



**UNISUL**

**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**VANDERLEI VANDERLINO VIDAL**

**CROMATOGRAFIA NA PERÍCIA DE INCÊNDIOS:  
TÉCNICAS PARA DETECÇÃO DE AGENTES ACELERANTES**

Florianópolis  
2007

VANDERLEI VANDERLINO VIDAL

**CROMATOGRAFIA NA PERÍCIA DE INCÊNDIOS:  
TÉCNICAS PARA DETECÇÃO DE AGENTES ACELERANTES**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização "*Lato Sensu*" em Segurança Pública, com ênfase na Gestão de Serviços de Bombeiro da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão de Serviços de Bombeiro.

Orientador: Evandro Carlos Gevaerd, MSc.

Florianópolis  
2007

VANDERLEI VANDERLINO VIDAL

**CROMATOGRAFIA NA PERÍCIA DE INCÊNDIOS:  
TÉCNICAS PARA DETECÇÃO DE AGENTES ACELERANTES**

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Especialista em Gestão de Serviços de Bombeiro e aprovada em sua forma final pelo Curso de Especialização “*Lato Sensu*” em Segurança Pública, com ênfase na Gestão de Serviços de Bombeiro, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Florianópolis, 15 de outubro de 2007

---

Professor e orientador Evandro Carlos Gevaerd – MSc.

---

Professor Marcos de Oliveira – MSc.

---

Professor Edson Luiz Biluk – Esp.

Sobretudo pelo amor que sinto por vocês, dedico este trabalho a minha mulher, Ana Cláudia e a meus filhos Marina e Vitor, pois são hoje a verdadeira razão de minha existência.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que em sua infinita sabedoria me concedeu a graça e as condições necessárias para a realização dos meus estudos e conclusão deste trabalho e me dá força de vontade para alcançar meus objetivos.

Ao meu pai, o Sub-Tenente Vanderlino Germano Vidal, Bombeiro Militar, que me inspirou a profissão e sempre me guiou com seu exemplo de retidão e profissionalismo.

Ao Senhor Coronel Adilson Alcides de Oliveira, Comandante-Geral do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, por viabilizar o CCEM/2007, proporcionando a busca de conhecimentos e intercâmbio de experiências profissionais.

Ao Major Evandro Carlos Gevaerd, por ter caminhado a meu lado na construção deste trabalho, orientando-me com toda a sua paciência e dedicação, características de um verdadeiro líder.

Ao Major Edson Luiz Biluk, meu co-orientador, verdadeiro amigo e velho companheiro de lutas na atividade preventiva, pessoa que me inspira com sua garra e perseverança.

Aos profissionais da área da química, Dr. Luiz Augusto dos Santos Madureira, Dr. Eduardo Carasek da Rocha, Dra. Janaina Bortoluzzi e as bacharéis em química Denise Santana Pacheco, Maria Eulália Fernandes e Lia Mara Loli, que uniram esforços ao CBMSC e emprestaram seus conhecimentos para que hoje a corporação possa se orgulhar da tecnologia que dispõe.

Ao Sargento Armando Macedo Lopes Filho, profissional íntegro e profundo conhecedor do seu mister, pela sua disposição e luta pela manutenção da atividade de perícia.

Aos mestres da UNISUL, pela magnitude dos ensinamentos legados.

Aos companheiros do CCEM/2007, pela convivência amigável e fraterna.

## RESUMO

Este trabalho estuda a cromatografia na perícia de incêndios com base na análise de técnicas para detecção de agentes acelerantes. Inicialmente trata-se da atividade de perícia de incêndios no CBMSC, tratando de seus aspectos legais e doutrinários, fazendo ainda um panorama geral do serviço hodiernamente. Aborda-se a técnica de cromatografia, seus princípios de funcionamento, os equipamentos utilizados e principalmente, sua aplicação nas perícias de incêndio. Trabalhar-se-á os agentes acelerantes mais comuns utilizados em incêndios, distinguindo suas características de natureza química e identificando os padrões de queima deixados por tais substâncias após o processo de combustão em ambientes. Ao final, faz-se uma análise comparativa entre as técnicas de micro extração em fase sólida e a técnica de *headspace* estático, verificando entre elas qual apresenta melhores resultados. Ambas são técnicas complementares, que associadas a cromatografia, oportunizam aos peritos de incêndios, importantes instrumentos de prova para concluírem seus laudos periciais.

