de padrões de queima para determinar uma área de origem pode ser agrupado em quatro áreas:

- a) Avaliação dos diferentes graus de dano de fogo ao longo das superfícies do compartimento e do conteúdo (isto é, efeitos de fogo);
- b) Identificação de tendências de danos em determinados materiais (ou seja, padrões de queima);

- c) Interpretação dos fatores causais para a geração dos padrões de queima;
- d) Uso dos padrões de queima na determinação de uma área de origem.

A linguagem adotada para descrever padrões e intensidade de queima deve ser mais padronizada possível, para permitir a comparação com outros estudos e outras perícias. No entanto podemos encontrar termos relativos para descrever esses padrões, como: maior e menor, grave, grande, etc. Esses termos indicam, muitas vezes, associações a padrões muito pessoais para serem reproduutíveis. O quadro abaixo faz um apontamento de alguns padrões possíveis e a possibilidade de mensurá-los ou não:

Efeito do Fogo	Observação	
	Visível	Mensurável
Estimativa da temperatura	X	
Perda de massa	X	X
Carbonização	X	X
Spalling	X	
Mudanças de cor	X	
Derretimento de materiais	X	
Expansão e/ou deformação	X	X
Oxidação	X	
Deposição	X	
Queima limpa	X	
Calcinação	X	X
Vidros	X	
Molas de móveis expostas	X	
Danos nas vítimas	X	
Bulbos de lâmpadas	X	
Efeito arco-íris	X	
Deposição de fuligem em detectores de incêndio	X	

Quadro 3 - Características dos efeitos do fogo quanto à observabilidade.
Fonte: Gorbett, 2015

Em geral, os padrões de queima são produzidos pela intersecção de elementos combustíveis ou não combustíveis à trajetória do fogo e de seus produtos. Interpretações alternativas aos aqui relatados são possíveis, dependendo

da singularidade de cada caso. Além disso, podem ser formados padrões diferentes dos descritos.

Seção 2. Padrões tipo cone

A maioria dos padrões de fogo gerados diretamente pelas fumaças do fogo são padrões de cone. Eles representam as linhas de demarcação criadas quando as formas tridimensionais (cones) da fumaça são interseccionadas por superfície plana, como uma parede, teto, etc. Esses padrões de fogo tipo cone incluem os seguintes:

- a) Padrões tipo V em superfícies verticais;
- b) Padrões de cone invertido;
- c) Padrões vidro-relógio (HourGlass);
- d) Padrões em forma de U;
- e) Padrões ponteiro e seta;
- f) Padrões em forma circular.

A taxa de liberação de calor do combustível tem um efeito profundo sobre a forma dos padrões de fogo produzidos. Combustíveis com taxas de liberação de calor mais baixas podem não produzir chamas a alturas suficientes para a zona da chama chegar a um teto ou outra barreira horizontal. Estes incêndios produzem padrões de fogo na forma triangular com as bases na parte inferior e os vértices no topo, como no cone invertido ou ampulheta.

Como a taxa de liberação de calor aumenta e a zona de chama começa a aproximar-se da barreira horizontal, os lados dos padrões produzidos tornam-se colunares. As taxas de liberação de calor continuam a aumentar, criando chamas que chegam ao teto e/ou camadas de fumaça que, se acumulando junto ao teto começam a ter um movimento descendente, as chamas incidindo diretamente sobre as superfícies e a irradiação térmica para baixo começam a ampliar os topos dos padrões de fogo, e padrões em "V", em "U", padrões ponteiro ou seta são produzidas nas superfícies verticais. Padrões de formato circular são produzidos sobre os fundos de superfícies horizontais.



Figura 20 - Padrão colunar. Incêndio ocorrido em outubro de 2016 em Aparecida de Goiânia, Goiás.
Fonte: CIPI/CBMGO 2016

A partir da chama, de onde a fumaça e os gases quentes são desprendidos, o fluxo de movimentação é para cima. À medida que sobem, esses elementos vão se resfriando por troca de calor com o ambiente. Se não houver barreiras horizontais a fumaça e os gases subirão até entrar em equilíbrio térmico com o ambiente. Mesmo em ambientes fechados, se a taxa de liberação de calor é pequena ou se o teto é alto, havendo somente pequenos fluxos de gases produzidos, eles se resfriam e se difundem pelo ambiente antes de chegar ao teto. Nesse caso, formam-se padrões de queima retangulares com a base na parte inferior e os vértices na parte superior (cone invertido ou ampulheta).

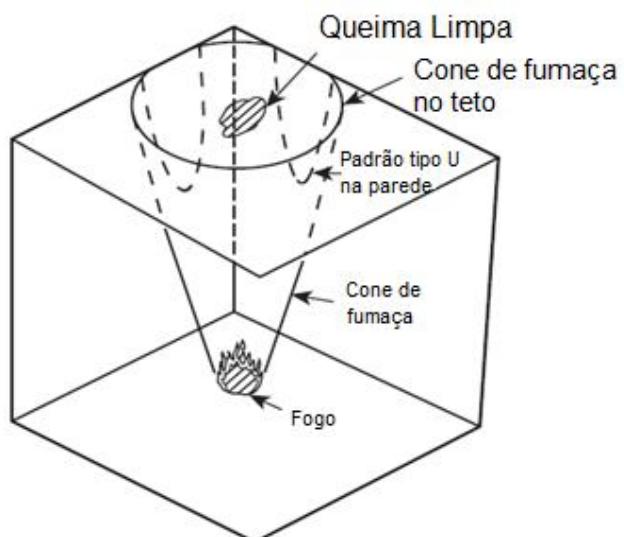


Figura 21 - Esquema representativo da formação dos padrões tipo V, tipo U, circulares e cone interseccional.

Fonte: Adaptado de NFPA 921, 2004

Portanto, os padrões de cone invertidos são comumente causados pelas chamas verticais dos combustíveis voláteis que não atingem o teto. Os padrões de cone invertido são manifestações de incêndios relativamente curtos que não se desenvolvem completamente. Essa curta duração ocorre porque fontes de combustível adicionais não se envolveram antes que o combustível inicial fosse consumido. Qualquer fonte de combustível (vazamento de gás combustível, combustíveis Classe A, etc.) que produz de chamas que não são obstruídas horizontalmente por uma superfície horizontal, como teto ou móveis, pode produzir padrões de cone invertido.



Figura 22 - Cone invertido. Incêndio ocorrido em março de 2017 no Jardim Tropical, Aparecida de Goiânia. Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Se, na movimentação ascendente de gases e fumaça, há uma barreira horizontal (como o teto), haverá uma lateralização do fluxo, aumentando a extensão horizontal do padrão. Nesse caso, os padrões de queima, anteriormente retangulares, tornam-se agora como que colunas. À medida que as taxas de liberação de calor continuam aumentando, o impacto direto da chama nas superfícies e a energia térmica irradiada para baixo começam a ampliar os topos dos padrões de incêndio, formando os padrões colunares, seguidos de padrões tipo "V" e tipo "U".

O que diferencia os padrões em forma de V e em forma de U é o seu ângulo inferior. Esse ângulo do padrão depende de várias variáveis, incluindo:

- a) A taxa de liberação de calor e a geometria do combustível
- b) Os efeitos da ventilação
- c) A inflamabilidade da superfície vertical sobre a qual o padrão aparece e combustibilidade da superfície vertical em que aparece
- d) A presença de superfícies horizontais interseccionantes, como tetos, prateleiras, tetos de mesa ou a construção pendente no exterior de um edifício.



Figura 23 - Padrão tipo V. Incêndio ocorrido em abril de 2017 na Vila Mauá, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Os padrões em forma de U são formados pelos efeitos da energia do calor radiante nas superfícies verticais mais distantes da mesma fonte de calor do que as superfícies que exibem padrões V estariam. São semelhantes aos padrões de V, mas exibem sua base suavemente curvas, em vez de ângulos inferiores. Se houver dois padrões da mesma fonte de calor, aquele com o vértice inferior estará mais próximo dessa fonte de calor.



Figura 24 - Padrão tipo U. Incêndio ocorrido em novembro de 2016 em Hidrolândia, Goiás.
Fonte: CIP/CBMGO 2016

A largura da corrente de fumaça varia com o tamanho da base do fogo e irá aumentar à medida que o fogo se espalha. Um padrão de base estreita vai se desenvolver a partir de um incêndio pequena área de superfície, e um padrão de base larga vai desenvolver a partir de um fogo com uma grande superfície.

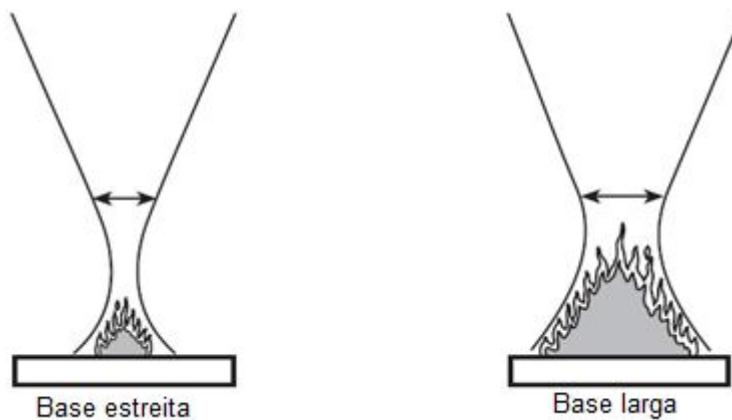


Figura 25 - Esquema representativo da largura da corrente de fumaça.
Fonte: Adaptado de NFPA 921, 2004

Os padrões ampulheta são caracterizados pela formação de um “V” pelos produtos da combustão, logo acima da chama e por um “V invertido” formado pela zona de chamas da base. Esse padrão se forma quando esses componentes são interseccionados por uma superfície vertical. Nelas, o V invertido é geralmente menor e podem exibir queimaduras mais intensas.



Figura 26 - Padrão Ampulheta

Fonte: http://www.patternskid.com/fire-investigation-burn-shadow_K7SAelU6BBk6Xj3MkcTkzkSTQaynlml0i9sWE7odEg/

A sequência lógica de produção de padrões de queima tipo cone à medida que o incêndio progride é: cone invertido, subsequentemente sobreposto por padrão de queima tipo coluna, sobreposto pelo padrão tipo “V”. Os primeiros padrões somente serão observados se o fogo se extingue por supressão, falta de oxigênio, ou falta de combustível. Por essa razão, a observação desses padrões dá ao investigador noção sobre o estágio de desenvolvimento do fogo, e o pico de taxa de liberação de calor de um combustível específico no momento em que as chamas se apagaram.

Os padrões de cone interseccionado podem ser formados quando os elementos de intersecção permitem a exibição tridimensional em superfícies horizontais e verticais. Ou seja, são formados pela intersecção do formato tridimensional em forma de cone ou ampulheta do fogo e seus produtos por superfícies verticais e/ou horizontais. Podem fazer parte desse tipo de padrão outros padrões como como padrões V, padrões U, padrões circulares e padrões de "ponteiro ou flecha". É justamente a combinação de mais de um padrão que dá ao padrão de cone interseccionado seu caráter tridimensional.

Nos padrões de ponteiro e flecha os progresso e a direção do fogo podem ser identificados através do exame das alturas relativas e formas dos elementos verticais que formem colunas. A forma da seção transversal das colunas tende a produzir "setas" voltadas para a área geral da fonte de calor. Há uma carbonização maior na superfície mais próxima à fonte de calor.



Figura 27 - Padrão Ponteiro e Flecha. Incêndio ocorrido em abril de 2016 no Jardim Guanabara, Goiânia. Fonte: CIPI/CBMGO 2016

Os padrões na parte inferior das superfícies horizontais, como tetos, e prateleiras, podem aparecer em formas aproximadamente circulares. Quanto mais centralizada a fonte de calor, mais circular ou quase circular os padrões podem aparecer. O centro do padrão circular pode estar mais danificado/afetado pelo calor. Imediatamente abaixo desse centro pode ser encontrada uma fonte de maior aquecimento.



Figura 28 - Padrão circular no teto, formado por uma região de queima limpa. Incêndio ocorrido em abril de 2016 no Setor Campinas, Goiânia.

Seção 3. Padrões irregulares.

Encontrados no piso ou assoalhos, curvados ou em forma de poça podem resultar dos efeitos de gases quentes, incêndios com chamas, plásticos derretidos ou líquidos inflamáveis. As linhas de demarcação entre as áreas danificadas e não danificadas são variáveis, dependendo das propriedades do material e da intensidade da exposição ao calor. Os materiais mais densos, como madeiras mais maciças mostrarão, em geral, linhas de demarcação mais nítidas.

Quando os combustíveis são intencionalmente distribuídos e levados uma área para outra, os padrões alongados podem ser visíveis, conhecidos como trieiros, podem ser encontrados ao longo de pisos para conectar focos separados. Em qualquer situação em que a presença de líquidos inflamáveis seja sugerida, os efeitos de flashover, fluxo de ar, gases quentes, plástico derretido e colapso de construção devem ser considerados.

No caso de generalização das chamas podem ser formados padrões irregulares semelhantes aos formados por líquidos inflamáveis. Quando o dano causado pelo fogo é pequeno e padrões irregulares pequenos ou isolados são encontrados, a presença de líquidos inflamáveis pode ser mais provável, embora ainda seja recomendado o uso de evidências de suporte. Quando há generalização das chamas no ambiente podem ser formados carbonizações ou calcinações relativamente uniformes. Efeitos de ventilação ou posição de mobiliários podem alterar essa uniformidade. Algumas superfícies podem ter pouco ou nenhum dano devido aos efeitos de ventilação ou aos locais de mobiliário ou acessórios que podem evitar a carbonização, escurecimento ou descoloração das superfícies de parede e teto.

Muitos materiais plásticos liberam produtos de hidrocarbonetos quando pirolisam ou queimam. Esses produtos podem ter um odor semelhante ao dos produtos petrolíferos e podem ser detectados por indicadores de gás combustível quando nenhum acelerante líquido inflamável foi usado. Líquidos inflamáveis comuns que encharcam materiais de revestimento ou revestimentos de piso, bem como plásticos fundidos, podem produzir padrões irregulares. Esses padrões

também podem ser produzidos por aquecimento localizado ou por detritos de fogo caídos.



Figura 29 - Padrão irregular formado em piso de madeira. Incêndio ocorrido em julho de 2017 na cidade de Goiás. Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Quando um líquido acelerante tal como gasolina é vertido sobre uma superfície e os vapores são inflamados, se a poça formada for suficientemente profunda, isolará o substrato abaixo e limitará o aumento da temperatura. Como a temperatura do acelerante líquido não pode exceder seu ponto de ebulação, o padrão de queima e as linhas de demarcação na borda da poça e longe dela será diferente dos padrões diretamente abaixo do líquido inflamável. Um padrão tipo rosca, onde uma área de queima aproximadamente em forma de anel envolve uma área menos queimada, pode resultar de um líquido inflamável. Isso ocorre por causa dos efeitos do resfriamento líquido no centro da poça enquanto queimam, enquanto as chamas no perímetro da “rosca” produzem carbonização do revestimento do chão.

Seção 4. Padrões de queima de gases.

Nem sempre os vapores líquidos inflamáveis causam explosão, isso só irá acontecer se houver suficiente confinamento com o interior do confinamento devidamente oxigenado, ou quando há uma ruptura das paredes do recipiente que contém os vapores.

A queima localizada distinta entre as vigas do teto, e nos cantos dos tetos dos ambientes é bastante comum e um bom indicador da presença de gás natural. O gás natural, sendo mais leve que o ar, ocupa os lugares mais altos no ambiente, formando bolsões. Já o GLP é mais pesado que o ar e forma bolsões próximos ao piso. Entretanto, como os produtos da combustão do GLP estarão aquecidos e sobem acompanhando o movimento de convecção, não haverá a formação de marcas localizadas como no caso do gás natural.

As queimaduras tipo sela são padrões características que às vezes são encontrados nas bordas superiores das vigas do chão. Eles são causados por fogo queimando para baixo, acima da viga afetada. São muitas vezes criados pela queima de combustíveis líquidos, (líquidos não necessariamente inflamáveis), podendo ser criados também por calor radiante vindos de um material próximo ao chão. A ventilação causada por aberturas do piso também pode contribuir para o desenvolvimento desses padrões.

Incêndios instantâneos. A ignição de gases ou os vapores de líquidos nem sempre causam explosões. Se uma explosão ocorre ou não depende da localização e concentração de combustíveis difusos e na geometria, ventilação e força da estrutura de confinamento.

Se os gases ou vapores combustíveis difusos no ambiente estiverem próximos do limite de inferior de inflamabilidade ou explosividade (LII) e não haja explosão, os combustíveis sofrem uma ignição instantânea sem nenhuma combustão subsequente. No caso em que o primeiro combustível a ser inflamado é uma mistura de combustível-ar, a área de maior destruição pode não coincidir com a área onde a fonte de calor encontra com a mistura. A maior destruição ocorrerá onde a ignição instantânea da mistura encontra uma carga de combustível secundária que pode ser inflamada pela temperatura momentânea e intensa da frente da chama. Da mesma forma, uma vez que a ignição secundária ocorre, a dinâmica da propagação do fogo será ditada pelo comportamento e a geometria do combustível e as taxas relativas de liberação de calor desses combustíveis secundários. Portanto, a determinação da fonte de ignição nessas situações depende das observações precisas das testemunhas e da análise das potenciais fontes de ignição nas áreas onde o vapor ou o gás poderiam estar acumulados anteriormente.



Figura 30 - Foco causado por frente aquecida devido a deflagração de vapores de líquidos inflamáveis decorrente de ação de impermeabilização de sofá dentro de uma residência. Em alguns casos esse tipo de foco pode ser confundido com multifocos intencionais. Incêndio ocorrido em junho de 2016 no Bairro Goiá, Goiânia. Fonte: CIPI/CBMGO 2016

Seção 5. Padrões Gerados pela Ventilação.

O ar incidindo sobre as brasas vai elevar suas temperaturas e pode gerar calor suficiente para fundir metais. Mais calor é transferido por convecção à medida que a velocidade dos gases quentes aumenta. Esses fenômenos podem explicar a presença de numerosos padrões de queima.

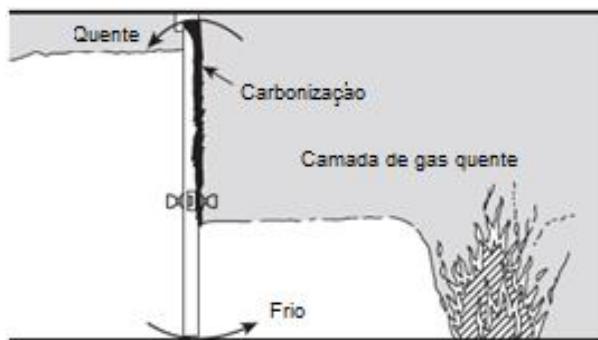


Figura 31 - Esquema representativo de ventilação com porta fechada.
Fonte: Adaptado de NFPA 921, 2004

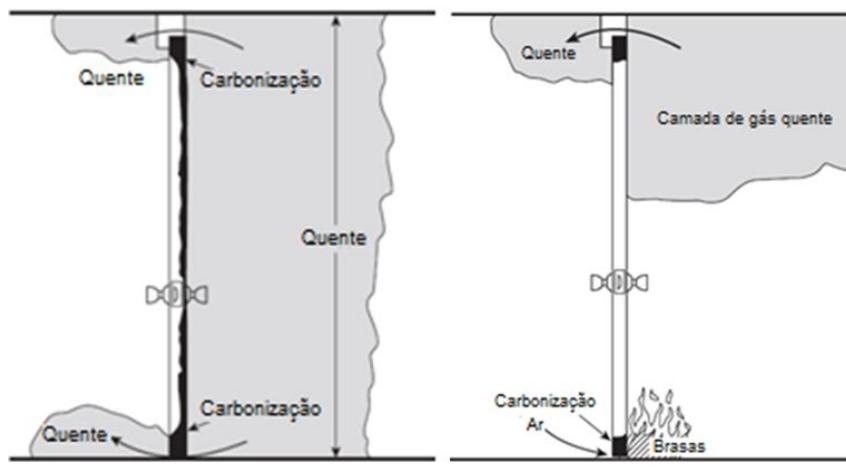


Figura 32 - Outras possibilidades de ventilação através da porta, dependendo das características do incêndio. Fonte: Adaptado de NFPA 921, 2004

Quando uma porta está fechada, os gases quentes (sendo mais leves) podem escapar através do espaço no topo da porta fechada, resultando em carbonização. Ar fresco pode entrar no compartimento pela parte de baixo da porta. Em um ambiente inteiramente tomado pelo fogo onde os gases inflamáveis provenientes da vaporização e pirólise, ou mesmo fumaça combustível chegaram ao chão, os gases quentes podem escapar por baixo da porta e causa a carbonização debaixo da porta.



Figura 33 - Marca deixada por ventilação sob a fresta da porta. Incêndio ocorrido em outubro de 2016 em Aparecida de Goiânia, Goiás. Fonte: CIP/CBMGO 2016

Incêndios bem ventilados queimam com maiores velocidade e taxas de liberação de calor. Áreas de grandes danos são indicadores de alta taxa de liberação de calor, efeitos de ventilação ou exposição prolongada. Tais áreas, no

entanto, nem sempre são a origem do incêndio, pois o fogo pode se espalhar de combustíveis lentos para combustíveis com queima rápida, com o último produzindo a maior parte do dano de fogo.

Em incêndios que têm generalização das chamas (flashover) os maiores danos podem ser efeitos da ventilação, perto de portas, janelas ou outras aberturas. Isso se explica pela maior quantidade de comburente disponível nesses locais e esse tipo de padrão pode não ter nada a ver com a origem do incêndio.

A camada de fumaça numa sala em chamas pode causar danos nas superfícies superiores do mobiliário, tomadas, equipamentos, eletrodomésticos e mesmo piso (se o ambiente se aproxima das condições de flashover). Se o ambiente não sofrer flashover os danos incluirão bolhas, carbonização ou derretimento, sendo as superfícies protegidas muitas vezes isentas de danos. Podem-se ver linhas de demarcação nas paredes indicando os limites da camada de fumaça ou de gases quentes. O grau de dano geralmente será uniforme, exceto quando houver barreiras significativas no teto, queima de itens isolados ou áreas protegidas. É improvável que sejam danificadas as partes inferiores do mobiliário abaixo da camada de fumaça ou gases quentes.

Se um incêndio se generaliza, haverá extensos danos em níveis baixos. Pode haver carbonização do lado de baixo do mobiliário, a queima de tapetes, a queima uniforme sobre as pernas da mesa, a queima de rodapés e o lado de baixo das portas, e no revestimento do chão.

Se uma superfície lisa e outra áspera do mesmo material estiverem expostas à mesma fonte de calor, a superfície mais áspera sofrerá maiores danos como resultado da turbulência dos gases quentes interagindo com a superfície, bem como com um aumento da relação superfície/massa. As superfícies combustíveis serão escurecidas pelos princípios de pirólise, serão queimadas ou estarão em vários estágios de carbonização, incluindo a perda total de material. Superfícies não combustíveis, como materiais minerais ou metais, podem apresentar alterações de cor, oxidação, distorções físicas ou derretimento.

Seção 6. Outros tipo de Padrões

1. Padrões gerados por supressão.

As ações de combate a incêndio podem alterar a propagação do fogo e criar danos em locais para onde o fogo não se movia. Particularmente se for usada ventilação de pressão positiva, que podem criar padrões que podem ser difíceis de interpretar.

2. Padrões gerados por Oxidação.

Causam mudanças de cor, de resistência e de textura. Quanto maior a temperatura e maior o tempo de exposição, mais pronunciados serão os efeitos da oxidação. Em telhas de zinco, por exemplo, a oxidação elimina a proteção que o zinco dá ao aço, reduzindo a sua resistência. Em locais onde, principalmente, esse aço for umidificado, ele irá se enferrujar. Quando o ferro ou aço não revestido é oxidado em um incêndio, a superfície primeiro obtém uma tonalidade azul-cinza e, se o metal for molhado, a cor de ferrugem pode aparecer.

A fuligem e o carvão também estão sujeitos a oxidação, sendo que a oxidação da fuligem a levará nos produtos gasosos resultando no padrão que é conhecido como queima limpa.



Figura 34 - Exemplos de queima limpa. À esquerda, uma chama proveniente de vazamento de GLP e, à direita, queima limpa na parede, proveniente de incêndio veicular. À esquerda, incêndio ocorrido em janeiro de 2016 no Setor Oeste, Goiânia à direita, incêndio ocorrido em maio de 2016 no Jardim Maria Inês, Aparecida de Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

O cobre forma um óxido vermelho escuro ou preto quando exposto ao calor. A espessura do óxido depende da duração e intensidade da exposição (fluxo de calor) ao fogo ou mais calor. Quanto mais aquecida, maior a oxidação.

A **queima limpa** é um fenômeno que aparece em superfícies não combustíveis quando o condensado de fuligem e fumaça que normalmente seria encontrado aderindo à superfície é consumido, produzindo uma área limpa adjacente a áreas escurecidas por produtos de combustão, sendo produzida mais comumente por contato direto com a chama ou intenso calor irradiado. As linhas de demarcação entre a queimadura limpa e as áreas movimentadas podem ser usadas pelo investigador para determinar a direção do fogo ou as diferenças de intensidade ou tempo de queima.

3. Padrões gerados pela deposição.

Combustíveis que contêm carbono podem formar fuligem em suas chamas. Os derivados de petróleo e a maioria dos plásticos formam fuligem mais facilmente e em maior quantidade. Quando as chamas tocam paredes e tetos, a fuligem se deposita sobre elas. Os condensados de fumaça se aglomeram em superfícies frias e apresentam coloração em tons de marrom, enquanto que a fuligem é preta. Os condensados de fumaça podem ser molhados e pegajosos, finos ou grossos, ou secos e resinosos. Estes depósitos, após a secagem, não são facilmente apagados. Onde houve chama aberta, provavelmente haverá depósitos de uma mistura de fuligem e fumaça. Alguns incêndios podem produzir apenas depósitos de fuligem secos que são facilmente retirados das superfícies.



Figura 35 - Condensados oleosos impregnados em parede, provenientes de queima de plástico.
Incêndio ocorrido em outubro de 2015 no Setor Bueno, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO

Seção 7. Localização dos objetos

A “sombra de calor” é uma porção de superfície protegida por algum objeto das chamas ou do calor que incidiria sobre ela sem a presença do objeto, podendo ajudar no processo de reconstrução do cenário. Obviamente que o calor conduzido não produz sombras de calor. Esse objeto que protege a superfície ser sólido ou líquido, combustível ou não combustível.



Figura 36 - Observa-se, à direita, o efeito "sombra de calor" fornecida por um armário de madeira.
Incêndio ocorrido em setembro de 2016 na Vila Rosa, Aparecida de Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

Já as “áreas protegidas” são porções de uma superfície onde um objeto impediu que os produtos da combustão (fuligem e condensados) se depositassem sobre essa superfície, ou evitou que o material protegido fosse queimado. Esse objeto pode ser sólido ou líquido, combustível ou não combustível. A área protegida pode também ajudar no processo de reconstrução do cenário.

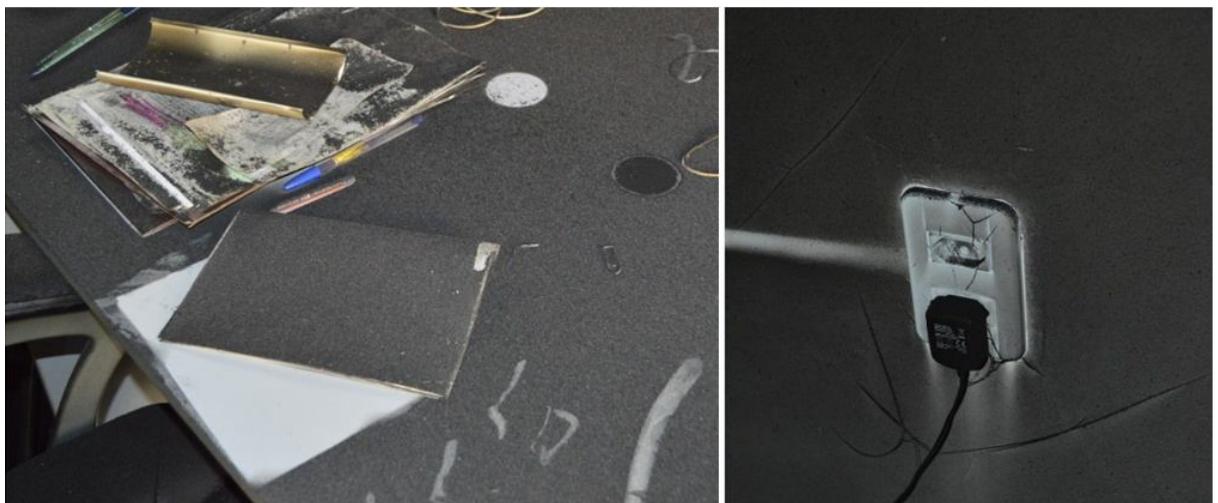


Figura 37 - Exemplos de áreas protegidas. À esquerda, incêndio ocorrido em abril de 2016 no Setor Marista, Goiânia. À direita, incêndio ocorrido em janeiro de 2016 no Setor Oeste, Goiânia.

Fonte: CIP/CBMGO

Localização dos Padrões.

À medida que a camada de fumaça e de ar quente e as chamas encontram obstáculos são produzidos padrões que podem ser usados para rastrear a origem de um fogo. Padrões comumente encontrados em paredes são padrões V, padrões U, queimadura limpa e spalling.

Padrões criados na parte de baixo de superfícies horizontais, como tetos e móveis, podem ser indicadores de locais de fontes de calor abaixo dessa superfície. Em geral esses padrões são circulares. A propagação das chamas para locais com maior oferta de combustível pode provocar maiores danos nesses locais do que na origem.

Áreas de queima baixa, como pés de móveis e buracos queimados nos pisos podem ser produzidos pela presença de líquidos inflamáveis, brasas incandescentes ou serem efeitos do flashover. A coleta de amostras e a verificação laboratorial da presença ou ausência de resíduos líquidos inflamáveis podem ajudar o investigador no desenvolvimento de hipóteses e tirar conclusões sobre o desenvolvimento dos

buracos. As áreas não queimadas presentes após um incêndio podem revelar a localização dos itens de conteúdo que protegiam o revestimento do piso ou do chão de danos causados pela radiação ou manchas de fumaça.

Os padrões podem ser usados para determinar a altura em que a queima pode ter começado dentro da estrutura, pois é comum que as partes mais baixas dos padrões de incêndio estejam mais próximas de suas fontes de calor, a não ser nos casos em que há generalização das chamas ou onde a queda de materiais incandescentes promova focos em locais mais baixos.

Seção 8. Os padrões de acordo com a dinâmica do incêndio.

A compreensão da dinâmica do incêndio permite aos investigadores analisar corretamente seus vestígios. Apesar de cada incêndio possuir particularidades, há um padrão de comportamento entre os incêndios ocorridos em ambientes com características construtivas e cargas de incêndio semelhantes. Uma boa compreensão das fases de um incêndio pode ajudar ao investigador a entender o que aconteceu em um incêndio.

Fase Inicial

É a fase incipiente do incêndio, com temperatura no teto de aproximadamente 40°C. Após as chamas aparecerem o incêndio cresce rapidamente. O que o investigador pode verificar em um incêndio que foi combatido ainda nesta fase: é fácil verificar o padrão de queima em “U” ou “V” no foco inicial. É fácil também encontrar o foco inicial e, consequentemente, a causa. Nessa fase a maioria dos vestígios ainda está intacta.

Fases crescente e totalmente desenvolvida

Nestas fases o incêndio torna-se mais intenso na medida em que mais materiais participam da queima. Estas são as fases de maior produção de chamas, onde a temperatura no teto está acima de 700° C. O que o investigador pode verificar em um incêndio que foi combatido ainda nestas fases:

- Marcas de fuligem por chama nas paredes.
- Padrão de queima em “V” mais evidente em materiais combustíveis, como paredes de madeira.
- A carbonização e deposição de fuligem é maior na zona de origem se comparada com outros ambientes adjacentes.
- O exame dos objetos no ambiente sinistrado ajuda a identificar mais facilmente a zona de origem do fogo.
- Derretimento de metais leves, como alumínio.

Fase Final

Nesta fase o combustível torna-se mais escasso, a queima em chamas é menor e a presença de incandescência é maior. O que o investigador pode verificar em um incêndio que foi combatido ainda nesta fase:

- Marcas de fuligem nas paredes que podem estar tão baixas quanto 30 cm.
- O padrão em “V” e os padrões de queima podem estar ocultos em decorrência da carbonização.
- Quanto mais longa for a queima, menos evidências estarão disponíveis.

Seção 9. Padrões de queima de acordo com o material da edificação

1. Edificações em alvenaria

Edificações em concreto ou tijolo apresentam-se, geralmente, compartimentadas por paredes do mesmo material, como o caso de residências, apartamentos e escritórios. Sua carga de incêndio, normalmente, consiste em mobiliário de madeira e estofados, além de equipamentos eletro-eletrônicos.

A queima é rápida, porém restrita ao foco inicial ou a um compartimento, haja vista a delimitação do calor e das chamas pelo teto (comumente em laje de concreto) e pelas paredes.

Os pontos atingidos somente pela fumaça apresentarão bastante fuligem, geralmente, nas paredes adjacentes ao foco do incêndio, na parte superior e no teto.

A fuligem é trazida pela fumaça e suas marcas são de manchas uniformes escuras. Pontos onde houve chamas apresentam marcas claras, em maior profundidade. Não é raro o descolamento do material de revestimento da parede pela ação do calor. Edificações compartimentadas por gesso acartonado (dry wall) ou divisórias de madeira costumam apresentar combustão mais rápida, em decorrência da deterioração do material pelo calor.

2. Edificações de madeira

Edificações de madeira são constituídas, normalmente, de telhado de fibrocimento e paredes de madeirite, que é de fácil combustão. É comum a execução de instalações irregulares de energia elétrica (gatos) ou uso cotidiano de velas, o que aumenta o risco de um sinistro. Apesar de a carga de incêndio aproximar-se bastante da carga de incêndio das edificações em alvenaria de concreto ou tijolo, a queima aqui se apresenta extremamente agressiva, atingindo altas temperaturas em um espaço de tempo reduzido. Consequentemente, os vestígios para a perícia também são drasticamente reduzidos ou comprometidos face o alto grau de destruição da edificação.

A fumaça e os gases quentes produzidos pela combustão sobem, atingem o teto e espalham-se para os lados. Ao se deparar com as paredes, a fumaça desce em movimento circular, aquecendo os materiais presentes no ambiente por convecção e radiação térmica, enquanto as chamas do foco inicial continuam propagando o incêndio radialmente por condução. Se o processo não for interrompido, em alguns minutos, o ambiente estará envolvido em chamas pela generalização do incêndio, também conhecido como flashover.

Testes laboratoriais japoneses mostraram que, para a propagação das chamas em um compartimento, o material de acabamento da edificação influenciará significativamente no teto e pouco nas paredes.

No caso da edificação em madeirite, este processo inicia também a destruição do telhado (que, apesar de não propagar chamas, é pouco resistente ao calor e trinca, caindo no ambiente) e a combustão das paredes, levando a uma carbonização do material atingido e a destruição total do ambiente.

CAPÍTULO 8: COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS NO INCÊNDIO

Seção 1. Fusão de materiais sólidos.

Muitos materiais sólidos amolecem ou derretem a temperaturas elevadas que vão de um pouco acima da temperatura ambiente a milhares de graus. A temperatura ou a faixa de fusão específica é característica para cada material. Se for conhecida a temperatura de fusão aproximada de um material, pode ser feita uma estimativa da temperatura à qual o material derretido foi submetido. As temperaturas de fusão de metais comuns variam de 170°C a 188°C para solda e de até 1460°C para aço. Quando os metais ou seus resíduos são encontrados fundidos, pode-se fazer inferências relativas às temperaturas do incêndio naquele local. Para determinação da temperatura é conveniente recolher uma amostra do material e ter sua temperatura de fusão verificada em laboratório.

MATERIAL	CONDIÇÕES	TEMPERATURA (°C)
Alumínio	Funde	660
Cobre	Funde	1083
Vidro	Amolece	500-600
	Funde	1100-1400
Pintura	Destruição	150
Madeira	Queima	240

Tabela 4 – Efeito da temperatura em alguns materiais
Fonte: Danos em estruturas de concreto armado (Sousa, M. M., 2010).

Os materiais poliméricos derretem a temperaturas bastante baixas (de 93 °C a cerca de 400 °C) e podem também ser consumidos pelas chamas ou calor. Assim, a fusão de plásticos pode dar informações sobre as temperaturas, mas principalmente onde houve passagem de gases quentes e indicar a existência ou ausência de chamas naquela área imediata (ver Seção específica sobre polímeros). O vidro, dependendo de sua composição ou técnica de fabrico tem temperaturas de derretimento muitíssimo variável. Portanto, conclusões a partir dessa observação devem ser tomadas com base na análise do próprio material observado.



Figura 38 - Vidro amolecido em incêndio. Incêndio ocorrido em fevereiro de 2016 no Setor Monte Carlo, Goiânia. Fonte: CIP/CBMGO 2016

Se um metal de baixa temperatura de fusão (como alumínio, zinco ou chumbo) se funde e se mistura com um metal de maior temperatura de fusão (cobre ou ferro/aço), pode ser formada uma liga que se funde a uma temperatura inferior à temperatura de fusão do metal de temperatura de fusão mais alta e, em alguns casos, menor que a de ambos.



Figura 39 - Estruturas em metal como as das foto (estruturas de telhado e mezanino) frequentemente perdem a resistência em incêndios a ponto de não suportarem os peso das estruturas que mantêm e mesmo da próprio peso. Incêndio ocorrido em julho de 2017 em Aparecida de Goiânia, Goiás. Fonte: CIP/CBMGO 2016

Madeira e gasolina, bem como os derivados do petróleo e os materiais celulósicos em geral produzem a mesma temperatura da chama, embora esses combustíveis liberem calor a diferentes taxas. A quantidade de aquecimento depende da temperatura e velocidade do fluxo de ar, da geometria e das propriedades físicas do item aquecido, da proximidade da fonte de calor e da quantidade de energia calorífica presente. A presença de metais combustíveis e as

reações químicas altamente exotérmicas podem produzir temperaturas significativamente maiores do que as criadas por incêndios alimentados com hidrocarbonetos ou materiais celulósicos.

Seção 2. Vidros

Se a esquadria onde está instalado o vidro protege suas bordas do calor, a diferença de temperatura entre as porções protegida e desprotegida pode provocar uma rachadura a partir da borda do vidro (diferenças de cerca de 70°C são suficientes). Dependendo da intensidade das rachaduras, o vidro pode entrar em colapso. Se não há essa diferença de temperaturas no vidro ele se quebrará a temperaturas mais elevadas, sendo provável que permaneça inteiro a temperaturas mais baixas. Há que se notar que o vidro pode ter sido quebrado antes, depois ou durante o incêndio.



Figura 40 – Vidros trincados e quebrados em incêndio. Incêndio ocorrido no em abril de 2016 no Jardim Marques de Abreu, Goiânia.
Fonte: CIPI/CBMGO 2016

Outras causas de trincamento do vidro estão também relacionadas com a diferença de temperatura. Pode haver diferença entre uma face exposta ao calor e outra não exposta, sendo nesse caso importante o fator rapidez do aquecimento e/ou a ventilação da outra face. Também, se uma das faces ou uma porção do vidro é repentinamente resfriada com água, poderá haver trincamento. Geralmente os vidros não se quebram por diferenças de pressão devido ao incêndio. Isso é verdade mesmo para deflagrações como de GLP, onde o vidro pode se quebrar ou não.

Nesse caso, se houve uma deflagração ou explosão, os fragmentos do vidro serão encontrados a alguma distância da janela.



Figura 41 - Vidros arremessados por deflagração de vapores de líquido inflamável. Incêndio ocorrido em junho de 2016 no Bairro Goiá, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

Os cacos de vidro encontrados no piso ou outros locais sem marcas de fuligem ou de condensados provavelmente sofreram aquecimento rápido para se quebrarem antes de sofrerem deposições ou foram quebrados antes do incêndio ou estiveram expostos ao contato direto com a chama (queima limpa). Isso pode ser indício também de que o vidro tenha sido propositalmente quebrado, seja para facilitar o acesso à edificação, seja para permitir o arremesso de algum material inflamável no local, seja para ações iniciais de combate realizadas antes de a fumaça ter atingido aquele ponto onde se encontra o vidro. A presença de um condensado espesso e oleoso no vidro pode resultar da combustão incompleta de materiais como madeira e plásticos.

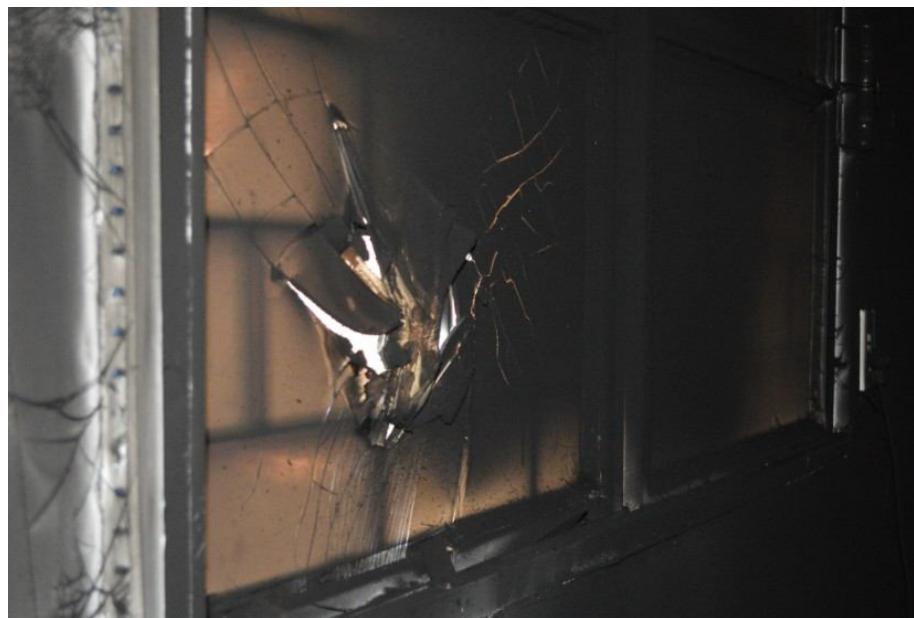


Figura 42 - Vidro apresentando deposição de fuligem. Esse vidro apresenta-se quebrado em consequência de impacto. Incêndio ocorrido em janeiro de 2016 no Setor Oeste, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2017



Figura 43 - Vidros quebrados. Percebe-se, nesse caso, a deposição de fuligem sobre os cacos no piso. Essa é uma evidência de que o vidro foi quebrado após algum tempo de incêndio. Incêndio ocorrido em abril de 2016 no Setor Campinas, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016



Figura 44 - Como na Figura anterior, a deposição de fuligem sobre os cacos quebrados é uma evidência de que os mesmos foram quebrados após algum tempo de incêndio. Incêndio ocorrido em junho de 2016 no Conjunto Vera Cruz, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

Seção 3. Molas

A perda de resistência à tração e quebra de molas (de colchões ou sofás, por exemplo), pode fornecer pistas sobre a direção, duração ou intensidade do fogo. A presença de carga ou peso nas molas enquanto estão sendo aquecidas também aumenta a perda de tensão. Para tanto deve-se comparar as diferenças nas molas para outras áreas do colchão, almofada, quadro e assim por diante, levando em consideração outras circunstâncias, efeitos (como ventilação) e evidências na cena quanto à duração ou intensidade do fogo, área de origem, direção da viagem de calor ou proximidade relativa da fonte de calor. A porção com a maior perda de força da mola pode indicar maior exposição relativa ao calor do que as áreas sem tanta perda de força.



Figura 45 - Efeito do calor do incêndio sobre a mola mostrando o sentido provável da propagação.
Incêndio ocorrido em setembro de 2017 no Residencial Real Conquista, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

Seção 4. Madeira

Enquanto pirolisa e queima a madeira encolhe enquanto desenvolve fissuras e bolhas, se carbonizando. A profundidade da carbonização da madeira é um indicador muito importante que pode ser usado para mostrar tendências do caminho traçado pelo fogo sobre uma superfície em comum. No entanto, devido ao número de variáveis (como o tipo de madeira, as variações na queima no compartimento, as operações de combate a incêndios, a ventilação e a posição da madeira) que podem influenciar a profundidade de carbonização da madeira, a ênfase da relação de tempo e exposição às chamas com a profundidade da carbonização deve ser meramente casual. Deve ser feito com uma cuidadosa consideração de todas as possíveis variáveis que podem afetar a velocidade e gravidade da queima.