Palavras-chave: perícia de incêndio, cromatografia, agentes acelerantes.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Foto da sala de cromatografia do Laboratório de Perícia e Pesquisa do CBMSC.....	23
Figura 2 – Exemplo de um cromatograma padrão (álcool).....	29
Figura 3 - Dispositivo da fibra de SPME.....	31
Figura 4 - Vista interna do amostrador de SPME com a fibra exposta.....	32
Figura 5 - Processo de sorção dos analitos por amostragem direta e sistema de dessorção térmica dos analitos no injetor do cromatógrafo.....	33
Figura 6 – Foto de explosão seguida de incêndio na cidade de Sombrio – SC, em data de 16 de agosto de 2004.....	35
Tabela 1 - Tipos de Fibras de SPME disponíveis comercialmente.....	39
Gráfico 1 - Representação da eficiência das fibras de SPME no sistema estudado.....	40
Figura 7 – Foto de padrão de queima em madeira com presença de acelerantes.....	47
Figura 8 – Cromatograma da madeira queimada com gasolina.....	50
Figura 9 - Cromatograma da madeira queimada com óleo diesel.....	51
Figura 10 - Cromatograma da madeira queimada com querosene.....	52
Figura 11 – Representação dos passos realizados na preparação das amostras.....	54
Figura 12 - Cromatograma obtido pela análise por headspace estático convencional, três meses após a coleta no incêndio.....	54
Figura 13 - Cromatograma obtido pela análise por SPME, três meses após a coleta no incêndio.....	55
Figura 14 - Representação dos passos realizados na preparação das amostras.....	56

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CCEM – Curso de Comando e Estado-Maior

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

CG – Cromatografia Gasosa

IGP – Instituto Geral de Perícias

LOB – Lei de Organização Básica

LPP – Laboratório de Perícia e Pesquisa

NFPA – National Fire Protection Association

PMSC – Polícia Militar de Santa Catarina

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina



## SUMÁRIO

<b>1 TRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 A PERÍCIA DE INCÊNDIOS NO CORPO DE BOMBEIROS</b> .....	11
2.1 FUNDAMENTOS LEGAIS.....	11
2.2 FUNDAMENTOS DOUTRINÁRIOS E OPERACIONAIS.....	14
<b>2.2.1 O ciclo operacional</b> .....	14
2.2.1.1 Fase normativa ou preventiva.....	15
2.2.1.2 Fase passiva ou estrutural.....	16
2.2.1.3 Fase ativa ou de combate.....	16
2.2.1.4 Fase investigativa ou pericial.....	17
2.2.1.5 A importância da fase pericial.....	17
<b>2.2.2 O Perito de Incêndios</b> .....	20
<b>2.2.3 O Inspetor de Sinistros</b> .....	21
<b>2.2.4 O Laboratório de Perícia e Pesquisa</b> .....	22
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA.....	24
<b>2.3.1 Problema</b> .....	25
<b>2.3.2 Hipóteses</b> .....	26
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	26
3.1 OBJETIVO GERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
<b>4 A CROMATOGRAFIA GASOSA</b> .....	26
4.1 AS TÉCNICAS DE PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS.....	31
<b>4.1.1 Descrição da técnica de <i>headspace</i> estático</b> .....	31
<b>4.1.2 Descrição da técnica de Micro Extração em Fase Sólida – SPME</b> .....	32
<b>4.1.3 O sistema de funcionamento da SPME</b> .....	33
<b>5. ACELERANTES PRESENTES EM INCÊNDIOS</b> .....	35
5.1 CARACTERÍSTICAS DOS ACELERANTES.....	35
5.2 IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS ACELERANTES.....	38
<b>5.2.1 Aplicação de <i>headspace</i> estático</b> .....	38
<b>5.2.2 Aplicação da SPME</b> .....	38

5.2.2.1 Escolha do tipo da fibra.....	40
<b>5.2.3 As técnicas de coleta de amostra em locais de incêndios reais.....</b>	<b>42</b>
<b>6. AVALIAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS...50</b>	<b>50</b>
6.1 COMPARAÇÃO: TÉCNICA DE <i>HEADSPACE</i> ESTÁTICO E SPME.....	50
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

“Todo incêndio tem uma causa! E esta deve ser apurada” (COSTA, 2006, p. 17).

Acredita-se que a ciência é o caminho para se encontrar a verdade sobre as ocorrências de incêndio. Pelo exercício da ciência é possível compreender os meandros de uma atividade que ceifa vidas e destrói patrimônios todos os dias.

O estudo e a investigação dos incêndios alimentam as corporações de bombeiros em uma infundável avalanche de informações que se bem processadas, farão com que a corporação evolua e o reflexo direto virá para a comunidade.

O presente trabalho trata de uma das facetas da perícia de incêndios: a detecção de agentes acelerantes com o emprego da cromatografia. Discorrer-se-á sobre a perícia de incêndios, sua situação legal e doutrinária da atividade no CBMSC. Serão analisadas as características dos agentes acelerantes, comumente utilizados por incendiários nos incêndios provocados por ação humana direta, os ditos incêndios intencionais. Discorrer-se-á sobre a cromatografia, técnica amplamente aplicada pela comunidade científica da área da química e na identificação de substâncias diversas. Analisar-se-á as técnicas atuais disponíveis no CBMSC, avaliando dentre elas, quais oferecem melhores resultados na área pericial.