A profundidade relativa de carvão, com a localização dos locais onde o dano foi mais grave devido à exposição, ventilação ou colocação de combustível. O investigador pode então deduzir a direção da propagação do fogo, com profundidades cada vez mais distantes da fonte de calor. A profundidade das carbonizações da madeira pode ser útil para determinar mais do que uma fonte de fogo ou de calor. Comparações de medidas de carbonização devem ser feitas apenas para materiais idênticos. Quando os gases combustíveis vazados são as fontes de combustível iniciais, eles produzem profundidades relativamente iguais de carvão sobre as áreas geralmente amplas que cobrem, podendo existir uma carbonização mais profunda na proximidade do ponto de vazamento de gás, uma vez que a queima pode continuar após a quantidade original de gás ser consumida.

Seção 5. Gesso

Vários efeitos podem ocorrer aos painéis de gesso quando exposto a condições de calor e incêndio, incluindo: mudanças de cor, deposição de fuligem, carbonização dos elementos celulósicos, consumo dos elementos celulósicos e queima limpa. Devem-se determinar quais efeitos refletem graus variáveis de dano. Podem-se fazer cortes transversais no gesso para avaliar mudanças visivelmente identificáveis no painel de parede de gesso através da profundidade e os efeitos de superfície podem ser avaliados para mudanças visivelmente identificáveis.

Seção 6. Concreto

O concreto é um material estrutural incombustível de baixa condutividade térmica. Ao ser aquecido não exala gases tóxicos. A presença de óxido e hidróxidos de ferro é responsável por alterações de cor no concreto, de acordo com o aumento da temperatura. Entre 230°C e 300°C apresenta coloração rósea, escurecendo gradualmente até atingir uma coloração vermelho-marrom aos 600°C. Após isso se torna cinza e, quando a temperatura se aproxima dos 900°C, toma uma tonalidade amarelo claro. Colorações além do rosado indicam comprometimento da qualidade do concreto. Se o concreto é resfriado com água esse aspecto de cores pode ser alterado.



Figura 46 - Amostras de concreto retiradas de um mesmo incêndio real. Da esquerda para a direita vemos as seguintes cores: cinza, vermelho amarronzado, amarelo, cinza (cor original) e rosa.
Incêndio ocorrido em fevereiro de 2016 no Distrito Agroindustrial de Aparecida de Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016



Figura 47 - Pedaço de concreto retirado de incêndio real. Da esquerda para a direita vemos a cor grafite (fuligem e condensados), amarelo, cinza e rosa. Incêndio ocorrido em fevereiro de 2016 no Distrito Agroindustrial de Aparecida de Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

A 100°C toda água livre é evaporada (água não ligada quimicamente). A desestruturação química do cimento se inicia por volta dos 180°C. Acima dos 200°C o concreto começa a perder parcialmente a adesão química, aparecendo fissuras, processo que é acentuado até cerca de 300°C. Entre 300°C e 600°C ocorre uma redução de 50% a 90% da resistência inicial. O patamar de 300°C é considerado como sendo a temperatura crítica, acima da qual se considera que o concreto foi muito danificado. Aos 900°C a resistência é apenas 10% da resistência original.

A recuperação de resistência do aço em concretos armados após o resfriamento é quase completa para temperaturas até 450°C. Acima dessa temperatura haverá perda de elasticidade após o resfriamento. As barras de aço dilatam mais que a de concreto, podendo causar perda de aderência entre eles e desprendimento da camada de cobrimento.

O concreto pode sofrer três tipos de desagregação em decorrência do calor: o esfarelamento da superfície calcinada, a separação parcial de pequenas camadas superficiais do material ao longo do incêndio – delaminação e lascamentos explosivos. A segunda e a terceira forma são conhecidas como lascamento ou spalling. De forma concisa, spalling é a quebra da resistência à tração superficial de concreto, alvenaria ou tijolo causada pela exposição a altas temperaturas e taxas de aquecimento resultando em forças mecânicas dentro do material.



Figura 48 - Spalling em laje, expondo a armação. Incêndio ocorrido em outubro de 2015 no Setor Bueno, Goiânia.

Fonte: CIP/CBMGO

A delaminação gradual (ou “sloughing”) é o desprendimento de uma porção considerável de concreto e de grande extensão da superfície do elemento (perda geral do material), de efeito progressivo, pois deixa novas camadas do concreto endurecido à exposição das chamas conduzindo a novos descascamentos sucessivos, a perda de aderência entre o cobrimento da armadura e a própria armadura. Já no lascamento explosivo (“explosive spalling”), há perda parcial do material de forma instantânea e violenta, com grande liberação de energia. As grandes cavidades são formadas nos primeiros 30 minutos do incêndio.



Figura 49 - Lascamento de parede de concreto. Incêndio ocorrido em outubro de 2015 no Setor Bueno, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO

A maior incidência dos lascamentos instantâneos ocorrem entre 250° C e 400 °C. A importância de se verificar e registrar a presença de spallings no incêndio está na análise da fonte de calor, dos pontos de maior ou menor incidência de calor.

O concreto é um material poroso, cujos poros estão preenchidos com água e ar. A alta densidade e a baixa permeabilidade do concreto impedem a liberação do vapor de água na velocidade em que é formado, superando a tensão de tração resistente do material. Os lascamentos explosivos normalmente ocorrem sob temperaturas mais baixas, entre 240 °C e 280 °C. Nessa temperatura a água quimicamente combinada do concreto é liberada.

Como o concreto tem baixa condutividade térmica, existe grande diferença de temperatura entre a superfície aquecida e o seu interior frio. Isso gera tensões térmicas de grande magnitude. Quando o concreto é aquecido lentamente a chance de ocorrência de sloughing ou fissuração diminuem consideravelmente. Mas como ausência de fissuras pode impedir a liberação da água do interior da massa de concreto, havendo possibilidade de ocorrer lascamento explosivo.

Em concretos armados, as armaduras se aquecem e conduzem o calor a taxas muito mais efetivas que o concreto, se expandindo e provocando o colapso do pilar por esmagamento do concreto. Os concretos contendo agregados silicosos,

como o granito apresentam pipocamentos (“pop outs”) e lascamentos acima dos 500°C.

O arrefecimento rápido de uma massa aquecida de concreto, tijolo ou alvenaria também pode provocar o spalling. Uma vez que o spalling pode ocorrer a partir de fontes que não sejam incêndios, é desejável determinar se o spalling estava presente antes do incêndio.

Seção 7. Polímeros

Os polímeros apresentam propriedades cujo conhecimento é imprescindível à atividade de perícia de incêndio. Além de serem materiais presentes em abundância na maior parte dos ambientes sinistrados, apresentam pontos de fusão e de degradação que permitem a correlação desses fenômenos a características do incêndio a ser analisado, como a propagação do calor pelos ambientes. Através da observação dos polímeros no ambiente incendiado é possível decifrar as marcas de combustão existentes no local, de modo a identificar os padrões do fogo e da fumaça. Também, o conhecimento dos produtos de combustão gerados a partir da queima desses materiais permite avaliar causas mortis (asfixia ou intoxicação) e se foram realizados os procedimentos adequados pelas equipes de intervenção extra e inter hospitalar.

Segundo Padilha (2000), os polímeros são constituídos de macromoléculas orgânicas (grandes moléculas) formadas pela conexão de muitas moléculas menores (denominadas monômeros), sintéticas ou naturais compostos por átomos de carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, flúor e em outros elementos não metálicos organizados de forma que se repitam em muitas unidades químicas iguais (meros ou unidades repetitivas). A ligação química entre átomos dos meros é covalente forte, enquanto a ligação intercadeias é fraca, geralmente dipolar. Os materiais poliméricos são geralmente leves, isolantes elétricos e térmicos, flexíveis e apresentam boa resistência à corrosão e baixa resistência ao calor.

As substâncias utilizadas como matéria-prima na preparação de polímeros são obtidas principalmente a partir do petróleo e são denominadas monômeros. A fração da qual são obtidos os monômeros é a nafta, que submetida a um processo

de craqueamento térmico (aquecimento na presença de catalisadores), dá origem a várias substâncias, entre elas, etileno, propileno, butadieno, buteno, isobutileno, denominados petroquímicos básicos. Estes, por sua vez, são transformados nos chamados petroquímicos finos, tais como polietileno, polipropileno, policloreto de vinila etc.

Eles podem ser naturais, como a seda, a celulose, as fibras de algodão, etc., ou sintéticos, como o polipropileno (PP), o poli(tereftalato de etileno) (PET), o polietileno (PE), o poli(cloreto de vinila) (PVC), etc. De acordo com seu comportamento mecânico os polímeros podem ser classificados como termoplásticos, termofixos ou elastômeros:

a) termoplásticos. Podem ser moldados por aquecimento por diversas vezes. Muitos termoplásticos são parcialmente cristalinos e alguns são totalmente amorfos. Exemplos típicos de termoplásticos são: polietileno, policloreto de vinila (PVC), polipropileno (PP) e poliestireno (PS).

b) termofixos ou termorígidos: são moldados na forma de pré-polímero e depois são submetidos a um processo de “cura”, quando são conformáveis plasticamente – apenas nesse estágio – e então assumem a sua forma definitiva sem poderem ser moldados novamente por aquecimento. O produto final é duro e não amolece mais com o aumento da temperatura. Não apresentam estrutura cristalina, sendo, portanto, completamente amorfos. Exemplos: baquelite, resinas epoxídicas, poliésteres e poliuretanos.

c) elastômeros (borrachas). são materiais plasticamente conformáveis, com alta elasticidade, podendo sofrer grandes deformações sem se romperem. Se alongam elasticamente de maneira acentuada até a temperatura de decomposição e mantém estas características em baixas temperaturas. Os elastômeros são estruturalmente similares aos termoplásticos, isto é, são parcialmente cristalinos. Exemplos: borracha natural, neopreno, borracha de estireno, borracha de butila e borracha de nitrila.

1. Abundância e caracterização dos polímeros

De acordo com Spinace e Di Paoli (2005), os principais polímeros encontrados nos resíduos sólidos urbanos são o polietileno de alta e baixa densidade (PEAD e PEBD), o PET, o PVC e o PP. Outros tipos de polímeros encontrados correspondem a apenas 11% do total. Apesar da existência de uma grande variedade de termoplásticos, apenas cinco deles, ou seja, o PE, o PP, o PS, o PVC e o PET representam cerca de 90% do consumo nacional.

Segue abaixo a descrição e uso de alguns dos principais polímeros utilizados (Piatti, 2005):

a) Polietileno PE

É um dos plásticos mais conhecidos e utilizados. É obtido através da polimerização do etileno. Pode-se obter o PEAD (polietileno de alta densidade, muito usado na fabricação de canetas, brinquedos, móveis de jardim etc.), ou o PEBD, (polietileno de baixa densidade), formado por macromoléculas menores produzindo um material mais flexível, muito usado na fabricação de sacolas e sacos.

b) Polipropileno PP

Apresenta propriedades como excepcional resistência a rupturas, boa resistência a impactos, boa resistência química, boas propriedades elétricas, sendo muito utilizado na fabricação de recipientes. A resina polipropileno, quando reforçada com fibra de vidro, torna-se mais resistente e é bastante utilizada na indústria de autopeças.

c) Poliacrílicos

São materiais caracterizados pela transparência, brilho e alta resistência ao impacto e às intempéries. As placas deste polímero podem substituir o vidro por serem transparentes e são muito resistentes a impactos e a abrasão. São usadas na fabricação de janelas, painéis de sinalização, objetos de decoração, lentes para óculos e de contato etc.

d) Politetrafluoroetileno PTFE

Conhecido como teflon, quimicamente inerte, apresenta baixo coeficiente de atrito. O fato de a maior parte das substâncias não aderir a uma superfície revestida de teflon tornou seu uso bastante difundido na fabricação de frigideiras antiaderentes.

e) Náilon ou Nylon (Ny)

É uma poliamida que apresenta alta resistência, que pode ser moldado facilmente e não propaga o fogo, tendo larga aplicação na confecção de fibras têxteis, maiôs, biquínis, linha de pesca, velcros, pulseiras de relógio etc.

f) Kevlar

Assim como o nylon, o polímero kevlar é uma poliamida. Por ser uma amida aromática, é classificado como aramida. Destaca-se como um dos materiais sintéticos mais resistentes conhecidos. Ele é um plástico com uma resistência tão grande, que cordas de kevlar têm substituído às de aço em muitas aplicações.

São usados, em geral, na fabricação de produtos resistentes a chamas intensas (roupas para bombeiros), resistentes ao calor (filmes de isolamento para motores), resistentes aos impactos (coletes à prova de balas) etc. Seu elevado custo é um impedimento para maiores aplicações.

g) Poliésteres

Os poliésteres, como o próprio nome indica, são polímeros que possuem a função éster. Eles são classificados em saturados ou insaturados, dependendo da presença ou não de duplas ligações em suas cadeias. A mistura de algodão (celulose) com poliéster origina um tecido muito conhecido, chamado de tergal.

h) Poli(tereftalato de etileno) PET

Poliéster de grande consumo no Brasil, principalmente devido ao seu uso na fabricação de garrafas para refrigerantes. Características como excelente resistência ao ataque de substâncias, resistência a deformações, baixo nível de absorção de umidade e baixo custo tornaram o PET um dos plásticos mais consumidos no mundo.

i) Poliuretanas PU

Utilizadas como espumas macias na fabricação de colchões e estofados, ou como espumas duras na fabricação de embalagens e pranchas de surfe, as poliuretanas são produtos da reação de condensação de um diisocianato orgânico com um polialcool. Suas características dependerão dos compostos de partida usados e da técnica de preparação.

j) Policarbonatos PC

Leves, resistentes a choques, à flexão etc. São semelhantes ao vidro por serem transparentes, com a vantagem de serem mais resistentes a impactos. Por

esta razão são utilizados na fabricação de janelas de avião e nos chamados “vidros à prova de balas”. Podem ser usados na fabricação de muitas outras peças, como por exemplo, compactdiscs (CDs), mamadeiras, lentes etc.

k) Silicones Poli(dimetilsiloxano)

Apresentam características importantes como: inércia química, estabilidade frente avariações de temperatura e são atóxicos. São obtidos geralmente na forma de óleos, sendo empregados na impermeabilização desuperfícies (ceras em polimento de automóveis). Silicones com maiores massas moleculares têm consistência de borracha e são usados na vedação de janelas e boxes de banheiro. Silicones com massas moleculares muito grandes apresentam alta resistência térmica esão utilizados em objetos esterilizáveis, como chupetas e bicos de mamadeiras.

l) Poli(cloreto de vinila) PVC :

É um polímero atóxico, leve, sólido, resistente, impermeável, estável e que não propaga chamas. Utilizado na construção civil na forma de tubos e conexões (canalização de água e esgotos), fios e cabos. Podem ser encontrados ainda como revestimento de paredes e pisos decorativos, como material de fabricação de janelas, brinquedos e artigos infláveis (bolas, bóias, colchões e barcos), artigos escolares, embalagens para acondicionar alimentos, revestimentos do interior de veículos, tecidos espalmados decorativos (móveis, vestuários, malas e bolsas), garrafas de água mineral, estrutura de computadores, laminados, móveis de jardim, frascos para acondicionar cosméticos e produtos domésticos, etc.

Além da composição básica dos polímeros, podem ser adicionados uma série de aditivos, com objetivos dos mais diversos: plastificante (aumentar a flexibilidade), estabilizante térmico (evitar a decomposição por aquecimento), estabilizante UV (evitar a decomposição causada por raios UV solares), retardador de chamas (reduzir a inflamabilidade), lubrificante (reduzir a viscosidade), carga (aumentar a resistência ao desgaste por abrasão e reduzir o custo do material), antioxidante (minimizar a oxidação provocada por oxigênio e ozônio atmosféricos), pigmentos (conferir a cor desejada), antiestático (evitar eletrização por atrito), aromatizante (conferir odores desejados ou mascarar odores indesejados), biocida (inibir a degradação por microorganismos).

De especial interesse do perito de incêndio são os retardantes de chama, uma vez que a perícia pode se interessar pelo processo de retardância ter funcionado ou não. Um retardante de chama serve para inibir ou suprimir o processo de combustão. Os mais utilizados são: Hidróxido de Alumínio, Boratos, Fosfatos, Halogenados, Trióxido de Antimônio e Hidróxido de Magnésio (Gallo e Agnelli, 1998). As formas de ação são diversas: agem por resfriamento, formando uma camada protetora, por diluição (diluindo o material pirolisado combustível disponível) ou pela reação de certos grupos com os radicais livres no processo de combustão.

2. As características e propriedades dos polímeros aplicadas à perícia de Incêndio

Os conhecimentos sobre polímeros podem oferecer muita ajuda sobre como os plásticos reagem ao calor e a outras condições presentes durante um incêndio e sobre as propriedades de combustão e de inflamabilidade de plásticos. Estes materiais por si não representam um perigo significativo de incêndio. No entanto, após um incêndio ter começado, eles podem aumentar significativamente a carga de incêndio e a temperatura à qual chega o ambiente incendiado.

Para combustíveis sólidos se queimarem com uma chama, a substância deve ou ser derretido e vaporizado (como termoplásticos) ou ser pirolisados em gases ou vapores (ou seja, madeira ou plásticostermofixos). Em ambos os exemplos, o calor deve ser fornecido ao combustível para gerar os vapores.

Para o exame do local do incêndio são necessários o reconhecimento, identificação e análise dos padrões de propagação do fogo, numa tentativa de rastrear, identificar as áreas e os pontos de origem e identificar o combustível envolvido. A fusão e degradação dos polímeros são propriedades físico-químicas interessantes para a análise do cenário incendiado, ajudando a estabelecer parâmetros para definir esses padrões. Já que a fusão de um material é uma mudança física causada pelo calor, a fronteira entre as porções derretida e não derretida de um material fusível térmico pode produzir linhas de demarcação que o investigador pode usar para definir padrões de fogo e temperatura, uma vez que os termoplásticos fundem a temperaturas relativamente baixas, variando de cerca de 93°C a cerca de 400 °C (Tabela 1). Eles também podem ser consumidos em caso

de incêndio. Assim, o derretimento do plástico pode dar informações sobre as temperaturas, mas, principalmente, onde houve gases quentes e pouca ou nenhuma chama nas áreas imediatas.

Por se arranjarem nas formas amorfia e cristalina ao mesmo tempo, os polímeros apresentam dois pontos de fusão. O primeiro, mais baixo, acontece na Temperatura de Transição Vítreia (T_g), na qual as cadeias que formam os cristais se desprendem umas das outras se tornando amorfas. E uma temperatura mais elevada chamada Temperatura de Fusão (T_m), na qual as cadeias adquirem mobilidade, e o polímero se torna viscoso, podendo ser moldado. Termorrígidos não apresentam T_m após o processo de cura, assim como polímeros 100% amorfos não apresentam T_g .

Polímero	Símbolo	T_g	T_m
Poli(etileno) de alta densidade	PEAD	-110	137
Poli(etileno) de baixa densidade	PEBD	-90	110
Poli(cloreto de vinila)	PVC	105	212
Politetrafluoroetileno	PTFE	-90	327
Polipropileno	PP	-20	175
Poliestireno	OS	100	
Nylon 6,6	Ny 6,6	57	265
Poli(tereftalato de etileno)	PET	73	
Policarbonato	PC	150	

Tabela 5 - Propriedades térmicas de alguns polímeros.

Fonte: Aspectos do comportamento de polímeros em condições de incêndio (Gallo e Agnelli, 1998)



Figura 50 - Forro de PVC "derretido" em incêndio. O material atingiu sua temperatura de transição vítreia "amolecendo" e caindo de sua estrutura. Incêndio ocorrido em fevereiro de 2017 no Residencial Canadá, em Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Como as temperaturas de fusão dos polímeros são próximas às temperaturas de autoignição de muitos materiais presentes nas edificações, como madeiras, papel e tecidos, a observação dos polímeros fundidos dará uma enorme contribuição da determinação de como se deu a propagação do calor pelo ambiente. Por exemplo, aparelhos que são construídos de materiais plásticos podem ser encontrados no local do incêndio com danos severos. O aparelho pode estar severamente deformado, ou o material combustível pode ser queimado, deixando apenas fios e outros componentes metálicos, permitindo avaliar, por exemplo, se o material entrou em combustão pelo aumento da temperatura ou por ação de outro agente externo (fenômenos termelétricos não localizados, escorramento de líquido inflamável ou ação humana intencional). Ou seja, essa condição de um aparelho em si não é um indicativo suficiente do ponto de origem, principalmente onde havia energia suficiente para causar estes danos do fogo na sala de aquecimento radiante e ignição. Próximo do flashover (generalização do incêndio) ou após ele pode haver energia suficiente para produzir esses efeitos a alguma distância do ponto de origem. A observação do derretimento e degradação dos polímeros encontrados no ambiente incendiado permite ao investigador verificar se a propagação das chamas se deu por generalização do incêndio ou por algum outro meio.



Figura 51 - Cubas de polipropileno para laje nervurada derretidas em função do calor do incêndio. Esse material, em contato com o calor das chamas derrete e pinga. Pode, em alguns casos, derreter em chamas. Incêndio ocorrido em outubro de 2015 no Setor Bueno, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO

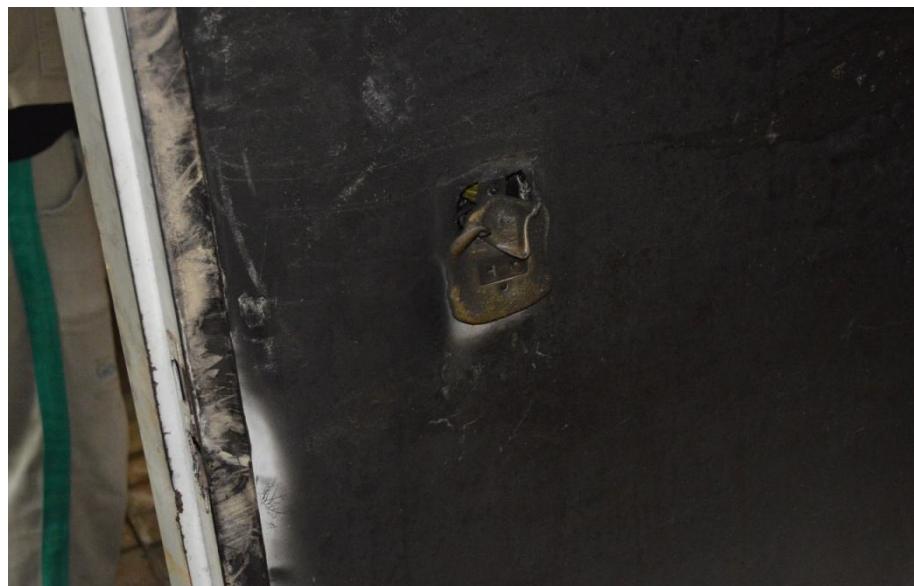


Figura 52 - Polímero apresentando marcas de derretimento na sua parte superior. Esse fenômeno pode ajudar a determinar a temperatura naquele local. Incêndio ocorrido em janeiro de 2016 no Setor Oeste, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Características como se o polímero se decompôs ou mesmo se foi queimado fornecem informações ainda mais apuradas da temperatura do incêndio (Tabela 2 e Tabela 3):

Polímero	Temperatura de decomposição (°C)	Polímero	Temperatura de decomposição (°C)
Polietileno	340 – 440	Poli(metil metacrilato)	180 – 280
Polipropileno	320 – 400	Poliacrilonitrila	250 – 300
Poliestireno	300 – 400	Poliamida 6	300 – 350
Poli(cloreto de vinila)	200 – 300	Poliamida 66	320 – 400
Poli(tetrafluor-etileno)	500 – 550	Celulose	280 – 380

Tabela 6 - Temperatura de decomposição de alguns polímeros.

Fonte: Aspectos do comportamento de polímeros em condições de incêndio (Gallo e Agnelli, 1998)

As características dos polímeros, tais como se eles são termoplásticos (que transformam de sólido para líquido e, em seguida, em gases inflamáveis) ou plásticos termofixos (que pirolisam diretamente aos gases inflamáveis), podem interferir na sua seleção como material estrutural ou de superfície. Materiais que tendem a derreter e liquefazer durante o curso de um incêndio podem ser mais suscetíveis a causar danos mais próximos ao piso ou prover a propagação líquida

do fogo. Essas características podem provocar confusão em um perito pouco habituado com o estudo dos polímeros, fazendo-o confundir o fenômeno com o uso de agentes acelerantes (queima baixa e “trieiros” formados por líquidos inflamáveis).

Polímero	Ponto de Fulgor (°C)	Ponto de Ignição (°C)
Polietileno	340	350
Polipropileno	320	350
Poliestireno	350	490
Poli(cloreto de vinila)	390	450
Poli(tetrafluoretileno)	560	580
ABS	390	480
Poli(metil metacrilato)	300	430
Poliacrilonitrila	480	560
Poliamida 6	420	450
Poliamida 66	490	530
Poliuretano, Espuma rígida	310	415
Algodão	210	400

Tabela 7 - Ponto de fulgor e ponto de ignição de alguns polímeros.

Fonte: Aspectos do comportamento de polímeros em condições de incêndio (Gallo e Agnelli, 1998)

Com relação ao início do incêndio, os polímeros podem atuar como causa quando os materiais tais como plástico, borracha finamente divididas, correias de máquinas ou esteiras, os quais não absorvem apreciavelmente o vapor de água, podem manter suas superfícies isolantes e acumular cargas estáticas, embora a humidade relativa se aproxime de cem por cento. Juntando essa informação à carga de incêndio do local, o investigador pode chegar à causa do incêndio.

3. Nocividade dos gases oriundos da queima e pirólise dos polímeros

O conhecimento e o controle do risco dos polímeros em situações de incêndio por aqueles envolvidos nos projetos, instalações e manutenção das edificações, assim como por profissionais de segurança e saúde no trabalho, são importantes para a prevenção de acidentes maiores e para o tratamento adequado das vítimas em situações de emergência. Em ocorrências onde há vítimas fatais,

particularmente, ou mesmo vítimas de intoxicação não fatais, o reconhecimento dos materiais presentes em abundância na edificação e de seus produtos de combustão específicos é importante para definição de causa mortis ou para o tratamento adequado da vítima.

A presença de polímeros em um ambiente em chamas pode mudar completamente a composição química da fumaça. A fumaça de polímeros pode conter substâncias muito tóxicas, como ácido clorídrico, monóxido de carbono e gás cianeto. Todos os polímeros que contêm nitrogênio (p.ex., poliuretanos, náilon, poliacrilonitrilas), na combustão dão origem também a cianeto de hidrogênio, óxidos de nitrogênio, especialmente o dióxido de nitrogênio (NO_2), e amônia (NH_3). Outras substâncias tóxicas resultantes da termodegradação de polímeros são nitrilas, benzeno (C_6H_6), tolueno (C_7H_8), isocianatos, negro de fumo e aldeídos. É interessante notar que certos poluentes ocorrem em maiores quantidades quando da combustão incompleta. Essa condição é mais comum em incêndios em locais fechados, que apresentam baixas concentrações de oxigênio (MAÇĀIRA, LIMA e BUSCHINELLI, 2014). Devido ao progressivo aumento no uso de polímero nas últimas décadas, a fumaça produzida em incêndios nos dias de hoje apresenta características diversas de outrora.

Na análise da informação sobre a termodegradação de cada polímero deve-se considerar a existência de inúmeras variáveis. Os produtos da decomposição térmica dependem de como os polímeros foram fabricados, se contêm pigmentos ou outros aditivos (p.ex., agentes plastificantes, de reforço, estabilizantes, antioxidantes, fungicidas) ou ainda se contêm retardantes de chama, tais como compostos clorados e fosforados. O ácido clorídrico pode ser formado a partir da termodegradação de produtos tratados com retardantes de chama clorados e também é originado da combustão do PVC. Os gases comuns, e mais prevalentes, resultantes da combustão de polímeros são dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de carbono (CO).

É interessante notar que certos poluentes ocorrem em maiores quantidades quando da combustão incompleta. Essa condição é mais comum em incêndios em locais fechados, que apresentam baixas concentrações de oxigênio.

A pirólise de polímeros gera como produtos típicos de acordo com a composição do material, conforme Erro! Fonte de referência não encontrada.:

POLÍMERO	PRODUTOS DA PIRÓLISE
Polímeros celulósicos	Água.
Poliofinas (Polietileno, polipropileno)	Oligômeros em cadeia e hidrogênio altamente inflamável
Poliésteres	Monóxido de carbono e água
Poliuretanos	Monóxido de carbono, ácido cianídrico
Nylon	Monóxido de carbono, hidrogênio e ácido cianídrico
Polimetilometacrilato	Metanol, formaldeído, e o monômero extremamente tóxico e inflamável.
PVC	O próprio monômero e ácido clorídrico

Tabela 8 - Produtos da pirólise de alguns polímeros.
Fonte: Nocividade dos Gases em Ocorrências de Incêndio (Serafim, 2008).

4. Identificação de Polímeros

Uma vez discorrido a respeito das características, propriedades e importância dos polímeros para a atividade de perícia de incêndio, faz-se necessário o fornecimento de dados que promovam a capacidade do perito de incêndio identificar os polímeros presentes no ambiente incendiado. Essa identificação pode ser realizada no próprio local do incêndio com confirmação ou não em laboratório. Mazzucco (2008) realizou testes físicos para identificação dos principais polímeros através de aspectos visuais, teste de dureza e, teste da chama, ponto de fusão, densidade e flotação. O histórico da amostra pode ser determinante para uma eficaz identificação (correlação entre o produto e o polímero). Aspectos como a aparência, propriedades mecânicas identificáveis visualmente, os nichos de aplicação, os símbolos de reciclagem contidos nas embalagens e nos produtos em geral podem auxiliar a reduzir o erro proveniente da identificação. De acordo com esse trabalho o teste de chama é limitado na distinção entre polímeros da mesma família e podem ser mascarados pela presença de substâncias misturadas aos polímeros (plastificantes, retardantes de chama, etc).

O comportamento mecânico é avaliado com observação de aspectos relacionados com o embranquecimento e dureza dos polímeros, após lavagem e secagem e fracionamento das amostras. O embranquecimento é observado dobrando-se as amostras algumas vezes. A dureza é avaliada quando as amostras

são submetidas ao risco da unha humana e observando a superfície de cada polímero (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Polímero	Embranquecimento	Dureza
PEAD	Positivo	Positivo
PEBD	Negativo	Positivo
PVC	Positivo	Negativo
PP	Positivo	Negativo
OS	Positivo	Negativo
PET	Negativo	Negativo

Tabela 9 - Propriedades Mecânicas

Fonte: Mazzucco, 2008.

Os polietilenos de baixa e de alta densidade ficam marcados no teste de dureza (risco da unha humana). Esse é, portanto um teste eficaz e rápido para identificação de PEAD e PEABD. A diferença entre os dois pode ser constatada pelo teste de embranquecimento, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Realiza-se o teste da cor da chama pela introdução das amostras (com tamanhos aproximados de 0,5 cm) na região de fusão de uma chama de Bunsen, permitindo a observação da cor transmitida à chama. O ponto de fusão é determinado utilizando uma quantidade mínima de material polimérico controlando em uma taxa de aproximadamente (10°C/min). Cerca de 10°C abaixo do ponto de fusão da literatura foi diminuída a intensidade do aquecimento de modo que a temperatura suba muito lentamente (1° C/minuto). Seguem os resultados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.:**

Polímero	Inflamabilidade	Aspecto da Chama	Observação
PET	Queima-se rapidamente e mantém a chama	Amarela	Funde facilmente, e goteja
PEAD	Queima-se rapidamente e mantém a chama	Amarela	Funde facilmente, e goteja
PEBD	Queima-se rapidamente e mantém a chama	Amarela	Funde facilmente, e goteja
PP	Queima-se rapidamente e mantém a chama	Amarela	Funde facilmente, e goteja
PVC	Difícil de queimar, extinguindo-se a chama logo em seguida	Amarela com toques verdes na base	Funde e carboniza-se
OS	Queima-se rapidamente e mantém a chama	Amarela com muita fumaça fuliginosa	Funde e goteja

Tabela 10 - Comportamento dos principais polímeros submetidos ao aquecimento.

Fonte: Mazzucco, 2008.



Figura 53 - Cano de PVC queimado. O PVC não propaga chamas (a não ser quando os aditivos mudam essa característica, como nos casos das tampas de tomadas) e não derrete antes de queimar. Incêndio ocorrido em julho de 2017 na cidade de Goiás.

Fonte: CIP/CBMGO 2017

Para realização do “teste de densidade”, no trabalho de Mazzucco (2008), foram utilizados três meios: água da torneira, soluções aquosas de cloreto de sódio e álcool etílico, com as amostras foram cortadas em tamanhos de 1,0cm – 1,5cm e o resultado comparado com os dados da Erro! Fonte de referência não encontrada..

Polímeros	Densidade / (g/cm ³)
Poli(tereftalato de etileno) PET	1,29-1,40
Poli(etileno) de alta densidade – PEAD	0,952-0,965
Poli(cloreto de vinila) PVC (rígido)	1,30-1,58
Poli(cloreto de vinila) PVC (rígido)	1,16-1,35
Poli(etileno) de baixa densidade – PEBD	0,917-0,940
Polipropileno (PP)	0,900-0,910
Poliestireno (PS) (sólido)	1,04-1,05
Poliestireno (PS) (espuma)	Menor que 1,00

Tabela 11- Densidade de alguns polímeros.
Fonte: FRANCHETTI e MARCONATO, 2003

O ensaio de chamas mostra-se útil para a identificação do PS e do PVC. Para os outros polímeros os resultados obtidos não foram úteis para a identificação. No caso do PS no item “aspecto da chama” este polímero apresentou muita fumaça fuliginosa característica da queima de aromáticos que o identifica. Já para o PVC a característica marcante foi a emissão de toques verdes na base da chama mostrando a presença de cloro na sua estrutura química.

BROGNOLI (2006) traz tabulado ainda algumas outras características de vários polímeros que podem ajudar na identificação, conforme Quadro 4. Esses dados são importantes para a identificação de outros tipos de polímeros que podem ser encontrados nas edificações incendiadas.

MATERIAL	FACILIDADE DE QUEIMA	CHAMA SE EXTINGUE	CHAMA	COMPORTAMENTO DO MATERIAL	ODOR
PE-Polietileno	Rápida	Não	Amarela fundo azul	Funde e goteja, tornando-se transparente quando fundido	Parafina Queimada
PP-Polipropileno	Rápida e moderada	Não	Amarela fundo azul, alguma fumaça branca	Funde e goteja, tornando-se transparente quando fundido	Parafina Queimada
EVA-Etileno-vinilacetato	Rápida	Não	Azul ligeiramente amarela	Funde e goteja	Vinagre (fraco)
PS-Poliestireno	Rápida	Não	Amarela laranja, densa fumaça preta c/fuligem	Amolece forma bolhas, carboniza superficialmente	Doce, floral (gás de iluminação)
ABS-Acrilonitrilabutadieno-estireno	Moderada	Não	Amarela fuliginosa	Amolece, borbulha, carboniza, goteja	Característico
PVC-Policloreto de Vinila	Difícil	Sim	Alaranjada, verde nas bordas crepita	Escurece rapidamente amolece e se decompõe	Cloro (ácido)
PVC-Policloreto de Vinila Plastificado	Moderada	Sim (não na forma de filme)	Amarela, verde nas bordas fuliginosa	Funde, goteja	Penetrante (cloro)
EVA-Poliacetato de	Rápida	Não	Amarela escura, pouca fumaça	Amolece, resíduo preto	Vinagre
Vinila PMMA-Acrílico	Rápida	Não	Azul, amarela no tópo alguma fumaça preta	Amolece, não goteja, borbulha pequena carbonização superficial	Frutas
POM-Poliacetal	Moderada	Não	Azul clara sem fumaça	Funde, goteja, gotas continuam a queimar	Formaldeído
PA-Poliamidas-Nylon	Moderada	Sim	Azul, tópo amarelo	Funde, forma pérolas não esmagáveis, goteja e espuma	Vegetação ou cabelo
PC-Policarbonato	Difícil	Sim	Amarela fumaça cinza	Amolece, borbulha e carboniza	Agradável, fenólico fraco
PET-Polietilenotereftalato	Moderada	Não	Amarela, ligeira fumaça	Funde, goteja, deixa pérola irregular dura	Aromático
PTFE PolitetrafluoretilenoTeflon	Muito difícil	Sim	Amarela	Queima com grande dificuldade, carboniza muito lentamente	Nenhum, fumaça ácida

Quadro 4 - Identificação de plásticos por queima.

Fonte: Desenvolvimento da qualidade na reciclagem de plásticos (Brognoli, 2006)

Convém ressaltar que muitas vezes são adicionados aditivos que podem mudar as características discutidas acima, dificultando a identificação do material. Podem ser adicionados corantes, retardantes de chamas, plastificantes, antioxidantes, etc, além de existirem a mistura de polímeros para se chegar a certas características intermediárias. Esse fato pode atrapalhar bastante a identificação, sendo necessária a adoção de outros meios de identificação mais elaborados, como métodos cromatográficos. No entanto, na maioria das vezes, o interesse do perito está mais na própria característica física e de queima do material que é avaliada nos métodos propostos acima (retardância a chamas, ponto de fusão, emissão de fumaça e de gases). Os métodos discutidos ainda são um importante meio de seleção de materiais para os quais serão solicitados exames laboratoriais mais profundos.

Portanto, é possível realizar uma identificação preliminar dos polímeros mesmo no próprio local do incêndio (ou, pelo menos, a identificação das características úteis ao investigador: ponto de fusão e de decomposição, e a retardância de chamas e emissão de fumaça).

CAPÍTULO 9 - IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS

A análise química pode, de uma forma bem genérica, ser dividida em análise qualitativa e análise quantitativa. Na análise qualitativa o objetivo é a identificação da substância ou da composição de uma amostra sem que haja muito interesse na quantificação da proporção dessa substância ou substâncias na amostra. Trabalha-se nos termos de “presença” ou “ausência” de tal substância ou composto de interesse. Já na análise quantitativa o interesse é, como o nome já diz, a quantificação (proporção) de um componente da amostra. Obviamente que a identificação e a quantificação pode ser realizada concomitantemente por algumas técnicas ou associação de técnicas.

Outra forma de divisão possível é entre os métodos clássicos e os métodos instrumentais.

No método clássico há a separação dos analitos por precipitação, extração ou destilação. A identificação dos compostos (análise qualitativa) se dá por reações específicas com produtos caracterizados pela cor, ponto de fusão ou de ebulição, solubilidade, precipitação, etc. A análise quantitativa se dá por meio de medidas titulométricas (relações volumétricas entre reagentes) e gravimétricas (massa de precipitados).

Os métodos instrumentais, em contraposição aos métodos clássicos, baseiam-se em medidas físicas dos analito como condutividade, potencial de eletrodo, emissão ou absorção de luz, etc. O instrumento converte a informação armazenada nas propriedades físicas ou químicas do analito em um tipo de informação que pode ser manipulada e interpretada. É necessário um estímulo (radiação eletromagnética, energia elétrica, mecânica ou nuclear) para provocar uma resposta.

Os métodos eletroanalíticos são aqueles que envolvem a medida de alguma propriedade elétrica, como o potencial, corrente, resistência e quantidade de carga elétrica. Os métodos espectroscópicos baseiam-se na medida da interação entre a radiação eletromagnética e os átomos ou as moléculas do analito, ou ainda a

produção de radiação pelo analito. Outras propriedades como razão massa-carga de moléculas por espectrometria de massas, velocidade de decaimento radiativo, calor de reação, condutividade térmica de amostras, atividade óptica e índice de refração podem ser usados na quantificação ou identificação de compostos ou substâncias.

O que o instrumento faz, na análise instrumental, é traduzir a composição química em uma informação diretamente observável pelo operador. O instrumento não realiza a análise por si, sendo necessário do analista conhecimento da técnica, dos sinais e das variáveis envolvidas no processo.

Propriedade característica	Método instrumental
Emissão de radiação	Espectroscopia de emissão atômica e molecular (RX, UV, Vis, luminescência)
Absorção de radiação	Espectroscopia de absorção atômica e molecular (UV, Vis, IV, RX)
Espalhamento de radiação	Turbidimetria e nefelometria
Difração de radiação	Difração de RX e difração de elétrons
Potencial elétrico	Potenciometria; cronopotenciometria
Resistência elétrica	Condutimetria
Corrente elétrica	Amperometria; voltametria; polarografia
Massa	Gravimetria (microbalança de cristal de quartzo)
Relação massa/carga	Espectrometria de massas (CG-EM e CL-EM)
Características térmicas	TGA, DSC, DTA

Tabela 12 - Métodos instrumentais de análise de acordo com as medidas físicas características.

Fonte: zeus.qui.ufmg.br/~valmir/Introducao.pps

Para se selecionar um método analítico é necessário o conhecimento dos detalhes práticos das diversas técnicas e seus princípios teóricos, definir claramente a natureza do problema analítico, estabelecer qual a exatidão necessária para a resposta desejada, qual o intervalo de concentração do analito (comparando com a sensibilidade do método que se deseja), a quantidade e forma de apresentação da

amostra disponível, a possibilidade de existência de interferentes, as propriedades físicas e químicas da amostra, a quantidade de amostras a serem analisadas e o tempo requerido para a análise.

Seção 1. Processos envolvidos no preparo de uma amostra para análise química

O primeiro processo de uma análise química é a amostragem. Nessa etapa é que é recolhido o material de interesse. A técnica depende do estado físico da amostra, do analito que se queira verificar e da técnica de análise que se pretende utilizar. O histórico e o registro das condições da coleta são importantíssimos para o sucesso da análise.

Coleta de Amostras

A resolução de se coletar amostras pode ser baseada no odor característico de líquidos inflamáveis ou em marcas de combustão presentes. Outros vestígios podem ser submetidos a análise química ou física de acordo com o interesse e particularidade do sinistro (identificação de substâncias, determinação do ponto de fusão de metais, etc). A técnica de amostragem é muito importante para que se evite os seguintes erros: contaminação, oxidação, alteração na umidade e perda de compostos voláteis.

O líquido acelerante pode ser encontrado empoçado ou impregnado no material sobre o qual se verteu. Algumas vezes, como no caso de óleos utilizados para tratamento de madeira, a presença de um líquido inflamável está ligada ao uso normal do mesmo, e não à intencionalidade do ato. Portanto, não só a confirmação da presença do líquido é importante na análise desse tipo de vestígio, mas também a localização, quantidade, levantamento do contexto de sua presença no local, etc. Descreve-se as condições do tempo no momento que efetuou a coleta, e o tempo passado do incêndio até a coleta da amostra.

Tiram-se fotos mais afastadas mostrando o contexto geral em que a amostra foi encontrada e fotos mais aproximadas, sempre utilizando réguas para dar a verdadeira noção de proporção, mostrando detalhes como marcas de combustão,

coloração diferenciada, etc. Sugere-se, para identificação das amostras e das fotos, uma numeração específica que envolve três dígitos: o primeiro refere-se ao tipo específico de cômodo da edificação, os outros dois servem para individualizar cada amostra, atribuindo uma numeração específica para cada amostra coletada naquele cômodo específico.

As amostras devem ser numeradas, fotografadas em sua posição original, deve-se desenhar o croqui de sua localização, identificar, preencher a ficha de coleta, colocá-la em um recipiente apropriado (de acordo com a amostra e com a técnica de análise). Potes de vidro, latas de alumínio e de ferro, vials, bolsas plásticas podem ser utilizados para guardar e proteger as amostras. Componentes elétricos, válvulas reguladoras de pressão e pequenos objetos podem ser guardados em caixas de papelão devidamente identificadas e lacradas com fitas adesivas.

Para coleta de amostras com suspeita da presença de agentes acelerantes deve-se usar luvas, e o acondicionamento deve ser feito considerando-se a alta volatilidade de tais líquidos. O ideal é que seja acondicionado nos próprios vials para análise cromatográfica por headspace, se for o caso, pois os mesmos já possuem a devida vedação. É importante deixar aproximadamente 50% do recipiente vazio para facilitar a coleta dos gases volatilizados. Por poderem reagir com solventes e derivados de petróleo, luvas de látex não devem ser utilizadas, devendo-se coletar pequenos fragmentos com a ajuda de pinças metálicas.