O tempo exíguo para a realização do presente trabalho, nos impede de produzir novos experimentos, motivo pelo qual utilizar-se-á a pesquisa bibliográfica e experimentos já realizados no Laboratório de Perícia e Pesquisa do CBMSC.

Nossa intenção é compilar uma série de informações que servirão, quiçá, num futuro próximo, de arcabouço para a montagem de padrão mais adequado para a realização das perícias de incêndios, especialmente quando houver necessidade da detecção de agentes acelerantes.

## 2 A PERÍCIA DE INCÊNDIOS NO CORPO DE BOMBEIROS

### 2.1 FUNDAMENTOS LEGAIS

Ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina incumbe a realização de perícias de incêndio, conforme se depreende da Constituição Estadual:

(...)

Art. 108. – O Corpo de Bombeiros Militar, órgão permanente, força auxiliar, reserva do Exército, organizado com base na hierarquia e disciplina, subordinado ao Governador do Estado, cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em lei:

(...)

VI – a **realização de perícias de incêndio** e de áreas sinistradas no limite de sua competência (SANTA CATARINA, 1989, p. 66, grifo nosso);

O texto acima foi extraído da Emenda Constitucional nº. 033, aprovada em 03 de junho de 2003, a qual concedeu a emancipação do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina e conforme se observa, também colocou um ponto final a cerca da dúvida anterior sobre a competência do CBMSC para realizar perícias de incêndio.

Agora a previsão é constitucional. Anteriormente havia dúvidas, já que a única previsão legal era encontrada na Lei de Organização Básica da PMSC, que é uma Lei Estadual. Por se tratar de uma Lei Ordinária e específica para a PMSC, poderia gerar conflitos de competência com outros órgãos estaduais que dispusessem de legislação em igual nível. O maior dos conflitos ocorria justamente com a Polícia Civil, órgão que à época, era responsável pela realização das perícias criminais no Estado.

Observa-se, todavia, que a Constituição cita que compete ao Corpo de Bombeiros Militar, “*a realização de perícias de Incêndios e de áreas sinistradas **no limite de sua competência***”(SANTA CATARINA, 1989, p.66, grifo nosso), o que indica que o legislador preocupou-se com a possibilidade de um outro órgão estatal possuir responsabilidade assemelhada. Desse modo, falaremos mais adiante da decisão do Comandante Geral do CBMSC, que no ano de 2004, editou diretriz para disciplinar o chamado limite de competência.

Em 31 de janeiro de 2005, por meio da Emenda Constitucional nº 039, foi criado no Estado de Santa Catarina, o órgão coordenador das Perícias Criminais: o Instituto Geral de Perícias, emancipado da Polícia Civil. O citado órgão está estruturado em quatro institutos a saber: Instituto de Análises Laboratoriais – IAL, Instituto de Criminalística – IC,

Instituto de Identificação – II e o Instituto Médico Legal – IML.

A Constituição do Estado de Santa Catarina prevê em seu art. 109:

(...)

Capítulo IV-A

Do Instituto Geral de Perícia

Art. 109-A. O Instituto Geral de Perícia é o órgão permanente de perícia oficial, competindo-lhe a realização de perícias criminais, os serviços de identificação civil e criminal, e a pesquisa e desenvolvimento de estudos nesta área de atuação.

(...)

§ 2º A lei disciplinará a organização, o funcionamento e o quadro de pessoal do Instituto, de maneira a garantir a eficiência de suas atividades.

(...)

Celito Cordioli<sup>1</sup>, em seu artigo intitulado A Fragmentação da Perícia Oficial, entende que os Corpos de Bombeiros não deveriam realizar perícias, conforme vemos:

(...)

Os membros dos órgãos fiscalizadores não podem atuar como Peritos nos crimes afetos a sua fiscalização. A esses cabe, como órgãos fiscalizadores, os atos de autuação pela infração, com a descrição do fato delituoso, jamais o levantamento e o exame do local, e nem a emissão do respectivo laudo pericial. Os policiais militares têm como função precípua e constitucional o policiamento preventivo e a manutenção da ordem. Os corpos de bombeiros militares são concursados para atuarem na defesa civil e as polícias rodoviárias existem para realizarem a fiscalização das rodovias.

(...)

No caso específico dos corpos de bombeiros, estes não são meros fiscais, pois, geralmente são os responsáveis pela elaboração das normas sobre o assunto. Os projetos de prevenção de incêndio nas edificações, equipamentos de combate a incêndios são analisados e dependem de sua aprovação. Após a conclusão da obra são esses os responsáveis pela liberação e pelas vistorias para comprovar a instalação e o estado de conservação dos equipamentos e, em caso de incêndio, são os responsáveis pelo combate ao fogo. Nesses casos a estes caberia apenas a vistoria para uma crítica ao seu próprio trabalho.

Já o exame pericial criminal em locais de incêndio tem objetivos distintos, como determinar a causa, a origem do sinistro, se o mesmo foi ou não criminoso, se pôs em risco a vida de pessoas e inclusive apurar se houve falhas no sistema de proteção contra incêndios e na atuação do próprio corpo de bombeiros, que pode ter parte da

---

<sup>1</sup> Celito Cordioli - Perito Criminalístico, lotado no Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina. Pres.da Assoc. Brasileira de Criminalística - Gestão 1999/2001.

culpa no resultado, na extensão do sinistro. Certamente aquele que pode ser co-responsável pelo fato não pode ser o mesmo que realiza a perícia criminal.

Constata-se, portanto, que se a Constituição garante ao CBMSC a função de desempenhar perícias de incêndio, mas ainda existem entendimentos contrários, sob a ótica doutrinária.

Respeitamos o posicionamento do Perito Celito Cordioli, mas há que se pensar como faria um perito não bombeiro para identificar as causas de um incêndio? Que conhecimentos teria tal profissional a respeito das ciências do fogo, para garantir a realização do serviço? Uma das tantas funções da perícia de incêndios é a retro alimentação do sistema denominado serviço de bombeiros e não nos parece razoável que um profissional de outra área possa avaliar um serviço de bombeiro, já que não conhece sua especificidade.

As ocorrências de incêndios nos impelem ações rápidas e muitas vezes destruidoras. Inúmeras são as técnicas de combate a incêndios, muitas delas, inclusive, utilizam a ventilação do local incendiado por pressão positiva, outras usam um combate indireto e assim por diante, ou seja, há uma variedade de situações que somente um bombeiro poderia distinguir e identificar durante os trabalhos de perícia.

Assim sendo e para evitar prejuízos ao serviço, o que possivelmente implicaria em resultados negativos para a comunidade, o Comandante Geral do CBMSC, decidiu disciplinar o serviço de modo que os bombeiros ao se depararem com indícios de crime durante a realização das perícias de incêndio acionarão o IGP, para que em conjunto concluam o serviço. Tal situação está expressa na Diretriz Permanente 002/Comdo G CBMSC/2004, a qual transcrevemos:

(...)

4.3 Em qualquer ocorrência de incêndio e/ou explosão, sempre que houver vítima fatal, comunicar e aguardar a chegada da Polícia Civil, iniciando os trabalhos de Perícia com a presença daquela equipe;

(...)

4.5 Caso durante os trabalhos de investigação do local do sinistro sejam encontradas evidências de ação humana direta, interrompe-se os trabalhos e comunica-se de imediato ao Perito de Incêndio do BBM e a Polícia Civil, para conforme a intenção daquele órgão proceda ao acompanhamento da Perícia de Incêndio a ser desenvolvida pelo Corpo de Bombeiros Militar;

4.6 Ainda que durante os trabalhos de perícia, não sejam levantadas evidências imediatas, mas que ao final, conclua-se como causa do incêndio ação humana direta, encaminha-se de imediato, cópia do laudo ou informe pericial ao Delegado de Polícia da Comarca, juntamente com as provas levantadas;

A Diretriz 002 é datada do ano de 2004, motivo pelo qual, nos dias de hoje, onde se lê Polícia Civil, entenda-se IGP, pois este se emancipou da Polícia Civil no ano de 2005, após aprovação da Emenda Constitucional nº 039.

Ainda, no condão de indicar os fundamentos legais para que o CBMSC realize as Perícias de Incêndio, citamos a Lei de Organização Básica da Polícia Militar de Santa Catarina, lei nº 6.217 de 10 de fevereiro de 1983:

Art. 2º – Compete a Polícia Militar:

(...)

V – Realizar o serviço de extinção de incêndio, simultaneamente com o de proteção e salvamento de vidas e materiais.

(...)

Art. 29

Parágrafo Único – O Comando do Corpo de Bombeiros contará com um Estado Maior e um Centro de Atividades Técnicas.

Art. 30 – Ao Centro de Atividades Técnicas compete:

I – Executar e supervisionar o cumprimento das disposições legais relativas às medidas de prevenção e proteção contra incêndios;

II – Proceder ao exame de plantas e de projetos de construções;

III – Realizar vistorias e emitir pareceres;

IV – Realizar testes de incombustibilidade;

V – Supervisionar a instalação de rede de hidrantes públicos e privados;

VI – **Realizar perícia de incêndios** (grifo nosso).