Caso não seja possível coletar as amostras líquidas de outra forma (como mangueiras de sucção ou outro recipiente), elas podem ser coletadas com a utilização de algodão. Se o material estiver absorvido em materiais como madeira, pode ser feito o uso de uma serra para retirar um pedaço da mesma. Uma tesoura pode ser utilizada para amostras em tecidos ou estofados.

Deve-se atentar para a necessidade de se recolher material suficiente para eventualidade de uma nova perícia (confirmação). Deve-se recolher também, além do recolhimento da amostra que supostamente tenha o agente acelerante, a coleta de uma amostra do material que supostamente não esteja contaminada com o agente acelerante ou que não tenha sido atingida pelo fogo, para servir de contraste, mas acondicionada em recipiente distinto.

Preparo da amostra

Após a coleta essa amostra precisa ser preparada. Muitas vezes ela não está em condições de ser analisada. Precisa ser fracionada, ou homogeneizada ou seca. Para as amostras cuja análise é realizada no estado líquido, muitas vezes a amostra precisa ser dissolvida, fundida, diluída ou, ao contrário, concentrada. Tratamentos preliminares da amostra ainda incluem a moagem e peneiramento, pulverização, dissolução, decomposição (via úmida ou via seca) e extração. Tudo com dependência da técnica de análise.

Minimização de Interferentes

A remoção de interferentes é necessária quando a amostra é muito complexa (como nas amostras provenientes de incêndios) e alguns compostos podem interferir na leitura da técnica escolhida, ou quando alguns compostos são incompatíveis com a técnica escolhida.

O método de análise escolhido deve ser capaz de medição ou identificação da substância de interesse, mesmo com outras substâncias presentes. Isso é uma situação nem sempre alcançada com os procedimentos analíticos. Portanto, deve-se se preocupar com a ocorrência de interferentes que podem resultar em falsos resultados. Contorna-se esse problema através da escolha mais seletiva possível do método analítico e execução de procedimentos para remover o interferente ou evitar que ele atrapalhe o processo de análise.

Alguns procedimentos utilizados para minimização de interferentes:

- Precipitação seletiva;
- Mascaramento (através da adição de agentes complexantes);
- Oxidação e redução seletiva;
- Extração com solventes;
- Separação cromatográfica.

Métodos espectroscópicos

A interação das substâncias com a luz (visível ou invisível) ou outras formas de radiações eletromagnéticas é um fator largamente utilizado na identificação de analitos. São chamados métodos espectroscópicos e se baseiam na medida da quantidade de radiação produzida ou absorvida pelas moléculas ou pelas espécies atómicas de interesse.

λ / nm	absorvida	transmitida
	cor	cor complementar
380-420	violeta	verde-amarelo
420-440	violeta-azul	amarelo
440-470	azul	laranja
470-500	azul-verde	vermelho
500-520	verde	púrpura
520-550	verde-amarelo	violeta
550-580	amarelo	violeta-azul
580-620	laranja	azul
620-680	vermelho	azul-verde
680-780	púrpura	verde

Figura 54 - Cores absorvidas versus cores transmitidas na interação da luz visível com os compostos.
Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAehiYAH/aula-sobre-metodos-opticos>

Seção 2. Medidas espectroscópicas

A amostra é estimulada aplicando-se energia na forma de calor, energia elétrica, luz, partículas ou por uma reação química. Antes da aplicação, o analito se encontra predominantemente em seu estado de energia mais baixo ou estado fundamental. Algumas das espécies do analito sofrem uma transição para um estado de maior energia. A radiação eletromagnética emitida é então medida quando este retorna ao estado fundamental. Podes ser medida, em vez da emissão, a quantidade de radiação eletromagnética absorvida no processo de excitação.

Na Figura 55 pode-se observar o processo de emissão. Em (a) a amostra recebe energia (térmica, elétrica ou química). Em (b) pode-se ver que a energia recebida causou a excitação eletrônica. Ao retornar ao estado inicial, a espécie química emite energia quantizada em todas as direções. Esse sinal é recebido e quantificado pelo leitor do equipamento (c).

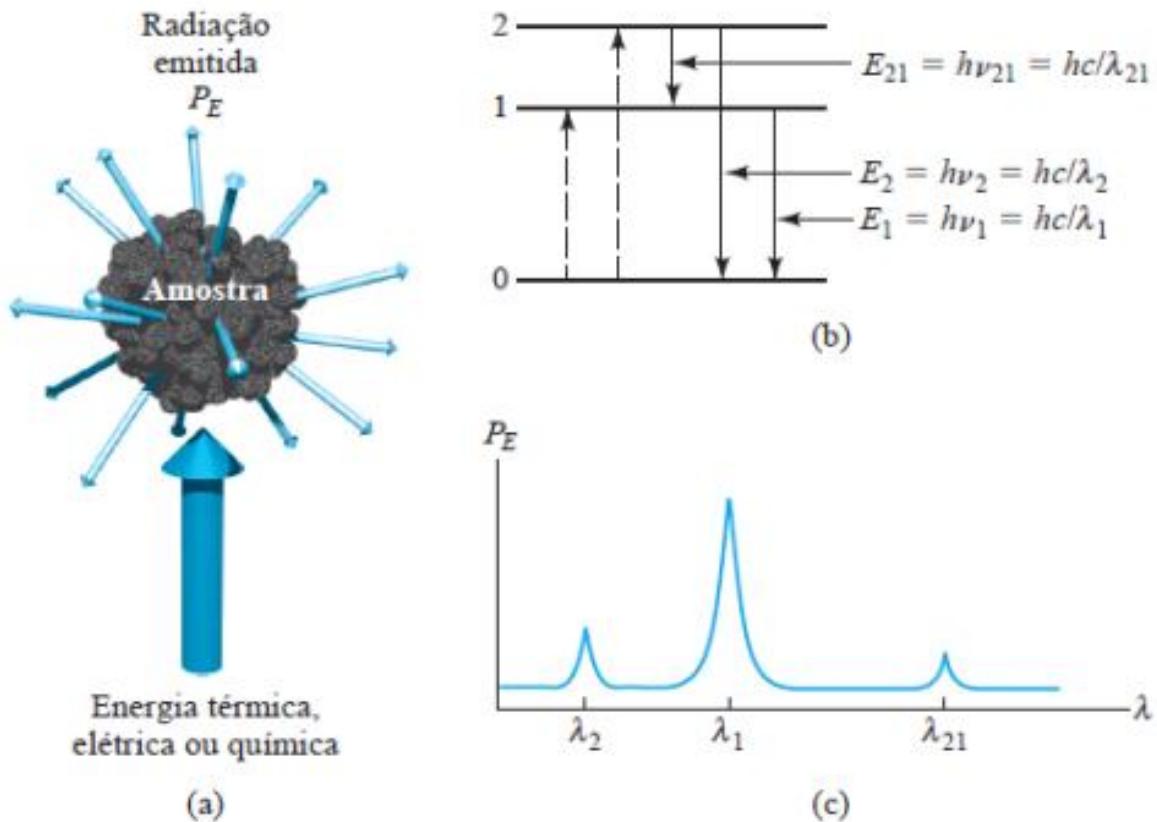


Figura 55 - Processo de emissão.
Fonte: <https://www.emaze.com/@AIILWZTC>

Na Figura 56 vemos esquematizado o processo de absorção. Sobre a amostra incide a energia eletromagnética (a) que causa a excitação eletrônica da espécie química a ela submetida (b). Ou seja, a espécie química absorveu a energia incidente. O leitor do equipamento capta a energia transmitida e a quantifica, transcrevendo essa leitura em sinais que podem ser interpretados pelo analista (c). A lei de absorção, também conhecida como lei de Lambert-Beer, nos diz quantitativamente como a grandeza da atenuação depende da concentração das moléculas absorventes e da extensão do caminho sobre o qual ocorre a absorção.

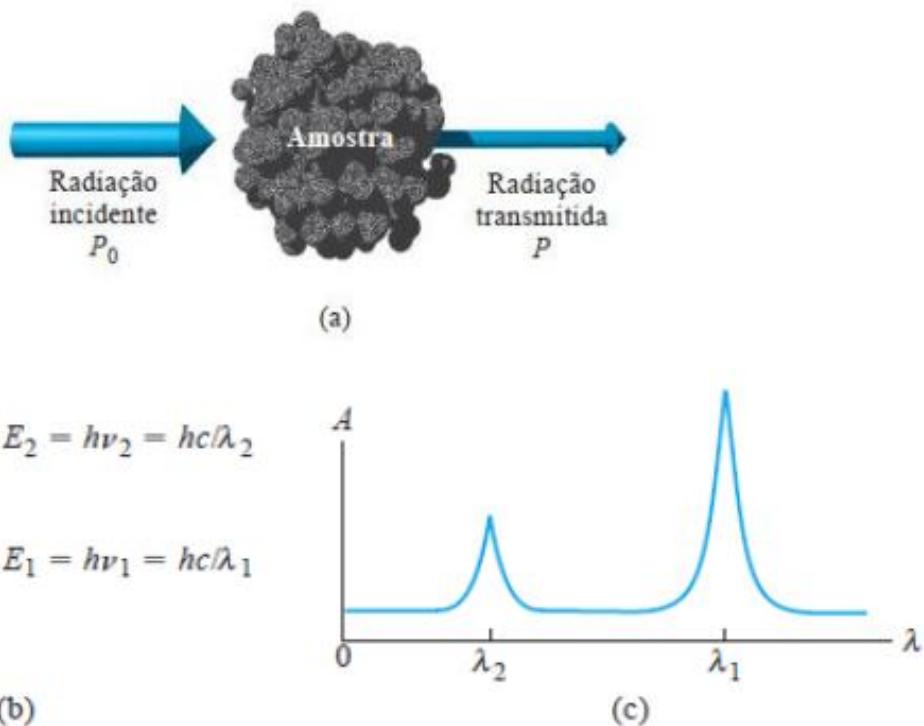


Figura 56 - Processo de absorção.
Fonte: <https://www.emaze.com/@AIIIWZTC>

Seção 3. Cromatografia.

A cromatografia é uma técnica de separação de misturas e de identificação de seus componentes. Ela se baseia na migração dos componentes da mistura entre duas fases, sendo uma fase móvel e a outra estacionária. A fase estacionária consiste em um sólido (ou líquido impregnado em um sólido) que permanece dentro da coluna de separação. A fase móvel, ou eluente, consiste em um solvente (gás ou líquido) que se move através da coluna, carregando os solutos. Na cromatografia gás-líquido um líquido é mantido estacionário em suporte inerte dentro de uma coluna capilar.

À medida que o eluente percorre através da fase estacionária os componentes da mistura, devido às suas diferentes interações com essa fase estacionária, são separados, apresentando diferentes tempos de retenção. Esses tempos de retenção já são um dos fatores que podem identificar a substância, se comparados com um padrão. O que faz a fase móvel se deslocar pela fase estacionária pode ser as forças intermoleculares, a gravidade ou uma pressão fornecida por uma bomba ou compressor.

Tipos de cromatografia

De acordo com o sistema cromatográfico, a cromatografia pode ser em coluna (líquida, gasosa ou supercrítica, de acordo com a forma de apresentação da fase móvel); e planar (cromatografia em camada delgada e cromatografia em papel).

De acordo com a fase móvel, a cromatografia pode ser gasosa (cromatografia gasosa e chromatografia gasosa de alta resolução); líquida, podendo ser chromatografia líquida clássica ou chromatografia líquida de alta eficiência (CLAE ou HPLC, do inglês High performance liquid chromatography); ou chromatografia supercrítica, quando é utilizado gás pressurizado a tal ponto de o mesmo se apresentar como fluído supercrítico.

De acordo com a Fase Estacionária a chromatografia pode ser líquida, sólida ou quimicamente Ligadas. A separação dos componentes da mistura pode se dar pelos seguintes processos:

- adsorção - é baseada em uma fase estacionária sólida que adsorve (prende) certas moléculas em seu meio, da parte móvel que deve ser líquida.
- partição - baseia-se na diferente solubilidade dos componentes da mistura em relação a duas fases líquidas não miscíveis.
- troca iônica - baseia-se nas diferenças de comportamento ácido-base das moléculas a separar.
- exclusão molecular - método de separação baseado no tamanho das partículas a separar.

Cromatografia em papel

Na cromatografia em papel a amostra é colocada pontualmente sobre o papel e o mesmo é colocado sobre a fase móvel (solvente). Forças intermoleculares fazem com que o solvente “suba” pelo papel, carregando a amostra. Os diferentes componentes da amostra interagem de forma diferente com o papel, o que promove sua separação. A identificação dos compostos é feita baseada na altura em que cada componente subiu no papel, em comparação com um padrão.



Figura 57 - Cromatografia em papel.

Fonte: <http://www.silicycle.com/faq/thin-layer-chromatography/what-is-the-co-spotting-method>

Cromatografia em camada delgada

A técnica é muito parecida com a da cromatografia em papel, mas no lugar do papel utiliza-se uma placa (alumínio, plástico, vidro) coberta previamente com adsorvente adequado de granulação especial. Ao secar, o adsorvente permanece aderido à placa. Existem também placas comerciais que podem ser compradas prontas para o uso. Pode ser necessário o uso de reveladores para que os componentes se tornem visíveis. A identificação dos compostos é feita baseada na altura em que cada componente subiu no papel, em comparação com um padrão.

Cromatografia em coluna.

Nessa técnica uma coluna de vidro, metal ou plástico é preenchida (empacotada) com um adsorvente adequado. A amostra é colocada na parte superior e o eluente desce por ela por gravidade (pode ser utilizada uma bomba de vácuo para facilitar o processo). Os componentes da amostra interagem de forma diferente com a fase móvel, sendo separados. Os componentes são recolhidos de acordo com seu tempo de retenção.

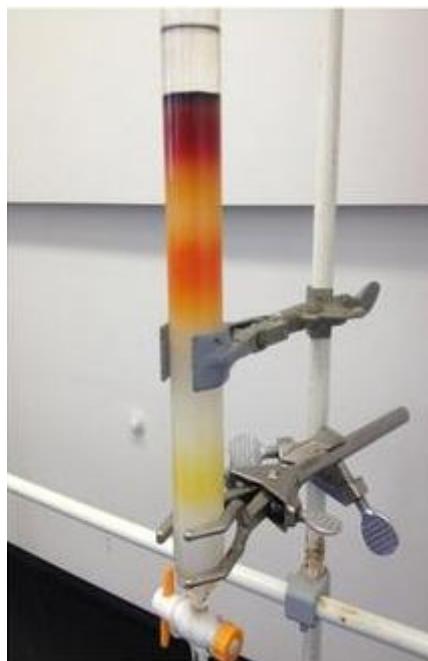


Figura 58 - Cromatografia em coluna.

Fonte: <https://quimicainstrumental.wikispaces.com/5.1+Princ%C3%ADpios+de+cromatografia>

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) e Cromatografia gasosa (CG)

Utilizam aparelhagem instrumental mais sofisticada e permitem análises qualitativas e quantitativas de quantidades muito pequenas de substâncias. Podem ser acoplados em série a diferentes equipamentos de identificação. Portanto, além do tempo de retenção, pode haver a ajuda de excelentes instrumentos para identificar as substâncias componentes da mistura inicial, como a Espectrometria de Massas, a Ressonância Magnética Nuclear, dentre outros.

Seção 4. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

Necessita do uso de solventes com alto grau de pureza como eluentes, que precisam ainda ser filtrados e degaseificados. A fase móvel é empacotada em colunas (deve ser o mais homogêneo possível) e a eluição é feita através de bombas de pressão que e a injeção é feita por meio de válvulas que permitem uma injeção homogênia, reproduzível e com mínimos volumes definidos. Os detectores mais comumente acoplados são:

- UV-Visível, baseado na absorbância de luz na faixa do UV-VIS;
- detector de Fluorescência, baseado na emissão fluorescente após excitação com luz;
- detector de arranjo de diodos, baseado na absorbância de luz na faixa do UV-VIS, mas permite a análise por vários comprimentos de onda ao mesmo tempo, fornecendo uma verdadeira “impressão digital da substância”;
- detector de índice de refração, baseado nas mudanças no índice de refração da fase móvel; e
- detectores eletroquímicos, baseados na oxidação ou redução em potencial fixo.

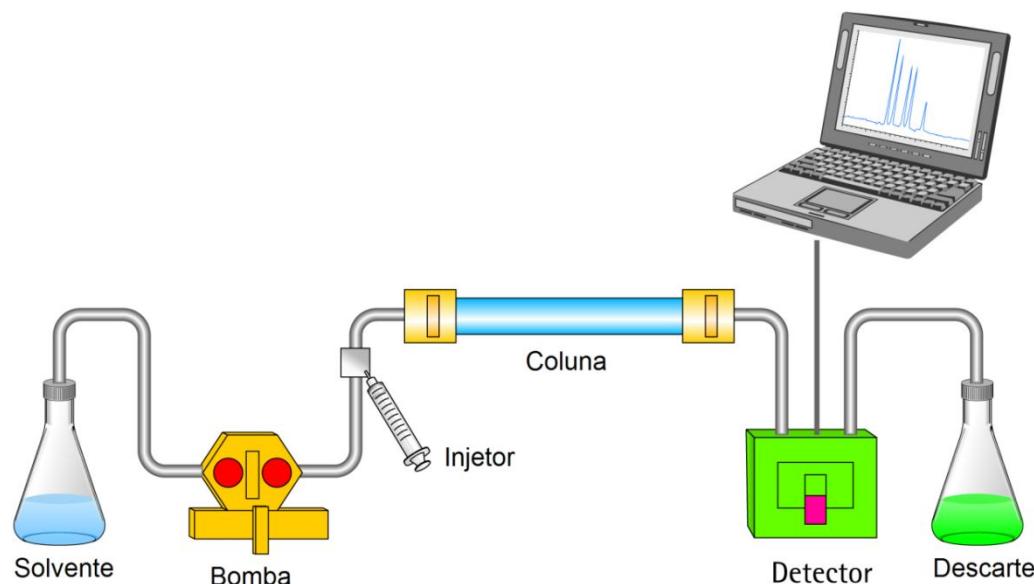


Figura 59 - Esquema representativo simplificado de um equipamento de CLAE.
Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/what-do-you-know-hplc-crystal-wang>



Figura 60 - Equipamento de CLAE. Composto de um recipiente para solventes (capacidade de realizar misturas de 4 solventes diferentes), bomba , forno (onde fica a coluna, podendo ser regulada a temperatura), detector e computador para recebimento e transcrição dos sinais.

Fonte: <https://gmi-inc.com/agilent-1100-hplc-system-vwd-with-quaternary-pump.html>

Seção 5. Cromatografia gasosa (CG)

Na cromatografia gasosa a fase móvel é um gás que passa por um coluna empacotada ou capilar. Tem alto poder de separação, alta sensibilidade e oferece como benefício a rapidez da análise. Deve ser utilizado somente para amostras voláteis e termicamente estáveis.

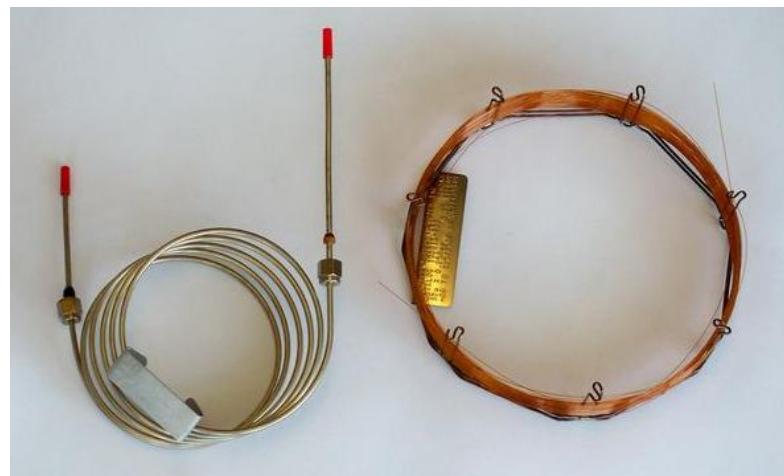


Figura 61 - Colunas empacotada (esquerda) e capilar (direita).
Fonte: <https://quimicainstrumental.wikispaces.com/5.3+Cromatografia+gasosa++instrumenta%C3%A7%C3%A3o>



Figura 62 - Equipamento de Cromatografia Gasosa. A coluna cromatográfica fica dentro do forno.
Neste equipamento é possível visualizar o injetor, acima do forno.
Fonte: <http://www.se-source.com/gc.htm>

Tipos de detectores

- Ionização de chamas FID – para esse detector a fase móvel em geral é o hidrogênio. É uma técnica destrutiva baseada na formação de íons pela combustão da amostra. Origina corrente elétrica no coletor gerando um sinal do qual a combustão do gás de arraste é descontada. Quando a substância que é capaz de capturar elétrons entra no detector é gerado um sinal negativo proporcional à concentração do composto.

- Condutividade térmica, baseado no princípio de que o corpo quente perde calor a uma velocidade que depende da composição dos gases que o rodeiam;

- Captura de elétrons, baseado no decaimento de isótopos radioativos que produzem partículas beta. Tais partículas colidem com as moléculas do gás de arraste produzindo elétrons que formam uma corrente chamada de corrente de fundo
- Termiônico, é um detector de ionização onde, pela adição de um sal de metal alcalino (o rubídio) na chama, observa-se um incremento na resposta do detector para certos elementos.

Seção 6. Análise de resíduos de acelerantes.

Traços de combustível freqüentemente permanecem até mesmo depois de um intenso incêndio, onde a coleta bem sucedida e a análise destas amostras de resíduos podem fornecer informações importantes. Normalmente o acelerante é usado em excesso, não comburindo integralmente, ensopando estofados, tapetes, papéis e outros materiais absorventes, ou penetram em rebocos, revestimentos de paredes, fluem através de rachaduras no chão ou se acumulam em outros locais não arejados

Os acelerantes normalmente são compostos químicos orgânicos inflamáveis, voláteis, com um baixo ponto de ebulação, I composição complexa. Os acelerantes mais usados são gasolina, querosene, combustível diesel, diluente (como tiner e aguarrás) e solventes orgânicos com um baixo ponto de ebulação (como álcool e acetona).

A gasolina é caracterizada pela presença de hidrocarbonetos aromáticos, como o benzeno, tolueno, xilenos, etiltolueno e apresenta ainda, compostos alifáticos, porém em menor quantidade. O querosene e o óleo diesel também apresentam compostos aromáticos, mas os alifáticos são predominantes. A quantidade de carbonos varia de 9 a 20 átomos na composição do querosene e de 10 a 25 na composição do diesel. Os acelerantes mais comuns são compostos por hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos.

A quantidade de acelerantes para análises em remanescentes de incêndios e o seu reconhecimento dependerão:

- da volatilidade do acelerante;

- da severidade do fogo;
- da solubilidade em água do acelerante;
- da porosidade do material sobre o qual foi utilizado o acelerante;
- da preservação da área após o fogo;
- da quantidade de acelerante utilizada para ativar o incêndio;
- do tempo decorrido entre o incêndio e a coleta da amostra.

O álcool é também um líquido inflamável comum, empregado como agente acelerante, sendo recuperado normalmente somente em quantidades de traços porque é solúvel em água e são lavados durante a extinção do incêndio. Cuidado especial deve ser tomado ao se relacionar a presença de etanol com causa intencional, uma vez que ele é encontrado em todas as bebidas alcoólicas e produtos de limpeza.

O método escolhido para a análise de um acelerante deve ser previamente validado observando sua especificidade (seletividade), linearidade (correspondência do sinal com a concentração real), exatidão (medida do desvio ao valor real), precisão (influência de erros aleatórios), repetibilidade, reproduzibilidade, limite de detecção (em relação ao ruído do instrumento).

Para que o acelerante passe por uma análise cromatográfica deve previamente ser extraído. Isso porque a amostra original é muito complexa e pode haver interferentes que comprometem a análise. A extração pode ser feita:

- Por destilação: O vapor do líquido de diferentes pontos de ebulição se condensa, depois de resfriado, até ficar em estado líquido. Fácil de controlar e barata, essa técnica possui boa repetibilidade, mas leva mais tempo e a extração não é muito eficaz. Aplica-se apenas quando se encontram no local do incêndio resíduos de acelerante em grande quantidade.
- Uso de solventes: A extração com solventes é efetuada com produtos apropriados para retirar, através de uma lavagem, o acelerante da amostra. Essa técnica é rápida, acessível e eficaz. No entanto utiliza grande quantidade de solvente.

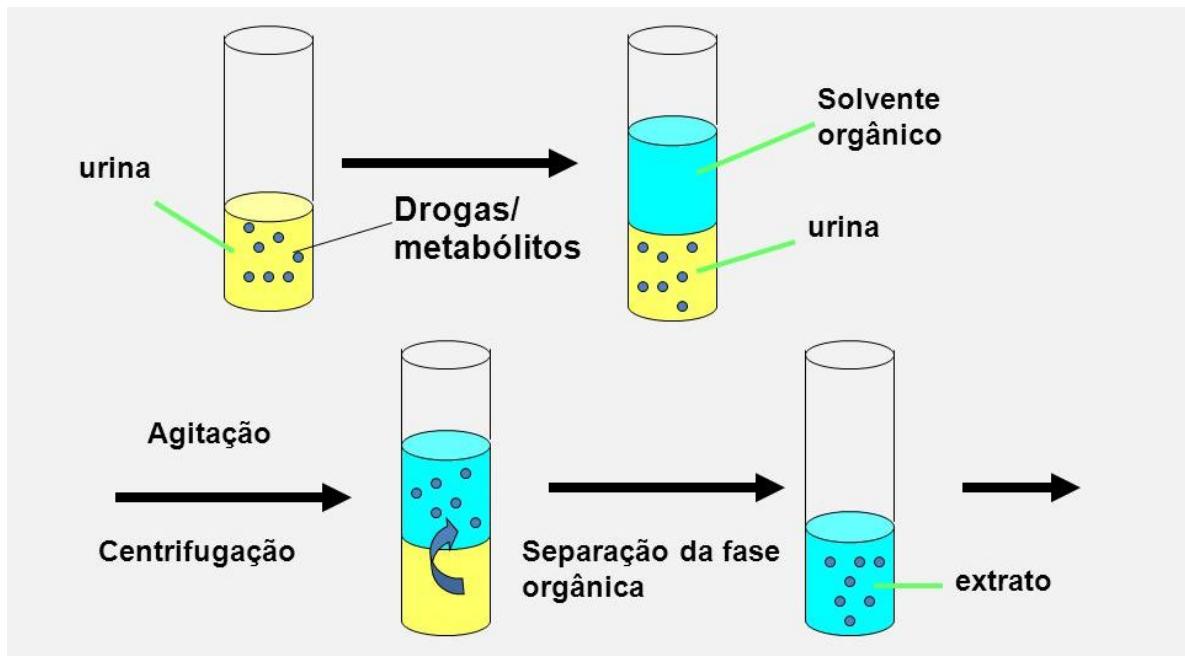


Figura 63 - Esquema de uma extração líquido-líquido.

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/1469651/>

- Extração a quente por Headspace: coloca-se a amostra num recipiente hermeticamente fechado, com uma determinada temperatura e pressão, espera-se até que o gás - líquido (ou gás - sólido) que se encontra no recipiente atinja um equilíbrio. Uma amostra do estado gasoso é extraída para análise. Técnica rápida, mas deve-se verificar se os componentes contêm suficiente quantidade e se apresentam suficiente volatilidade.

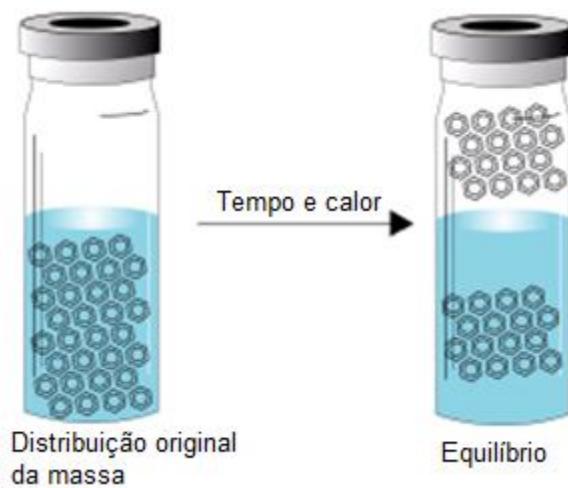


Figura 64 - Esquema representativo do headspace.

Fonte: <http://blog.teledynetekmar.com/blog/bid/393421/Basics-of-Static-Headspace-Analysis-Part-1>



Figura 65 - Vial para headspace

Fonte: <https://www.chromres.com/20-ml-headspace-screw-vial-combo-pack-100-pk-7321.html>

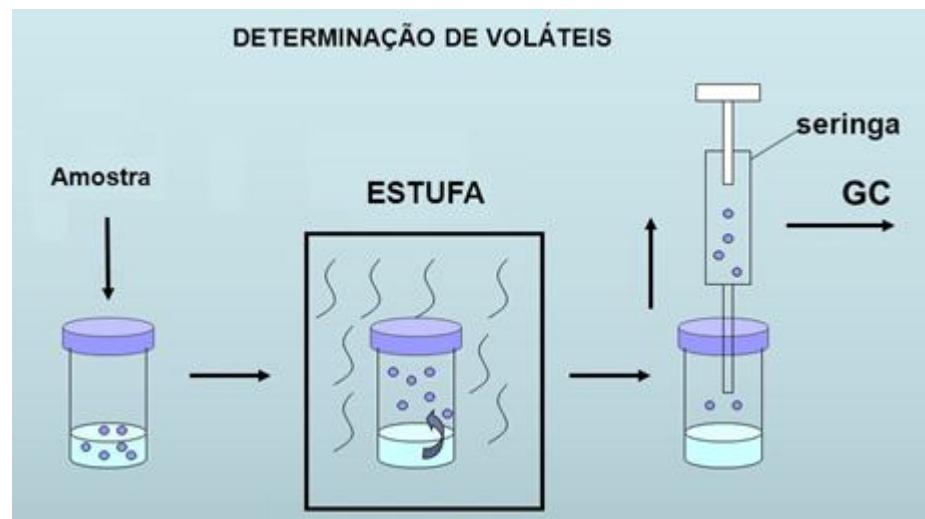


Figura 66 - Técnica do headspace.

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/3967567/>



Figura 67 - Aparelho GC-MS (cromatógrafo gasoso com espectrômetro de massas acoplado). Pode-se observar o forno para headspace (em vermelho)

Fonte: www.kfupm.edu.sa/centers/CENT/SitePages/en/ContentDetailsPage.aspx?CUSTOMID=58

- Método de Adsorção-Dessorção

Um adsorvente captura os componentes voláteis da amostra e outro solvente ou um gás inerte liberta os resíduos voláteis do acelerante, ou retira-os através de lavagem ou de sopro, para posterior submissão a análise. A diferença para a técnica de headspace está no uso desse adsorvente na agulha que retira os voláteis do vial. É uma técnica fortemente específica para separação de determinados componentes e é eficaz na extração.

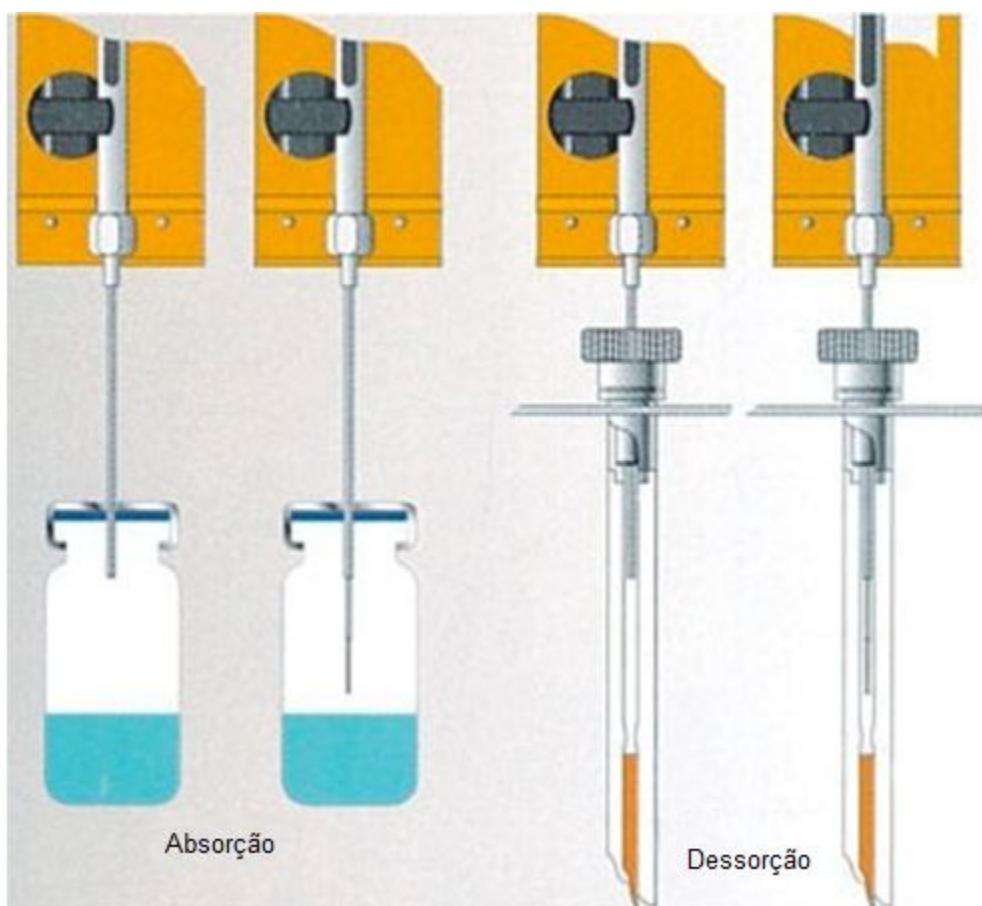


Figura 68 - Esquema representativo da absorção-dessorção.

Fonte: <http://www.shimadzu.com/an/gcms/aoc-5000.html>

Para ilustrar, segue análise realizada por Vidal (2007) conduzida num espectrômetro de massa modelo HP 5890 série II equipado com injetor “split-splitless”. Foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida AGILENT da marca HP-5 de 30 m com 0,25 mm de espessura e com fase estacionária de 5% fenil metil polisiloxano). O gás de arraste utilizado foi o hélio, com fluxo de 1,0 mL min⁻¹, modo de análise SCAN (varredura de espectros), modo de ionização utilizado foi impacto eletrônico a 70 eV. O programa de temperatura otimizado foi: temperatura inicial de 30 °C durante 5 minutos com taxa de aquecimento de 3°C/min; até alcançar a temperatura de 230°C onde permaneceu por 1 minuto, então aumentou-se a temperatura a 10 °C/min, até que atingiu-se a temperatura de 280 °C onde permaneceu por 1 minuto. O tempo dessa corrida foi de 78 minutos. As temperaturas do injetor e detector para a fibra PDMS e seringa foi de 250°C e 280°C respectivamente e para a fibra PA as análises foram feitas com a temperatura de 280°C tanto para o injetor quanto para o detector..

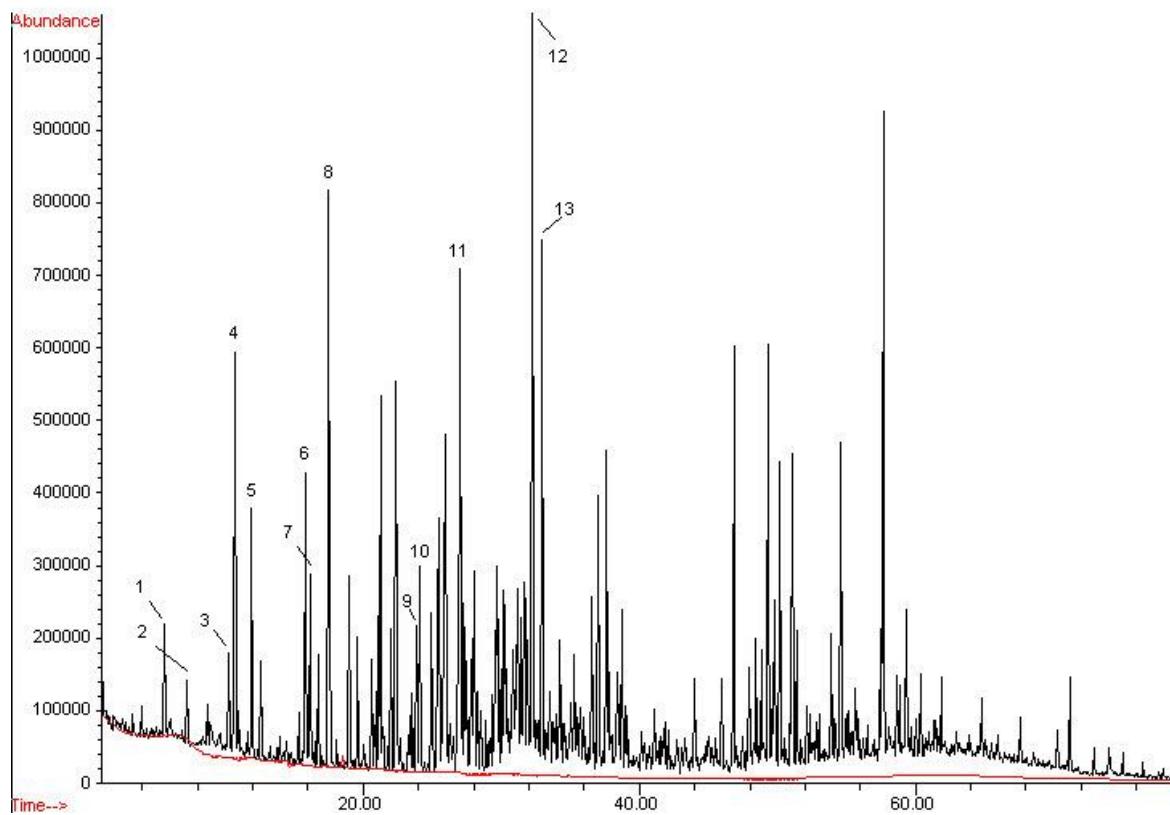


Figura 69 - Cromatograma obtido através da análise da amostra utilizando uma fibra de PA. Os compostos 1-13 estão representados na Tabela a seguir.

Fonte: Vidal, 2007

	Composto	Tempo de retenção (min)	Probabilidade (%)	Área do pico
1	Tolueno	5,61	93	695643
2	Octano	7,24	81	370643
3	Etil benzeno	10,26	94	489800
4	p-xileno/m-xileno	10,71	97/97	2399771
5	o-xileno	11,94	97	1228673
6	3-etil tolueno/4 etil tolueno	15,83	91/93	1880734
7	1,2,4-trimetil benzeno	16,17	94	910287
8	1,2,3-trimetil benzeno	17,50	94	2697560
9	1,2,4,5-tetrametil benzeno	23,87	94	731335
10	1,2,3,5-tetrametil benzeno	24,08	95	971628
11	Naftaleno	27,06	95	1244586
12	2-metil naftaleno	32,30	94	5599386
13	1-metil naftaleno	32,99	95	3620678

Tabela 1 - Representação dos resultados obtidos através da análise feita com a fibra de PA

Fonte: Vidal, 2007

CAPÍTULO 10 – INCÊNDIOS INTENCIONAIS

Seção 1. Incêndio Provocados Intencionalmente

Um local de incêndio representa, para a atividade pericial, em princípio um amplo campo de pesquisa que possibilita a retroalimentação do ciclo operacional do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO), agregando experiência ao emprego de tipos variados de conhecimentos e técnicas. Paralelo a isso temos os incêndios causados por ação humana intencional, provocados com intuito de apagar evidências de um crime anterior, golpes em seguradoras, ou ainda como produto de uma desordem psicológica.

Os indicadores de incêndios provocados de forma intencional são evidências que, quando identificadas através da presença de uma das características descrita neste estudo ou da soma destas e ainda descartando a possibilidade de incêndio natural e acidental, devem ser protegidos por meio da adoção de medidas que evitem que sejam removidos ou destruídos.

A necessidade legal e prática de reconhecer uma situação criminosa é de suma importância durante os trabalhos de perícia de incêndio realizado pelo CBMGO, para que os trabalhos de perícia de incêndio com foco na retroalimentação do ciclo operacional não sobreponha ou atrapalhem a investigação criminal, que é primordial e atribuída a Polícia Científica do Estado de Goiás. A investigação de crime é atribuição da Polícia Técnico Científica e Policia Federal, dependendo das características do crime.

Os crimes de perigo comum estão previstos no Código Penal Brasileiro: art. 250 do CPB - Incêndio, e art. 251 do CPB – Explosão, conforme se segue:

Art. 250 – Causar incêndio, expondo a perigo a vida, a integridade física ou o patrimônio de outrem;

Art. 251 – expor a perigo a vida, a integridade física ou o patrimônio de outrem, mediante explosão, arremesso ou simples colocação de engenho de dinamite ou de substância de efeitos análogos.

As estatísticas relacionadas aos incidentes com fogo no Brasil são escassas, mas Daéid (2004) relata que os incêndios criminosos representam algo em torno de 50% a 60% de todas as ocorrências deste tipo em algumas partes do Reino Unido.

Portanto é de suma importância o reconhecimento de indícios que caracterizam que o incêndio foi provocado intencionalmente, e quanto mais cedo a identificação de provável crime, melhor será para a coleta de evidencias e inicio dos trabalhos da Policia Cientifica.

Seção 2. Motivação

São relatados no Manual de Pesquisa de Causas de Incêndio (MPCI, 2006), alguns motivadores dos incêndios criminosos, tais como: o ganho direto decorrente do seguro; ganho indireto quando o incendiário se beneficia, mas o segurado é inocente; satisfação pessoal; encobrimento de outro crime; fogos ateados por maníacos ou mentalmente desequilibrados; e circunstâncias variadas, dentre outros.

Ainda segundo o mesmo Manual, os homens estão normalmente incentivados por lucro, vingança ou vaidade, e frequentemente usam acelerantes, enquanto estatisticamente as mulheres raramente estão incentivadas por lucro e raramente usam acelerantes, sendo que os incêndios por elas causados são, em geral, iniciados dentro ou nas proximidades de suas casas, são menos violentas e agressivas e têm como motivação vingança ou necessidade de atenção (MPCI – Manual de Pesquisa de Causas de Incêndio, 2006).

1. Lucro ou ganho econômico: Benefícios assegurados

Estes incêndios estão normalmente ligados a negócios. O dono de uma empresa pode iniciar um incêndio para encobrir negócios inadequados, para efetivar uma queima de arquivo ou para ter acesso ao dinheiro do seguro. Em certos casos compra-se uma propriedade, faz-se seu seguro e inicia-se um incêndio com o propósito exclusivo de fraudar a companhia de seguros.

Crises econômicas fazem crescer os casos de incêndios residenciais premeditados; por exemplo, uma pessoa que não pode vender sua casa por causa

de taxas de juros altas pode iniciar um incêndio para receber o seguro contra incêndio. Nesse caso um bom confirmador da suspeita seria o estudo da apólice.

2. Lucro ou ganho econômico: Assegurado inocente.

São os casos de pessoas que incitam outras a atear fogo a uma propriedade, por causa de benefício pessoal. Não é difícil de se identificar e detectar o incendiário com esta motivação, porque frequentemente há conexão entre seu objetivo e o ato incendiário. Incluídos nesta categoria estão:

- Seguro para reformas: afiançar um contrato para reformar os danos;
- Agente de seguro: vender mais seguro aos vizinhos da vítima;
- Contratantes: afiançar um contrato para reconstruir, destruir ou adquirir proteção;
- Competidores: tirar a vítima de um negócio;
- Hipoteca dos proprietários: adquirir dinheiro vivo (cláusula de perda pagável prevista em contrato);
- Donos de propriedade adjacente: tem a chance de comprar a propriedade e ampliar suas posses;
- Donos de propriedade próxima: podem prevenir uma mudança de ocupação (por exemplo: conversão de uma edificação em um bar).

3. Satisfação pessoal

Os incêndios motivados por satisfação pessoal geralmente têm alguma conexão identificável com seus objetivos. Porém, quando se fazem presentes outros motivos como a vingança geralmente tem-se uma ação mais cuidadosa, através da elaboração de planos detalhados para atear o fogo e escapar da descoberta. O incidente que criou o desejo incendiário frequentemente acontece muito tempo antes de o fogo ser ateado.