Registre-se que a proposta de LOB para o CBMSC ainda tramita na Assembléia Legislativa do Estado, motivo pelo qual, enquanto não aprovada, adota-se a LOB da PMSC. Na prática, a Corporação já vem funcionando dentro dos parâmetros propostos na nova LOB. O tempo urge e as mudanças são necessárias, sendo inviável aguardar a aprovação no legislativo para somente então realizar as alterações administrativas necessárias.

## 2.2 FUNDAMENTOS DOUTRINÁRIOS E OPERACIONAIS

### 2.2.1 O ciclo operacional

O ciclo operacional foi introduzido no Brasil na década de 70, por meio da doutrina japonesa de investigação de incêndios, quando profissionais técnicos da Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA), repassaram seus conhecimentos aos bombeiros brasileiros dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Distrito Federal.

O ciclo operacional nada mais é que uma aplicação contínua do ciclo PDCA: Planning (planejar) – Doing (executar) – Cheking (verificar) – Act (corrigir), oriundo das Ciências da Administração. Por meio deste, os bombeiros estudam e trabalham todas as

questões que envolvem o tema incêndio. Rodrigues e Ferrante (1995, apud MAUS, 2006, p.28), destacam que todos os processos devem passar pelas seguintes fases:

**Planejar:** o planejamento das tarefas a serem executadas, incluindo a definição dos objetivos, métodos e procedimentos.

**Executar:** a execução de cada tarefa, conforme planejada e a coleta de dados para posterior verificação.

**Verificar:** a verificação e comparação dos resultados encontrados contra os objetivos planejados, registrando eventuais desvios.

**Corrigir:** a introdução de medidas corretivas, nos casos de desvios detectados durante a execução dos processos.

Maus (2006, p.29), ensina que: “cada uma das fases do ciclo operacional constitui-se um macro fluxo possuindo estreito relacionamento mútuo, de tal forma que as deficiências e sobrecargas de uma e de outras, afetam o ciclo como um todo”.

O aludido ciclo é compreendido por quatro fases, a saber: fase preventiva ou normativa; fase passiva ou estrutural; fase ativa ou de combate; e fase investigativa ou pericial. Essas quatro fases se caracterizam pela finalidade, pelo objeto, pelos recursos e pela responsabilidade de custeio, conforme veremos a seguir.

#### 2.2.1.1 Fase normativa ou preventiva

A fase normativa ou preventiva, que pode ainda ser considerada a primeira fase, tem por finalidades: evitar a ocorrência do sinistro, analisar os riscos, estudar, revisar e elaborar normas de segurança contra incêndios.

O objeto da fase normativa constitui-se das próprias normas de segurança contra incêndios, consagradas nacional ou internacionalmente.

Os recursos humanos da fase normativa são formados de pessoal habilitado, com formação ou especialização nas atividades de segurança contra incêndios e nas atividades de elaboração de textos normativos. Os recursos materiais compreendem um acervo bibliográfico de normas e catálogos técnicos sobre equipamentos, sistemas, processos e métodos de segurança.

O custeio das atividades da fase normativa é da responsabilidade do próprio Corpo de Bombeiros Militar. Por conseguinte, é por meio de recursos próprios que a Corporação arcará com todos os custos envolvidos nos procedimentos de elaboração das normas de segurança contra incêndios.



### 2.2.1.2 Fase passiva ou estrutural:

A fase estrutural tem por finalidades: restringir ou minimizar, com prontidão, as conseqüências e os danos de um sinistro que não pode ser evitado; instalar, inspecionar, fazer manutenção e operar sistemas e dispositivos de segurança contra incêndios.

O objeto da fase estrutural constitui-se dos projetos, dos sistemas preventivos e dos dispositivos de segurança executados nas instalações prediais de qualquer tipo de ocupação.

Os recursos humanos da fase passiva ou estrutural constituem-se de pessoal habilitado, com formação ou especialização nas atividades de elaboração de projetos, instalação, manutenção e operação de sistemas e dispositivos de segurança e ainda, de pessoal especializado em segurança física de estabelecimentos. Os recursos materiais constituem-se de sistemas preventivos, equipamentos e dispositivos de segurança contra incêndios. Como exemplos de recursos humanos podemos citar os bombeiros que realizam as vistorias preventivas contra incêndios e o pessoal das brigadas de incêndio. Como exemplo de recursos materiais, podemos citar o sistema hidráulico preventivo, o sistema de detecção e alarmes, sistemas preventivos por extintores e etc.

O custeio da fase estrutural é da responsabilidade do próprio usuário da edificação correspondente.

### 2.2.1.3 Fase ativa ou de combate:

As finalidades da fase ativa ou de combate constituem-se das ações de socorro, momento em que há a participação do poder operacional da Corporação no atendimento a qualquer caso real de sinistro, para extinguir incêndio, prestar atendimento pré-hospitalar, resgatar e salvar vidas e bens. Como vimos, essa fase pode ser aplicada a qualquer atividade fim desempenhada pelo Corpo de Bombeiros, mas no presente trabalho, nosso foco estará nas atividades relacionadas aos incêndios.

O objeto da fase de combate constitui-se do poder operacional da Corporação, desenhado nas técnicas e táticas das operações de combate a incêndios.

Os recursos humanos da fase ativa ou de combate constituem-se do próprio efetivo da Corporação, ou seja, pessoal formado e especializado nas operações de combate a incêndios. Os recursos materiais da fase ativa são os materiais, equipamentos e viaturas que são empregados nas operações de combate.

O custeio da fase de combate é da responsabilidade do Corpo de Bombeiros. Via de regra, boa parte de tal responsabilidade tem sido transferida indiretamente para os usuários dos serviços de bombeiro, por meio da cobrança das taxas de prestação de serviços, previstas na legislação que abriga os Fundos de Reequipamento do Corpo de Bombeiros.

#### 2.2.1.4 Fase investigativa ou pericial

A finalidade da fase investigativa ou pericial é elucidar o caso real de sinistro, em todas as suas circunstâncias: causa, sub-causa, desenvolvimento, danos causados, salvados do incêndio, análise da atuação da guarnição do Corpo de Bombeiros, análise da eficiência dos sistemas preventivos, conseqüências do incêndio, etc. para fins de retro alimentação das demais fases do ciclo operacional.

O objeto da fase pericial é o próprio local da ocorrência ou o caso real de sinistro, seus indícios e vestígios (relativos e absolutos).

Os recursos humanos da fase pericial são os Peritos, os Inspetores de Incêndio e os Técnicos de Laboratório. Os recursos materiais são os equipamentos de alta tecnologia para o emprego no campo, ou seja, nos locais de sinistro propriamente ditos, e os equipamentos de laboratório para pesquisas, experiências e ensaios de sinistros simulados.

O custeio da fase pericial é da responsabilidade da própria Corporação.

#### 2.2.1.5 A importância da fase pericial

A análise de casos reais de sinistro constitui a quarta fase do ciclo operacional. É o momento em que, após a ocorrência de incêndio, equipes do Corpo de Bombeiros Militar investigarão o ambiente e as circunstâncias que se deu o evento. Sua importância está atrelada ao fornecimento de subsídios fundamentais para as indústrias e profissionais que atuam na área de segurança. Fornece subsídios fundamentais para as companhias seguradoras, especialmente nos processos de regulação e liquidação de sinistros. Fornece subsídios fundamentais para a Justiça na elucidação de fatos e atos criminosos em locais onde haja presunção de crime. E, finalmente, fornece subsídios fundamentais para a própria Corporação, na retro alimentação das demais fases do ciclo operacional, ou seja, para a fase preventiva, para a fase passiva e para a fase ativa, conforme verificaremos a seguir.

a) Subsídios fundamentais para as indústrias e profissionais que atuam na área de segurança:

- avaliar o comportamento dos sistemas e dos equipamentos de segurança existentes na área do prédio sinistrado aos efeitos do fogo e do calor intenso nos casos reais de incêndio;
- desenvolver novos projetos, sistemas e equipamentos de segurança que atendam às situações e aos requisitos levantados na análise de casos reais de sinistro;
- reavaliar ou redimensionar os projetos e os sistemas de segurança, em razão das falhas de concepção, dimensionamento, instalação, manutenção e operação ressaltadas na análise de casos reais de sinistro;
- repensar os critérios de segurança relativos à propagação das chamas; a evolução e desenvolvimento da fumaça; a resistência dos materiais de construção ao fogo e ao calor intenso; aos aspectos construtivos e aos fatores arquitetônicos; ao distanciamento entre as edificações e aos meios de acesso para as operações típicas de bombeiro;
- estimular a fiscalização, no que se refere às alterações feitas nos projetos originais sem a devida aprovação dos órgãos competentes;
- valorizar a concessão de atestados de Vistoria para Habite-se, Manutenção e Funcionamento;
- estimular as consultas prévias na área de segurança contra incêndio, serviço que é oferecido pela Diretoria de Atividades Técnicas – DAT e pelas Sessões de Atividades Técnicas – SAT, distribuídas pelo Estado;
- promover a conscientização de que a segurança se inicia na fase de concepção do projeto, ou na fase do projeto de localização e de ocupação da área produtiva industrial ou comercial,

b) Subsídios fundamentais para companhias seguradoras:

- ratificar ou não os trabalhos de inspeção de risco que precedem a contratação do seguro;
- ratificar ou não os trabalhos de regulação e de liquidação de sinistro, que são procedidos após o evento;
- confrontar a importância segurada<sup>2</sup> com o valor em risco<sup>3</sup>, os prejuízos e os salvados do sinistro. Conferir a localização, ocupação e tipo de construção do prédio sinistrado e confirmar ou não a existência de sistemas de segurança contra incêndios.

c) Subsídios fundamentais para a justiça:

---

<sup>2</sup> Importância segurada é o valor monetário atribuído ao patrimônio, para o qual o segurado deseja a cobertura de seguro, ou seja, é o limite de responsabilidade da seguradora.