A vingança, ofensa, ajuste de contas ou raiva podem ser responsáveis por um grande número de incêndios. Incendiários raramente são motivados por estas emoções, considerando-se a extensão do dano que eles podem fazer - a intenção deles é prejudicar alguma pessoa particular ou grupo de pessoas para adquirir algum suposto benefício. A vingança de incendiários por despeito é bastante semelhante, pois eles planejam o fogo por muito tempo, talvez anos, e se preocupam com a possibilidade da descoberta. A única diferença real entre os dois é uma questão de grau. O incendiário rancoroso quer irritar ou incomodar os outros, assim eles normalmente tentam danificar ou destruir pertences pessoais. O incendiário vingativo tem a intenção de fazer grande dano à pessoa ou propriedade.

Incêndios por ajuste de contas são normalmente feitos por pessoas que têm pequeno autocontrole e que agem depressa em retribuição a algum desprezo real ou imaginário, de forma inconsequente. Estão frequentemente relacionados com consumo de álcool ou outras drogas.

Outra categoria de incendiários são aqueles que assim agem para serem tidos como heróis ou algo semelhante. O incendiário que pretende ser herói pode ter um dos dois tipos de perfis: o descobridor e o realizador. O descobridor ateia o fogo, “descobre” e dá o alarme. Muitos descobridores são alcoólatras ou jovens, que se vêm como heróis. Outros são inseguros, ou mentalmente ou fisicamente problemáticos. Há pessoas que estão tentando provar seu valor à própria família e comunidade. O realizador ateia o fogo, às vezes “descobre” e informa isto, mas sempre está disponível para ajudar os bombeiros, a puxar a mangueira, abrir a escada, e salvar as pessoas.

Há sempre uma infelicidade na história do pretenso herói: pode ser alguém que tentou ser Bombeiro, mas não teve êxito. Pode ter ateado fogo por dinheiro, mas a maioria dos que compõem este grupo têm razões diferentes. Alguns só desejam a chance de operar um equipamento; outros querem adquirir alguma prática. Alguns ateiam fogo em uma instituição perto de um Posto de Bombeiros em uma tentativa de prejudicar a reputação da Corporação.

Extorsão é outra “satisfação” pessoal para atear fogo. Alguns destes incêndios são ateados para forçar um homem de negócios a comprar seguro, ou proteção. Outros, para intimidar testemunhas ou para atingir alguma outra pessoa

com alguma perda material à vítima e, por fim, aqueles que incluem causas de diferenças políticas, religiosas, e raciais.

4. Encobrimento de outro crime

Algumas vezes o incêndio é premeditado como tentativa de destruir evidências de outro crime. Incluídos estão roubos (mais comumente), vandalismo, fraude de imposto, falta de inventário, agressão, desfalque, falsos registros e relatórios, apropriação indébita e assassinato. Há casos em que incêndios são provocados para desviar atenção enquanto outro crime acontece, como fugas de prisões, hospitais e outras instituições.

Deve-se verificar a presença de registros financeiros abertos em uma escrivaninha ou com as páginas esparramadas para uma ignição mais fácil. Serão achadas as vítimas de agressão ou homicídio deitadas frequentemente de barriga para cima enquanto que as vítimas de fogo e fumaça frequentemente são achadas deitadas de barriga para baixo e com as mãos cobrindo a face.

5. Fogo ateado por pessoas com problemas mentais

Pessoas com problemas mentais (inclui o mentalmente retardado, o maníaco, o psicótico, o paranóico, o fanático religioso, dentre outros) eventualmente são autores de incêndios intencionais. Embora o mentalmente retardado seja tido como quem ateia frequentemente fogo da mesma maneira e pelas mesmas razões como fazem as crianças da idade mental deles, há evidências que indicam que isto nem sempre é verdade. Paranóicos têm ilusões de perseguição e grandeza pessoal, às vezes com alucinações que os impelem a atear fogo por várias razões. O religioso fanático fala que Deus manda queimar as casas de adoração de incrédulos ou abrir um campo com as chamas para ajudar os pequenos animais.

6. Circunstâncias variadas

Circunstâncias variadas são todas que poderiam ser relacionadas aos outros cinco motivos, mas não podem ser postas nitidamente em tais categorias. Elas incluem o dano malicioso (brincadeira de datas comemorativas, prática de “desafios”) e pessoas que procuram fazer a lei com as próprias mãos (incendiar loja de artigos pornográficos, de seitas religiosas, etc.).

Seção 3. Características

Sob o ponto de vista técnico-pericial, o incêndio intencional, criminoso ou incendiário é aquele que se provoca deliberadamente com o fito de causar danos a propriedade (Ranvier, 2010). A diferença dos outros incêndios reside na intenção de provocá-lo.

Conforme SEITO (2008, p 341) as características de incêndios provocados intencionalmente são:

A presença de múltiplos focos iniciais; comportamentos de queima anômalos incompatíveis com situações acidentais; presença de agentes acelerantes, mais comumente hidrocarbonetos (gasolina, álcool, querosene). Nesse caso a forma cônica do incêndio não prevalece; pontos com agentes acelerantes apresentam, na maior parte das vezes, marcas de queima em maior profundidade e seus vestígios podem ser analisados por meio de testes laboratoriais. Incêndios com propagação horizontal (a tendência é a propagação vertical) sem correntes de ar que justifique o deslocamento anômalo podem indicar o uso de substâncias acelerantes. Por isso, essa situação caracteriza um incêndio intencional (a substância acelerante líquida escorre dando origem a um incêndio com propagação horizontal) (A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL. Coordenação de Alexandre Seito e outros, 2008, p 341);

Quando todas as causas acidentais e naturais forem eliminadas, o perito deve começar a procurar sinais de incendiário (Ranvier, 2010). O grande desafio será reconhecer os indícios de incêndio provocado uma vez que a maior parte dos incêndios criminosos são arquitetados de modo a parecer acidentais. Há uma série de condições relacionadas com a origem e propagação do fogo que podem fornecer física evidência de um foco de incêndio provocado intencionalmente (NFPA 921, 2004).

1. Multifocos:

São dois ou mais focos simultâneos separados e não relacionados. O investigador deve procurar para descobrir quaisquer conjuntos de fogo adicionais ou pontos de origem que possam existir. A fim de concluir que há multifocos o investigador deve determinar se qualquer incêndio "separado" não foi o resultado natural do fogo inicial, sua identificação revela fortes indícios de incêndio provocado intencionalmente (NFPA 921, 2004).

Os multifocos são caracterizados pela presença de incêndios em cômodos diferentes; incêndios com históricos diferentes com nenhuma chama de ligação; ou incêndios separados, dentro e fora de uma edificação. Uma busca na edificação queimada e seus arredores devem ser realizados para determinar se existem multifocos. Quando há múltiplos pontos de origem do fogo, devem-se ter provas de que estes locais não puderam ter sido o resultado de causas acidentais (MPCI – Manual de Pesquisa de Causas de Incêndio, 2006).

Quanto antes o incêndio é extinto, mais fácil é identificar os múltiplos pontos de origem. Uma vez que o envolvimento do ambiente inteiro ou a extensão da chama de ambiente a outro ambiente ocorra, identificar multifocos se torna mais difícil e uma combustão completa pode tornar a identificação impossível. Também é necessário verificar se na edificação houve, anteriormente, incêndio, pois nesse caso é preciso tomar cuidado para não confundir os danos anteriores com uma situação multifocos.

A esse respeito Ranzier (2010) cita que:

Nos incêndios intencionais, a presença de vários focos de fogo independentes e sem conexão, indicando várias origens do fogo, é frequentemente confirmada, pois no afã de ter a certeza de que seus objetivos serão atingidos, o incendiário ateia fogo em diversos pontos.

A reconstrução da cena do incêndio, um aspecto importante do exame da cena do incêndio, é especialmente importante quando se suspeita de multifocos. A confirmação de multifocos é uma indicação convincente de que o fogo foi incendiário.

2. Trieiros.

Após incêndios colocados, quando os combustíveis foram intencionalmente distribuídos ou "arrastados" de uma área para outra, padrões alongados podem ser visíveis. Tais padrões de fogo, conhecidos como trieiros, podem ser encontrados junto ao solo conectando focos separados, ou subir escadas interligando incêndios de um pavimento ou nível dentro de uma estrutura para outro.

Os combustíveis formadores de trieiros podem ser líquidos inflamáveis, sólidos, ou combinação destes. Sua identificação revela fortes indícios de incêndio provocado intencionalmente (NFPA 921, 2004). Materiais como roupas, papel, palha e líquidos inflamáveis são muitas vezes utilizados. Restos de materiais sólidos frequentemente são deixados para trás e devem ser recolhidos e documentados.

Líquidos inflamáveis podem deixar padrões lineares, particularmente quando os incêndios são extintos de forma rápida. A energia radiante da extensão de uma chama ou gases quentes ao longo de corredores ou até escadas também pode produzir padrões lineares. Tal como acontece com a suspeita da presença de sólidos acelerantes, amostras de possíveis acelerantes líquidos devem ser recolhidas e analisadas.

3. Falta de fontes de carga de combustível ou de ignição esperados.

Quando os danos devidos ao fogo na origem são inconsistentes com as baixas cargas de incêndio esperadas, com as limitadas taxas de liberação de calor ou com a limitação das potenciais fontes de ignição, há fortes indícios de incêndio provocado intencionalmente.

Um exemplo é a queima isolada no nível do chão em uma sala grande e vazia. Exemplos de áreas com cargas limitadas incluem corredores e escada. Escadas, enquanto usualmente tem cargas de incêndio limitadas, podem promover rápida propagação do fogo, permitindo que as chamas ou os gases quentes desloquem-se verticalmente para outras áreas. Essa ação pode causar danos

severos nas superfícies expostas da escada. Exemplos adicionais de áreas com limitado potencial de fontes de ignição accidentais incluem armários, porões, e sótãos.

4. Presença de Acelerantes.

A presença de acelerantes pode produzir um fogo com capacidade de aumentar rapidamente a temperatura do ambiente (alta taxa de liberação de calor) e pode ser usado para iniciar ou acelerar um incêndio. Tais acelerantes geralmente deixam resíduos que podem ser visualmente ou quimicamente identificáveis. Sua identificação revela fortes indícios de incêndio intencionalmente provocado.

Os padrões irregulares de queima podem indicar a presença de um líquido inflamável. Se o investigador observa padrões associados a um líquido acelerante, ele pode encontrar também os restos de um frasco usado para transportar o líquido. O investigador deve providenciar que as amostras sejam retiradas de todas as áreas onde há suspeita de estarem presentes líquidos inflamáveis.

Os padrões de “crocodilagem”, marcas de carbonização que se assemelham ao couro de crocodilo, necessitam avaliação cuidadosa. Geralmente, as rachaduras do padrão crocodilo diminuem em tamanho quanto mais perto da origem estão, nos casos em que o fogo se desenvolve normalmente. Se as rachaduras são grandes, fundas, e brilhantes, o fogo se propagou extremamente rápido.

Danos extensos e irregulares no chão são um indicativo de uso líquido inflamável (precaução: derretimento de tapetes e espumas, além de outras circunstâncias, também pode criar esse aspecto). Os líquidos inflamáveis fluirão ao nível mais baixo possível. Portanto, deve-se procurar em cantos e ao longo da base da parede para encontrar pontos de acúmulo. Em concreto ou alvenaria o padrão líquido inflamável será irregular com várias sombras de cinza para preto e estará manchado de fuligem de forma desigual com resíduo de hidrocarboneto.

Chamuscamento em níveis baixos são bons indicativos de que foram usados líquidos inflamáveis. Em um incêndio accidental é improvável, que se queime o lado inferior da mobília ou a borda de uma porta.

O concreto com sua superfície rachada e encaroçada pode ser um indicativo do uso de líquido inflamável, mas também pode ser associado a combustíveis

comuns. Tal comportamento é causado por grande quantidade de calor, que desidrata o concreto. Isso acontece com maior evidência no concreto mais novo que no concreto mais velho.

5. Configuração suspeita da carga de combustível.

Se a investigação revela a presença suspeita de grande carga de combustível na área de origem, ou uma carga de combustível na área de origem que normalmente não deveria estar nessa área ou não seria esperado estar na configuração em que foi encontrada, há fortes indícios de incêndio provocado intencionalmente.

Um exemplo de configuração suspeita é onde móveis, materiais, ou conteúdos são deliberadamente empilhados em uma configuração para incentivar o desenvolvimento rápido ou completo do fogo. Outro exemplo é o acúmulo de lixo, detritos, ou caixas de papelão que são deliberadamente introduzidos em uma sala ou espaço, a fim de incentivar uma maior participação fogo.

6. Ferimentos de queimadura.

A forma e a extensão dos ferimentos de queimadura podem fornecer pistas para a origem, causa, ou a propagação do fogo. As pessoas que provocam intencionalmente o incêndio podem se queimar durante o ato incendiário e apresentar queimaduras. O investigador deve determinar se as queimaduras da vítima de incêndio são consistentes com a hipótese da investigação sobre motivos a causar um incêndio e se espalhar. O investigador deve verificar os hospitais locais para a identificação de quaisquer pessoas internadas ou tratadas por ferimentos de queimadura.

7. Dispositivos incendiários.

Dispositivo incendiário é um termo usado para descrever uma ampla gama de mecanismos utilizados para iniciar um fogo incendiário. Em alguns casos podem ter sido usados mais de um dispositivo incendiário, sua identificação revela fortes indícios de incêndio provocado intencionalmente.

A maioria dos dispositivos incendiários deixam evidências de sua existência, especialmente o metal que envolve os dispositivos elétricos ou mecânicos. Frequentemente são usados mais de um dispositivo para evitar falhas, muitas vezes pode ser achado um dispositivo que falhou.

Os exemplos de algumas evidências da presença ou a utilização de dispositivos incendiários são as seguintes:

- a) Caixa de fósforos, papel de cigarros, filtros de cigarros, cinza do cigarro, e materiais combustíveis inflamados por fósforos ou cigarros podem ser encontrados na área de origem;
- b) Velas a partir do qual a sua cera e os restos de qualquer material combustível inflamado por velas podem ser encontrados na área de origem;
- c) Os sistemas de fiação ou aparelhos de aquecimento elétricos para iniciar um incêndio (que pode ser evidenciado por indícios de adulteração ou alteração do sistema de fiação, pela movimento ou arranjo dos aparelhos que produzem calor para locais próximos materiais combustíveis, ou por evidência de materiais combustíveis que está sendo colocado sobre ou perto de aparelhos de produção de calor);
- d) Bombas caseiras, comumente chamados coquetéis Molotov (que deixam provas sob a forma dos líquidos inflamáveis, produtos químicos ou compostos utilizados dentro deles, o quebrado contentores, e pavios);
- e) Dispositivo incendiário parafina, serragem (que pode ser evidenciado por restos de cera impregnada com serragem).

Seção 4. Avaliação do crescimento e dano do fogo:

Pode ser formada uma opinião de que a velocidade de desenvolvimento do fogo ou a extensão dos danos foi maior do que seria esperado de combustíveis “normais” que se acredite estarem presentes somados a configuração da construção. Entretanto essas opiniões são subjetivas. O desenvolvimento do fogo e os danos são associados a um imenso número de variáveis, e as assunções feitas pelo investigador são baseadas nas experiências e treinamento do investigador. Se

uma linguagem subjetiva é usada, o investigador deve ser capaz de explicar especificamente por que o fogo era “excessivo”, “não natural” ou “anormal”.

Geralmente os incêndios intencionais são generalizados e intensos, destruindo completamente os bens combustíveis acondicionados, não deixando sinais da marcha do fogo, casos em que a atuação pericial estará centrada na complexidade dos elementos do conjunto sensível notadamente na análise química dos remanescentes.

A conclusão do incêndio muitas vezes é dada pelo método da exclusão, ou seja, verificam-se todas as possibilidades do incêndio ter se desencadeado por fenômenos naturais ou causa accidental. Se forem descartadas de maneira segura as causas mencionadas e houver indícios que caracterizem um incêndio intencional, então essa é a conclusão sobre o incêndio.

Segundo Feitosa (2010) o método da eliminação oferece maiores possibilidades para a correta determinação da gênese do incêndio:

Assim sendo, ante a ausência de fontes de ignição ou a incompatibilidade de uma fonte latente as vistas com o desenvolvimento do fogo, há incêndios forçando a determinação indireta das suas eclosões, nos quais o perito procede um levantamento de todas as causas naturas e acidentais potencialmente possíveis, considerando-se todas as características e circunstâncias, examinando as distintas possibilidade teóricas e práticas e, quando estas são completamente descartadas, com questão sobreveniente de causa e efeito, aflora o incendiário como origem provável (Ranvier, 2010, p. 285).

Existem muitas evidências no local que podem ajudar a definir se um incêndio foi criminoso. Mas, quando esses elementos materiais não são tão evidentes, uma das formas usadas pelos peritos para provar que um incêndio foi provocado intencionalmente é a busca de agentes acelerantes no local.

Um agente acelerante é um combustível químico que faz com que o fogo queime mais intensamente, se espalhe mais rapidamente do que o habitual, ou seja, extraordinariamente difícil de extinguir. A presença de um acelerante que não deveria estar no local em resíduos de um incêndio pode ser usado como prova de que o fogo foi produzido pela ação humana intencional.

Os agentes acelerantes mais utilizados são gasolina, querosene, aguarrás, benzina e óleo diesel. Todos estes são compostos orgânicos que contêm misturas de moléculas de hidrocarbonetos.

O problema é que, como os combustíveis foram queimados, a identificação da existência ou não de um agente acelerante pode não ser tão simples. Porém, se um acelerante foi usado para iniciar um fogo, é provável que uma pequena quantidade dele ainda esteja presente nos escombros carbonizados.

De todo o expedido, verifica-se que só muito raramente um incêndio pode ser provocado sem que restem algumas das características típicas de prática intencional ou incendiarismo.

CAPÍTULO 11 - INCÊNDIOS RELACIONADOS À ELETRICIDADE

O manuseio incorreto da energia elétrica gera situações de risco para a vida e o patrimônio, existindo uma relação entre o uso da eletricidade e a ocorrência de sinistros. Tal relação deve ser bem conhecida por aqueles que atuam na investigação de tais sinistros, bem como pelos profissionais que lidam com projeto, manutenção, instalação e operação de equipamentos e sistemas elétricos e eletrônicos.

A investigação de incêndios foi motivadora de estudos sobre os fenômenos termelétricos. O conhecimento de tais fenômenos é um dos pré-requisitos indispensáveis na formação do profissional que lidará com a perícia técnica associada a eventos que envolvem a eletricidade e permitirá à pessoa reforçar os aspectos de segurança que devem ser adotados.

Quando se relaciona incêndio ao fator eletricidade podem-se citar várias vertentes dessas ocorrências como, por exemplo: incêndios residenciais, em comércios e indústrias, em veículos, em vegetação, relacionados às descargas atmosféricas, equipamentos eletroeletrônicos, subestações de energia entre outros.

A norma brasileira NBR 5410, que trata das instalações elétricas em baixa tensão, da ABNT, entre outras, possuem apenas um caráter orientativo, não havendo a obrigatoriedade de seguir as orientações necessárias para fins de segurança das instalações e de seus usuários. Não há mecanismos que imponham o uso de tais normas técnicas no Brasil, salvo nos casos expressos em lei.

Tal situação torna ineficaz a fiscalização dos serviços elétricos e ações cotidianas inaceitáveis ocorrem com bastante frequência, trazendo para toda a sociedade situações de risco o que pode gerar perdas não só materiais como também perdas humanas.

Seção 1. Sinistros envolvendo eletricidade

Podem-se vincular a eletricidade às seguintes ocorrências:

- explosões em atmosferas saturadas;
- detonação de explosivos;
- descargas elétricas indesejáveis, com danos à vida e/ou patrimônio;
- esforços mecânicos destrutivos provocados por forças originadas da interação de campos eletromagnéticos;
- aquecimento anormal de estruturas e/ou equipamentos;
- princípios de incêndio em equipamentos eletroeletrônicos;
- princípios de incêndio em instalações elétricas.

E entre as causas primárias, apontam-se um ou mais dos seguintes fenômenos termelétricos:

- curto-circuito;
- sobrecarga elétrica;
- conversão de meios isolantes (dielétricos) em meios condutores;
- contatos imperfeitos entre superfícies condutoras;
- degradação do cobre condutor;
- desconexão parcial;
- fuga de corrente elétrica;
- descarga elétrica.

Seção 2. Curto-circuito

Quando pontos distintos, que apresentam certa diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica (voltagem), entram em contato direto há a ocorrência de um curto-circuito. Esse fenômeno ocasiona a formação de uma elevada corrente elétrica associada a uma rápida elevação da temperatura no local do contato causando a fusão dos materiais que se tocaram.

Curtos-circuitos não interrompidos provocam grande dissipação térmica causando a deterioração do isolamento da fiação, o que pode resultar em combustão e, se houver algum material combustível próximo há a possibilidade de se iniciar um incêndio. Quando há o contato de partes desencapadas de condutores elétricos com regiões condutoras, por exemplo, estruturas metálicas, denomina-se um curto-circuito indireto. Já o curto-circuito direto ocorre pelo contato de dois fios condutores.

As principais causas que podem levar a ocorrência de um curto-circuito são:

- danos mecânicos ao material isolante;
- degradação do material dielétrico por passagem de corrente acima de sua capacidade;
- degradação do material dielétrico por subdimensionamento;
- utilização de conexões inadequadas;
- utilização de componentes na instalação subdimensionados.

Embora uma centelha provocada por um curto-circuito possua uma potência elétrica elevada, dificilmente ela pode elevar a temperatura até valores da temperatura de ignição dos materiais adjacentes. Portanto, dificilmente um curto-circuito dará origem, diretamente, a um incêndio. Entretanto, materiais com baixas capacidades térmicas podem dar origem a incêndios quando expostos a tais situações.

Isolamentos de condutores degradados pela ação do calor, (normalmente devido à sobrecarga de natureza elétrica) estando já aquecidos pela corrente

elétrica ou carbonizados, estão também sujeitos a entrarem em combustão, o que pode ocasionar um princípio de incêndio.

1. Traços de fusão

No local onde ocorre um curto-circuito forma-se no condutor uma estrutura cuja forma difere da forma original do condutor. Esta forma é chamada de traço de fusão devido à fusão que ocorre no material condutor devido a grande densidade de corrente elétrica no ponto de contato gerando uma grande dissipação térmica por unidade de volume, mesmo quando a potência envolvida não é elevada.

Se o condutor elétrico, por ação térmica, sofrer deformações, apresentará uma forma distinta dos traços de fusão, TF(s), facilmente identificável.

A temperatura ambiente, durante a ocorrência de um incêndio, pode mascarar o traço de fusão se ultrapassar o nível dos 1000°C.



Figura 70 - Traço de fusão indicando a existência de um curto circuito. Incêndio ocorrido no em junho de 2016 no Conjunto Vera Cruz, Goiânia. Incêndio ocorrido em junho de 2016 no Conjunto Vera Cruz II, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016

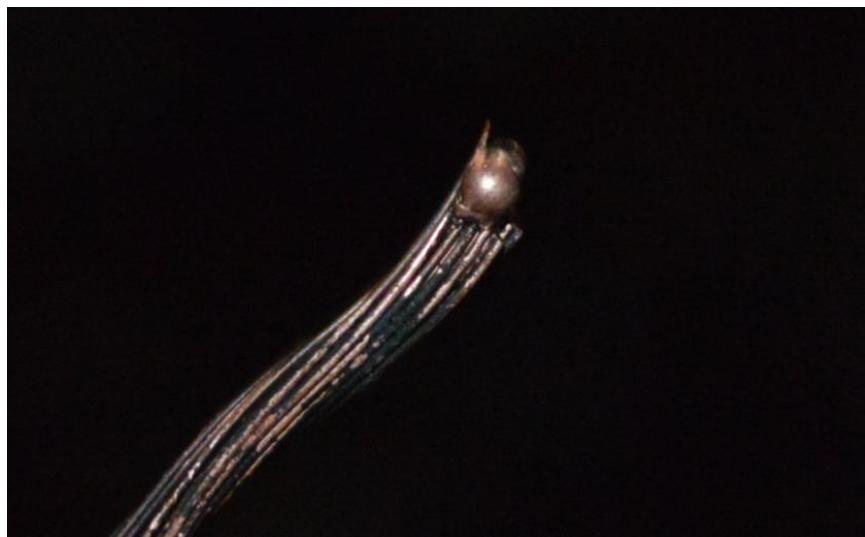


Figura 71 - Traço de fusão. Incêndio ocorrido em janeiro de 2017 na Cidade Satélite São Luiz, Aparecida de Goiânia.
Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Traço de fusão primário

É o traço de fusão produzido antes do início do incêndio e que foi o responsável pela origem do sinistro.

O traço de fusão primário é produzido quando a temperatura não é tão elevada antes do momento da ocorrência do curto-circuito, mas localmente esta atinge valores da ordem de 2000° a 3000°C no momento do curto-circuito. Como resultado de tal elevação térmica localizada, a superfície do material condutor em contato, funde-se dando origem, geralmente, a uma superfície polida, esférica e concentrada (conforme Figura 72). Na maioria das situações os materiais combustíveis não estão carbonizados quando ocorre o curto-circuito e detritos ou restos de materiais não são localizados neste tipo de traço de fusão.



Figura 72 - Traço de fusão primário
Fonte: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/12562806/incendios-relacionados-com-eletrosligado-cppt/15>

Traço de fusão secundário

É o traço de fusão produzido pela combustão do material isolante sobre o condutor energizado que ocasionou o curto-circuito. Caracteriza-se por possuir menor grau de polidez, maior rugosidade na superfície do traço e que apresenta uma forma mais irregular e de menor densidade (conforme Figura 73 - Traço de fusão secundário com aumento de 30x. Figura 73, abaixo). Podem ainda ser encontrados restos de material, como a cobertura isolante, fundidos junto ao traço.

Observa-se que quando produzido logo após a deflagração do incêndio, quando a fiação de cobre não se encontra em temperatura muito elevada, o traço de fusão secundário não apresentará grandes diferenças em relação ao traço de fusão primário.

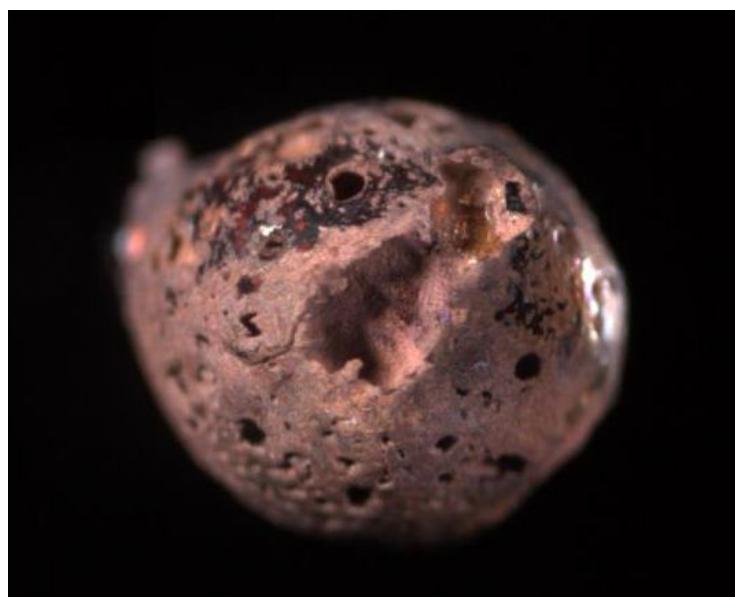


Figura 73 - Traço de fusão secundário com aumento de 30x.

Fonte: Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CRTI, 2016) em parceria com o Centro de Investigação e Perícia de Incêndio (CIP/CBMGO)

Seção 3. Sobrecarga

Sobrecarga elétrica em condutores é a passagem de corrente elétrica acima da capacidade que o condutor suporta transportar e que provocará:

- elevação de temperatura no condutor, material dielétrico e vizinhança;
- degradação do material dielétrico associado ao condutor;
- escoamento do material dielétrico associado ao condutor;

- liberação de gases para a atmosfera com cheiro característico;
- danos às conexões associadas ao condutor elétrico.

Um exemplo comum de sobrecarga em condutores é a ampliação da instalação elétrica pelo uso de extensões e plugues adaptadores. Esse efeito ainda pode ser amplificado quando estas extensões são enroladas e confinadas. Já a sobrecarga elétrica em equipamentos ocorre quando a potência elétrica de projeto não é respeitada e é submetido a valores de potência elétrica superiores, como tomadas de uso geral, quadros de distribuição, e equipamentos eletroeletrônicos.

Diretamente, a sobrecarga não dará origem a incêndios, entretanto, suas consequências poderão gerar outros fenômenos termelétricos originando-os. A sobrecarga é um dos fenômenos termelétricos que mais causam incêndios, já que o manuseio da instalação é feito muitas vezes por pessoas sem o devido conhecimento e preparo.

Uma característica para a análise pericial consiste no fato de que o traço de fusão deixa marcas pontuais, ao passo que a sobrecarga na instalação deixa marcas em todo o circuito, mesmo em locais distantes do sinistro. O perito deve analisar criteriosamente a instalação elétrica. Outra importante característica da presença de sobrecarga é o fluxo térmico. No caso de sobrecarga, o fluxo é do interior para o exterior, fiações não sujeitas a um estado de sobrecarga sofrem ação térmica no sentido inverso.

Os diversos materiais utilizados nas edificações são combustíveis e apresentam temperaturas dos pontos de ignição superiores à temperatura de curto-circuito dos condutores. Pode-se afirmar, portanto, que o condutor elétrico, por mais sobrecarregado eletricamente que possa estar, apresentará um curto-círcito sempre que houver formação de um percurso alternativo para a corrente elétrica, antes que combustíveis nas imediações atinjam seus pontos de ignição. Logo, a sobrecarga conduz a um curto-círcito na maioria dos casos.

Assim, pode-se dizer que a sobrecarga elétrica causará um curto-círcito o qual poderá levar a um princípio de incêndio, o que ocorre com maior frequência, ao contrário do caso menos frequente em que a sobrecarga diretamente irá proporcionar o princípio de incêndio.

Seção 4. Desconexão parcial

É um fenômeno específico que ocorre em condutores flexíveis. Consiste em um processo gradual de degradação do condutor, do isolamento ou de ambos, provocando interrupções frequentes no fornecimento de energia a uma determinada carga elétrica (conforme figura abaixo), que, normalmente, termina com o seccionamento completo do condutor. A desconexão parcial provoca centelhamento no interior do condutor degradando o dielétrico.

É causada por esforços mecânicos não previstos e quando as partes seccionadas se tocam ocorre a passagem de corrente elétrica e a formação de diminutos traços de fusão primários devido ao grande aumento na densidade de corrente elétrica na região.

A diferença entre traços de fusão decorrentes de um curto-circuito e traços de fusão decorrentes de desconexão parcial é que no primeiro caso, mesmo que o condutor não seja rígido, mas composto por diversos fios, estes se apresentam ligados por uma única pérola de grandes dimensões. Já no caso dos traços de fusão gerados em condições de desconexão parcial, observa-se que são de dimensões muito menores do que no primeiro caso.



Figura 74 - Desconexão parcial. Incêndio ocorrido em janeiro de 2017 na Cidade Satélite São Luiz, Aparecida de Goiânia.
Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Seção 5. Contato imperfeito

Contato imperfeito é a consequência de uma má conexão mecânica entre partes e que causa a resistência de contato. Há a formação de óxido cuproso, o monóxido de dicobre (Cu_2O). A resistência de contato possui um baixo valor em ohms (Ω) e é pontual. A dissipação de energia térmica pode provocar a elevação no valor da resistência de contato.

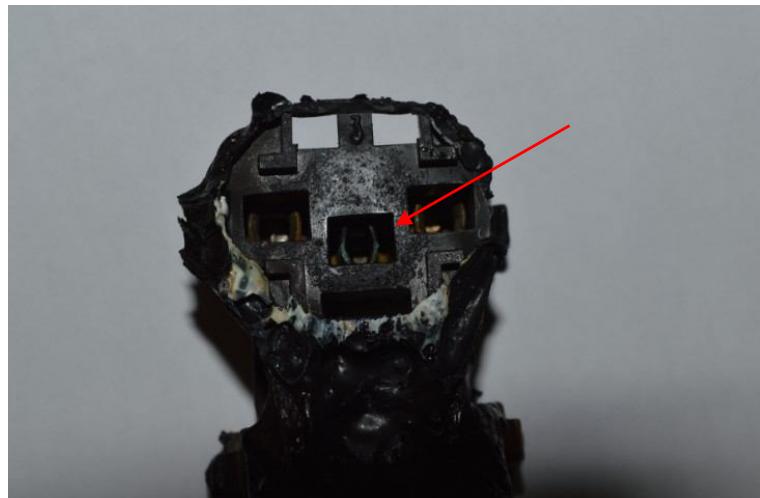


Figura 75 - Acúmulo de óxido cuproso indicando contato imperfeito. Incêndio ocorrido em janeiro de 2017 na Cidade Satélite São Luiz, Aparecida de Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Este efeito é pronunciado em circuitos nos quais há grandes intensidades de corrente elétrica e pode ter origem a partir de uma desconexão parcial. Ele aumenta com a diminuição da pressão de contato pela redução da superfície e pela formação de um filme de oxidação. O aumento da resistência aumenta a temperatura local e consequentemente o filme de oxidação.

Seção 6. Grafitação

É o processo pelo qual dielétricos como a madeira, o PVC, a borracha ou outro polímero torna-se condutor de eletricidade pela formação de grafite. O grafite puro, quando submetido à corrente elétrica, gera intensa dissipação térmica sem alterar seu estado. Ele é formado nos circuitos elétricos pelo centelhamento, de alta temperatura, que torna condutores materiais orgânicos utilizados como dielétricos, em atmosferas pobres em oxigênio, aumentando muito a condutividade do meio.

As correntes elétricas que circulam em meios grafitizados geram muita energia térmica e luminescência. Este fenômeno termelétrico é conhecido por grafitização. O centelhamento nos circuitos elétricos carbonizam os materiais orgânicos próximos devido à baixa concentração de oxigênio. Apesar de alta, a temperatura da centelha possui pequena capacidade térmica e a quantidade grafitizada é mínima. São necessárias muitas centelhas elétricas no ponto de grafitização ao ponto de haver circulação de corrente elétrica de fuga na parte grafitizada. Forma-se então uma corrente de fuga que circula pela parte grafitizada do circuito.

Pequenos valores de corrente de fuga podem provocar grande aquecimento na parte grafitizada devido aos seus valores de resistência elétrica. Com a elevação térmica, os processos de carbonização e grafitização tendem a aumentar. Em um estágio inicial de grafitização, a corrente de fuga é pequena e o calor gerado é muito concentrado. O material isolante é queimado da parte interior para a exterior do isolamento do condutor, em uma forma de combustão sem chama. Este estado desenvolve-se e dá início a uma combustão que se propaga aleatoriamente podendo transformar-se em um incêndio.

Quando a madeira é grafitizada pela passagem da corrente elétrica, este grafite é queimado gerando calor, grande luminosidade, cinzas e mais grafite. Este processo se repete provocando escavação na madeira ou no material isolante qualquer. Um forte indício da presença de grafitização é a perda de material isolante em profundidade.

A diferença básica entre processos de grafitização causadores de incêndio e causados por incêndio reside nas dimensões da região atingida. No primeiro caso, a área atingida é bastante concentrada e profunda, enquanto que no segundo é bastante dispersa e superficial.

Seção 7. Corrente de fuga

Toda a corrente elétrica que circula por caminhos a ela não destinada é denominada corrente de fuga. Qualquer corpo ou estrutura física pode se constituir em um caminho alternativo para a corrente de fuga, a qual pode provocar

superaquecimento pontual devido a variações na densidade de corrente elétrica ao longo do trajeto.

A corrente de fuga é potencialmente maior quanto mais próxima à fonte de geração de energia elétrica. Traços de fusão ou grafitação podem ser formados devido a corrente de fuga.

Seção 8. Descarga elétrica

A descarga elétrica é ocasionada pela perda da rigidez dielétrica devido ao gradiente de potencial estabelecido. O atrito entre materiais distintos, isolantes, origina desequilíbrios de carga elétrica gerando os gradientes de potencial. As formas de eletrização mais comuns são: fricção entre partes, esfoliação do meio, deslocamento fluido, deslocamento eruptivo e colisão mecânica.

Para que a descarga elétrica possa gerar possíveis sinistros, deve haver necessariamente: eletricidade estática, materiais combustíveis (pós, poeiras ou gases) na proporção adequada e energia mínima de ignição. Equipamentos eletroeletrônicos que geram centelhas, como motores, relés e contatores devem ser investigados como possíveis geradores de energia mínima de ignição.

Seção 9. Investigação em equipamentos e instalações elétricas

O princípio fundamental da investigação de incêndio relacionado à eletricidade consiste em pesquisar as possíveis causas no sentido CARGA - FONTE.

A análise do estado de equipamentos elétricos, eletroeletrônicos e instalações elétricas devem considerar:

- posição dos contatos das chaves, relés e contatores;
- estado do contato de chaves, relés e contatores;
- estado e forma do elemento de proteção do equipamento;
- estado e forma do elemento de proteção da instalação elétrica;
- estado dos circuitos eletroeletrônicos pertencentes ao equipamento;

- estado dos componentes eletrônicos constituintes;
- estado das conexões.

A análise do fluxo térmico consiste na análise da geração e propagação da energia térmica presente no equipamento ou instalação sob observação. O sentido do calor é fundamental na investigação. Outras análises importantes além da supracitada são da fiação, dos plugues, conectores, réguas, quadros de distribuição, etc.

CAPÍTULO 12 – INVESTIGAÇÃO DE EXPLOSÕES

Seção 1: Conceitos

Uma explosão é a conversão repentina de energia potencial (química ou mecânica) em energia cinética com a produção e liberação de gás sob pressão que, por sua vez, produzem efeitos como movimentação, mudança ou destruição de materiais próximos. A geração e o escape violento de gases são o principal critério para definirmos um fenômeno como sendo uma explosão. Por sua vez, explosivos são compostos químicos, misturas ou dispositivos, cujo principal objetivo é funcionar por explosão, produzindo efeitos físicos superfícies próximas.

Existem dois grandes tipos de explosões com as quais os pesquisadores estão rotineiramente envolvidos: mecânicos e químicos. Esses tipos são diferenciados pela fonte ou mecanismo pelo qual as pressões explosivas são produzidas. Nas explosões mecânicas um gás de alta pressão produz uma reação puramente física, não envolvendo mudanças na natureza química nas substâncias do recipiente (como BLEVEs). Nas explosões químicas os combustíveis podem ser sólidos ou misturas explosivas de combustível e oxidante, ou mesmo reações de combustão envolvendo gases, vapores ou poeiras misturadas com ar.



Figura 76 - Cilindro de Argônio encontrado em ambiente incendiado. Esse é um exemplo de explosão mecânica, onde o recipiente não suportou o aumento de pressão interna, liberando violentamente essa pressão ao romper.

Fonte: CIPI/CBMGO 2017

A perícia de incêndio em um local de incêndio ou explosão começa pela análise detalhada do local. Um fator importante a ser observado é a existência ou

não de materiais que possam vir a ser confundidos, num exame laboratorial posterior, com os compostos característicos dos explosivos (tintas celulósicas, desinfetantes clorados, etc). Por isso, é importante que se faça uma descrição minuciosa do local e seus materiais. Verifica-se também a existência ou não de incêndio, propagação e ondas de choque (verificáveis pelos danos estruturais causados).

Nem sempre é evidente no local de incêndio que houve uma explosão (como, por exemplo, nos casos onde houve uma fraca explosão devido a gás combustível presente no local). Por outro lado, pode ser que tenha havido uma explosão sem ter havido incêndio. E, havendo um incêndio e uma explosão no mesmo cenário, há que se determinar qual dos dois veio primeiro ou qual foi o motivador para o outro: se o incêndio causou a explosão ou se a explosão resultou num incêndio.

O investigador deve procurar sinais de uma condição de sobrepressão sobre a estrutura, incluindo deslocamento ou rachaduras de paredes, pisos, tetos, portas e janelas, telhados, e outros elementos estruturais. A fragmentação localizada e o dano característico de uma súbita sobrepressão devem ser observados como evidências da explosão. Ainda, deve-se procurar e avaliar a natureza e extensão do dano causado pelo calor à estrutura e seus componentes e decidir se ele pode ser atribuído ao fogo sozinho, sem a ação de uma explosão.



Figura 77 - Arqueamento do suporte de metalon do forro de PVC por efeito da sobrepressão de deflagração de GLP. Nota-se também que o ambiente sofreu os efeitos da sobrepressão mas não se incendiou. Incêndio ocorrido em junho de 2017 no Parque Eldorado Oeste, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Deve-se tentar determinar se os vestígios indicam danos de alta ou baixa ordem, o que pode ajudar a classificar o tipo, a quantidade e a mistura do combustível envolvido. Os danos de baixa ordem são caracterizados por deslocamentos grosseiros (abaumentos) nas paredes e portas, levantamento de telhados (muitas vezes retornados para sua posição inicial), desalojamento de janelas, produção de detritos grandes jogados a distâncias curtas. Os danos de alta ordem caracterizam-se por quebra de estruturas, produção de pequenos detritos finamente pulverizados, demolições, resultados de taxas rápidas de aumento de pressão.



Figura 78 - Telhado levantado pela ação de deflagração de GLP. As estreitas paredes de alvenaria do banheiro orientaram a sobrepressão para o teto. Incêndio ocorrido em junho de 2017 no Parque Eldorado Oeste, Goiânia.
Fonte: CIPI/CBMGO 2017

A análise dos danos dela decorrentes pode ajudar a determinar e classificar o tipo de causa da explosão a análise dos danos dela decorrentes. Além de avaliar se a explosão foi alta ou baixa ordem, pode-se analisar: se houve ou não formação de cratera; o tipo de explosão (mecânica ou química); quais tipos de combustível estavam potencialmente disponíveis na cena de explosão, especialmente gases combustíveis e fontes de poeiras ou líquidos inflamáveis. A natureza do dano pode ser comparada com os padrões típicos e ajudar a determinar as possíveis grandes causas:

- Gases mais leves do que o ar;
- Gases mais pesados do que o ar;
- Vapores líquidos;
- Poeiras;
- Explosivos;
- Backdrafts;
- BLEVEs.

O Quadro 5 ajuda a categorizar esses padrões em relação às suas causas:

Características Típicas	Gases mais leves que o ar	Gases mais pesados que o ar	Vapores de líquidos	Pós	Explosivos	Backdrafts	BLEVEs
Danos de baixa ordem	3	4	4	2	2	5	2
Danos de alta ordem	2	1	1	2	3	0	2
Explosão secundária	3	3	2	4	0	1	0
Gás/vapor/pós escondidos	3	2	2	2	0	0	0
Deflagração ^a	4	4	4	4	1	5	4
Detonação	1	1	1	1	4	0	1
Migração Subterrânea	2	2	2	0	0	0	0
BLEVEs	2	3	5	0	0	0	5
Incêndio pós-explosão	3	3	4	3	1	5	3
Incêndio pré-explosão	2	2	2	3	2	5	4
Explosão com cratera	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0	4 ^d	0	2
Energia de ignição mínima (mJ) ^c	0,17-0,25	0,17-0,25	0,25	10-40			

Quadro 5 - Características típicas das explosões
Fonte: NFPA 921, 2004.

0: Nunca. 1: Raramente. 2: Eventualmente. 3: Frequentemente. 4: Quase Sempre. 5: Sempre.

- a) Deflagrações podem transformar em detonações sob certas condições.
- b) A força do recipiente de confinamento pode permitir que a onda de pressão não seja supersônica.
- c) Gases e vapores podem produzir crateras se confinados em pequenos vasos, e se os materiais em que explodem podem ser suficientemente comprimidos ou quebrados.
- d) Todos os altos explosivos e alguns baixos explosivos produzirão crateras se os materiais em que explodem possam ser suficientemente comprimidos ou quebrados.
- e) As energias de ignição variam muito. A maioria dos explosivos de alta tecnologia são projetados para serem insensíveis à ignição. As energias para detonações são nove ordens de magnitude maiores que as energias mínimas de ignição.
- f) BLEVEs não são explosões de combustão e não requerem ignição.