<sup>3</sup> Valor em risco é o valor da obrigação do segurador no momento da conclusão do contrato.

- considerando que as operações típicas de bombeiro em quase sua totalidade, desenvolvem-se em locais ou sob condições onde há presunção de crime, como por exemplo: casos reais de incêndio, de explosão, de desabamento, de inundação, de acidentes aeronáuticos, rodoviários, etc. O registro de dados é de extrema importância para a elucidação do fato, inclusive indicando alterações procedidas no local, necessárias para o bom desempenho das operações de socorro. É da responsabilidade do comandante do socorro, certificar-se de que todas as informações estão registradas em relatório;

- a análise de casos reais de sinistro permite a configuração e a caracterização da existência de crime, notadamente dos crimes contra a incolumidade pública;

- no caso de incêndio, identificar o local em que houver começado e o perigo que dele tiver resultado para a vida ou patrimônio alheio, além de registrar a extensão dos danos, do seu valor e as demais circunstâncias que interessam para a elucidação do fato;

- a identificação da causa do incêndio, conjugada com processos investigativos para identificação de autoria, a ser executado pelo órgão policial competente, permitirão que o órgão judicial decida o caso concreto.

d) Subsídios fundamentais para o Corpo de Bombeiros, relacionados a cada fase do ciclo operacional:

- para a fase Normativa, evitar a ocorrência futura de sinistro com riscos idênticos aos riscos do caso real analisado. É possível, ainda, estudar, revisar e elaborar normas de segurança, assim como identificar as responsabilidades pelas falhas que resultaram no descumprimento das normas de segurança. Os avanços tecnológicos podem tornar obsoletos alguns sistemas de segurança, gerando necessidade de revisão normativa, o que será possível identificar investigando os casos reais de sinistro;

- para a fase Estrutural, é possível contribuir ao apontar falhas de projetos de segurança contra incêndios; falhas de concepção, dimensionamento, instalação, manutenção ou de operação de sistemas de segurança contra incêndios e propor novas medidas; apontar falhas de desempenho e propor programas de treinamento para o desenvolvimento de recursos humanos que efetivamente atuam na segurança física das edificações, no que se refere a sua segurança contra incêndios;

- para a fase de Combate, será possível indicar falhas de viaturas e equipamentos típicos de bombeiro; falhas humanas nas operações de combate a incêndios; falhas táticas ou técnicas no emprego do poder operacional da Corporação; propor o redimensionamento do poder operacional, ou seja, a aquisição de novas viaturas e equipamentos especializados; propor o

aperfeiçoamento do planejamento estratégico relativo à capacidade de mobilização e de articulação de poder operacional; propor a modernização das técnicas e táticas das operações de combate típicas de bombeiro; concluir sobre o desempenho operacional no caso real analisado; propor novos programas de treinamento para o desenvolvimento dos recursos humanos da Corporação, em função dos dados que resultaram da análise do caso real do sinistro; propor readequação dos critérios para instalação de novos Quartéis de Bombeiro e a adequação quantitativa das guarnições de combate a incêndios. No aspecto positivo, a perícia poderá identificar a um item de qualidade do serviço do CBMSC, ao trabalhar as estatísticas dos salvados em incêndios.

Sobre o combate a incêndios, as perícias têm avaliado que as equipes do CBMSC estão carentes de treinamentos mais constantes. Ainda são localizadas falhas primárias do uso inadequado de equipamentos ou das técnicas e táticas mais adequadas para o combate a incêndios. Não aprofundaremos o assunto por não ser o foco do trabalho, mas o alerta é necessário. A política de treinamentos na corporação precisa receber incentivos na área de combate a incêndios, afinal, é o que de melhor devemos fazer, é nossa missão primeira, qualquer cidadão que deseje ver instalado um quartel de bombeiros em seu município assim o solicita pensando em primeiro plano no combate aos incêndios.

Temos percebido também, que a quantidade inadequada de bombeiros nas guarnições de combate a incêndios tem prejudicado o atendimento das ocorrências. Guarnições reduzidas são ineficientes quando a propagação do incêndio é severa. Há registros de ocorrências em que a guarnição de combate a incêndios era composta por apenas dois homens e, para agravar, um deles era Bombeiro Comunitário, ou seja, um bombeiro preparado para atuar em apoio e não diretamente no combate.