Seção 2. Efeito frontal de pressão de explosão.

A explosão de um material produz uma grande quantidade de gases. Estes gases se expandem a alta velocidade e se afastam do ponto de origem. Os gases e o ar deslocado pelos gases produzem uma frente de pressão que é a principal responsável pelos danos e lesões associadas a explosões.

A frente de pressão de explosão ocorre em duas fases distintas, com base na direção das forças em relação ao ponto de origem da explosão. Estas são a fase de pressão positiva e a fase de pressão negativa.

Fase de pressão positiva: é aquela porção da frente de pressão de explosão na qual os gases em expansão estão se afastando do ponto de origem. É mais poderosa do que a fase de pressão negativa e é responsável pela maioria dos danos causados pela pressão. A fase de pressão negativa pode ser indetectável por testemunhas ou por exame pós-brilho em explosões de fase difusa (gás / vapor).

Fase de pressão negativa: à medida que a expansão extremamente rápida da fase de pressão positiva da explosão se move para fora da origem da explosão, ela desloca, comprime e aquece o ar ambiente circundante. Uma condição de baixa pressão do ar (relativa ao ambiente) é criada no epicentro ou na origem. Quando a fase de pressão positiva se dissipar, o ar retorna à área de origem para equilibrar a baixa condição de pressão do ar, criando a fase de pressão negativa. A fase de pressão negativa pode ser indetectável, mas pode ser de força suficiente para causar o colapso das características estruturais já enfraquecidas pela fase de pressão positiva. A fase de pressão negativa pode mover itens de evidência física em direção ao ponto de origem.

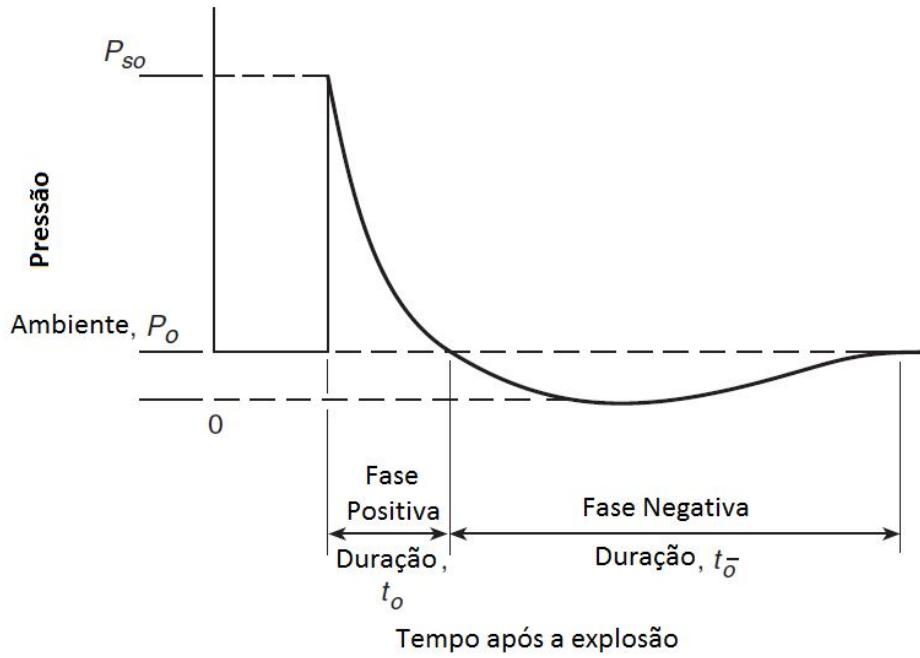


Figura 79 - Tempo de explosão versus pressão em uma explosão.

Seção 3: Investigação da Cena de Explosão.

1. Cuidados especiais devem ser tomados

Quando o dano estrutural é grande há o risco de colapso e qualquer entrada no ambiente deve ser avaliada considerando esse fator. Também é possível que dispositivos residuais tenham restado, sendo importante não tocar ou mesmo se aproximar de tais resíduos, pois correm o risco de sofrerem detonação. No caso de explosões de gás combustível ou poeira, as explosões secundárias são a regra e não a exceção. Portanto, ações de inertização como umidificação das poeiras, ventilação do gás ou retirada de poças de líquidos inflamáveis precisa ser assegurada antes do início da investigação. Os materiais tóxicos no ar ou sobre superfícies de materiais precisam ser neutralizados. Recomenda-se o uso de equipamento de segurança pessoal apropriado. Ainda, alguns incendiários usam de dispositivos explosivos secundários especificamente direcionados para as equipes policiais ou do serviço de bombeiros que estão respondendo ao incidente. Uma busca minuciosa da cena deve ser conduzida para quaisquer dispositivos secundários antes do início da investigação.

Antes de iniciar qualquer pesquisa, todas as informações relevantes devem ser obtidas relativas ao incidente, como a descrição do local do incidente e dos

sistemas ou operações envolvidos e das condições e eventos que levaram ao incidente. Devem-se levantar as localizações de quaisquer combustíveis e oxidantes que estavam presentes no local antes da explosão. Devem-se examinar relatos de testemunhas, registros de manutenção, registros operacionais, manuais, relatórios meteorológicos, relatórios de incidentes anteriores e outros registros relevantes. Mudanças recentes em equipamentos, procedimentos e condições operacionais podem ser especialmente significativas.

2. Estabelecimento da origem da explosão

Geralmente onde se encontra o maior dano, podendo ser caracterizada pela presença de cratera ou danos estruturais graves. No caso de explosões onde o combustível estava difundido no ar, a origem é o volume de confinamento.

3. Estabelecimento da Fonte de Combustível e do Tipo de Explosão

Devem-se identificar quais tipos de combustíveis estavam presentes no cenário, identificando os materiais presentes como gases combustíveis, líquidos inflamáveis, presença ou possibilidade de produção de poeiras, etc. Analisar a natureza do dano em comparação com os padrões típicos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Exames laboratoriais posteriores podem se fizerem necessários.

4. Estabelecimento da Fonte de Ignição

Esta etapa pode ser muito difícil. Verificar a existência de superfícies quentes, possibilidade de formação de arcos elétricos, possibilidade de formação de eletricidade estática, presença de chama aberta, faíscas, produtos químicos, etc. Quando há presença de explosivos a fonte de ignição pode ser um detonador ou outro dispositivo pirotécnico. Os fios e os componentes do dispositivo eventualmente restarão no local.

Seção 4. Identificação e registro.

Avaliação detalhada de cena – Fazer registros escritos do cenário observado, registrar via fotografia, croquis e mapeamentos. É importante usar técnicas adequadas de coleta e preservação.

Identificação dos efeitos de dano da explosão - Fazer um exame detalhado e análise da explosão ou dos danos de sobrepressão. Os artigos danificados devem ser identificados como tendo sido afetados por uma ou mais das seguintes forças de explosão típicas:

- a) Onda de pressão de explosão - fase positiva;
- b) Onda de pressão de explosão - fase negativa;
- c) Impacto de estilhaços;
- d) Energia térmica;
- e) Energia sísmica.

É importante examinar e classificar o tipo de dano presente nos corpos, seja quebra, dobras ou achatamentos. Distante do epicentro de uma detonação, o aumento da pressão será bastante moderado e os efeitos se assemelham aos de uma deflagração, enquanto os materiais nas imediações do epicentro de uma detonação exibirão estilhaçamentos e quebras.

A cena deve ser examinada cuidadosamente e fragmentos de qualquer material estranho devem ser recuperados, bem como detritos do próprio explosivo. Os fragmentos podem exigir análise laboratorial forense para sua identificação, mas se são fragmentos do recipiente original ou porções de um dispositivo explosivo improvisado podem ser decisivos para a investigação.

A estimativa de danos estruturais de uma explosão é um tópico muito complexo. Geralmente, pode-se esperar que uma sobrepressão da magnitude de 6,9 kPa a 13,8 kPa (1 psi a 2 psi) cause danos na maioria dos conjuntos estruturais leves. Em comparação, as sobrepressões muito maiores podem ser toleradas quando o projeto estrutural é reforçado, particularmente com materiais de boa ductilidade (por exemplo, aço).

Identificação dos danos do fogo anteriores ou posteriores à explosão – os danos devido ao fogo ou calor devem ser identificados como causado por um incêndio anterior à explosão ou devido a seus efeitos térmicos. Os corpos lançados do ponto de origem pela explosão devem ser examinados para determinar se estão queimados. Quando os corpos lançados restos estão queimados há um indício de que o incêndio precedeu a explosão. O resíduo de fumaça ou fuligem em fragmentos de vidro de janela ou outros detritos estruturais revela que a explosão seguiu um incêndio por algum tempo, enquanto que pedaços de vidro perfeitamente limpos ou detritos a grandes distâncias da estrutura indicam uma explosão que antecede o incêndio.

Localização e identificação de evidências – As evidências, uma vez localizadas, devem ser identificadas, registradas, fotografadas e mapeadas. Evidências significativas podem ser encontradas em uma grande variedade de locais, mesmo fora do local da explosão, ou embutida nas paredes, na vegetação próxima ou dentro de estruturas ou veículos adjacentes. Devem ser tiradas fotografias das lesões e de quaisquer materiais removidos das vítimas durante o tratamento ou cirurgia. Devem ser anotadas as condições e as posições dos componentes estruturais danificados e/ou deslocados, mobiliário, eletrodomésticos, etc.

Identificação de vetores de força – devem ser identificados, diagramados e fotografados os fragmentos que indicam a direção e a força relativa da explosão. A força necessária para quebrar uma parede é mais do que a necessária para simplesmente deslocá-la. A força necessária para quebrar uma janela é menor do que a de deslocamento de uma parede, etc. Quanto maior a força, mais longe é a distância que peças de detritos semelhantes serão jogadas do epicentro.

Análise da Origem (Epicentro) – a identificação dos vetores de força permitirá o rastreamento do epicentro, da área menos danificada para a área mais danificada. A análise da dinâmica da explosão baseia-se no movimento de detritos para longe do epicentro da explosão em um padrão aproximadamente esférico e na força decrescente da explosão à medida que a distância do epicentro aumenta. Muitas vezes, como em explosões de gás vazado, pode não ser possível identificar o epicentro mais precisamente do que para uma sala ou área específica.

A análise da dinâmica da explosão é muitas vezes complicada pela evidência de uma série de explosões, cada uma com seu próprio epicentro. Esta situação exige uma comparação detalhada dos vetores da força. O movimento de detritos mais sólidos, como paredes, pisos e telhados, geralmente é menor em explosões subsequentes do que na explosão primária. A primeira explosão vigorosa tende a ventilar a estrutura, permitindo que outras explosões subsequentes sejam liberadas. Isto é verdadeiro, no entanto, somente quando as explosões secundárias são da mesma ou menor força do que a primeira. As explosões de poeira são uma notável exceção a esse fenômeno, com explosões subsequentes quase sempre sendo mais poderosas do que as primeiras.

A estimativa do valor da sobrepressão pode ser feita a partir de dados padronizados, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.:**

Sobrepressão (psi)	Dano
0,03	Ocasional quebra de vidros grandes, que já estivessem sob pressão.
0,04	Ruído alto (143 dB). Trincamento de vidros pelo “boom” sônico
0,10	Quebra de pequenas janelas, sob pressão
0,15	Pressão típica para quebra de vidro
0,30	"Distância segura" (probabilidade de 95% de não haver dano abaixo desse valor). Limite para emissão de projéteis Algum dano no teto/forro 10% de probabilidade de quebra dos vidros das janelas
0,4	Pequenos danos estruturais
0,5 – 1,0	Quebra de janelas de vidro. Danos ocasionais aos caixilhos das janelas. Uma das fontes relatou falha nos vidros a 1 kpa (0.147 PSI)
0,7	Pequenos danos às estruturas da casa

1,0	Demolição parcial de casas, tornadas inabitáveis
1,0 – 2,0	Quebra de telha de amianto ondulado Quebra de telhas de alumínio e aço ondulado Quebra de revestimentos de madeira
1,3	Estrutura de concreto armado ligeiramente distorcida
2,0	Colapso parcial de paredes e telhados de casas
2,0 – 3,0	Quebra de paredes de alvenaria (pode ocorrer a 1,5 psi)
2,3	Limite inferior para dano estrutural grave
2,5	50% de destruição de alvenaria de casa
3,0	Aço estrutural distorcido e afastado das fundações
3,0 – 4,10	Colapso de edifícios de painéis de aço auto-moldados Ruptura de tanques de armazenamento de óleo
4,0	Rompimento de revestimento de edificações industriais
4,8	Falha em estruturas de concreto armado
5,0	Rompimento súbito das vigas em material de madeira
5,0 – 7,0	Destrução quase que completa da edificação
7,0	Vagões de trem carregados derrubados
7,0 – 8,0	Cisalhamento dos painéis de parede de tijolos Explosão das laterais das estruturas de aço das edificações Vagões ferroviários em trilhos carregados derrubados
9,0	Destrução completa de vagões de trem carregados
10,0	Provável destruição total das edificações
30,0	Explosão de torres de aço
88,0	Cratera

Tabela 14 - Padrões de danos na propriedade.

Fonte: NFPA 921, 2004.

Sobrepressão (psi)	Lesão
0,6	Limiar para lesão por vidro projetado
1,0 – 2,0	Limiar de laceração da pele a partir do vidro projetado
1,5	Limiar para várias penetrações cutâneas por vidro ejetado (pele nua)
2,0 – 3,0	Limiar para feridas graves por vidro projetado
2,4	Limiar para ruptura de tímpano
2,8 – 3,4	Pequena probabilidade de ruptura de tímpano
3,0	A sobrepressão lançará uma pessoa ao chão (algumas fontes sugerem que a 1 psi já haverá esse efeito).
4,0 – 5,0	50% de probabilidade de ferimentos graves por vidros projetados
5,8	Limiar para a penetração no corpo por vidros projetados
6,3	Alta probabilidade de ruptura dos tímpanos
7,0 – 8,0	Perto de 100% de probabilidade de ferimentos graves por vidros projetados
10,0	Limiar para hemorragia pulmonar
14,5	Limiar de fatalidade por efeitos diretos da explosão
16,0	Graves danos podem ocorrer nos ouvidos

Tabela 15 - Padrão de danos às pessoas.

Fonte: NFPA 921, 2004.

CAPÍTULO 13 – INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIOS VEICULARES

Incêndios veiculares são bastante comuns. Existem alguns riscos na investigação de incêndios veiculares que devem ser observados pelo investigador. O primeiro deles e mais óbvio é a existência de vidros, que podem causar cortes. O vazamento tardio de combustível pode dar início a chamas durante a investigação e os airbags podem ser acionados, podendo causar forte impacto sobre o investigador. Além disso, os airbags trazem o risco adicional de poderem vazar seu conteúdo tóxico de azida de sódio, não devendo ele ser de maneira alguma respirado ou ter contato com a pele. Óleos lubrificantes vazados podem ainda ser agentes de deslizamentos e quedas. Por fim, a energia elétrica da bateria pode ser fonte de um alto potencial elétrico.

A investigação desse tipo particular de incêndio segue praticamente a mesma metodologia para os incêndios em edificações, podendo ser utilizados os padrões de queima para localizar o ponto de origem e, assim, determinar a causa. As interpretações tiradas desses padrões devem ser verificadas por evidências de testemunhas, análises laboratoriais, registros de serviço que indicam falhas mecânicas ou elétricas, avisos de recall de fábrica ou boletins de reclamações e serviços. Em veículos onde houve queima total é mais difícil (em alguns casos, impossível) determinar a origem e a causa do incêndio. A susceptibilidade do veículo em questão quanto deve ser avaliada considerando o tipo de veículo, sua utilização, tempo de uso, estado de conservação, etc.

A inspeção do veículo a motor deve acontecer da área de menor dano na área de maior dano a fim de se determinar a área de origem e assim examinar os sistemas individuais dessa área. A maioria dos veículos a motor pode ser dividida em três grandes compartimentos: o compartimento do motor, o compartimento do passageiro ou o interior e o compartimento de carga.

Deve-se de imediato determinar se o incêndio foi deflagrado a partir do veículo ou a partir do ambiente circundante. Os automóveis são muitas vezes armazenados em edificações e podem ser danificados por um incêndio que ocorre dentro dela. Além dos danos resultantes da chama pode haver esmagamento do

veículo devido a colapso da estrutura da edificação. Se o veículo estiver localizado na área de origem, então deve ser examinado como uma possível causa de incêndio. Também é comum se observar veículos incendiados junto com a vegetação circundante. Nesse caso os conhecimentos e métodos de investigação de incêndio florestal, além da análise das marcas de propagação no próprio veículo, podem ajudar a delimitar a origem.



Figura 80 - Incêndio envolvendo veículos e vegetação. Mesmo nos casos onde o incêndio não tem origem na vegetação, a mesma atua como elemento de propagação entre os veículos. Incêndio ocorrido em setembro de 2017 no Setor Vale das Pombas, Goiânia. Fonte: CIPI/CBMGO 2017

De uma forma geral, algumas informações devem ser levantadas: quando foi submetido a manutenção pela última vez, quando foi o último abastecimento e qual combustível foi utilizado; com quais equipamentos o veículo estava equipado (equipamento de som, ar condicionado, rodas personalizadas, etc – e quais eram originais de fábrica e quais não eram); quais itens pessoais estavam no carro; qual o período de tempo de queima antes da chegada da ajuda e qual o período total de tempo que o fogo queimou até extinção; quais as tentativas de debelar as chamas.

Se o veículo estava parado no momento em que o incêndio ocorreu deve-se saber quando e por quem o veículo foi conduzido pela última vez (e a quanto tempo o veículo estava parado). Se estava apresentando algum mau funcionamento (e, nesse caso, qual), quais as características do local onde estava estacionado, informações sobre o funcionamento do veículo imediatamente antes do incêndio devem ser obtidas junto do motorista e/ou proprietário para determinar o seguinte:

Se o veículo estava sendo conduzido no momento em que o incêndio ocorreu, deve-se verificar por qual distância e tempo foi conduzido; por qual tipo de rota (asfalto, estrada de chão, local com muitas paradas, etc), velocidade de condução e se rebocava alguma carretinha ou outro veículo; quando e como o incêndio foi percebido; como o veículo reagiu (parando, “engasgando”, apresentando falhas elétricas, etc).

Assim como descrito no capítulo sobre Metodologia, devem-se procurar as situações que promoveram a união do combustível, da fonte de ignição e do comburente. Uma grande variedade de materiais e substâncias pode servir como os primeiros materiais inflamados em incêndios de veículos motorizados. Dentre eles incluem-se os combustíveis (etanol, gasolina, diesel, etc), óleos lubrificantes, fluidos de freios, materiais de acabamento e estofamento, além do material carga. Esses materiais, uma vez tendo o incêndio iniciado, o alimentam e potencializam as chamas.

Para se entender as possibilidades de fontes de ignição em um automóvel há que se conhecer os sistemas e a dinâmica do automóvel. O investigador deve verificar se o veículo estava em funcionamento no momento do incêndio. Um veículo que está funcionando possui muitas mais fontes potenciais de ignição.

Seção 1. Prováveis Combustíveis

Os combustíveis líquidos, mediante um mau funcionamento ou impacto, podem entrar em contato com uma fonte de ignição, iniciando o incêndio. Há que se atentar para o fato de que, em decorrência das particularidades do ambiente onde há a liberação do combustível líquido, a ignição do mesmo pode acontecer a temperaturas cerca de 200°C acima das temperaturas de ignição conhecidas. Essas particularidades incluem ventilação, ponto de ignição, ponto de ebulição, pressão do vapor, taxa de vaporização, formação de névoa, rugosidade superficial do local onde se derrama o líquido, etc. Normalmente, a gasolina não será inflamada por uma superfície quente, mas requer um arco, uma faísca ou uma chama aberta para a ignição. O combustível diesel, ao contrário da gasolina, inflamará prontamente o contato com uma superfície quente.

Líquido	Ponto de Fulgor	Ponto de Ignição	Faixa inflamabilidade (%)	Temperatura de ebulição	Densidade do vapor (ar = 1)
	LII	LSI			
Óleo de Freio	115 – 179			252	
Diesel	52-96	257			
Querosene	38-72	210	0,7	5,0	151-301
Gasolina- 100 octanagens	-38	456	1,4	7,6	38-204
Metanol	11	464	7,8	86	64
Óleo de Motor	210-257	260-371			
Fluído para transmissões automáticas	177	210-214			
Óleo para direção hidráulica	177				

Tabela 16 – Propriedades dos líquidos combustíveis e inflamáveis em incêndios veiculares.
Fonte: NFPA 921 - Guide for fire and explosion investigations.

O hidrogênio e o oxigênio podem ser encontrados em associação com baterias de chumbo-ácido de células úmidas e podem ser liberados durante o carregamento ou como consequência de uma colisão. Gás hidrogênio pode ser liberado durante as operações de carregamento da bateria de chumbo-ácido. Pequenas quantidades de hidrogênio e oxigênio também estão presentes dentro de baterias seladas e podem ser liberadas devido a danos mecânicos durante uma colisão. No caso de vazamento geralmente será necessário uma fonte de ignição como uma faísca para iniciar as chamas, não sendo comum que uma superfície quente cause ignição de hidrogênio.

Gas	Ponto de Ignição	Ponto de Ebulação	Faixa Inflamabilidade (%)	Densidade de Vapor (ar=1)	
				LII	LSI
Hidrogênio	500	-252	4,0	75,0	0,1
Metano	537	-162	5,0	15,0	0,6
Gás Propano	450	-42	2,1	9,5	1,6

Tabela 17 - Combustíveis gasosos em veículos.
Fonte: NFPA 921-Guide for fire and explosion investigations.

Os materiais plásticos não representam um risco significativo de incêndio, mas, uma vez tendo o incêndio iniciado, servirão como uma boa fonte de combustível. Podem queimar com taxas de liberação de calor semelhantes às dos líquidos de hidrocarbonetos inflamáveis, podendo ainda cair inflamados ou derreter e ter comportamento semelhante aos líquidos inflamáveis. A maioria dos metais combustíveis e suas ligas precisam ser pulverizadas ou derretidas para queimar; no entanto, o magnésio sólido, que está presente em muitos veículos a motor, queima vigorosamente, uma vez que ele é inflamado por uma fonte de calor externa competente.

A queima dos pára-lamas pode aumentar a disponibilidade de ventilação para o incêndio no compartimento do motor através da nova abertura criada pelas chamas. A espuma de poliuretano dos assentos queima com grande facilidade e aumenta bastante a carga de incêndio do veículo, mas geralmente os tecidos e materiais de estofados por fontes de ignição de baixa energia, como cigarros.

Material	Ponto de Ignição	Ponto de Fusão	Comentários
Fibras Acrílicas	560	50	
Alumínio (puro)	1000	660	
ABS	466	110-125	Pode completamente consumido.
Fibra de vidro (resina de poliéster)	560	428-500	A resina queima mas não os painéis de fibra da carroceria
Magnésio (puro)	623	650	
Nylon	421	176-265	Engrenagens da janela, engrenagens

			da distribuição.
Polietileno	488	122-135	Isolamento dos cabos
Poliestireno	573	120-160	Isolamento, estofamento
Poliuretano - Espuma	456-579		Assentos, apoios para braços, estofamento
Poliuretano – rígido	310	120-160	Acabamentos
PVC	507	75-105	Isolamento de fios, tapeçaria

Tabela 18 - Combustíveis sólidos em incêndios veiculares.

Fonte: NFPA 921-Guide for fire and explosion investigations.

Um incêndio do compartimento de passageiros com frequência causará danos na parte superior do pára-brisa e deixará padrões de queima radial (padrões de queima que parecem irradiar de uma área) no capô. Os incêndios iniciados no motor, por outro lado, tipicamente penetram no interior do lado do passageiro e causarão danos na parte inferior do pára-brisa (ver Figura 81). Os padrões radiais de um incêndio do motor podem ser observados nas portas. O pára-chamas pode possuir várias aberturas para condutos do sistema de ar condicionado. Esses dutos, uma vez queimados, podem se tornar um caminho de propagação das chamas no compartimento do passageiro.

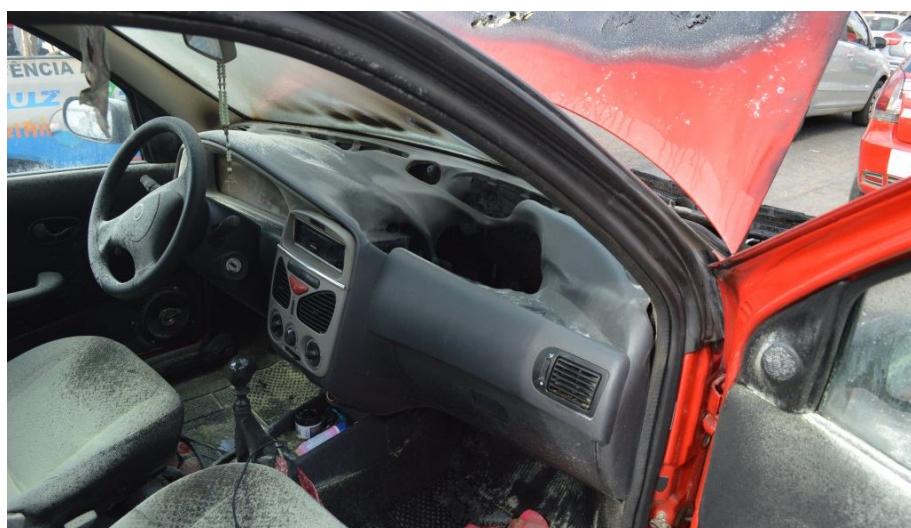


Figura 81 - Foto mostrando a propagação de calor para o compartimento do passageiro através do pára-chamas. Notam-se também as marcas características de incêndio no motor e a progressão pela parte de baixo do pára-brisa. Incêndio ocorrido em agosto de 2016 no Setor Pedro Ludovico, Goiânia. Fonte: CIPI/CBMGO 2016.

Note-se que, conforme tratado no capítulo sobre Comportamento dos Materiais no Incêndio, a temperatura de fusão de uma liga é geralmente inferior à dos seus constituintes. Exemplo desse fenômeno que podem ser encontrados nos automóveis é o zinco escorrendo sobre um fio de cobre e formando com ele uma liga de latão; além do alumínio fundido escorrendo sobre uma chapa de aço, provocando a aparência de derretimento da chapa de aço.

Seção 2. Prováveis fontes de ignição.

São possíveis fontes de ignição em veículos os curtos circuitos, sobrecarga, chamas abertas, aquecimento por fricção, as superfícies quentes do conversor catalítico, o turbocompressor, o coletor, etc.

Quando o motor não está funcionando, a fonte primária de energia elétrica em um veículo a motor é a bateria. Um número limitado de componentes permanece ligado eletricamente à bateria, uma vez que a ignição esteja desligada e o motor esteja desligado. Esses componentes, como um alternador ou interruptor de ignição, podem atuar como fonte de ignição mesmo horas após o último uso do veículo.

Os sistemas elétricos de veículos a motor são geralmente sistemas de corrente contínua. O lado negativo da bateria está conectado ao quadro ou ao bloco do motor ou a ambos. O lado positivo da bateria fornece corrente para o painel de fusíveis e para todos os acessórios elétricos. Isso significa que qualquer dispositivo elétrico pode parecer ter apenas um fio fisicamente conectado. Assim, sempre que um fio positivo energizado, extremidade terminal ou componente toca uma superfície aterrada, pode haver um curto-circuito.

Sobrecargas na fiação podem aumentar a temperatura do condutor até o ponto de ignição do isolamento. Se isso ocorre sem ativar a proteção do circuito há aí uma competente fonte de ignição. Falhas mecânicas de dispositivos de alta corrente, como os motores das janelas, também podem resultar em aquecimento e consequente ignição de materiais como o tapete ou outros materiais que mantiverem contato com os condutores.

O contato de metal com metal (aço, ferro ou magnésio) ou contato de metal com o pavimento pode criar faíscas com energia suficiente para inflamar gases, vapores ou líquidos. O contato de metal com metal pode ocorrer em roldanas de transmissão, eixos de transmissão ou rolamentos, por exemplo. O contato de metal com o pavimento tipicamente envolve um eixo de transmissão quebrado, sistema de escape ou aros da roda após a perda de um pneu. Todos os incêndios causados pelo faiscamento proveniente do contato de metal com metal ou de metal com o pavimento requerem que o veículo esteja funcionando ou em movimento. Por conta da temperatura de fusão relativamente baixa do alumínio as faíscas produzidas por esse metal em geral não são uma boa fonte de ignição.

As faíscas esfriam rapidamente, especialmente quando se deslocam pelo ar, o que limita a taxa de transferência de calor aos materiais que contatam. Por estas razões, é difícil que faíscas iniciem incêndios a partir de combustíveis sólidos como plásticos. Pode ocorrer também aquecimento por fricção envolvendo correias de transmissão, rolamentos e pneus.

Os filamentos de lâmpadas quebradas também são uma fonte de energia de ignição, especialmente para gases, vapores ou combustíveis líquidos em uma forma de spray ou névoa. Quando o filamento é exposto ao ar ambiente, ele normalmente funcionará por apenas alguns segundos, e depois queimaré. Uma vez que o filamento se abre, a fonte de ignição desapareceu.

Seção 3. Sistemas

A familiaridade do sistema é essencial para a investigação adequada de um incêndio de veículos a motor. Se o investigador não sabe como funciona um sistema, ele não poderá determinar se um sistema não funcionou ou foi alterado ou se esse mau funcionamento ou alteração pode ser responsável pelo incêndio.

Sistema Elétrico

O sistema possui uma bateria de armazenamento como sua principal fonte de energia. Ela está conectada tanto ao lado positivo como aos lados negativos do sistema elétrico. O motor de partida do veículo utiliza a energia da bateria e, após o arranque do motor, o alternador se encarrega de recarregar a bateria e alimentar os

consumidores. O motor de partida é o maior consumidor do sistema elétrico automotivo, porém só é necessário apenas uma vez. Depois que o motor pega, e este passa a funcionar por si só, o alternador desempenha o trabalho de manter todo o sistema elétrico em funcionamento.

A distribuição de energia em todo o veículo é realizada conectando o positivo de 12 volts (+12 V) a uma caixa de fusíveis e disjuntores, que protegem os circuitos a jusante da sobrecorrente. Nos veículos são conectados ao borne negativo da bateria um fio ligado à carroceria do veículo ou ao chassi. Portanto, a carroceria ou chassi acabam sendo um aterramento geral para todos os consumidores do veículo. Apenas um condutor pode ser encontrado conectado a um dispositivo e se um condutor energizado se encosta, sem proteção, ao corpo ou superfície do motor, pode haver um curto circuito.

A proteção de circuitos elétricos em veículos a motor é fornecida por fusíveis e disjuntores. A instalação de equipamentos adicionais pode afetar a maneira como um dispositivo de segurança irá operar. A adição de acessórios pode sobrecarregar a fiação de fábrica, sendo que alguns desses acessórios são instalados sem nenhum dispositivo de segurança.

Fusíveis maiores que os inicialmente dimensionados para cada condutor podem permitir uma sobrecarga dos condutores e circuitos, o que pode resultar em um incêndio. Apenas alguns circuitos têm potencial de +12 V quando o motor não está funcionando e a chave de ignição está desligada. Estes são geralmente o circuito da bateria ao sistema de ignição, o circuito da bateria ao alternador e o circuito da bateria ao interruptor de ignição, com uma saída a jusante para certos acessórios, como o relógio e o isqueiro. Os circuitos que fornecem acessórios de reposição conectados diretamente à bateria (com ou sem proteção de sobrecorrente) também podem ser energizados quando o motor não está funcionando.

Um método para determinar se o veículo estava funcionando no momento do fogo, assumindo que os fusíveis sobreviveram ao fogo, é examinar os fusíveis de controle do motor. Em geral, se nenhum dos fusíveis de controle do motor se rompeu, o veículo não estava funcionando. Os diagramas de fiação geralmente mostram a cor da isolação do condutor, a localização do dispositivo e a função.

O arco elétrico pode ser resultado do desgaste do isolamento do condutor, como resultado de um impacto ou deterioração por contato com fluidos, permitindo que ele entre em contato com uma superfície aterrada. Manutenções também podem causar a destruição do isolamento. A grande corrente que passa pelos cabos da bateria e do sistema de partida pode gerar energia suficiente para inflamar materiais como óleos derramados ou peças plásticas. Arco significativo também pode ocorrer junto com o esmagamento da bateria.

Sistema de Injeção/carburação.

Os sistemas de combustível são compostos de um tanque de armazenamento, uma tubulação e uma bomba de combustível para fornecer combustível ao motor. Os vazamentos podem ocorrer em uma linha de combustível ou no carburador e geralmente ocorrem dentro dos limites do compartimento do motor.

Nos sistemas por injeção automática o combustível é bombeado por meio de uma bomba elétrica dentro ou perto do tanque de armazenamento de combustível. Caso haja vazamento e uma fonte de ignição estiver disponível, pode haver incêndio. Se uma linha de combustível é comprometida por um incêndio de outra fonte, o combustível pode contribuir significativamente para o crescimento do fogo, e o resultado pode ser um sistema de combustível que pode parecer ser a causa do incêndio.

Veículos com sistemas de combustível a Gás Natural Veicular (GNV) são dotados de recipientes pressurizados que armazenam o combustível liquefeito, fluindo dali para um regulador de vazão e pressão. Este sistema opera sob altas pressões. Diferenças entre o coeficiente de expansão das peças que compõem o sistema podem gerar vazamentos em um incêndio. Se ocorre um vazamento, o gás que escapa pode percorrer grandes distâncias e pode ser inflamado por uma fonte remota, podendo resultar em explosões. Não é incomum que, devido ao aumento súbito da pressão interna, os tanques de armazenamento de combustível natural se rompam durante o incêndio.

A maioria dos motores utiliza óleo de hidrocarbonetos para lubrificação. O óleo coleta-se em uma panela na parte inferior do motor e é distribuído por uma

bomba mecânica. O óleo retorna à panela por fluxo de gravidade. O óleo pode escorrer nas muitas juntas ou superfícies de acoplamento no motor. Os vazamentos em torno da junta da panela, por exemplo, podem permitir que o óleo seja soprado no escape quente, ou o vazamento de óleo de uma junta da tampa da válvula pode fluir para baixo em um coletor quente. O vazamento de óleo pode resultar em incêndios após o desligamento do veículo. A falta de óleo no motor pode causar a falha dos componentes internos. Essas falhas podem levar a uma falha mecânica catastrófica, que pode, por sua vez, provocar um incêndio.

Sistema de Escape

Os escapamentos e os componentes do sistema de escape podem gerar temperaturas suficientemente altas para inflamar o diesel e vaporizar a gasolina. O fluido de transmissão automática, especialmente se aquecido devido a uma transmissão sobrecarregada, pode inflamar-se em uma superfície quente, inclusive após o veículo ser desligado. Esta ignição é devido à perda de fluxo de ar através do compartimento do motor, que dispersa esses vapores e esfria superfícies quentes do motor. Quando o motor é desligado, o fluxo de ar cessa, e as temperaturas do coletor podem subir. Isso pode ser suficiente para inflamar os vapores de fluidos.

Os componentes internos de um conversor catalítico têm temperaturas de operação de aproximadamente 700°C em operação normal e podem ser muito maiores se o combustível não queimado for introduzido devido a um mau funcionamento do sistema de ignição ou combustível. As temperaturas externas desses conversores podem atingir temperaturas de 315°C em condições normais de operação e podem se tornar maiores quando a ventilação ou a circulação do ar estiverem restritas. Na maioria dos veículos, a superfície do tubo apenas a montante do conversor catalítico funcionará mais quente do que o próprio conversor.

Em muitos casos o turbocompressor é o ponto mais quente de um motor. Ele usa gases de escape para propulsão de uma turbina para aumento da potência de motor que aumenta a quantidade de ar que está sendo forçada para o cilindro. O calor criado pode inflamar combustíveis ou outros materiais inflamáveis. Um

vazamento de óleo de um turbocompressor pode aumentar sua temperatura de operação e pode ser o primeiro combustível a acender em um incêndio.

A maioria dos veículos a motor está equipada com alguma forma de controle de emissão. Este sistema controla as emissões de gases de escape e coleta os vapores da gasolina. Os principais componentes deste sistema estão localizados no compartimento do motor e consistem na válvula, uma garrafa de carvão, uma variedade de mangueiras de vácuo de borracha e sensores que se interagem com o computador de bordo. Existe uma válvula que recircula uma porção dos gases de escape, de modo que o motor aqueça mais rapidamente sem colocar vapores ricos em combustível na atmosfera. Um problema potencial é o vazamento de vapor do cartucho de carvão ou mangueiras de vapor. Estes vapores podem viajar por todo o compartimento do motor e, se uma fonte de ignição estiver presente, eles podem inflamar da mesma maneira que os gases.

O coletor de escape é aparafusado diretamente ao motor. É o coletor para os gases de escape provenientes de cada cilindro. Um vazamento na tampa da válvula ou na junta pode permitir que o óleo do motor entre em contato com o coletor, o que pode resultar em ignição.

A frente do conversor é tipicamente a parte mais quente do sistema de escape. Temperaturas de 343°C podem ser encontradas durante o funcionamento normal. Se o motor estiver falhando, essas temperaturas podem aumentar significativamente. O restante do sistema de escape é composto pelo silenciador e pela tubulação. Um perigo potencial em um veículo a motor de operação normal é o contato com itens combustíveis, como grama alta ou detritos, com superfícies de escape e conversores catalíticos. Um mau funcionamento no motor pode fazer com que o conversor catalítico funcione o suficiente para inflamar a camada inferior e o revestimento interior.

Sistemas de transmissão

A entrega da potência mecânica produzida pelo motor às rodas motrizes é realizada pelo sistema de transmissão, que pode consistir em engrenagens mecânicas ou engrenagens hidráulicas, que requerem lubrificação. Para manter a

função adequada de um motor de combustão interna, todas essas peças devem permanecer firmemente presas, e muitas exigem lubrificação ou refrigeração.

A falha mecânica do motor pode resultar em peças sendo ejetadas a altas velocidades para longe, danificando componentes fora do motor. Os vapores de óleo e cárter podem escapar através de um furo criado por tal falha e inflamar-se sobre uma superfície quente. Pode resultar também na falha das linhas de combustível.

As falhas mecânicas do conjunto de embreagem (que transferem a potência do motor) podem ser tão catastróficas quanto as do motor. Podem ocorrer vazamentos de lubrificantes de transmissão na área do sistema de escape. Em caso de transmissão hidráulica a energia do motor é recebida por um conversor de torque, que permite que o motor funcione sem que o veículo se move. À medida que a velocidade do motor aumenta, o fluido não pode fluir em torno das palhetas e a energia é transferida para a transmissão.

O fluido usado em transmissões automáticas requer resfriamento, e esse resfriamento normalmente é realizado roteando o fluido através de um resfriador no radiador do motor. O excesso de enchimento pode fazer com que o fluido seja expulso do tubo da vareta, o que frequentemente está sobre o coletor de escape. A expulsão de fluidos também pode resultar da transmissão operando sob carga pesada, ou se o tipo de fluido errado for adicionado à transmissão.

Em caso de suspeita de mau funcionamento de compressores de ar condicionado, bombas de direção hidráulica, bombas de ar e bombas de vácuo , que estão acoplados ao motor, deve ser realizada uma consulta ao manual de referência apropriado.

O arrefecimento do motor é realizado com líquido ou ar. Os veículos a motor refrigerados a líquido usam um sistema fechado que consiste em passagens através do bloco do motor, uma bomba de água, mangueiras, termostato e um radiador. À medida que o motor atinge a sua temperatura de operação normal, o refrigerante no motor também aquece. Este refrigerante é circulado através do sistema pela bomba de água. Quando o líquido de arrefecimento atinge uma temperatura predefinida [tipicamente na faixa de 80°C a 90°C], o termostato se abre, permitindo que o refrigerante flua para o radiador. O radiador é um

permutador de calor, composto por uma série de pequenos tubos, conectados entre dois tanques. Um ventilador é usado para fornecer fluxo de ar a baixas velocidades ou quando o veículo está parado.

Os motores refrigerados a ar usam um ventilador e uma conduta para mover o ar ao redor do motor. Esses ventiladores são tipicamente direcionados por correia. O superaquecimento do motor pode ocorrer se a correia se rompe. A falha catastrófica do motor pode ocorrer.

O sistema de freios hidráulicos é ativado por um pedal conectado a um cilindro mestre. Este cilindro mestre está conectado com tubulação à roda ou cilindros servos. Pressionar o pedal do freio produz maior pressão no sistema de frenagem, que é transmitido para os cilindros da roda. Os sistemas de freio funcionam sob altas pressões, e mesmo um pequeno vazamento pode produzir um spray que pode ser inflamado se entrar em contato com uma fonte de ignição.

Seção 4. Documentação e registro.

O veículo deve ser identificado e documentado completamente. Deve ser feita uma tentativa para determinar a condição do veículo no momento do incêndio. Se faltam componentes, deve-se tentar determinar se foram removidos antes do incêndio ou removidos ou perdidos após o incêndio. A condição do motor e da transmissão antes do incêndio pode ser frequentemente determinada pela análise de seus fluidos. Chamas alastradas pelo chão abaixo do veículo e em áreas circundantes podem ser devido a presença de resíduos líquidos inflamáveis.

Todo o veículo deve ser fotografado, incluindo todas as superfícies, externas e internas (incluindo vistas cruzadas de um lado para o outro), inferiores e superiores, áreas danificadas e áreas não danificadas. Fotografar também o chão antes da remoção de detritos. Deve-se fotografar o compartimento de carga, anotando-se o tipo e a quantidade de carga, além de sua participação no incêndio.

Todos os padrões que indiquem o sentido da propagação das chamas devem ser detalhadamente fotografados. Pode ser difícil determinar o sentido da propagação das chamas em um veículo totalmente queimado.

Deve-se fazer um diagrama da cena, mostrando pontos de referência e as distâncias em relação ao veículo. A cena geral deve ser fotografada, mostrando os edifícios circundantes, estradas, vegetação, outros veículos e impressões deixadas pelos pneus ou pegadas. Todos os danos causados por fogo a qualquer um dos itens acima. A localização e a condição de quaisquer peças ou detritos destacados devem ser documentadas.

Deve-se verificar a existência de furos, rachaduras ou esmagamento nos tanques de combustíveis, além do todo de enchimento e das linhas de alimentação de combustível e de retorno de vapor. Esses itens podem ter se danificado durante um acidente ou devido à ação do calor e das chamas. Podem ainda ter se desconectado entre si causando vazamentos.

A ausência da tampa do depósito de combustível pode ser resultante do seu consumo pelas chamas ou pode ter sido previamente e deliberadamente retirada no caso de incêndios intencionais. Muitas tampas do tanque de combustível possuem componentes metálicos de baixa temperatura de fusão ou de plástico que podem ser destruídos durante o incêndio.



Figura 82 - Condição da tampa de combustível após incêndio. Incêndio ocorrido em abril de 2017 no Setor Negrão de Lima, Goiânia.
Fonte: CIPI/CBMGO 2017

Examine e registre a condição das linhas que passam perto do conversor catalítico e em qualquer local onde o fornecimento de combustível não metálico ou

as linhas de retorno de vapor passem perto de coletores de escape ou outras fontes de calor ou em locais sujeitos a abrasão.

Em caso de veículos roubados, a possibilidade de um incêndio acidental é remota mas não deve ser descartada. Muitas vezes o incêndio está relacionado com a destruição de vestígios de crime, de elementos de identificação ou a situações de vingança. Verificar se algum item foi retirado antes do incêndio (aparelhos de som, objetos deixados pelo proprietário, peças...), atentando para a possível substituição dessas peças por peças de qualidade inferior (essa observação deve ser feita mesmo em veículos não roubados).

Além dessas medidas, outras se fazem necessárias:

- Fazer a investigação dos manuais do veículo em questão e de veículos de ano, marca, modelo similares.
- Fazer levantamento sobre incêndios e causas de incêndio em veículos da mesma marca, modelo e ano.
- Verificar a posição dos interruptores, alavancas, janelas, mecanismo de mudança de marcha, ignição, etc.
- Documentar a presença (ou ausência) de assentos e equipamentos acessórios, como rádios, aparelhos de CD ou telefones.



Figura 83 - Padrão radial do lado da porta do motorista causado por incêndio no compartimento do motor. Incêndio ocorrido em setembro de 2016 no Setor Bueno, Goiânia.

Fonte: CIPI/CBMGO 2016.

CAPÍTULO 14 – PERÍCIA DE INCÊNDIO FLORESTAL

Seção 1: Definições

1. Definição e Nomenclatura de Incêndio Florestal

Para que se possa investigar os Incêndios Florestais é necessário conhecer os principais conceitos que envolvem este assunto. Assim, Incêndio Florestal é todo o fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo ser tanto provocado pelo homem ou por causa natural (MOB do CBMGO).

Nesse sentido, o incêndio geralmente nasce da seguinte forma: as chamas iniciais, incitadas pelo vento, relevo e combustível, abandonam as sutis evidências de queima da zona confusa e definem dinâmicas distintas de expansão do incêndio florestal, configurando áreas de propagação das chamas a favor, contra o vento e pelos flancos.

Para saber as causas do incêndio deve-se observar cada detalhe, principalmente a zona de origem, pois é nela que encontrará o que deu origem as chamas iniciais. Deve conhecer também como o incêndio evoluiu na área queima, assim destacamos as seguintes partes:

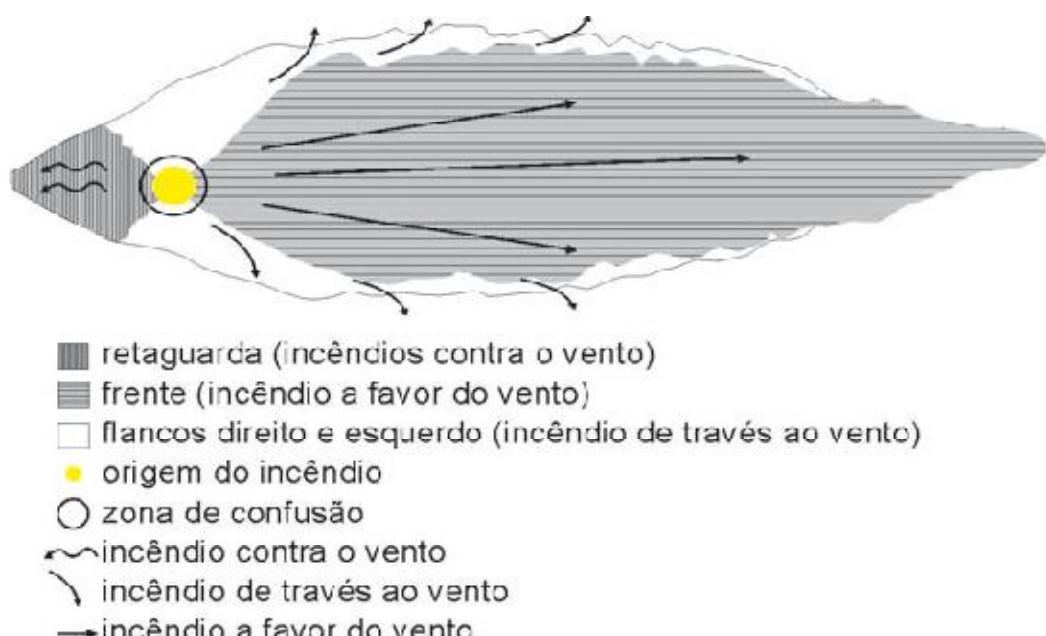


Figura 84 - Partes de um Incêndio Florestal.

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

Frente - avanço de maior velocidade do incêndio florestal impelido pelos condicionantes: vento, relevo e combustível, conjugados aos efeitos de convecção e radiação das chamas e do material combustível. Na frente do incêndio florestal o vento intensifica a convecção, a radiação e a condução – formas de propagação do incêndio – causando pré-aquecimento e desidratação nos materiais combustíveis, adiante das chamas, aumentando, portanto, sua velocidade de propagação.

Retaguarda - avanço do incêndio florestal contra o vento, progressão de menor velocidade e características diferentes da frente do incêndio.

Flanco - lateral do incêndio florestal que se expande com características semelhantes ao avanço de retaguarda, porém com velocidade maior, pois recebe vento de través.

Zona de confusão - área queimada por chamas de baixa convecção e radiação, que circunscreve a origem do incêndio florestal momentos antes da formação da frente, retaguarda e flancos do incêndio.

Origem do incêndio - local da ignição que causou o incêndio florestal.

Seção 2: Causas dos Incêndios Florestais

1. Incêndio Florestal no Brasil

No Brasil, assim como na América do Sul, a quase totalidade das queimadas é causada pelo Homem, por motivos muito variados: limpeza e renovação de pastagens, queima de restos culturais para preparação de plantios, eliminação de material lenhoso resultante de desmatamentos, queima da palhada para colheita manual de cana-de-açúcar, vandalismo, balões de São João, disputas fundiárias, protestos sociais etc. Com mais de 300.000 queimadas e nuvens de fumaça cobrindo milhões de quilômetros quadrados detectadas anualmente por meio de satélites, o Brasil ocupa o quinto lugar entre os países poluidores, devastando, anualmente, em média, cerca de 15 mil km²/ano de florestas naturais (Manual do ICMBio).

2. Causas dos Incêndios Florestais

As causas dos incêndios florestais podem ser classificadas em **Estruturais** que envolvem fatores ambientais e sociais; e **Determinantes** onde os fatores são naturais e antrópicos.

2.1 Causas estruturais

- Clima: baixa umidade relativa do ar, alta temperatura e ventos fortes.
- Inflamabilidade do combustível: vegetais com grande potencial de inflamabilidade.
- Uso do fogo como ferramenta rural: queima de pastagens e de árvores derrubadas para fins agrícolas.
- Acúmulo de material combustível no solo florestal.
- Aumento da suscetibilidade das florestas: incêndios e extração de árvores proporcionam o surgimento de vegetação de sub-bosque, aumentando a quantidade de combustível entre a superfície do solo e a copa das árvores.
- Deficiente espírito conservacionista da população rural: inexistência de educação ambiental por parte das entidades direta ou indiretamente relacionadas ao meio rural.
- Características topográficas que intensificam a ação do fogo: aclives acentuados.
- Extensão territorial: a grande dispersão de áreas suscetíveis e consequentemente, os custos elevados comprometem as ações preventivas e de combate aos incêndios.
- Desconhecimento ou negligência do uso controlado do fogo: apesar de inadequado, o uso do fogo como ferramenta agrícola, devido às graves consequências na química atmosférica e no equilíbrio biológico do solo, a queima controlada é dispositivo imprescindível de prevenção contra incêndios florestais enquanto persistir a atual política agrária.

2.2 Causas determinantes

- Natural: raios.
- Acidental: linha de transmissão de energia elétrica de alta tensão, emissões de partes incandescentes dos freios de locomotivas, combustão espontânea, carga de carvão em transporte rodoviário.
- Antrópica por negligência: queima agrícola e de pastos, queima de lixos, fogueiras de acampamentos, fogos de artifício e balões de festa junina, projéteis luminosos e munições incendiárias.
- Antrópica de origem intencional: insatisfações, vingança ou desavença, piromaníacos, combate a animais peçonhentos, intenção de promover estado de calamidade pública, aumentando a incidência de incêndios em época de seca, queima de pastagens nativas.

Seção 3: Características dos Incêndios Florestais

1. Combustível Florestal

É toda a matéria de origem vegetal suscetível à queima. A inflamabilidade depende essencialmente da porcentagem de umidade no combustível.

As características dos combustíveis florestais dependem de:

- Exposição ao vento e ao sol: os vegetais expostos ao vento e ao sol são mais suscetíveis à perda de umidade, sendo a influência do vento mais eficaz do que a do sol na desidratação.
- Altitude: em geral, a quantidade de combustível diminui com o aumento da altitude.
- Latitude: quanto mais próximo da latitude 0° maior é a quantidade de radiação solar recebida pela superfície terrestre, influenciando na profusão vegetativa e na temperatura atmosférica.
- Solo: solos arenosos têm menor capacidade de retenção de água do que solos argilosos, portanto, vegetais em solos arenosos entram em estado de deficiência hídrica mais facilmente.
- Idade da vegetação: vegetais velhos produzem maior quantidade de galhos e folhas mortas do que os vegetais novos.

- Ações antrópicas: atividades extrativas aumentam a suscetibilidade a incêndios tanto pela abertura de espaços para a penetração dos raios solares, que promovem o surgimento de vegetação superficial e de sub-bosque na floresta, desde a superfície do solo até a parte aérea das árvores, quanto pelo aumento da quantidade de galhos e folhas no solo.

- Vitalidade: vegetais mortos e vivos.

- Distribuição espacial:

Subterrâneos – raízes, galhos e folhas permeando camadas de solo mineral.

Superficiais – combustíveis abaixo de 1,5 m de altura, tais como caules, galhos, folhas, acículas, gramíneas, arbustos, árvores e palmeiras jovens.

Aéreos – combustíveis acima de 1,5 m de altura como cipós, palmeiras e árvores.

- Quanto ao tamanho:

CLASSIFICAÇÃO	COMBUSTÍVEL	DIÂMETRO (mm)
Leve	erva, capim, folhas, ramos	< 5
Regular	galhos e caules finos	5 a 25
Mediano	galhos e caules médios	25 a 75
Pesado	galhos grossos, troncos de árvores	> 75

Quadro 6 - Classificação dos Combustíveis.

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

Combustíveis menores perdem umidade, ardem mais rapidamente e são mais suscetíveis à queima completa. Quanto maior for o volume de combustíveis leves mais rápida será a propagação e maior a intensidade do incêndio.

1.1 Características dos combustíveis

Os combustíveis em relação à sua capacidade de comburir e o consequente comportamento do incêndio florestal são classificados quanto à:

a) Quantidade de biomassa vegetal

Define-se quantidade de biomassa a relação entre o peso de combustível seco e a unidade de área.

VEGETAÇÃO	REGIÃO	BIOMASSA VEGETAL (t/ha)
Floresta densa	Amazônia Brasileira ¹	453
Floresta aberta	Amazônia Brasileira	392
Floresta estacional	Amazônia Brasileira	336
Floresta de contato	Amazônia Brasileira	372
Cerradão	Amazônia Brasileira	134
Campinarana	Amazônia Brasileira	332
Formação pioneira	Amazônia Brasileira	285
Savana	Amazônia Brasileira	71
Formação pioneira	Amazônia Brasileira	21
Floresta de terra firme	Ilha do Bananal ²	223
Floresta de alagadiço	Ilha do Bananal	197
Sub-bosque de terra firme	Ilha do Bananal	45

Quadro 7 - Biomassa vegetal por região.

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

¹ Acre, Amazonas, Amapá, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins.

² Ilha do Bananal e seu entorno.

b) Relação superfície/volume

Combustíveis trocam umidade e calor com o ambiente através de sua superfície. Quanto maior a superfície, por unidade de volume, mais rápida será essa troca. Portanto, quanto maior a relação da superfície/volume mais rapidamente o combustível entra em equilíbrio com a umidade atmosférica e absorve, de forma mais eficaz, o calor emitido pelo ambiente, alcançando em pouco tempo a sua temperatura de ignição.

Combustíveis leves, de maior superfície, entram em ignição mais facilmente e comburem mais rápida e completamente do que combustíveis pesados. São, portanto, responsáveis pela velocidade de propagação do incêndio florestal.

COMBUSTÍVEIS	RELAÇÃO SUPERFÍCIE/VOLUME (m ² /m ³)
Ramos de 13 mm de diâmetro	308
Acículas de pinus	5600
Gramíneas (pasto)	6000

Quadro 8 - Relação superfície/volume de alguns tipos de vegetação.

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

c) Compactação

Entre a matéria combustível, em pé ou acamada sobre o solo, existem espaços ocupados pelo ar (comburente).

Quanto mais compactada a matéria combustível menos espaços haverá entre as suas partes, portanto, aumentará a retenção de umidade no material combustível, reduzindo a velocidade de propagação do incêndio. Com o aumento da compactação diminui o volume de oxigênio disponível entre as partículas do material, resultando em queima mais lenta e de menor intensidade.

d) Continuidade horizontal

É a distribuição dos vegetais de superfície ou aéreos no plano horizontal.

Essa distribuição é inerente à evolução do incêndio e influi em sua velocidade de avanço. A distância entre vegetais que impede a transposição de chamas denomina-se descontinuidade horizontal.

e) Continuidade vertical

É a distribuição dos vegetais no plano vertical desde a superfície do solo até a parte aérea de maior altura da biomassa vegetal. Essa distribuição é inerente à evolução do incêndio de superfície para o incêndio de copas. A distância entre os níveis das camadas vegetais que impede a transposição de chamas denomina-se descontinuidade vertical.

Ações antrópicas como a extração de madeiras ou a ocorrência de incêndio em algumas copas de árvores, numa floresta com densa continuidade horizontal, possibilitam que a luz solar, antes retida em grande parte pela proximidade das copas, tenha maior penetração, difundindo-se por extensa área nas proximidades das árvores afetadas.

Tal difusão da luz solar proporciona o surgir ou o aumentar do volume da vegetação arbustiva, possibilitando, em situações críticas de clima e vegetação, a transposição de incêndio superficial para incêndio de copas, através dos estratos

vegetais arbustivos. Assim, a cada incêndio a floresta torna-se mais suscetível ao fogo.

f) Densidade da madeira

Madeiras de alta densidade necessitam de maior quantidade de calor para entrar em ignição. Madeiras de baixa densidade ardem sob o estímulo de pouca quantidade de calor, contribuindo, portanto, para o aumento da velocidade de propagação do incêndio florestal.

g) Substância inflamável

Vegetais que contêm óleos essenciais, ceras e resinas inflamáveis causam incêndios de maior intensidade e velocidade de propagação.

A desidratação dos vegetais diante do incêndio promove o arraste de substâncias inflamáveis para a atmosfera. Tais substâncias, que necessitam de menor temperatura para alcançar o seu ponto de ignição, podem inflamar-se antes das chamas alcançarem a massa de ar que as contém e, dessa forma, aumentar a intensidade, a velocidade de propagação do incêndio e a dificuldade de combatê-lo.

Incêndios que se propagam através das copas das árvores têm como sustentação a inflamabilidade das substâncias contidas nas seivas.

h) Umidade

A umidade é a propriedade mais importante da inflamabilidade dos combustíveis florestais vivos ou mortos. Antes de arder, é necessário evaporar o excesso de umidade que o combustível contém. Portanto, seu percentual de umidade influencia muito na quantidade de calor necessária para igni-lo.

$$\text{Umidade do combustível (\%)} = \frac{100 \times \text{peso úmido} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}}$$

A umidade dos combustíveis florestais mortos pode variar de 0% a 300% e nos combustíveis florestais vivos geralmente situa-se entre 40% e 150%. Vegetais vivos não trocam umidade com a mesma intensidade dos vegetais mortos, portanto, podem atuar como barreira natural contra o incêndio, atenuando a velocidade ou impedindo a progressão do fogo.

Combustíveis mortos estão em contínua troca de umidade com o ambiente por meio de um processo de equilíbrio higroscópico que depende em grande parte da umidade relativa do ar. O tempo que uma partícula necessita para alcançar o estado de equilíbrio higroscópico com o ambiente é denominado tempo de retardo e é considerado como o tempo necessário para que o combustível perca 63% de sua umidade.

COMBUSTÍVEL	em mm	TEMPO DE RETARDO	
		HORAS	DIAS
Leve	< 5	1	
Regular	5 a 25	10	
Mediano	25 a 75	100	5
Pesado	> 75	1.000	42

Quadro 9 - Tempo de retardo por carga de combustível.

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

De modo geral, a fumaça branca é produzida na queima de combustíveis leves e a cor branca provém da umidade contida no combustível. A fumaça escura é característica da combustão de material lenhoso com conteúdo de resinas ou outros compostos de queima semelhantes. No entanto, tais configurações são muito variáveis.

i) Uniformidade

Quanto maior a uniformidade na disposição dos combustíveis leves maior homogeneidade terão as características de velocidade, expansão e danos causados pelo incêndio.

A variação da uniformidade nas disposições e nos tamanhos de combustíveis modifica a velocidade e, consequentemente, a intensidade do incêndio, resultando em queimas não homogêneas ao longo de sua dinâmica.

j) Disponibilidade dos combustíveis

Quando ocorre um incêndio florestal nem todo o material combustível é consumido. Raramente os combustíveis mais pesados são consumidos completamente.

Somente com baixa umidade relativa do ar, geralmente por mais de 60 dias e ausência total de chuvas, os combustíveis pesados mortos ficam suscetíveis à queima completa. Portanto, nem todo combustível que há na área do incêndio tem condições de arder e, em relação a essa situação, os combustíveis são classificados como:

- Combustível total: toda matéria vegetal, viva ou morta, dentro da área sujeita a incêndios.
- Combustível disponível: material que está em condições de arder e consumir-se no incêndio.
- Combustível restante: são combustíveis afetados pelo incêndio que, por não estarem disponíveis para arder, tombam na área queimada após o incêndio.

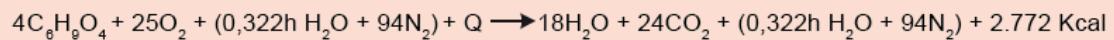
A disponibilidade dos combustíveis vegetais varia conforme a hora, a época do ano, a distribuição na área, as condições atmosféricas e as características dos combustíveis.

Seção 4: Combustão nos Incêndios Florestais

1. Combustão de matéria lenhosa

A energia latente do combustível converte-se em energia ativa quando se dá a combustão, assim, a matéria transforma-se em energia radiante com característica diferente da que apresenta em estado condensado.

Os vegetais são compostos essencialmente por celulose, hemicelulose e lignina. Ao receberem calor com suficiente energia para alcançar a sua temperatura de ignição e estando em presença de oxigênio, ocorre a seguinte reação química, onde **h** é porcentagem de umidade e **Q** é energia:



No processo químico de combustão completa, de 4.855 Kcal/kg de material lenhoso, desprende-se uma quantidade de energia equivalente a 2.772 Kcal.

Dessa quantidade, 15% (728,25 Kcal) é irradiada, produzindo o aquecimento da massa de ar e afetando os combustíveis à frente do incêndio, aquecendo-os e desidratando-os. Os demais 85% (4.126,75 Kcal) são calor latente que integram o processo de autoalimentação da reação e aumentam a temperatura das fases da combustão.

2. Fases combustão de matéria lenhosa

Para descrever os fenômenos físicos e químicos existentes em um incêndio, analisaremos a ignição, a combustão e a extinção do incêndio em um galho seco de árvore.

a) Preaquecimento

Ao aplicar uma fonte de calor em um galho seco de árvore, esse combustível será aquecido por radiação. À medida que a temperatura na superfície do combustível aproxima-se da temperatura de ebulição da água, a madeira começa a

desprender gases, principalmente vapor d'água. Esses gases têm insignificante ou nenhuma combustibilidade.

Ultrapassando 100°C o processo de dessecção alcança o interior da madeira. Ao aproximar-se de 300°C ocorre modificação na cor do combustível e inicia-se a fase de pirólise. Nessa fase, a madeira desprende gases combustíveis e aparece um resíduo carbonizado – o carvão vegetal. A pirólise aprofunda-se na madeira na medida em que o calor continua atuando. Imediatamente depois de iniciar a pirólise a madeira produz rapidamente suficientes gases combustíveis que alimentam uma combustão gasosa.

Para que o galho entre em combustão é necessário chama, fagulha ou alguma fonte que produza moléculas quimicamente ativas em quantidade suficiente para alcançar a ignição provocada.

b) Combustão dos gases

Ocorrendo a ignição, uma chama difusora cobre rapidamente toda a superfície sob a ação da pirólise e evita o contato dessa superfície com o oxigênio. No entanto, a chama aquece a superfície do galho e aumenta a velocidade da pirólise.

Se retirarmos a fonte de calor que foi aplicada inicialmente ao galho de árvore, a combustão continuará desde que o galho tenha um diâmetro menor do que 2 cm, em média. Em um galho mais grosso, as chamas se apagam ao ser retirada a fonte de calor, pois o calor produzido pela combustão é insuficiente para suprir o calor de radiação. As chamas não conduzem calor ao interior da madeira e não geram calor suficiente para alimentar a combustão, pois o galho mais grosso tem maior superfície e volume para ser aquecido e manter moléculas ativas em quantidade suficiente para continuar a combustão.

Porém, em estado natural, pode ser mantida a continuidade da combustão por parte do calor que, emitido por radiação, reflete-se em galhos e troncos voltando à sua origem e mantendo assim o calor necessário para autoalimentar a combustão.

c) Combustão do material lenhoso

A espessura da parte carbonizada na fase de combustão dos gases aumenta com a continuidade da combustão. Essa matéria carbonizada, que possui boa propriedade como isolante térmico, limita a quantidade de calor que penetra no interior da madeira, reduzindo a intensidade da pirólise até terminar a combustão em fase gasosa.

Ao acabar a combustão em fase gasosa, a chama difusora que cobria toda a superfície sob a ação da pirólise e evitava o contato dessa superfície com o oxigênio se esgota, permitindo que o oxigênio do ar entre em contato com a parte carbonizada, intensificando a continuidade da combustão incandescente.

FASE	TEMPERATURA (°C)	PROCESSO
Preaquecimento	<100	Dessecamento do material lenhoso, desprendimento de vapor de água até a desidratação completa.
	100 a 270	Destilação do material lenhoso, desprendimento de gases combustíveis, emissão de CO ₂ .
Combustão de gases	270 a 350	Presença de CO ₂ , início de formação de carvão vegetal, desprendimento de energia >300 Kcal/Kg.
	350 a 500	Continua a combustão.
Combustão do material lenhoso	500 a 800	Esgotamento da emissão de gases, combustão lenta do carvão vegetal.
	800 a 1.200	Combustão completa.

Quadro 10 - Fases da combustão de material lenhoso.

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

3. Propagação do incêndio florestal

A propagação do incêndio é a forma de transmissão de calor aos combustíveis próximos para consequentes ignições em série. No momento exato do início do incêndio, as chamas de menor intensidade têm na condução o fator predominante de propagação do incêndio florestal. A influência da condução como mecanismo na velocidade de propagação do incêndio aumenta na razão direta da quantidade de combustíveis pesados.

À medida que as chamas crescem, a convecção alcança maior intensidade e, com o aumento das chamas e da incandescência do combustível, a radiação sobrepõe-se como fator de maior alcance de transmissão e principal efeito do incêndio na sua velocidade de propagação.

A influência da convecção e da radiação na propagação do incêndio aumenta na razão direta do crescimento das chamas, do aumento de material em incandescência e da quantidade de combustíveis leves.

Velocidade de propagação é aquela que faz avançar a frente de reação (a frente do incêndio) sobre os combustíveis ainda não destruídos pela pirólise. Conforme a velocidade de propagação existe três tipos de combustão:

- Combustão simples: a velocidade de propagação é menor do que 1 m/s; ocorre nos incêndios florestais.
- Combustão deflagradora: a velocidade de propagação é superior a 1 m/s e inferior à velocidade do som (340 m/s); ocorre em reações químicas de líquidos ou gases e explosões. Alguns grandes incêndios florestais, especialmente intensos em vegetação contendo resinas e óleos essenciais inflamáveis podem alcançar combustão deflagradora em situações especiais de clima, relevo e vegetação.
- Combustão detonante: a velocidade de propagação é superior à velocidade do som; ocorre em reações químicas de líquidos ou gases e explosões.

3.1 Propagação do fogo

A radiação e a convecção são as formas predominantes de progressão das chamas em um incêndio. O incêndio que se inicia em condições estáveis, em terreno plano, sem vento e em combustíveis uniformes e contínuos, tenderá a uma propagação circular, pois o calor será transmitido de forma homogênea em todas as direções.

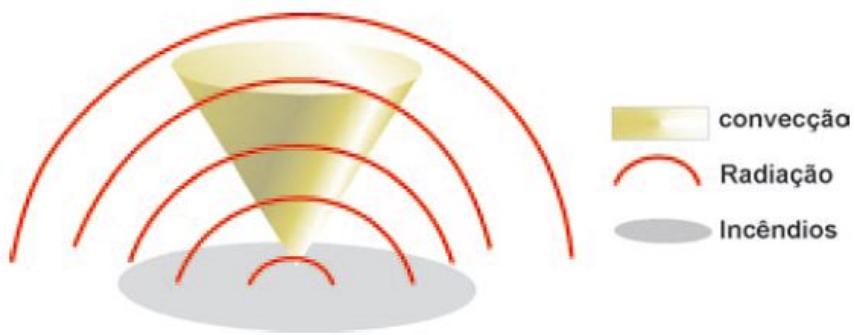


Figura 85 - Propagação de calor nos incêndios florestais.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

O vento produz uma inclinação da chama e a consequente concentração de radiação e convecção à frente da chama. À medida que a superfície vegetal afetada aumenta, o incêndio começa a ter uma geometria que define sua frente, retaguarda e flancos.

A frente do incêndio gera maior quantidade de energia, pois a emissão de calor origina-se da radiação e da convecção, ambas sob a influência do vento que define, no esquema ao lado, a forma elipsoide do incêndio.

A ação do vento conjugada com o relevo intensifica a transmissão de calor à frente do incêndio, fazendo com que os combustíveis alcancem mais rapidamente a temperatura de ignição.

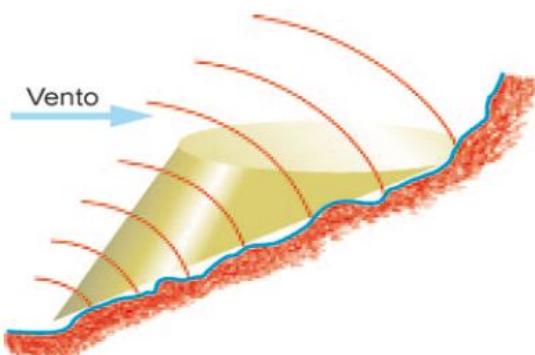


Figura 86 - Propagação de calor em elevações do relevo com ação do vento.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

Na superfície das elevações do relevo que se opõem ao sentido do fogo a radiação e a convecção são mais intensas do que do lado oposto, devido à maior proximidade e tamanho da superfície de contato com as chamas.

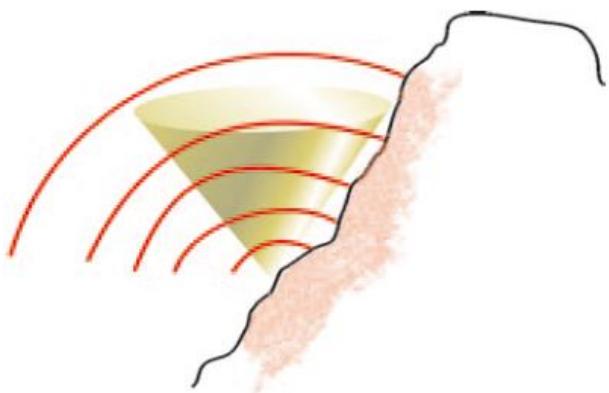


Figura 87 - Propagação de calor em elevações do relevo.

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

3.2 Geometria do incêndio florestal

A superfície afetada pela propagação do incêndio tem formas geométricas distintas em função dos fatores que interferem na propagação do fogo. Em uma área incendiada muito extensa um voo em grande altitude possibilitará definir a geometria do incêndio florestal, reduzindo o trabalho de investigação a uma área menor.

Nos incêndios em áreas planas, com combustíveis uniformes e contínuos, a propagação tenderá a uma forma circular que, sob a ação do vento, transformar-se-á em expansão alongada e irregular conforme condições de vento, relevo e vegetação.

Modelos geométricos de propagação dos incêndios florestais

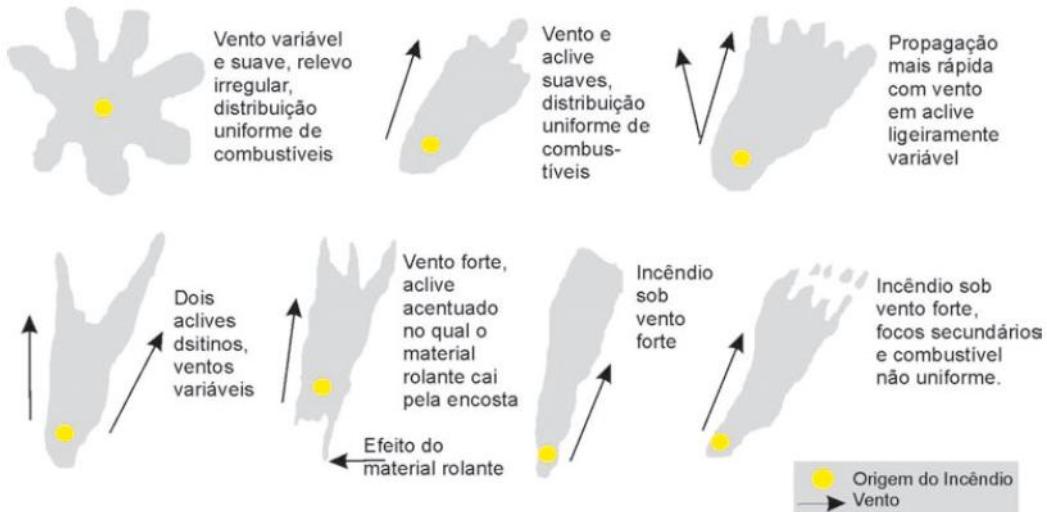


Figura 88 - Geometria dos incêndios florestais

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

Seção 5: Investigação dos Incêndios Florestais

1. Objetivos

De acordo com o Manual de Investigação do IBAMA, a investigação da causa de um incêndio florestal tem como objetivo localizar sua origem para determinar que tipo de ação o provocou. Assim, poderão ser identificadas as situações de risco e aplicadas medidas preventivas eficazes, além de instruídos os processos decorrentes de crimes ambientais.

A localização da origem do incêndio permite a busca das provas materiais relacionadas à causa. Tais provas, além do próprio dispositivo de ignição, incluem pegadas, rastros de pneus e objetos de uso pessoal esquecidos no local.

No entanto para o Corpo de Bombeiros Militar o objetivo de localizar a zona de origem é buscar ação que provocou o incêndio somente com o intuito de estabelecer medidas preventivas futuras.

Evidências e provas materiais encontradas e conjugadas às declarações das testemunhas permitem:

- Reconstruir a dinâmica do incêndio florestal desde o seu início;
- Conhecer e classificar a causa que deu origem ao incêndio florestal;

- Indiciar o autor do incêndio, relacionando os fatos com as provas, os depoimentos e subsequente investigação.

Observando e identificando as diferentes configurações de queima deixadas pelas chamas em materiais combustíveis e não combustíveis pode-se determinar de forma minuciosa a origem do incêndio, não deixando se levar por pressuposições, buscando sempre a objetividade.

Somente os fatos equacionarão o problema de encontrar a origem do incêndio, a sua causa e indícios do autor.

A equipe que realizará as investigações terá que ser formada por, no mínimo, dois investigadores, cujas funções serão:

- a) Localizar e investigar detalhadamente a área de origem do incêndio florestal, em busca de provas materiais, registrando evidências que configurem por meio de fatos o dispositivo aplicado e classificar a causa determinante especificando-a conforme as evidências constantes nas tabelas de indicadores de ignição;
- b) Registrar informações transmitidas pelo pessoal que combateu o incêndio e por testemunhas; anotar todas as características da região, tais como: propriedades envolvidas, costumes comunitários, existência de atividades de risco, relevo, vegetação, cursos d'água, áreas de proteção ambiental, práticas agrossilvopastorais adotadas, impactos ambientais e coordenadas geográficas de importância para a composição do laudo pericial.

É imprescindível à investigação o conhecimento do comportamento do incêndio florestal e dos vestígios causados pelas chamas nas diversas dinâmicas desenvolvidas em seu percurso.

2. Materiais e equipamentos

Para realizar uma investigação de incêndio florestal de forma a atingir o objetivo fundamental que é encontrar a origem do mesmo, deve-se ter de pronto emprego materiais e equipamentos.

Equipamentos e materiais
Bandeirolas grandes, cor amarela, para sinalização dos indicadores de queima
Bandeirolas pequenas, cor amarela, para sinalização na zona de confusão
Aparelho de sistema de posicionamento global (GPS)
Clinômetro (para medir a inclinação do relevo)
Lupa com aumento de 2 ou 3 vezes
Trena metálica de 3 m com lâmina larga milimetrada amarela e grafia em cor preta
Câmara fotográfica digital de filme com <i>flash</i>
Bússola
Cordão ou barbante (rolo médio)
Imã de grande potência
Pinça média (15 cm)
Espátula média (lâmina de 8 cm)
Faca
Sacos plásticos para guardar dispositivos grandes
Caixa de papelão (20x10 cm) com algodão para dispositivos pequenos e frágeis
Equipamentos de proteção individual

Quadro 11 - Materiais e equipamentos.

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

Bandeirolas de sinalização para orientar indicadores de queima apontando no sentido da origem do incêndio. Devem ser construídas em material metálico, leve e resistente, que possibilite fácil transporte em longas caminhadas.

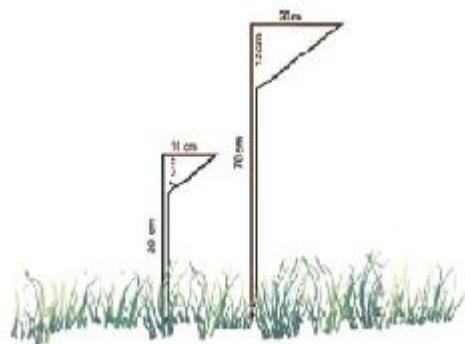


Figura 89 - Modelo de bandeirolas.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

3. Fluxograma de Investigação

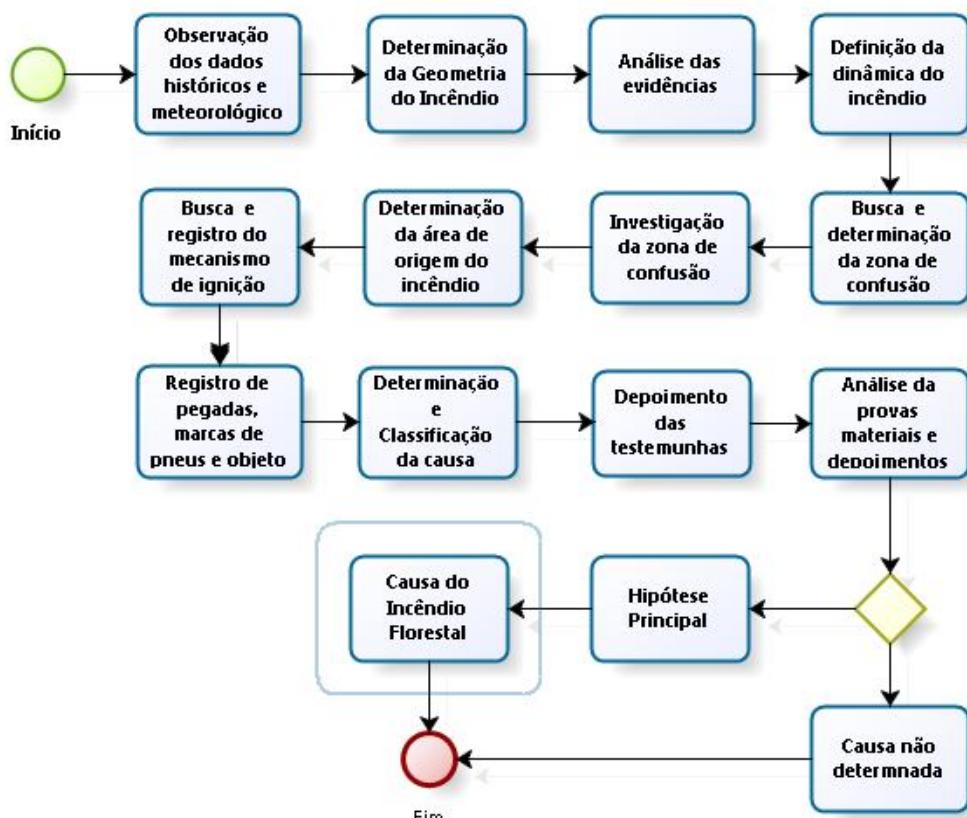


Figura 90 - Fluxograma de investigação.
Fonte: adaptado do Manual de Perícia IBAMA 2011

3.1 Recebimento da notícia do incêndio (Início)

Anotar a data e a hora do recebimento da comunicação sobre o incêndio, os dados e o endereço da instituição ou pessoa que forneceu a informação.

3.2 Observação dos dados históricos e meteorológicos

Identificada a área de ocorrência do incêndio, pesquisar (internet, órgãos responsáveis, seções que trabalham com estatísticas) a existência de dados históricos de incêndios, suas causas, existência de costumes locais relacionados ao uso do fogo, trânsito de pessoas, acessos, estradas, desvios, rodovias, ferrovias.

Ao chegar ao local do incêndio os investigadores deverão identificar pessoas e veículos que se encontram nas proximidades. É fundamental selecionar as

pessoas que possam testemunhar, fazendo uma análise do caráter e comportamento delas na sociedade em que vivem.

3.3 Determinação da Geometria do Incêndio

Antes de ultrapassar o perímetro do incêndio (com dimensões razoáveis), o procedimento, em busca dos indicadores de queima, é circundá-la, observando os sentidos dos últimos indicadores marcados pelas chamas para determinar, com certeza, a frente do incêndio e, em seguida, entrar caminhando em zigue-zague em busca de indicadores de queima.

Quando a investigação for realizada em um incêndio de grande extensão, somente visível em sua totalidade pelo uso de uma aeronave, é necessário delimitar em coordenadas geográficas a área provável da origem do incêndio, restringindo, assim, o campo de investigação.

3.4 Identificação e Análise das Evidências

A Identificação e análise dos efeitos causados pelas chamas nos materiais combustíveis e não combustíveis permitirão a definição da dinâmica do incêndio florestal e a consequente determinação objeto que foi causa de ignição na área de origem.

Os efeitos causados pelas chamas em materiais combustíveis e não combustíveis são denominados **indicadores de queima**. Chamas fracas causarão efeitos de pouca visibilidade. Com o aumento das condições favoráveis de vento, relevo e combustível e os consequentes efeitos de radiação e convecção, os indicadores de queima tornar-se-ão mais evidentes. Portanto, **quanto mais próximos da origem do incêndio menos visibilidade terão tais indicadores**, apesar de estarem presentes em todo o percurso nas diferentes etapas da dinâmica desenvolvida pelo incêndio, da origem à extinção.

Analizando as evidências deixadas pelas chamas, definem-se a **direção, o sentido, a intensidade calórica e a velocidade de propagação** do incêndio florestal.

A correta interpretação dos efeitos das chamas permite localizar a origem do incêndio, objetivo fundamental desse processo de investigação e, nesse ponto, o dispositivo que causou a ignição. Nas proximidades do dispositivo de ignição poderão ser encontrados objetos, rastos de veículos e pegadas que permitam indicar um suspeito.

Portanto, sempre deve-se buscar a maior variedade possível de indícios, completos e distintos, para configurar uma investigação confiável.

As evidências produzidas pela propagação do incêndio florestal estão contidas nos seguintes indicadores de queima:

- 1- Prolongamento de carbonização
- 2 - Grau de danos;
- 3 - Padrão de queima;
- 4 - Cor das cinzas;
- 5 - Combustível protegido;
- 6 - Carbonização superficial;
- 7 - Carbonização profunda;
- 8 - Congelamento de folhas e galhos finos;
- 9 - Mancha de fuligem;
- 10 - Caule de gramínea;
- 11 - Corredor do incêndio.

3.4.1 Prolongamento de carbonização

A análise dos prolongamentos de carbonização e respectivas linhas de carbonização são a evidência mais segura da direção do vento em cada etapa de sua progressão.

Esses prolongamentos de carbonização ocorrem no lado de sotavento do caule, sob a influência do turbilhonamento do vento, onde há maior suprimento de oxigênio e o ar movimenta-se no sentido ascendente. Em decorrência, as chamas deste lado do caule têm maior intensidade e altura.



Figura 91 - Prolongamento da carbonização.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

Além de proporcionar a exata informação a respeito da trajetória do incêndio e do sentido do vento em cada etapa, a observação do prolongamento da carbonização e linhas de carbonização evita que, diante de um contrafogo mal sucedido, o investigador possa confundir-se quanto ao sentido de propagação do incêndio. No caso de haver ocorrido contrafogos, poderá haver múltiplos pontos identificáveis como origem do incêndio.

3.4.2 Grau de danos

Grau de danos é a quantidade de matéria vegetal afetada pelo incêndio. O dano nos vegetais é pequeno nas proximidades da origem do incêndio, porém, assim que ele define a sua dinâmica, adquirindo as características definitivas de incêndio, propagando-se sob o efeito do vento superficial dominante, relevo e combustíveis, intensificando-se com a radiação e convecção, aumentam rapidamente os danos causados pela queima.

Ao se afastar da sua origem, intensificam-se os efeitos que aquecem, desidratam e queimam os combustíveis em diferentes alturas, atingindo as copas das árvores. Em geral, o grau de danos indicará o sentido da propagação e o comportamento do incêndio, mas não a localização da origem do incêndio.



Figura 92 - Grau de danos.
Fonte: <http://revistaincendio.com.br/>

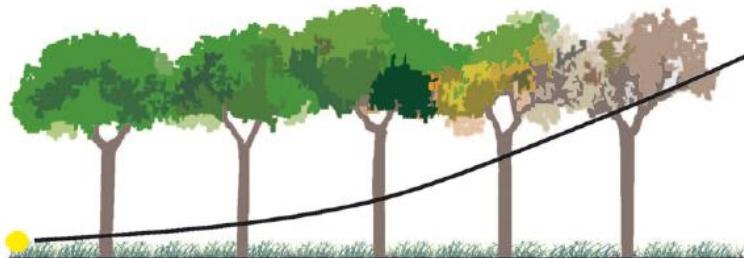
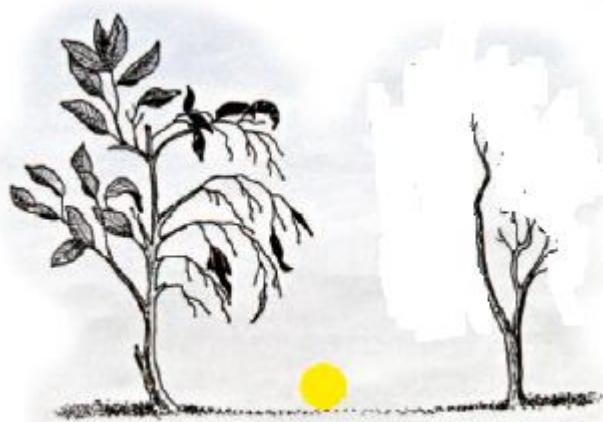


Figura 93 - Grau de danos.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

3.4.3 Padrão de queima

Cada tipo de vegetação age de forma específica em função da intensidade que sobre ela agiram as chamas. Examinando os padrões de queima, é possível detectar num incêndio evidentes desigualdades de queima em um mesmo tipo de combustível, com igual estado vegetativo. Tais desigualdades ocorrerão nas áreas onde as chamas manifestar-se-ão de maneiras diferentes. Produzidas pelas variações de intensidade das chamas, tais desigualdades, muitas vezes, poderão indicar a origem do incêndio. São exemplos desse padrão o congelamento de galhos finos e folhas, a queima desigual de gramíneas e o prolongamento da carbonização.



Congelamento de galhos finos e folhas na origem do incêndio.

Figura 94 - Padrão de queima.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

3.4.4 Cor das Cinzas

Devido à ação conjunta da radiação e da convecção, atuando como agentes dessecadores dos combustíveis adiante do incêndio, em geral, um incêndio tem a característica de produzir cinzas mais claras na frente do que na retaguarda do incêndio. As chamas, ao alcançarem o combustível dessecado, realizam as etapas de combustão subsequentes, transformando-o em cinzas claras, causando a combustão completa em todas as suas fases, preaquecimento, combustão de gases e combustão do material lenhoso.

Mas deve-se observar que se os combustíveis tiverem umidade ou vigor vegetativo que necessitem de maior energia térmica que a recebida por radiação e convecção, suas queimas serão incompletas e, independentemente da posição em que estejam no campo do incêndio, terão cinzas escuras.

Outra evidência interessante é a cor das cinzas quando se busca indícios do uso de dispositivo de ignição, pois, por ter em si uma permanência maior das chamas (no caso de tochas) ou mesmo por submeter-se, além de sua própria queima, à influência da queima dos combustíveis em seu redor, o dispositivo poderá ter cinzas claras, contrastando com as cinzas mais escurecidas da área que o circunda.

As características dos combustíveis também têm influência na cor das cinzas, independentemente da posição no incêndio. A relação superfície/volume também influencia na cor das cinzas devido a aeração, isto queimas completas ou não.



Figura 95 - Cor das cinzas (cinzas mais claras, queimas completas)

Fonte: <http://tvguara.com/noticias/maranhao/item/24317>

3.4.5 Combustível protegido

Essa evidência poderá ser visível detrás de um material não combustível, ou de combustão lenta, tal como um tronco de árvore, ao longo do percurso do incêndio, eles poderão indicar o sentido do incêndio.

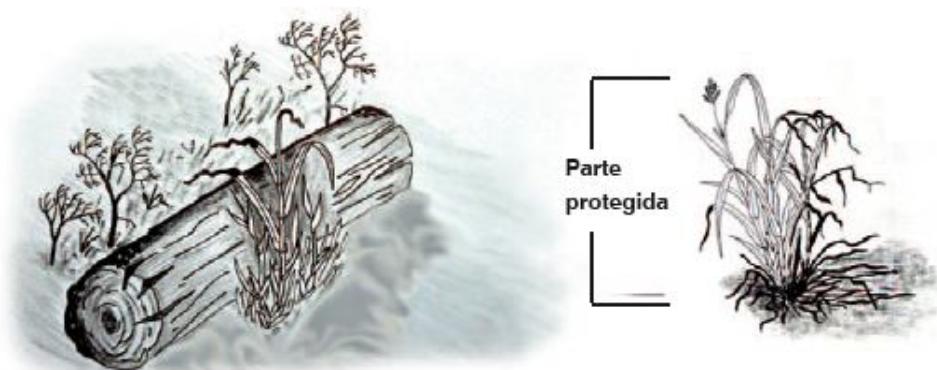


Figura 96 - Combustível protegido.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

O material protetor apresentará uma queima homogênea com cinzas mais claras a barlavento e uma queima heterogênea, incompleta, com cinzas mais escuras na parte a sotavento. Após observar e identificar o conjunto que compõe

esse indicador, removendo cuidadosamente o material protetor, no caso de tronco, podem ser vistas com maior clareza essas duas faces distintas no solo.

Nas proximidades da zona de confusão os combustíveis protegidos podem ser localizados com mais facilidade devido à formação de chamas de baixa a média intensidade em combustíveis com um mínimo de vigor vegetativo que possam ter uma resistência inicial à queima total.

3.4.6 Carbonização superficial

Esse indicador de queima é uma evidência costumeira em troncos de árvores e arbustos e permanece aí por muitos anos. Pode ocorrer também em cupinzeiros e materiais que se oponham ao sentido de progressão das chamas. Ao passarmos o dorso do dedo na face a sotavento perceberemos uma sensação de maciez e, a barlavento, uma sensação de aspereza. Essas sensações indicarão que a carbonização é recente. Outro indicativo, de menor resistência ao tempo, são pequenos pontos de cinza branca ao longo da carbonização.

O processo de formação da carbonização superficial ocorre da seguinte maneira:

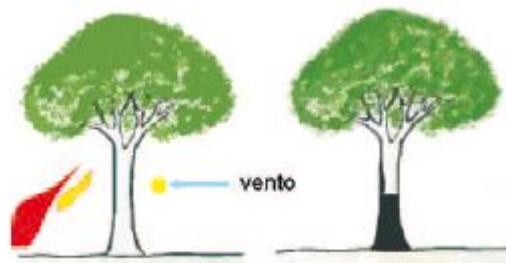
Nas proximidades de sua origem, sob convecção de baixa intensidade, as chamas deixam marcas de expansão basicamente por radiação e o perímetro terá a forma circular tendendo a elipsoide. Assim, os caules em redor da origem do incêndio poderão ter marcas de carbonização de mesma altura. Se houver vento, as chamas inclinadas marcarão de forma mais visível os caules que se encontram a sua frente. A partir daí, a progressão da queima produzirá o aquecimento do ar que dará início à corrente convectiva.

O vento, ao encontrar a face de barlavento do caule, bifurca-se, e a sotavento age turbilhando no sentido ascendente. O maior fluxo de O_2 causado por esse turbilhonamento intensifica a combustão e consequentemente produz o prolongamento de carbonização.

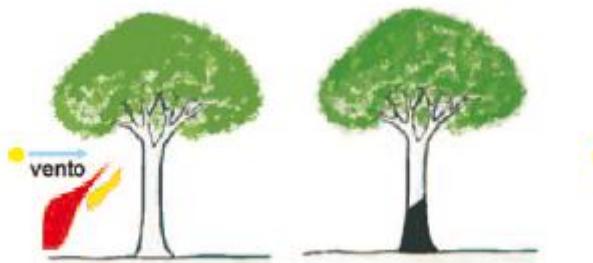
O prolongamento da carbonização superficial sempre fica a sotavento.

A situação do indicador de carbonização superficial – se o incêndio é contra ou a favor do vento – é definida pela linha de carbonização situada na base do prolongamento.

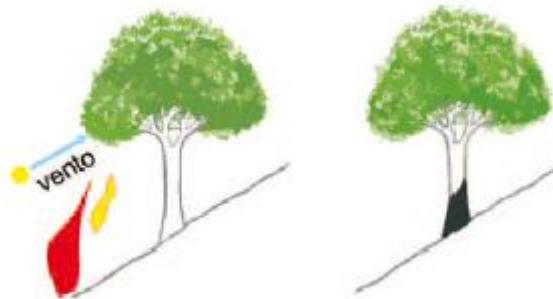
Em incêndio contra o vento ela é paralela ao solo.



Em incêndio a favor do vento forma um ângulo com o solo.



Quando o incêndio se propagar com o **vento a favor** em **relevo plano ou em relevo ascendente**, a linha de carbonização incidirá em ângulo em relação ao solo.



3.4.7 Carbonização profunda

Essa evidência é bastante visível em postes, cercas e outros combustíveis em posição vertical e também em galhos e troncos ao solo na área do incêndio.



Figura 97 - Carbonização profunda
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

Essa Carbonização é causada pela incidência contínua das chamas em um combustível pesado, que pode ser mais enérgica sob influência de forte fluxo de ar, causa carbonização profunda na face a barlavento, formando placas negras e brilhantes, semelhantes a escamas, que permanecem por muitos anos.

3.4.8 Congelamento de folhas e galhos finos

A convecção e radiação transmitem calor às folhas e aos galhos finos causando o amolecimento dos tecidos vegetais, submetendo-os à flexão induzida pelo vento. Após a passagem da frente do incêndio, ainda sob ininterrupta atuação do vento, galhos e folhas perdem o calor transmitido pela convecção, esfriando se, tornam-se ríjos mantendo-se curvados para o sentido que o vento sopra, que é o sentido de progressão do incêndio.



Figura 98 - Congelamento de folhas.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

3.4.9 Mancha de fuligem

A fuligem propaga-se na fumaça sob a força do vento e do movimento convectivo e se deposita de maneira mais visível nas superfícies dos materiais não combustíveis.

A fuligem compõe-se de diminutas partículas de carbono agregadas a outros componentes e é resultante da combustão incompleta, principalmente em áreas com grandes volumes de combustíveis, compactados sob chamas de rápida propagação. Ao entrar em contato com obstáculos de menor temperatura adere neles, manchando-os de cor preta ou de aspecto queimado.

Esse indicador de queima é encontrado principalmente em arames de cercas, pedras, cupinzeiros, paredes, garrafas e outros materiais cujas superfícies encontram-se diretamente opostas ao sentido de propagação do incêndio, podem apresentar manchas de fuligem.



Figura 99 - Mancha de fuligem.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

3.4.10 Caule de gramínea

Uma fonte de calor afeta os caules de gramíneas causando a perda do vigor vegetativo, queimando-os e fazendo com que se verguem voltados para as chamas. Esse indicador permite identificar a intensidade das chamas e o sentido de propagação do incêndio. O caule de gramínea é evidência muito importante. As gramíneas apresentam as seguintes reações em função do comportamento do incêndio florestal:

- a) Na retaguarda os caules sob a ação da radiação perdem o vigor vegetativo e tombam ou vergam voltados para a origem do incêndio;

b) Ao definir sua dinâmica de propagação o incêndio avança a favor do vento queimando as gramíneas, seccionando alguns caules de forma oblíqua devido ao ângulo de avanço das chamas a favor do vento.



Caules de gramíneas seccionados por chamas de propagação contra o vento terão suas extremidades com o aspecto arredondado ou reto, não formando ângulo em relação ao solo.



Ao passarmos o dorso do dedo suavemente a sotavento nas extremidades de um caule, ou, para mais fácil percepção, num feixe de caules queimados, pode-se perceber uma sensação de maciez e, a barlavento, uma sensação de aspereza;

Gramíneas com caules seccionados tombadas sobre cinzas, com caule e folhas incólumes, são características de área queimada com incêndio contra o vento e, também, áreas de flancos do incêndio.

3.5 Busca da Zona de Confusão

Zona de confusão é o termo com o qual se designa a área situada entre a frente e a retaguarda do incêndio. Nessa área, os componentes da propagação do incêndio florestal estão iniciando uma reação em cadeia para que a dinâmica do incêndio seja definida.

Caminhando (não adentrar) na área queimada pela frente do incêndio identificaremos os indicadores de queima marcados sob a ação das chamas que se propagaram com vento a favor. Avançando no sentido que tais evidências indicam,

para a origem do incêndio, chegaremos a uma área em que a leitura dos indicadores torna-se mais difícil por terem sido menores as influências da radiação e convecção.

Rodeando essa área de aspecto confuso identificaremos, **em seu lado oposto, à frente do incêndio**, indicadores de queima marcados sob a ação das chamas que se propagaram contra o sentido do vento. Nessa área, a diferença do padrão de queima num mesmo tipo de vegetação, em função de sua posição geográfica no incêndio, define a proximidade da **origem do incêndio**.

Assim, quando vegetais de mesma espécie e estados vegetativos mostram reações distintas em relação às chamas, chega-se à conclusão que a propagação das chamas nesse incêndio teve sentidos diretamente opostos entre si. Estamos então diante da zona de confusão. Dentro dela está a origem do incêndio.

De modo geral, a zona de confusão costuma ter aparência de um aglomerado de vegetais como se fosse um espectro da vegetação ali existente. Distingue-se claramente do restante da área incendiada por conter maior concentração de vegetação, parcialmente desfigurada, cujas espécies apresentam suas partes tênuas (galhos finos, brotações e folhas) numa mescla de verdes, dessecadas, chamuscadas e carbonizadas, em razão da baixa intensidade das chamas.

Na retaguarda, a queima secciona as gramíneas, deixando suas partes não queimadas tombadas sobre as cinzas que antecederam a sua derrubada. Em outras circunstâncias, com porte baixo e o adensamento populacional, mesmo verdes, sob incêndio de lenta progressão, tornam-se totalmente carbonizadas, não restando, às vezes, nenhum vestígio de verdor. Hastes de gramíneas tombam voltadas para a origem do incêndio, restando muito material combustível parcialmente carbonizado.

De modo predominante, a radiação foi a impulsora da dessecação dos vegetais. Na frente do incêndio, ocorre uma área em que a manifestação violenta das chamas estendeu um tapete de cinzas mais claras sobre o solo, onde restos de plantas mais resistentes compõem uma extensão consumada. É visível um corredor de área incendiada distinto das demais áreas do incêndio.

Padrão de queima, combustível protegido, carbonização superficial e caule de gramínea formam o conjunto mais importante de indicadores de queima a serem investigados na área próxima à origem do incêndio.

3.5.1 Delimitação da Zona de Confusão

Determinada a zona de confusão do restante da área queimada, há que protegê-la contra a entrada de qualquer pessoa ou animal. Apenas os investigadores poderão ingressar nessa área de provável localização do dispositivo de ignição e circunda-se a zona de confusão.

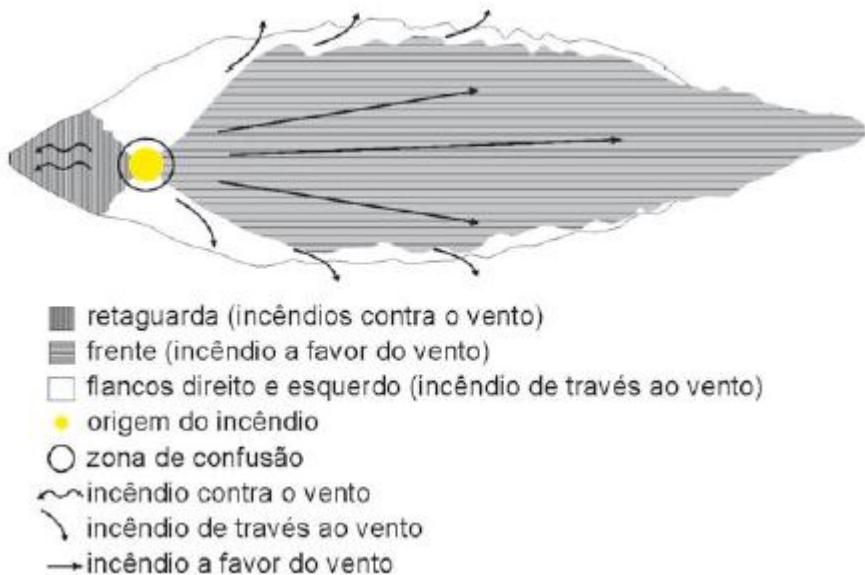


Figura 100 - Delimitação da zona de confusão.

Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

Secciona-se a área em segmentos paralelos com largura de 60 centímetros, apenas o suficiente para uma pessoa analisar.

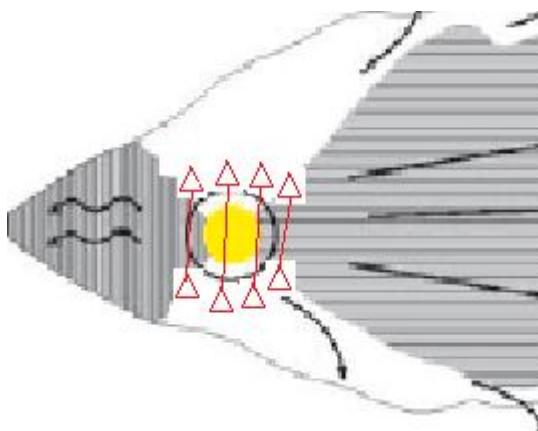


Figura 101 - Secção da área.
Fonte: Manual de Perícia IBAMA 2011

A investigação, em cada segmento, será feita por apenas um investigador, utilizando **bandeirolas de menor tamanho e uma régua ou vara da largura** do segmento para orientar a progressão do trabalho.

3.6 Determinação da área de origem do incêndio

Na busca de área de origem do incêndio deve-se realizar uma investigação mais detalhada do que a anterior, devido os indicadores de queima apresentam-se pouco perceptíveis. Na busca das evidências nessa área deverá ser usada a lupa para a observação de indicadores de queima em pequena escala.

Para obter uma investigação e melhor equacionamento da zona de confusão, deve-se observá-la antes de entrar nos seus segmentos. Tal observação deve ser ponderada sem deixar que a incerteza, que envolve esse momento, induza a conclusões antecipadas.

Ao analisar um segmento, o investigador avança no sentido que os diminutos indicadores de queima apontam para a origem do incêndio. No entanto, caso chegue a uma situação de difícil resolução devido à impossibilidade de definição de indicadores de queima, a investigação deverá ser retomada pela outra extremidade do mesmo segmento.

Há possibilidades dessa área de difícil resolução conter o dispositivo que deu início ao incêndio. Esse procedimento deve ser adotado em todos os segmentos. Somente após analisar todos os segmentos o investigador poderá configurar a área de origem do incêndio. A divergência de sentidos entre os diminutos indicadores de queima, tal como no processo utilizado para encontrar a zona de confusão, indica uma área onde uma minuciosa investigação necessita ser feita, pois nela pode estar o dispositivo de ignição que originou o incêndio.

3.7 Busca e registro do mecanismo de ignição

Na busca por dispositivos de ignição o investigador muitas vezes terá apenas uma oportunidade, pois a fragilidade de certos dispositivos depois da queima não admite descuidos. Dispositivos de ignição, pegadas e marcas de pneus constituem provas materiais. Há dispositivos, como palitos de fósforo e restos de

cigarros, de artefatos de ação retardada, frágeis devido ao processo de carbonização que os transformam em peças quebradiças que se tornam cinzas ao menor esbarrão.

Portanto, paciência e cuidados rigorosos na investigação da zona de confusão são condições inquestionáveis. Na remoção das cinzas que cobrem essa área não se deve usar graveto, pois ao menor contato dele com palitos de fósforo carbonizados ou cigarros queimados podem ser desfeitas todas as características do dispositivo ou do artefato montado para uma ação retardada. Nessa área, usa-se **o sopro** para a remoção das cinzas que cobrem o local suspeito.

Ao encontrar o dispositivo de ignição, deve-se registrar as coordenadas geográficas e não removê-lo antes de fotografar no mínimo em três perspectivas e planos diferentes. Deve-se igualmente fotografá-lo em uma escala de referência para registrar as suas dimensões.

Outras fotografias serão feitas com o dispositivo em primeiro plano e imagens de acidentes geográficos, construções ou algo que consolide a prova material em segundo plano. Essas fotografias têm o objetivo de atestar a autenticidade da investigação. As fotografias devem ser feitas com câmera de filme e câmera digital. Na impossibilidade de registrar em uma só imagem, o dispositivo e a referência que lhe ateste autenticidade, devem ser feitas fotografias da área em que foi encontrado, em aproximações gradativas, até chegar a uma que possibilite envolver a área do dispositivo e a referência que se quer.

Pode-se citar alguns tipos de dispositivos de ignição:

- a) palito de fósforos;
- b) toco de cigarro;
- c) tocha de capim;
- d) descargas elétricas (raios);
- e) sapata de freio de trens;
- f) fragmentos de artilharia;

3.8 Busca e registro de pegadas e marcas de pneus

O preparo para recolher impressões de pegadas e marcas de pneus exige uma limpeza cuidadosa dos detritos que possam desvirtuar a qualidade do molde sem que essa remoção cause a mínima afetação nas impressões deixadas. Se houver necessidade de reter a solução de gesso, no caso de um terreno inclinado, circunda-se a depressão causada pela impressão com um contorno feito de qualquer anteparo. Derrama-se então a solução de gesso lentamente, de forma que escorra com suavidade, pela impressão, sem danificá-la. Para esse trabalho usar o material especificado como gesso pedra tipo 3, cujas instruções de uso estão grafadas na embalagem.

Objetos de uso pessoal, pegadas e marcas de pneus são provas materiais. Se encontrados dentro ou próximos da área incendiada devem ser registrados por meio de fotografias, da mesma forma que os dispositivos de ignição, e estudadas as possíveis correlações com o incêndio florestal.

Após o registro das coordenadas e das fotografias, as provas (dispositivos de ignição, moldes, etc) devem ser recolhidas com máximo cuidado utilizando-se espátula ou pinça e, se frágeis, acondicionadas sobre algodão dentro de caixas de papelão. Provas que necessitem de menores cuidados ao serem transportadas podem ser acondicionadas em sacos plásticos. Os objetos susceptíveis a impressões digitais não deverão ser tocados com mãos sem luva para que sejam preservadas possíveis impressões digitais existentes, no caso de consequente inquérito policial. Manter a inalterabilidade das provas materiais e testemunhais é fundamental a uma investigação irrepreensível.

3.9 Determinação e classificação da causa do incêndio

Para melhor determinar e classificar as causas dos incêndios florestais utiliza-se segundo o Manual do IBAMA (2011) as tabelas de indicadores de ignição que são a descrição de situações encontradas na área de origem e suas proximidades, isto é, o registro de uma série de evidências encontradas nesta área.

Assim, deve-se recolher o maior número de evidências para que se possa verificar em qual dessas tabelas pode-se classificar a causa do incêndio florestal. Uma tabela indicadora de dispositivo de ignição tem como objetivo descrever os indícios que caracterizam uma atividade acontecida. Para que seja conclusiva há

que se comprovar a existência dos mesmos indícios em diversos incêndios de mesma causa.

Durante a investigação, é preciso registrar todas as evidências encontradas na zona de confusão e proximidades para definir com confiabilidade a classificação da causa nas seguintes ações:

- acampamento ou atividade recreativa;
- apicultura;
- atividade ferroviária;
- balão de festa junina;
- caça
- crianças;
- foguete sinalizador
- fumantes;
- fogos de artifício;
- incendiário;
- linha de transmissão de energia elétrica de alta tensão;
- munição incendiária;
- queima de resíduos agrícolas;
- queima de lixo;
- raio;
- queima em trabalhos rurais;
- rituais religiosos;
- método de combate a incêndio florestal;
- emissão de partículas incandescentes por motor de combustão.

3.10 Depoimento das Testemunhas

O investigador neste momento da investigação anotará nome, identidade, registros de veículos, características profissionais e pessoais das pessoas direta ou

indiretamente envolvidas e todas as informações que julgar relacionadas ao incêndio florestal.

Se no local existir pessoas que já queiram prestar declarações de forma voluntária, deve-se aproveitar a situação para interrogá-las e, se for possível, possibilitar que elas escrevam, detalhadamente e sem interferências, suas declarações de próprio punho, assinem e numerem todas as páginas.

No interrogatório de testemunhas o investigador deve considerar, com o devido cuidado, as informações recebidas. As pessoas equacionam um acontecimento de acordo com conceitos inerentes às suas personalidades e interpretam-no conforme a sua concepção de valores e experiência, configurando um quadro peculiar.

Durante todo o trabalho com as testemunhas, os investigadores não emitirão opiniões nem demonstrarão expressões emotivas que possam revelar qualquer entusiasmo ou reprovação diante das declarações das testemunhas. Sua postura terá que ser a mais imparcial possível.

Também não se deixarão influenciar por impressões sobre pessoas ou objetos vistos na área de investigação, que podem estar relacionados com o incêndio.

Todas as declarações prestadas por pessoas que presenciaram um acontecimento são consideradas depoimentos que podem ser incompletos ou não representativos da realidade, pelos seguintes motivos:

1 - Observação parcial do acontecimento: o depoimento tende a preencher aspectos que não foram presenciados pela testemunha, levando-a a declarar as suas conclusões por meio de idéias próprias ou deduções. Neste caso o investigador confirmará cada uma das narrativas declaradas com os respectivos horários.

2 - Observação em grupo: os depoimentos devem ser prestados individualmente de modo a preservar a integridade das declarações contra uma eventual interferência de opiniões das outras testemunhas.

3 - Declarações tardias: os interrogatórios devem ser realizados imediatamente ao fato para que o máximo de detalhes sejam lembrados durante as declarações das testemunhas. Se ocorrer desavenças entre as testemunhas, **deve ser evitado**

prontamente o enfrentamento entre elas por ser totalmente inútil ao objetivo da investigação.

Algumas testemunhas tendem a modificar a verdade incluindo fatos inverídicos. Por vezes, o excesso de segurança e a convicção do que tenham presenciado tornam-se fatores de motivação para acrescentar um fator subjetivo aos seus depoimentos. Para evitar tais situações deverão ser tomadas as seguintes precauções:

1. As perguntas serão feitas de forma sistemática envolvendo todos os aspectos possíveis.
2. Não pedir que a testemunha faça uma descrição de grande abrangência, pois isso poderá lhe causar confusão.
3. Nunca considerar como certa uma declaração que aparenta dúvida.
4. Quando a testemunha mostrar-se hostil, deve-se interromper os depoimentos até que, conhecendo os seus motivos, possa ser restabelecida a normalidade emocional.
5. **Nunca** detalhes do acontecido serão informados à testemunha, pois caso ela tenha participado como autora ou co-autora, ao obter informações, poderá elaborar a interpretação de um papel dissimulador de sua participação.
6. Realizar o interrogatório, se possível, imediatamente após o incêndio florestal.
7. Colher os depoimentos em local privado onde permaneçam apenas a testemunha e o investigador.

3.11 Análise das provas materiais e depoimentos

A identificação da causa do incêndio, considerando as características da tabela de indicadores de ignição e os depoimentos das testemunhas, possibilita equacionar as circunstâncias que determinaram a origem do incêndio florestal.

3.11.1 Hipótese principal

A correlação dos indicadores de atividades, conforme descrito nas tabelas de indicadores de ignição, em relação aos indícios encontradas e aos depoimentos

comprovados, permite estabelecer a hipótese principal da causa do incêndio. Por meio da análise minuciosa dos indícios e depoimentos pode-se deduzir, com muita probabilidade de acerto, a causa do incêndio florestal. Porém, caso ocorram dúvidas e/ou indicações de mais de uma causa possível, há que recomeçar a investigação.

3.11.2 Causa do incêndio florestal

Tanto o dispositivo de ignição quanto os indícios e provas que apontarão para a causa do incêndio e o autor, caso exista, são objetivos da investigação. Entretanto para o CBMGO deve-se focar na causa do incêndio para que possa retroalimentar as fases do atendimento a essas ocorrências. No entanto, ambos podem não ser encontrados por inexistência. Nesse caso, se o trabalho de investigação fundamentado nas evidências dos indicadores de queima e na análise do comportamento do incêndio for conduzido por procedimentos corretos, a determinação da origem do incêndio ou ao menos da zona de confusão satisfará o trabalho de investigação.

3.11.3 Sinopse sobre investigação

A investigação tem como objetivo buscar a solução para cada caso, em diferentes circunstâncias. O início da investigação deve fundamentar-se nas perguntas: Quem fez, O que foi feito, Como aconteceu (antes, durante e depois o combate a incêndio), com o objetivo de estabelecer uma relação entre o autor e as causas de sua ação. O procedimento deve basear-se em um trabalho metódico, sequencial e dirigido à finalidade de reconstituir os acontecimentos, reunindo provas para encontrar as causas do incêndio.

A compreensão de um fato envolve dois tipos de formulação de hipótese:

- intuitivo, com exclusão de raciocínio;
- racional, que se divide em operacional (análise, correlação e síntese) e formal (indução, dedução e analogia).

As conclusões obtidas por meio do raciocínio serão objeto de estudo por meio dos procedimentos de análise, correlação e síntese.

Análise - É o procedimento inicial em uma investigação e pode ser aplicado em um determinado momento ou adotado como método ao trabalho investigativo, sem estabelecer idéias preconcebidas. A análise tem o sentido de dividir, delimitar e decompor. Feita corretamente, possibilita a comprovação da causa do incêndio.

As questões fundamentais para a correta realização de uma análise são: *O quê? Onde? Quando? Como? Quem? Por quê?* As respostas a essas perguntas proporcionarão um conhecimento detalhado do fato, podendo ser aplicadas tantas vezes quanto necessárias, até que se obtenha uma resposta conclusiva.

Correlação - Consiste em comparar e estabelecer relações com o objetivo de detectar concordâncias, discordâncias e questões duvidosas resultantes da investigação. As concordâncias são a base de uma hipótese, as discordâncias os fatores excludentes de uma hipótese e as questões duvidosas constituem-se em objetos a serem investigados.

Síntese - É o equacionamento como resultado final das ações investigativas, arrazoando os resultados obtidos com o objetivo de formular uma hipótese. Fundamenta-se na quantificação e qualificação dos resultados da investigação para estabelecer com o maior acerto possível a elaboração de uma hipótese. A síntese tem como base reagrupar e interpretar. Reagrupamento de fatores corretos, irrefutáveis, interpretação constituída por fatores conhecidos, objetivos e por fatores desconhecidos ou duvidosos de interpretação subjetiva.

CAPÍTULO 15 - EXPLOSIVOS

Seção 1. Detonação e Deflagração.

Alguns explosivos queimam sem consumir oxigênio do ambiente. Esses explosivos inflamados podem funcionar, por exemplo, sob água. Uma vez iniciada, a aplicação de água não irá extinguir um incêndio envolvendo explosivos.

Os produtos explosivos, quando ativados por uma fonte de energia (impacto/fricção, fogo/calor; sobrepressão, descarga elétrica, radiação eletromagnética e ataque químico), se decompõem bruscamente provocando uma explosão. Explosões por sua vez, são transformações físico-químicas que provocam uma grande pressão (por detonação, deflagração ou outra súbita liberação de pressão, como é o caso dos vasos sob pressão), tendo como consequência uma expansão. De acordo com a velocidade de chama as explosões podem ser classificadas como deflagrações ou detonações. Se a velocidade de chama não é suficientemente grande, não se trata de uma explosão, e sim de uma combustão.

- **Combustão** é uma reação química lenta, entre o combustível e o oxigênio do ar. Esta reação desenvolve-se a uma velocidade da ordem de cm/s e é assinalada pela liberação de calor, luz e gases.

- **Deflagração:** descreve a combustão subsônica (abaixo de 340 m/s) que propaga geralmente através da condutibilidade térmica (o material ardente aquece a camada seguinte do material frio e o inflama).

- **Detonação:** Processo de reação supersônica (acima de 340 m/s) em que uma onda de choque é propagada para frente devido à liberação de energia em uma zona de reação atrás dela. Numa detonação, a zona de choque (da ordem de 10^{-5} cm) comprime o material aumentando assim a temperatura até ao ponto de ignição (o pico de pressão causa um pico de temperatura). O material inflamado reage (zona de reação química, da ordem de 0,1 cm a 1,0 cm) atrás do choque e libera energia que suporta a propagação do choque. Após esta zona de detonação segue-se a expansão dos produtos gerados e a liberação de calor. Como as detonações geram altas pressões, elas são muito destrutivas. Nas explosões as velocidades da chama em misturas gás-ar podem atingir centenas de metros por segundo (As velocidades

de detonação variam aproximadamente entre 1.000 m/s e 8.500 m/s), embora a velocidade de queima da mistura seja muito menor do que isso.

É preciso distinguir a velocidade da chama da velocidade de queima. É possível atingir velocidades de chamas supersônicas, nas quais a região de combustão está fortemente ligada a uma onda de choque: esse fenômeno é chamado de detonação.

Explosivos, independentemente de se deflagrar ou detonar produzem grandes quantidades de gases quentes e alguns deles trazem em sua composição o próprio oxidante. Ou seja, queimam sem consumir oxigênio do ambiente. Esses explosivos inflamados podem funcionar, por exemplo, sob água. Uma vez iniciada, a aplicação de água não irá extinguir um incêndio envolvendo explosivos.

Os tipos de estímulos energéticos que podem iniciar uma explosão são:

- impacto / fricção;
- fogo / calor;
- sobrepressão;
- descarga elétrica;
- radiação eletromagnética (no caso de dispositivos eletro-explosivos);
- ataque químico.

	Combustão	Deflagração	Detonação
Duração da reação	Bastante longa	Alguns ms	Alguns µs
Velocidade de decomposição	m/s	Centenas de m/s	Alguns km/s
Pressão gerada	Desprezível	Entre 3 e 5 kbar	Centenas de Kbar
Efeitos produzidos	Calor, luz e gases	Grande força de impulsão	Onda de choque

Tabela 19 - Características dos três tipos de reação de produtos explosivos.
Fonte: Galiza et al, 2011

Substâncias pirotécnicas são substâncias ou uma mistura de substâncias destinadas a produzir um efeito de calor, luz, som, de gás ou de fumaça, ou uma combinação destes, como resultado de reações químicas exotérmicas autosustentáveis, não detonantes. São comumente encontrados em fogos de artifício.

Seção 2. Propriedades dos explosivos

1 Sensibilidade

A sensibilidade de um explosivo ao impacto é determinada pela altura da qual deve cair um peso padrão sobre o explosivo para provocar a sua detonação. Essa propriedade tem particular importância para explosivos iniciadores. O principal teste consiste em soltar um peso de 2 kg sobre 20 mg do explosivo em teste. A sensibilidade é determinada de acordo com a altura mínima necessária para que ocorra a detonação.

Explosivo	Sensibilidade
Nitrato de amônia	200 cm
TNT	100 cm
Pólvora negra	49 cm
Tetril	30 cm
RDX	29 cm
Nitropenta	28 cm
Gelatina explosiva	15 cm
Nitroglicerina	4 cm
Azida de chumbo	4 cm
Fulminato de mercúrio	2 cm

Tabela 20 - Sensibilidade ao choque.

Fonte: Galiza et al, 2011

2 Sensibilidade à iniciação

Uma massa de 0,4 g do explosivo é testada de maneira que se verifique a quantidade mínima de outro explosivo iniciá-lo. Quanto menor a quantidade de explosivo necessária para iniciar um dado explosivo, maior será sua sensibilidade à

iniciação. O explosivo pode, por exemplo, ser iniciável por chama, ou ser necessário um iniciador, ou ainda (quando mais insensível) ser necessário um iniciador e um reforçador (booster).

Explosivo	Sensibilidade ao Calor
TNT	475°C
Azida de chumbo	340°C
Pólvora negra	300°C
Pólvoras bs e bd	300°C
RDX	270°C
Nitropenta	240°C
Tetril	225°C
Nitroglicerina	205°C
Nitrocelulose	175°C

Tabela 21 - Sensibilidade ao calor

Fonte: Galiza et al, 2011

3 Brisância

É a capacidade de um explosivo fragmentar o recipiente que o encerra. Pode ser medida pela explosão de uma pequena quantidade do explosivo sob teste numa bomba de areia, que é um vaso de paredes resistentes cheio de areia grossa padronizada. Mediante peneiração da areia esmagada se determina a granulometria da areia após a explosão e, daí, a força explosiva do explosivo. A brisância, possivelmente, é uma combinação de potência e velocidade de detonação.

4 Efeito útil

É determinado pela medida da deformação de um cilindro de chumbo, em que o explosivo é inserido e explodido, chamado de bloco de Trauzl. O bloco de Trauzl padrão tem 200 mm de diâmetro e 200 mm de altura, com um orifício central de 25 mm de diâmetro e 125 mm de profundidade. No ensaio, usam-se 10 g do explosivo e os resultados são dados em termos dos centímetros cúbicos de aumento de volume provocado pela detonação do explosivo.

5 Influência ou simpatia

É a maior distância em que a detonação de um explosivo provocará a detonação de outra carga. Quando um explosivo tem sua detonação provocada pela onda de choque gerada pela detonação de outro explosivo próximo a ele, temos uma detonação por influência ou por simpatia. Quanto menor a distância em que a detonação de um explosivo provoca a detonação de outro, maior a simpatia do segundo explosivo pelo primeiro.

6 Velocidade de detonação

É a velocidade em que ocorre a detonação de um explosivo. A velocidade de detonação é uma medida importante para a determinação do funcionamento e performance de um explosivo e depende do tamanho da partícula, da composição, da massa específica, do grau de confinamento e do diâmetro do explosivo.

Explosivo	Velocidade
Pólvora negra	400 m/s
Anfo	2.000 m/s
Nitrato de amônia	2.000 m/s
Emulsões e lamas	4.000 m/s
Dinamite	5.000 m/s
TNT	6.900 m/s
Nitroglicerina	7.600 m/s
Nitropenta	8.000 m/s
Demex 100	8.200 m/s
RDX (C4)	8.400 m/s

Tabela 22 - Velocidade de detonação de alguns explosivos.

Fonte: Galiza et al, 2011

7 Potência

É a capacidade máxima de produção de trabalho de um explosivo, em função da quantidade de calor e da velocidade com que a energia é liberada. É mensurada com base no TNT e o resultado expresso em força.

Explosivo	Força
Nitroglicerina	185%
RDX	170%
Nitropenta	170%
Pentolita	130%
TNT	100%
Gelatina explosiva	90%
Dinamite	65%
Lama	60%
Nitrato de amônia	56%
Pólvora negra	12%

Tabela 23 - Potência de alguns explosivos (referência: TNT)

Fonte: Galiza et al, 2011

Além das propriedades descritas acima, também são importantes:

- a) Calor de explosão;
- b) Potencial: Trabalho que ele realiza;
- c) Volume gasoso: Volume de gás produzido na explosão;
- d) Temperatura de explosão;
- e) Covolume: Menor volume que os gases de detonação podem ocupar;
- f) Força ou energia específica;
- g) Pressão de detonação;
- h) Densidade: Relação entre massa e volume. Quanto mais denso o explosivo, maior seus efeitos explosivos, porém tende ser menor sua sensibilidade;
- i) Balanço de oxigênio (BO);
- j) Higroscopicidade – Tendência em absorver umidade;
- k) Estabilidade – Alteração de suas características durante armazenamento em condições normais;
- l) Toxidez- Concentração de gases nocivos à saúde.

Ainda antes da avaliação do seu emprego em objetivos industriais ou militares, é preciso efetuar ensaios adicionais de volatilidade, de solubilidade, de

densidade, de higroscopia, de compatibilidade com outros materiais e de resistência à hidrólise, no caso de o explosivo passar satisfatoriamente pelos primeiros ensaios. São também levados em consideração o custo de fabricação e a toxidez das substâncias.

Seção 3. Classificação do explosivos.

1 Quanto ao uso

Entre os explosivos podemos ainda distinguir entre os de uso militar e os de uso civil, sendo comum, estes últimos serem designados por explosivos industriais. Os explosivos para uso em mina são conhecidos como explosivos permitidos. Os explosivos permitidos diferem dos outros, especialmente da pólvora negra, pelo fato de produzirem uma chama de pequeno tamanho e duração muito breve. Estes explosivos contêm refrigerantes, que regulam a temperatura das chamas e reduzem ainda mais a possibilidade de ignição de misturas combustíveis. Eles são ensaiados numa longa galeria cheia de carvão, ar e metano, e sua explosão não deve inflamar a mistura.

2 Quanto ao emprego: São classificados em:

- INICIADORES – Empregados na excitação de cargas explosivas. Sensíveis ao calor, choque e atrito.
- REFORÇADORES – Também denominados como “boosters” ou intermediários. Atuam como multiplicador de força entre o iniciador e a carga principal. Estrutura laranja.
- DE RUPTURA – Explosivo de alta potência e alto poder brisântico.
- PROPELENTES – Baixos explosivos.

3 Quanto à classificação química

Do ponto de vista químico os explosivos podem ser substâncias simples (uma só substância explosiva) ou mistas (formados por substâncias que isoladamente não são explosivas). As substâncias químicas explosivas são divididas de acordo com suas funções em:

- 1-Nitrocompostos;
- 2-Ésteres nítricos;
- 3-Nitroaminas;
- 4-Derivados dos ácidos clórico e perclórico;
- 5-Azidas;
- 6-Sais como cloratos, percloratos e nitratos;
- 7-Vários compostos capazes de produzir uma explosão como por exemplo fulminatos, acetiletos, compostos ricos em N₂ (como o tetrazeno), peróxidos, ozonídeos, etc.

4 Classificação quanto à aplicação prática (ou de Monroe)

Os explosivos, de acordo com a sua aplicação prática e suas propriedades, são classificados em alto explosivos (velocidade de detonação acima de 2000 m/s) e baixo explosivos (velocidade de detonação abaixo de 2000 m/s), sendo que os alto explosivos podem ser subclassificados em alto explosivos primários e alto explosivos secundários.

4.1 Alto explosivos primários ou iniciadores:

Têm por finalidade “acionar” outros explosivos. Detonam a partir de chama ou de choque. São materiais muito sensíveis, que podem explodir sob a ação do fogo ou pelo impacto de um golpe. São muito perigosos de manusear e são usados em quantidades comparativamente pequenas para iniciar a explosão de quantidades maiores de explosivos menos sensíveis. São usados em geral em espoletas,

detonadores e espoletas de percussão. Usualmente são sais inorgânicos, enquanto os alto explosivos secundários, e muitos propelentes convencionais são, em grande parte, materiais orgânicos. Ex: fulminato de mercúrio, estifinato de chumbo (trinitroresorcinato de chumbo), diazo-dinitrofenol, tiazeno, HMTD (Hexametilenotriperoxidodiamina) e azida de chumbo.

Os iniciadores apresentam brisância e velocidade de detonação mais baixa que os explosivos aos quais iniciam. São também menos estáveis que os explosivos não iniciadores.

Iniciador	Alto Explosivo Secundário		
	Tetril	Trotíl	Picrato de amônio
Azida de chumbo	0,10	0,26	ñ
Fulminato de mercúrio	0,19	0,24	ñ
Diazo-dinitrofenol	0,12	0,15	0,28

Tabela 24 - Eficiência de alguns iniciadores para iniciar explosivos menos sensíveis (em gramas).

Fonte: Galiza et al, 2011

4.2 Alto explosivos secundários ou explosivos de ruptura:

São os destinados à produção de um trabalho de destruição. Para sua completa iniciação exigem a onda de detonação de outro explosivo passível de ser detonado por chama ou choque (iniciador). São bastante insensíveis ao choque mecânico e à chama, mas explodem com grande violência (detonação), quando ativados por um choque explosivo, como o que se provoca com a detonação de pequena quantidade de explosivo iniciador posto em contato com o alto explosivo. O que faz uma substância ser explosiva é a grande taxa de liberação de energia e não a energia total libertada. (a nitroglicerina, por exemplo, libera apenas um oitavo da energia da gasolina). Por outro lado, a maioria dos alto explosivos queima simplesmente, quando é inflamada em ambiente aberto e não sofre impacto detonante. Ex. Nitropenta, Trotíl, Tetril, Hexogênio, Nitroglycerina, Dinamite, TNT (Trinitrotolueno), PETN, RDX, picrato de amônio, ácido pícrico, DNT (dinitrotolueno).

4.3 Propelentes ou baixo explosivos:

Têm por finalidade a produção de um efeito balístico. Deflagram a partir de uma chama. São diferentes dos alto explosivos no modo de decomposição: simplesmente queimam ou deflagram. A deflagração é um fenômeno que não avança pela massa do material, mas ocorre em camadas paralelas à superfície. Tem velocidade muito lenta, do ponto de vista relativo, por isso, a ação dos baixo explosivos é menos destrutiva. Esses explosivos liberam grandes volumes de gás de combustão de maneira definida e controlável. Ex: Pólvoras mecânicas (pólvora negra), pólvora sem fumaça (nitrato de celulose coloidal), algodão pólvora, peróxido de hidrogênio, gasolina.

Seção 4. Detonadores

Um detonador eléctrico é constituído por um tubo de metal, normalmente de alumínio, fechado num dos extremos, dentro do qual estão fundamentalmente três partes distintas:

- Eléctrica;
- Retardadora;
- Explosiva.

A parte eléctrica é constituída pelos fios condutores de ligação à fonte de corrente e pelo inflamador, cujo filamento fica incandescente por passagem de corrente eléctrica. A parte eléctrica está colocada na zona superior do tubo. Os fios condutores são de diferentes cores, conforme o tipo de detonador.

A parte explosiva, situada na zona inferior do tubo, é composta por duas cargas:

- uma carga primária, constituída por um explosivo muito sensível, que ao receber a combustão vindas da parte retardadora explode;
- uma carga secundária, situada no extremo do detonador.

A potência de um detonador eléctrico depende do tipo e quantidade de explosivo. No passado, quando a carga explosiva era exclusivamente fulminato de mercúrio estabeleceu-se uma carga de potência em função da quantidade de

explosivo que continha o detonador. Atualmente são usados explosivos secundários, com potências correspondentes ao nº 6 e nº 8, que equivalem a 1 e 2 gramas de fulminato de mercúrio, respectivamente, designando-se por isso por detonador nº 6 ou detonador nº 8. A carga de explosivo pode ser constituída exclusivamente por pentrite (PETN) ou PETN e octogêneo (RDX).

Sempre que é necessário realizar pegas com um grande número de furos é interessante dividir as explosões a fim de obter uma melhor fragmentação da rocha e reduzir as vibrações transmitidas ao solo. Tal é possível graças à utilização de detonadores com retardo, identificados por um pequeno número ligado aos fios eléctricos.

Seção 5. Transporte e regulação

A Resolução ANTT nº 420/04 divide esta classe em seis subclasses de risco:

Subclasse 1.1 - Substâncias e artigos com risco de explosão em massa (capazes de afetar toda a carga de maneira praticamente instantânea), se aquecidos ou envolvidos num incêndio. Exemplo: TNT, fulminato de mercúrio. Estas substâncias geram fortes explosões (detonação).

Subclasse 1.2 - Substâncias e artigos com risco de projeção, mas sem risco de explosão em massa. São compostos principalmente de munições. Se um recipiente com explosivos da Subclasse 1.2 estiver envolvido em um incêndio, ele provavelmente produzirá fragmentos potencialmente letais (das próprias munições ou do recipiente). Exemplo: Granadas. Estas substâncias geram pequenas explosões (deflagração).

Subclasse 1.3 - Substâncias e artigos com risco de fogo e com pequeno risco de explosão ou de projeção, ou ambos, mas sem risco de explosão em massa. No entanto, podem produzir uma explosão significativa, ou as tampas do recipiente que as contêm podem estourar sob pressão do acúmulo de gases e uma grande bola de fogo pode ser produzida. É possível que em circunstâncias extremas o recipiente possa explodir em massa. Exemplo: artigos pirotécnicos.

Subclasse 1.4 - Substâncias e artigos que não apresentam risco significativo. Os efeitos de um incêndio envolvendo explosivos da Subclasse 1.4 devem normalmente

ficar contidos no recipiente. No entanto, nem sempre é possível determinar o tipo e a quantidade desse tipo de explosivos, por conseguinte seria prudente tratar a carga como uma classe superior de explosivos, ou seja, Subclasse 1.3. Exemplo típico da subclasse 1.4 são os dispositivos iniciadores.

Subclasse 1.5 - Substâncias muito insensíveis, com risco de explosão em massa.
Exemplo: Explosivos de demolição.

Subclasse 1.6 - Artigos extremamente insensíveis, sem risco de explosão em massa.

Seção 6. Alguns explosivos e seus usos

1 Nitroglicerina

Explosivos líquidos (parecido com a glicerina) muito potentes e extremamente sensíveis. É muito sensível a choques e congela a 13,30°C; o sólido é menos sensível. Uma vez que, na fase sólida, tem a tendência de explodir incompletamente, a nitroglycerina congelada deve sempre ser descongelada antes do emprego. Foi o primeiro alto-explosivo a ser empregado em grande escala. É produzida a partir da nitração da glicerina com alto grau de pureza (utilizando uma mistura de H_2SO_4 , HNO_3 e água). O líquido é particularmente sensível ao calor, chama, choque, oxigênio ou radiação de luz ultravioleta, e não é transportado ou usado na sua forma pura, uma vez que é muito perigoso de manusear. Geralmente é misturada a outros materiais inertes para formar dinamite e pastas explosivas. As dinamites modernas usam, em geral, serragem, nitrato de amônio ou nitrato de sódio como o agente de absorção da nitroglycerina, ao qual se adiciona um oxidante. Alguns tipos de explosivos contendo nitroglycerina, tais como dinamite, liberam a nitroglycerina líquida quando em contato com água. Este pode apresentar perigos para combate a incêndios ou onde os explosivos estão envolvidos na inundação. Nitroglycerina, tanto o vapor como o líquido (que é prontamente absorvida através da pele) são altamente tóxicos.

2. T.N.T. (Trinitrotolueno)

Um explosivo relativamente insensível, usado principalmente para fins militares. É uma substância sólida estável, geralmente de manuseio seguro. Pequenas quantidades não confinadas podem queimar discretamente, mas grandes quantidades, particularmente sob confinamento, são susceptíveis à detonação. Durante a decomposição, fumaças tóxicas são liberadas. É moderadamente tóxico por ingestão e pode ser absorvida através da pele.

3. Tetril [2,4,6 – TrinitrofenilmetylNitroamina]

É utilizado principalmente como carga básica em espoletas de detonação, como explosivo reforçador em bombas de alto-explosivos e como componente de explosivos binários. é um alto explosivo extremamente poderoso, com grande poder de ruptura porém está caindo em desuso por ser muito venenoso.

4. Ácido pícrico (2,4,6 – trinitrofenol)

O ácido pícrico é um composto altamente explosivo antigamente utilizado na fabricação de armamentos, principalmente na produção de granadas, mas também, na produção de fármacos contra queimaduras.

5. Explosivo D, ou picrato de amônio.

É feito pela neutralização de soluções aquosas quentes de ácido pícrico pela amônia aquosa. É usado em bombas perfurantes de blindagens graças à insensibilidade aos choques mecânicos (É o explosivo mais insensível que se conhece).

6. PETN, Tetranitrato de pentaeritritol

É um dos alto-explosivos militares mais brisantes e mais sensíveis. É dessensibilizado pela adição de TNT ou pela adição de cera, para ser usado como explosivo reforçador, como carga de ruptura, como cordel detonante ou como explosivo plástico de demolição. O PETN, também é conhecido como nitropenta. A pentolita, feita pela fusão do PETN com o TNT, tem usos especializados; por exemplo, a pentolita 50-50 é usada como reforçador em agentes explosivos de ruptura em forma de pasta com misturas de nitrato de amônio granulado e óleo combustível, e como carga principal de reforçadores.

7. RDX, ciclonita, ou sim-trimetilenotrinitramina

Também conhecido como hexogênio, é um dos mais poderosos explosivos conhecidos atualmente. O RDX é usado, em mistura com o TNT e o alumínio sob o nome de Torpex (42 % RDX, 40 % de TNT e 18 % Al), em minas, cargas de profundidade e em torpedos. Também é empregado como ingrediente em explosivos de granadas e bombas, em cordéis detonantes (puro ou com até 5 % de TNT) e é dessensibilizado por cera ou materiais oleosos.

8. Octogênio

O octogênio ou HMX é um alto explosivo. Em cargas de alta potência, especialmente em cargas ocas, o octogênio tem uma performance melhor que o hexogênio.

9. Azida de chumbo

Substitui parcialmente o fulminato de mercúrio como explosivo iniciador, ou primário, em espoletas de percussão. O fulminato apresenta uma estabilidade menor que a desejável, tem que ser fabricado em pequenas partidas e envolve um material raro, como o mercúrio. Por outro lado, a azida de chumbo tem uma estabilidade notável, não envolve materiais estratégicos e pode ser fabricada em grandes partidas pela ação do acetato ou do nitrato de chumbo sobre a azida de sódio.

10. PBX ou explosivo plástico

PBX ou Plastic Bonded Explosive é o termo aplicado a uma variedade de misturas explosivas que tem elevada força mecânica, boas propriedades explosivas, excelente estabilidade química, insensibilidade ao manuseio e ao choque, elevada sensibilidade a impulsos térmicos e velocidade de detonação geralmente superior a 7800 m/s. Os PBX contém uma grande percentagem de explosivos básicos como RDX, HMX, ou PETN em mistura íntima com aglutinantes poliméricos tais como poliéster, poliuretano, poliestireno, naylon, vários tipos de borracha, nitrocelulose ou teflon. Em alguns casos são incluídos plastificantes, além de metais como o Al ou o Fe. Cuidados devem ser tomados nos carregamentos do explosivo, em estado de fusão, a fim de evitar a formação de bolhas internas o que poderia provocar a explosão da carga de detonação ainda no tubo ou cano das armas. O PBX está sendo preparado para substituir o TNT devido aos problemas ambientais na fabricação deste último.

11. ANFO

O ANFO ou Amonium Nitrate Fuel Oil é uma mistura de nitrato de amônio, e hidrocarbonetos líquidos (óleo diesel). Pode ser absorvido em serragem para facilitar o transporte. A aplicação técnica dessas misturas se tornou muito mais fácil devido ao fato de que o nitrato de amônio que tem uma forte tendência à aglomeração, é comercialmente produzido como grânulos porosos. Esses grânulos são suficientemente porosos para absorver cerca de 6 % do óleo que é a quantidade necessária para garantir o balanço de oxigênio. O ANFO deve ser utilizado na forma de uma coluna contínua e deve ser iniciado por um poderoso iniciador. Isto significa que ele tem que ser colocado solto (em vez de em pacotes) no buraco ou soprado para dentro dele com um soprador.

12. Lamas explosivas e emulsões explosivas

Lamas explosivas são soluções aquosas saturadas contendo sólidos em suspensão e constituídas de água, oxidantes, combustíveis e um ou mais sensibilizantes. São emulsões do tipo água-óleo com a fase descontínua composta

por uma solução aquosa saturada de sais oxidantes inorgânicos e a fase contínua. São geralmente misturas de nitratos e outras substâncias, muitas vezes em um sistema à base de água. Substituem explosivos à base de nitroglicerina para muitos usos, particularmente em pedreiras. Uma pequena proporção é produzida como produtos pré-embalados, prontos para uso.

13. Pólvora negra

É geralmente feita a partir de uma mistura de carvão, enxofre e nitrato de potássio e são frequentemente descritos como "explosivos baixos". Eles são muito sensíveis à ignição de faíscas, calor e fricção. Queimam violentamente mesmo quando solto e descomprimido e quando confinados podem explodir. Também liberam volumes de fumaça ao queimar ou explodir. A pólvora negra é usada como um explosivo, bem como um ingrediente em alguns tipos de cartuchos esportivos, fogos de artifício e pirotecnia.

14. Demais composites

A principal utilização das composites diferentes da pólvora negra é como propelente para foguetes e sua composição geralmente compreende:

- 20% de combustível que também atua como aglutinante (polissulfetos, PVC, poliésteres, poliéteres e polibutadieno);
- 70% de comburente (nitrato de amônio, nitrato de potássio, perclorato de amônio) aditivos mecânicos, aditivos balísticos e aditivos energéticos (Al).

15. Nitrocelulose

A nitrocelulose é um material fibroso de cor branca ou creme produzido numa variedade de formas. Suas propriedades dependem da quantidade de nitrogênio nele. Tipos com um nível de nitrogênio acima de 12,6% de nitrogênio são geralmente utilizados na fabricação de explosivos. Abaixo disso são usados para outros fins. Nitrocelulose é sensível ao impacto e fricção e é fácil de inflamar pela

chama quando seca e, portanto, normalmente é transportado ou molhado com água ou álcool ou plastificado. A nitrocelulose de grau explosivo pode apresentar risco de incêndio ou explosão, dependendo do seu grau de secura e se está confinado. A nitrocelulose de qualidade não explosiva normalmente queima e é frequentemente classificada como um sólido inflamável Subclasse 4.1. Seus principais usos são como ingrediente em misturas propelentes para munições e motores de foguetes, e em explosivos de nitroglicerina. Níveis não explosivos de nitrato de celulose são utilizados com outras substâncias no fabrico de tintas e vernizes. Pós de propulsão de armas pequenas. Estes materiais são geralmente feitos de nitrocelulose (base simples) ou nitrocelulose com nitroglicerina (base dupla) e são geralmente na forma de um material granular de fluxo livre. A maior parte deles queima ferozmente, mas muitos tipos podem, sob confinamento, queimar a detonação. Como consequência, o perigo pode ser uma bola de fogo ou uma explosão em massa.

16. Explosivos primários tais como fulminatos, azidas e estifnatos

São iniciantes explosivos altamente sensíveis e perigosos, especialmente quando contêm metais pesados, como chumbo, prata ou mercúrio. Eles explodem violentamente e são comumente usados em iniciadores como detonadores e composições de tampões. Estes tipos de explosivos são raramente transportados e só são transportados quando molhados com água ou outro líquido adequado para minimizar a sua sensibilidade ao impacto e fricção. Os pacotes de transporte são cuidadosamente projetados para minimizar o risco de vazamento de agentes molhantes e consequente secagem do explosivo. Algumas formas destas substâncias, tais como o ácido esférico ou a azida de potássio, têm propriedades explosivas baixas. Estas substâncias podem, no entanto, reagir com outras substâncias, tais como cobre ou sais de chumbo para formar compostos altamente perigosos. Isto pode ser um problema sério quando estas substâncias foram derramadas e deixadas entrar em contato com cobre, chumbo ou outras espécies reativas. Como as formas sensíveis não tendem a se dissolver na água, um perigo pode se desenvolver rapidamente.

17. Oxidantes

Essas substâncias não são explosivas em si mesmas, mas podem, sob certas condições em um incêndio, explodir. Dois tipos comumente usados em explosivos são dignos de comentário: os nitratos e os cloratos.

Nitratos

Os nitratos são utilizados em explosivos tais como explosivos de pólvora, emulsão e explosão de chorume e substâncias pirotécnicas. Os mais comuns são os nitratos de potássio, sódio, bário e amônio. Se misturados com um combustível estes compostos podem queimar ferozmente ou explodir. A madeira, se impregnada com oxidantes, pode queimar ferozmente e isto pode ser um problema potencial em veículos com assoalhos de madeira ou em edifícios de armazenamento de madeira onde os oxidantes foram transportados ou armazenados. Deve-se ter cuidado em armazéns para assegurar que os oxidantes sejam separados de outros produtos perigosos. O nitrato de amônio é usado como um fertilizante e é comumente encontrado em áreas de cultivo. Ele forma a base de nitrato de amônio e explosivos de óleo combustível muito usado por organizações terroristas.

Cloratos

Estas substâncias, tipicamente na forma de clorato de potássio, são principalmente utilizadas em composições pirotécnicas. Tal como acontece com nitratos, cloratos podem decompor violentamente em um incêndio, especialmente se misturado com combustíveis. Como regra geral, os cloratos são mais agressivos e menos estáveis num incêndio do que os nitratos.

18. Explosivos de peróxido (explosivos improvisados ou caseiros)

Os explosivos peróxidos são extremamente perigosos porque:

- apenas pequenas quantidades são necessárias para causar lesões graves ou explosões;

- os constituintes estão prontamente disponíveis a partir de materiais facilmente encontrados;
- são fáceis de fazer, as instruções para a sua fabricação estão facilmente disponíveis na Internet;
- os serviços de emergência podem encontrá-los em muitos incidentes de rotina (por exemplo, incêndios domésticos).

Os principais constituintes são:

- peróxido de hidrogénio (por exemplo, tintura de cabelo, etc.);
- ácido (por exemplo, ácido de bateria, limpador de tijolos, ácido cítrico usado na fabricação de cerveja, etc.);
- acetona (por exemplo, removedor de vernizes, etc.);
- hexamina (por exemplo, pastilhas de combustível para fogão de campismo, etc.).

É importante que as guarnições conheçam e recordem esses componentes porque o reconhecimento precoce da possibilidade de que os explosivos caseiros estejam presentes em um incidente aparentemente rotineiro (por exemplo, incêndio e explosão em uma propriedade doméstica, etc.) pode salvar vidas.

Os explosivos de peróxido podem variar muito na aparência. Substâncias puras formam um pó branco, mas também podem ser granuladas em textura como açúcar, ou até mesmo formar uma massa pegajosa. Devido a isso, os componentes da guarnição não devem confiar apenas na aparência física para identificar este material perigoso. É mais importante reconhecer os componentes brutos e utilizar um refrigerador ou um freezer para manter a substância fresca.

Tipos comuns de explosivos de peróxido são:

- Triperóxido de triacetona

Um explosivo terrorista que apareceu como uma arma no Oriente Médio. É um dos explosivos mais sensíveis conhecidos, sendo extremamente sensível ao impacto, mudança de temperatura e fricção.

- Hexametileno triperóxido diamina

Outro explosivo do tipo peróxido que é menos sensível que o triperóxido de triacetona, mas ainda é perigoso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQUIM, Associação Brasileira da Indústria Química. **Manual para Atendimento a Emergências: Guia para as primeiras ações em acidentes.** 6. ed. São Paulo: [s.n.], 2011. 340 p.

ARAGÃO, Ranzier Feitosa. **Incêndios e Explosivos: Uma introdução à Engenharia Forense.** Campinas, SP: Millennium Editora, 2010. 473 p.

A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL. Coordenação de Alexandre Seito e outros. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

BROGNOLI, Ronei. **Desenvolvimento da qualidade na reciclagem de plásticos.** CEP SENAI Nilo Bettoin, SENAI-RS. 2006. (Dossiê Técnico). Disponível em http://www.compostagem.com.br/textos/qualidade_na_reciclagem_de_plasticos.pdf. Acesso em 25 de junho de 2016.

CHAGAS, Aécio Pereira. **A História e a Química do Fogo.** Campinas, SP: Editora Átomo, 2006. 119 p.

COLETÂNEA DE MANUAIS TÉCNICOS DE BOMBEIRO - MPCI – Manual de Pesquisa de Causas de Incêndio - MTB 19 – São Paulo - 1º Edição, 2006.

DAEID, NiamhNic. **Fire Investigation.** Florida: CRC Press, 2004

DEHAAN, John D. **Kirk's Fire Investigation.** 7a edição. Vallejo, California – USA: Peson Prentice Hall, 2012.

Drysdale, Dougal. **Fire Science and Combustion.** In An Introduction to Fire Dynamics, John Wiley and Sons, New York, NY, 1985

ESTADO DE GOIÁS. Lei nº 11.416, de 05 de fevereiro de 1991: **Estatuto dos Bombeiros Militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás**. Publicado no DIÁRIO OFICIAL DE GOIÁS de 13-02-1991. Disponível em: http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/pagina_leis.php?id=4726> Acesso em 19 de julho de 2016.

ESTADO DE GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar. Norma Operacional n. 16 de 11 de dezembro de 2015: **Do Serviço de Investigação e Perícia de Incêndio**. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, 2015. Disponível em <http://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/no-16-pericia.pdf>. Acesso em 19 de julho de 2016.

ESTADO DE GOIÁS. Lei nº 15.802, de 11 de setembro de 2006: **Código Estadual de Segurança contra Incêndio e Pânico**. Publicado no DIÁRIO OFICIAL DE GOIÁS de 15-09-2006. Disponível em: http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=354. Acesso em 19 de julho de 2016.

ESTADO DE GOIÁS. Lei nº 18.305, de 30 de dezembro de 2013: **Estrutura organizacional do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás**. Publicado no DIÁRIO OFICIAL DE GOIÁS de 31-12-2013. Disponível em: http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=11164. Acesso em 19 de julho de 2016.

ESTADO DE GOIÁS. Lei nº 11.416, de 05 de fevereiro de 1991: **Estatuto dos Bombeiros Militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás**. Publicado no DIÁRIO OFICIAL DE GOIÁS de 13-02-1991. Disponível em: http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/pagina_leis.php?id=4726> Acesso em 18 de junho de 2016

ESTADO DE GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar. Norma Operacional n. 16 de 11 de dezembro de 2015:**Do Serviço de Investigação e Perícia de Incêndio**. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goias, 2015. Disponível em <http://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/no-16-pericia.pdf>. Acesso em 18 de junho de 2016.

ESTADO DE GOIÁS. Lei nº 15.802, de 11 setembro de 2006: **Código Estadual de Segurança contra Incêndio e Pânico**. Publicado no DIÁRIO OFICIAL DE GOIÁS. de 15-09-2006 Disponível em: http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=354. Acesso 18 de junho de 2016

ESTADO DE GOIÁS. Lei nº 18.305, de 30 dezembro de 2013: **Estrutura organizacional do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás**. Publicado no DIÁRIO OFICIAL DE GOIÁS de 31-12-2013 Disponível em: http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=11164. 18 de junho de 2016

FARIAS, Kelton Rodrigo Vitório de. **A obrigatoriedade da realização da perícia de incêndio no Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas como ferramenta de gestão**. 2013; Monografia; (Aperfeiçoamento/Especialização em Gestão Pública com ênfase à atividade Bombeiro) - Universidade do Estado de Santa Catarina

FRANCHETTI Sandra Mara M.; MARCONATO, José Carlos. **A importância das propriedades físicas dos polímeros na reciclagem**. Química Nova na Escola, São Paulo, n. 18, Nov. 2003. Disponível em <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc18/A09.PDF>. Acesso em 25 de junho de 2016.

GALLO, Jorge B.; AGNELLI., José A. M.. **Aspectos do comportamento de polímeros em condições de incêndio**. Polímeros, São Carlos , v. 8,n. 1,p. 23-38, Mar. 1998 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281998000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 05 Julho de 2016.

GALIZA, Antônio Carlos et al. **Manual do operador de produtos explosivos: Um guia de apoio para a formação**. Condeixa-a-Nova, Portugal:Associação Portuguesa de Estudos e Engenharia de Explosivos, AP3E, 2011. 44 p.

GORBETT, Gregory E. et al. **Use of damage in fire investigation: a review of fire patterns analysis, research and future direction**. Fire Science Reviews, [S.I.], 09 agosto de 2017. p. 36. Disponível em: <<https://firesciencereviews.springeropen.com/articles/10.1186/s40038-015-0008-4>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

HALLIDAY, RESNICK, WALKER. **Fundamentos de Física**. Vol. 2. 8 ed. Editora LTC, 2009.

HALLIDAY, RESNICK, WALKER. **Fundamentos de Física**. Vol. 3. 8 ed. Editora LTC, 2009.

HARRIS, D. C. **Análise química quantitativa**. Editora LTC. 5a Edição, 2001, 862p.

ISO 8421-1 (1987) **General terms and phenomena of fire**.

JÚNIOR, Edgard Sales. **Guia para Investigações de Incêndios**. Brasília-DF..Disponível em: <https://www.cbm.df.gov.br/2012-11-12-17-41-39/investigacao-incendio?view=category&id=231>. Acesso 15 de julho.

MAÇÃIRA, E. F.; LIMA, M. M. T. M.; BUSCHINELLI, J. T. P. **Nota técnica: aspectos toxicológicos da combustão de polímeros**. [São Paulo: Fundacentro, 2014]. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/arquivos/link/noticias/Nota%20Tecnica_20140130154102.pdf>.

MAZZUCCO, Mateus de LorenziCancelier. **Estabelecer processos de identificação e separação de plásticos para a indústria de reutilização e reciclagem**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2008. 40 p.

MENDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, M. Vogel, **Análise química quantitativa**. 6^a edição. LTC, Rio de Janeiro, 2002, 462p.

NFPA 907M - **Determination of Electrical Fire Causes**.

NFPA 921, 2004, **Guide for Fire and Explosion Investigations**, NFPA, Quincy, Massachusetts.

PADILHA, A.F. **Materiais de Engenharia**. Hemus Editora Limitada, São Paulo, 343 páginas (Edição Eletrônica: <http://200.196.67.147/ieditora/livro.cfm?p=94&afID=26/>), 2000

PIATTI, Tânia Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais.** - Maceió : EDUFAL, 2005. 51p. : il. - (Conversando sobre ciências em Alagoas)

POWELL, Dawson. **The Mechanics of Fire.** Rhode Island: Grinnell Company Inc., 1955.

Procedure for investigating fires related to electricity. Nagoya City Fire Department.

SERAFIM, Diego Maciel. **Nocividade dos Gases em Ocorrências de Incêndio.** 2008. 67 f. Monografia (Conclusão de Curso de Tecnólogo em Gestão de Emergências) - Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí , Itajaí, 2008

SKOOG, A. D.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de química analítica.** 8^a Ed. Thomson, São Paulo, 2006, 999p.

SOUSA, M. M. . **Danos em estruturas de concreto.** Revista Incêndio, São Paulo, p. 44 - 48, 01 ago. 2010.

SPINACE, Márcia Aparecida da Silva; DE PAOLI, Marco Aurelio. **A tecnologia da reciclagem de polímeros.** Quím. Nova, São Paulo , v. 28, n. 1, p. 65-72, Feb. 2005 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18 de junho de 2016.

UK, Department For Communities And Local Government. **Operational Guidance Incidents involving hazardous materials.** [S.I.]: TSO (The Stationary Office), 2012. 623 p.

VIDAL, Vanderlei Vanderlino. **Cromatografia na perícia de incêndios: técnicas para detecção de agentes acelerantes.** 2007. 66 p. Monografia para obtenção do título de especialista (Curso de Especialização “Lato Sensu” em Segurança Pública, com ênfase na Gestão de Serviços de Bombeiro)- Universidade do Sul de Santa Catarina., Santa Catarina, 2007. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.sc.gov.br/biblioteca/index.php/component/docman/doc_download/34-vanderlei-vanderlino-vidal>. Acesso em: 10 abr. 2017.

Yereance, Robert A. **Electrical Fire Analysis.**

APÊNDICE 1 – NORMA OPERACIONAL N. 16



ESTADO DE GOIÁS
SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA E ADMINISTRAÇÃO PENITENCIÁRIA
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR

Serviço de Investigação e Perícia de Incêndio

NORMA OPERACIONAL n. 16

11 de dezembro de 2015

SUMÁRIO

<i>Capítulo I - Considerações Gerais (art. 1º)</i>	1
<i>Capítulo II - Definições (art. 2º)</i>	1
<i>Capítulo III - Serviço de Investigação e Perícia de Incêndio</i>	1
<i>Seção I – Objetivos (art. 3º)</i>	1
<i>Seção II – Metodologia para Investigação e Perícia de Incêndio (art. 4º)</i>	2
<i>Seção III – Estrutura do Serviço de Investigação e Perícia de Incêndio (art. 5º)</i>	2
<i>Seção IV – Equipes de Investigação e Perícia de Incêndio (art. 6º a 8º)</i>	2
<i>Seção V – Escalas de Serviço (art. 9º a 13)</i>	3
<i>Seção VI – Atribuições dos Peritos (art. 14)</i>	3
<i>Seção VII – Atribuições dos Auxiliares dos Peritos (art. 15)</i>	3
<i>Seção VIII – Ocorrências a Serem Periciadas (art. 16)</i>	4
<i>Seção IX – Acionamento do Serviço de Investigação e Perícia de Incêndio (art. 17)</i>	4
<i>Seção X – Prazos (art. 18)</i>	4
<i>Capítulo IV – Prescrições Gerais (art. 19)</i>	4

Capítulo I Considerações Gerais

Art. 1º A presente norma estabelece as diretrizes e condições de organização e funcionamento do serviço de investigação e perícia de incêndio, realizado pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás – CBMGO.

Parágrafo único. O serviço de investigação e perícia de incêndio será exercido exclusivamente por oficial do Quadro de Oficiais de Comando – QOC, possuidor de curso de especialização de perícia de incêndio.

Capítulo II Definições

Art. 2º Para fins da normatização do serviço de investigação e perícia de incêndio, ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I – investigação e perícia de incêndio: processo de elucidação dos fatores e circunstâncias que proporcionaram o surgimento, o desenvolvimento e a extinção do incêndio;

II – perito de incêndio: Oficial bombeiro possuidor de Curso de Especialização de Perícia de Incêndio, devidamente reconhecido pelo CBMGO; e

III – equipe de investigação e perícia de incêndio: equipe composta por 2 ou mais peritos de incêndio.

Capítulo III Serviço de Investigação e Perícia de Incêndio

Seção I Objetivos

Art. 3º O Serviço de Investigação e Perícia de

página 1/4



em perícia de incêndio e Praça auxiliar/motorista/fotógrafo;

Parágrafo único. Excepcionalmente, o número de membros das equipes de Investigação e Perícia de Incêndio poderá ser ampliado ou reduzido, conforme deliberação do CIPI, que avaliará as circunstâncias, magnitude e complexidade do evento.

Art. 7º A equipe de investigação e perícia de incêndio realizará os trabalhos prioritariamente na Região Metropolitana de Goiânia.

Parágrafo único. A equipe poderá ser acionada para realização de investigação e perícia de incêndio em ocorrências de grande vulto ou grande porte ocorridas no interior do Estado, mediante análise e autorização do CIPI.

Art. 8º Nas demais cidades do interior do Estado, a investigação de incêndio poderá ser realizada pela OBM da respectiva área de atuação, caso possua Oficiais com curso de especialização de perícia de incêndio e mediante solicitação ao CIPI.

Parágrafo único. Nos casos de acionamento da equipe de perícia para fora do Estado de Goiás, somente será realizado com autorização do Comando Geral.

Seção V Escalas de Serviço

Art. 9º As escalas das equipes de investigação e perícia de incêndio serão elaboradas e coordenadas pelo CIPI.

Art. 10. Concorrerão à escala de peritos de incêndio da Capital exclusivamente Oficiais do Quadro de Oficiais de Comando, possuidores de curso de especialização em investigação e perícia de incêndio, lotados na Região Metropolitana de Goiânia.

Art. 11. A investigação de incêndio é realizada predominantemente durante a luz do dia (período diurno), sendo excepcionalmente realizados levantamentos no local no período noturno, em casos de relevância para a investigação de incêndio, devidamente analisados pelo CIPI.

Art. 12. Os membros das equipes de investigação e perícia de incêndio, em dias de serviço, permanecerão de prontidão no CIPI no período diurno e de sobreaviso e alcançável no período noturno.

Art. 13. Durante o período de serviço, os membros

das equipes de investigação e perícia de incêndio possuem dedicação exclusiva à atividade de investigação e perícia de incêndio, não sendo permitidas outras atribuições administrativas e/ou operacionais.

Seção VI Atribuições dos Peritos

Art. 14. São atribuições dos peritos de incêndio:

I – elaborar laudo de perícia, organizando provas e determinando as causas dos incêndios e explosões;

II – examinar locais sinistrados por incêndio ou explosão, buscando evidências, selecionando e coletando indícios materiais e encaminhando peças para exame;

III – reconstituir fatos e analisar peças, materiais, documentos e outros vestígios relacionados aos sinistros de incêndio ou explosão;

IV - definir os registros fotográficos, identificando os locais e materiais a serem registrados;

V – requisitar medições e ensaios laboratoriais, utilizando técnicas e métodos científicos reconhecidos pela Corporação;

VI – executar as atribuições dos auxiliares, quando na ausência destes; e

VII realizar estudos e manter-se atualizado acerca das doutrinas que tratam das perícias de incêndio,

Seção VII Atribuições dos Auxiliares dos Peritos

Art. 15. São atribuições dos auxiliares dos peritos de incêndio:

I – prestar auxílio técnico aos peritos de incêndio na execução da investigação e perícia de incêndio;

II – realizar os registros fotográficos e a manipulação de recursos audiovisuais;

III – realizar as entrevistas necessárias à investigação e perícia de incêndio, quando determinado pelo perito;

IV – coletar os documentos relacionados à investigação e perícia de incêndio;

V – sinalizar os locais e materiais indicados pelos peritos;

VI – conduzir e operar as viaturas necessárias ao



serviço de investigação e perícia de incêndio;

VII – auxiliar os peritos de incêndio na coleta de materiais oriundos do exame de campo;

VIII – responsabilizar-se pelo uso e conservação dos materiais e equipamentos durante o serviço de investigação e perícia de incêndio; e

IX - isolar os locais determinados pelo perito.

Seção VIII Ocorrências a Serem Periciadas

Art. 16. Serão procedidas as investigações, análises e perícias de incêndio nos locais de ocorrências de sinistro atendidas ou não pelo CBMGO, seguindo prioritariamente as seguintes naturezas de ocorrências:

I – incêndios que envolvam vítimas feridas em estado grave ou fatais;

II – incêndios em que houve propagação vertical do fogo ou de fumaça (de andar para andar);

III – incêndios em que a propagação horizontal do fogo foi rápida e sem controle;

IV – incêndios em locais de reunião de público;

V – incêndios de médio e grande porte;

VI – incêndios em locais diversos que ocasionem colapso estrutural;

VII – incêndios causados por explosão ambiental ou artefato explosivo (bomba), fogos de artifício e similares;

VIII – explosões ambientais seguidas ou não de incêndios;

IX – explosões de vasos de pressão, com vítimas;

X – incêndios ou explosões ocasionados por produtos perigosos;

XI – incêndios em que se verificaram falhas de equipamentos; e

XII – incêndios em veículos, com ou sem vítimas.

Seção IX Acionamento do Serviço de Investigação e Perícia de Incêndio

Art. 17. O Centro Operacional de Bombeiros é o responsável pelo acionamento da equipe de investigação e perícia de incêndio da Capital, devendo comunicar ao CIPI tão logo já esteja confirmada a ocorrência por equipe de socorro no local.

Parágrafo único. Em ocorrências em que não tenha havido atuação do CBMGO, o interessado deverá solicitar a realização da investigação e perícia de incêndio diretamente no CIPI.

Seção X Prazos

Art. 18. Os peritos tem o prazo máximo de 30 dias para conclusão e apresentação dos laudos de investigação e perícia de incêndio ao CIPI.

Parágrafo único. Excepcionalmente o prazo poderá ser prorrogado, caso devidamente comprovado, visando aguardar exames complementares essenciais a elucidação do processo de investigação e perícia de incêndio.

Capítulo IV Prescrições Gerais

Art. 19. Quando necessário para elucidação dos fatos, visando a realização de exames laboratoriais de vestígios, equipamentos e outros, o CIPI poderá enviá-los aos órgãos específicos, possuidores de tecnologia adequada e de profissionais habilitados, sendo inclusive proposto parceria com os centros tecnológicos de universidades, até que se estruture laboratório próprio na Corporação.

APÊNDICE 2 – MODELO DE LAUDO DE INVESTIGAÇÃO



SECRETARIA DA SEGURANÇA PÚBLICA E ADM. PENITENCIÁRIA
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR
COMANDO DE OPERAÇÕES E DEFESA CIVIL

GOVERNO DE
GOIÁS

LAUDO DE INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES Nº

I - IDENTIFICAÇÃO						
PERITOS:						
DATA DA REALIZAÇÃO DA PERÍCIA	DIA	MÊS	ANO	DIA DA SEMANA	DURAÇÃO DA PERÍCIA:	
II - DADOS REFERENTES AO EVENTO						
DATA DA OCORRÊNCIA	DIA	MÊS	ANO	DIA DA SEMANA	Nº DA OCORRÊNCIA NO RAI	
HORÁRIO DA OCORRÊNCIA			CONDICÕES DO TEMPO		TEMPERATURA APROXIMADA	
ENDEREÇO						
ZONA:	URBANA	COORDENADAS (GPS):			UTM	
CIDADE:	GOIÂNIA	ESTADO:				
III - DADOS REFERENTES AO BEM SINISTRADO						
Type	Prop.	Pavimento	n. pavimentos acima do solo	n. pavimentos abaixo do solo		
Edificação Privada	Alugada	Pavimentos				
DESTINAÇÃO DA EDIFICAÇÃO SINISTRADA						
Classe	Descrição					
Material Predominante na Construção	ÁREA DE CONSTRUÇÃO DA EDIFICAÇÃO SINISTRADA (m ²)					
Tempo decorrido desde a 1ª habitação até o evento	N. DE HABITANTES DA EDIFICAÇÃO (população fixa e flutuante) pessoas					
Acima de 30 anos	De 200 a 500					
IV- DADOS QUANTO À ÁREA CONFLAGRADA						
EXAME DE CAMPO						
IMPEDIMENTO DE REALIZAÇÃO	Não houve impedimento					
REALIZADOS PARA ESTABELECIMENTO DA ZONA DE ORIGEM						
<input type="checkbox"/> Coleta de Informações	<input type="checkbox"/> Inspeção visual da área atingida					
<input type="checkbox"/> Coleta de Amostras para análise no CIPI	<input type="checkbox"/> Inspeção visual das áreas adjacentes					
<input type="checkbox"/> Inspeção das Instalações elétricas (disjuntores e fusíveis)	<input type="checkbox"/> Inspeção visual das marcas de combustão					
<input type="checkbox"/> Inspeção das Instalações elétricas (condutores terminais)	<input type="checkbox"/> Reconstituição usando materiais não comburidos					
<input type="checkbox"/> Escavação dos Escombros e Cinzas	<input type="checkbox"/> Reconstituição usando os próprios escombros					
<input type="checkbox"/> Registro fotográfico	<input type="checkbox"/> Verificação da existência de multifocos					
EXAMES LABORATORIAIS SOLICITADOS						
Eletrociidade	Químico	Mecânico/ Físico				
<input type="checkbox"/> Centelhamento	<input type="checkbox"/> Caracterização Química	<input type="checkbox"/> Coeficiente de Atrito				
<input type="checkbox"/> Curto Circuito	<input type="checkbox"/> Presença de Agente Acelerador	<input type="checkbox"/> Eletricidade Estática				
<input type="checkbox"/> Desconexão Parcial	<input type="checkbox"/> Presença de Agente Oxidante	<input type="checkbox"/> Estanqueidade				
<input type="checkbox"/> Grafiteação	<input type="checkbox"/> Reatividade Química	<input type="checkbox"/> Impermeabilidade				
<input type="checkbox"/> Sobre carga	<input type="checkbox"/> Outro _____	<input type="checkbox"/> Propagação de Chamas (taxa)				
Outro _____		<input type="checkbox"/> Resistência à abrasão				
ZONA DE ORIGEM DO SINISTRO:						

Presença de agente acelerante ou produto perigoso?																																								
Classe de Incêndio Predominante na Zona de Origem:		Intensidade da Conflagração:																																						
Área Conflagrada (m ²)	Área da Zona de Origem (m ²)																																							
V – DADOS REFERENTES À CONFLAGRAÇÃO																																								
APURAÇÃO DO OBJETO CAUSADOR																																								
OBJETO CAUSADOR																																								
VALOR ESTIMADO DOS PREJUÍZOS (R\$):				Possui Seguro?																																				
VI – DADOS RELATIVOS A VÍTIMAS																																								
Vítimas Fatais:	Vítimas Não Fatais:																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Quant.</th> <th>Idade</th> <th>Lesão</th> <th>Função</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Quant.	Idade	Lesão	Função																																
Quant.	Idade	Lesão	Função																																					
VII – DADOS REFERENTES AOS SISTEMAS DE PREVENÇÃO																																								
SISTEMAS EXISTENTES NA EDIFICAÇÃO		UTILIZAÇÃO	FUNCIONAMENTO																																					
<input type="checkbox"/> Acesso de Viatura na Edificação <input type="checkbox"/> Segurança Estrutural contra Incêndio e Pânico <input type="checkbox"/> Compartimentação Vertical <input type="checkbox"/> Controle de Materiais de Acabamento <input type="checkbox"/> Saídas de Emergência <input type="checkbox"/> Brigada <input type="checkbox"/> Iluminação de Emergência <input type="checkbox"/> Detecção de Incêndio <input type="checkbox"/> Alarme de Incêndio <input type="checkbox"/> Sinalização de Emergência <input type="checkbox"/> Extintores <input type="checkbox"/> Hidrante e Mangotinhos <input type="checkbox"/> Chuveiros Automáticos <input type="checkbox"/> Controle de Fumaça <input type="checkbox"/> Central de Gás <input type="checkbox"/> Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas																																								
<input type="checkbox"/> Sistemas dispensados pela lei 15.802 de 11 de setembro de 2006																																								
VIII – DADOS REFERENTES À EXTINGUIÇÃO DO INCÊNDIO																																								
ATUAÇÃO DO CBMGO:																																								
PRINCIPAL AGENTE EXTINTOR:																																								
TEMPO RESPOSTA DO 1º SOCORRO (POPULARES):																																								

TEMPO RESPOSTA DO SOCORRO DO CBMGO:				
TEMPO NECESSÁRIO À EXTINGUÇÃO:				
A OBM MAIS PRÓXIMA DISPUNHA DE CARRO COM ÁGUA?		DISTÂNCIA DA OBM MAIS PRÓXIMA AO EVENTO		
QUANTIDADE DE VIATURAS EMPREGADAS NA OCORRÊNCIA				
Emergência Médica	Com Água	Salvamento	Escada/ Plataforma	Transporte de Tropa
IX - CAUSA / SUBCAUSA				
CAUSA	SUBCAUSA	MOTIVO		
IX - ANEXOS				
<input type="checkbox"/> Gravação de áudio <input type="checkbox"/> Relatório de socorro <input type="checkbox"/> Ocorrência policial <input type="checkbox"/> Croqui <input type="checkbox"/> Relatório do laboratório de química <input type="checkbox"/> Relatório do laboratório de mecânica / física <input type="checkbox"/> Relatório do laboratório de eletricidade		<input type="checkbox"/> Filmagem <input type="checkbox"/> Ofício externo <input type="checkbox"/> Coleta de depoimentos <input type="checkbox"/> Laudo do IC / PC <input type="checkbox"/> Laudo do IML / PC <input type="checkbox"/> Fotografias <input type="checkbox"/> Outro:		
X - AMOSTRAS COLETADAS PARA ANÁLISE - DESCRIÇÃO				
XI - ZONA DE ORIGEM – DESCRIÇÃO				
XII - ZONA DO FOCO INICIAL – DESCRIÇÃO				
XIII - FORMA DO SURGIMENTO DO INCÊNDIO – DESCRIÇÃO				

XIV - FORMA DE PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO / DANOS MATERIAIS – DESCRIÇÃO

XV - ÓBICES QUE DIFICULTARAM OU IMPEDIRAM O USO DO (OS) SISTEMA (AS) DE PREVENÇÃO – DESCRIÇÃO

XVI - TÉCNICAS E TÁTICAS EMPREGADAS NA EXTINÇÃO - DESCRIÇÃO

XVII – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

XVIII – CORRELAÇÃO DOS ELEMENTOS OBTIDOS

XIX – CONCLUSÃO

ASSINATURAS DOS PERITOS

1º Ten

1º Ten

XX – INFORMAÇÕES DE PESSOAS RELACIONADAS COM O EVENTO

01	NOME:				DATA DE NASCIMENTO:	
	FILIAÇÃO:					
	RG:		DATA DE EMISSÃO:		ÓRGÃO EMISSOR:	
	CPF:			ESTADO CIVIL:		
	ENDEREÇO RESIDENCIAL:					
CIDADE:		FONE:		ALFABETIZADO:		

INFORMAÇÕES PRESTADAS PELO INFORMANTE N. 01:

02	NOME:				DATA DE NASCIMENTO:	
	FILIAÇÃO:					
	RG:		DATA DE EMISSÃO:		ÓRGÃO EMISSOR:	
	CPF:			ESTADO CIVIL:		
	ENDEREÇO RESIDENCIAL:					
CIDADE:		FONE:		ALFABETIZADO:		

INFORMAÇÕES PRESTADAS PELO INFORMANTE N. 02:

03	NOME:				DATA DE NASCIMENTO:	
	FILIAÇÃO:					
	RG:		DATA DE EMISSÃO:		ÓRGÃO EMISSOR:	
	CPF:			ESTADO CIVIL:		
	ENDEREÇO RESIDENCIAL:					
CIDADE:		FONE:		ALFABETIZADO:		

INFORMAÇÕES PRESTADAS PELO INFORMANTE N. 03:

APÊNDICE 3 - CHECK LIST PARA PERÍCIA DE INCÊNDIO

PROCEDIMENTOS PRÉVIOS	EXAME DO INTERIOR DA EDIFICAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Coletar assinatura do responsável pela edificação em termo de ciência em que conste sua autorização e as finalidades da perícia que está sendo realizada<input type="checkbox"/> Caso o responsável pela edificação não seja encontrado, deve-se tentar contato através dos números coletados pela guarnição que atendeu à ocorrência. Se ainda assim não houver êxito em contatar o responsável, ou se o mesmo não autorizar a realização do serviço, a dupla de peritos deve confeccionar uma parte ao Chefe do DECIP explicitando todas as diligências realizadas.<input type="checkbox"/> Caso haja indícios de incêndio criminoso (ação pessoal intencional), a dupla de peritos deve isolar o local e orientar ao responsável pela edificação que acione a Polícia Técnico-Científica através da Delegacia de Polícia Civil.	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Verificar os acessos da edificação (sinais de arrombamento);<input type="checkbox"/> Qual o estado das portas e janelas (arrombadas, quebradas, etc - observando a existência de sinais de fuligens e de danos causados pelo calor e pelas chamas)?;<input type="checkbox"/> Verificar a existência de objetos estranhos às dependências (fotografar/recolher);<input type="checkbox"/> Observar e registrar o material combustível existente nas dependências<input type="checkbox"/> Observar, sinalizar e registrar nas áreas não atingidas e danificadas pelo incêndio as instalações elétricas, gáscanalizado, máquinas e equipamentos, e os sistemas de segurança contra incêndio.<input type="checkbox"/> Determinar as áreas mais atingidas pelo incêndio e o motivo da severidade. Existência de Multifocos?<input type="checkbox"/> Dentre as áreas mais atingidas, determinar a área (ou local mais próximo possível) onde o incêndio se iniciou (geralmente não consequente da propagação) - ZONA DE ORIGEM<input type="checkbox"/> Isolar a zona de origem realizando os registros fotográficos<input type="checkbox"/> Observar e registrar as características da queima dos materiais encontrados na zona de origem<input type="checkbox"/> Determinar os primeiros materiais combustíveis que foram queimados (geralmente os que possuem queima mais intensa) na zona de origem<input type="checkbox"/> Se necessário, realizar a raspagem ou escavação dos locais ou dos materiais encontrados na zona de origem<input type="checkbox"/> Estabelecer as possíveis fontes de ignição na zona de origem<input type="checkbox"/> Sinalizar, registrar, e coletar em recipientes adequados as amostras da zona de origem, bem como das demais encontradas no interior da edificação<input type="checkbox"/> Quais os sistemas preventivos existentes? Foram usados? Foram eficientes no combate a incêndio? Por quê? Quais sistemas deveria haver na edificação?<input type="checkbox"/> A Edificação possui CERCON? Possui projeto? Os riscos estavam conforme previsto?