A questão dos problemas relacionados às guarnições reduzidas para o combate a incêndios é, sem dúvida, merecedora da atenção de outros estudos acadêmicos.

### **2.2.2 O Perito de Incêndios**

Para desenvolver as atividades de Perícia de Incêndios, o CBMSC investiu na capacitação de seus Oficiais, enviando-os para Brasília, no intuito de realizarem o Curso de Perícia de Incêndios e Explosões. O curso possui uma carga horária de 680 horas aula, com duração de aproximadamente seis meses.

Dentre as principais disciplinas do curso, podemos citar: Incêndio, Eletricidade Aplicada à Perícia de Incêndios, Química Aplicada a Perícia de Incêndios, Mecânica, Direito

Processual Penal, Metodologia da Investigação de Incêndios, Perícia em Incêndios Florestais, Segurança contra Incêndios, Métodos Instrumentais, Perícia de Incêndios em veículos, etc.

Após a conclusão do curso, o Oficial Bombeiro recebe certificado e passa a condição de Perito de Incêndios, sendo responsável, além da execução, pela coordenação do serviço de Perícias na área do Batalhão onde estiver lotado.

Hoje em Santa Catarina, são apenas cinco Oficiais da ativa formados em Perícia de Incêndio, lotados em pontos diferentes do Estado. Um dos Oficiais está lotado no Sub Comando Geral da Corporação e desse modo, praticamente impedido de atuar na atividade de perícia de incêndios, por já estar bastante assoberbado. Os demais Oficiais são Capitães e Majores lotados em Itajaí, Blumenau, Florianópolis e Chapecó.

Os Peritos de Incêndios, ao concluírem uma Perícia, emitirão o Laudo Pericial.

### **2.2.3 O Inspetor de Sinistros**

Considerando os custos para a formação de Peritos de Incêndios, já que o único curso regular no país é desenvolvido no Corpo de Bombeiros do Distrito Federal e considerando ainda a impossibilidade de atender a todas as ocorrências de incêndio somente com os Oficiais, tomou-se a decisão de preparar os Praças da Corporação (Sargentos, Cabos e Soldados) para realizarem as investigações de incêndios e produzirem os Informes Periciais, sob a supervisão dos peritos.

O Informe Pericial, à princípio, tem finalidade de estudos internos para a Corporação, mas poderá ser tornado público, mediante solicitação de autoridade policial, judicial ou do proprietário ou responsável pela edificação, mas nesse caso, o documento passará pelo crivo de um Perito de Incêndios.

No CBMSC foram montados três cursos, a saber: Curso de Inspetores de Sinistro nível I, com carga horária de 80 horas aula; Curso de Perícia em Explosões, com 80 horas aula; Curso de Perícia de Incêndios em Veículos, com 80 horas aula e Curso de Perícia de Incêndios Florestais, com 80 horas aula.

O primeiro curso citado já foi formatado e posto em prática, enquanto os demais estão em fase de elaboração.

A estratégia é formar Inspetores de Sinistro por todo o Estado, de modo que em cada um dos 87 Quartéis de Bombeiro existam, no mínimo, dois Inspetores de Sinistro. Os Inspetores trabalharão de imediato após toda e qualquer ocorrência de incêndio em edificações e trabalharão para identificar as causas de incêndio. Para resguardá-los, tomou-se

decisão no sentido que o serviço seja supervisionado pelos peritos em situações especiais. Conforme a Diretriz 002/Comdo Geral CBMSC/2004, os Inspectores de Sinistro acionarão os Peritos de Incêndio do CBMSC sempre que:

(...)

4.5 Caso durante os trabalhos de investigação do local do sinistro sejam encontradas evidências de ação humana direta, interrompe-se os trabalhos e comunica-se de imediato ao Perito de Incêndio do BBM e a Polícia Civil, para conforme a intenção daquele órgão, proceda ao acompanhamento da Perícia de Incêndio a ser desenvolvida pelo Corpo de Bombeiros Militar;

(...)

Outra situação em que os Inspectores de Sinistro acionarão os Peritos de Incêndio é na hipótese de não encontrarem quaisquer dos elementos essenciais da perícia, que são: zona de origem, foco inicial, causa e sub-causa.

#### **2.2.4 O Laboratório de Perícia e Pesquisa - LPP**

Não há um registro histórico escrito sobre o laboratório do CBMSC. Assim sendo, relataremos o que conhecemos por experiência, nesses 16 anos de trabalho na Corporação.

Nos idos de 1991, o laboratório era já denominado Laboratório de Perícia e Pesquisa. Havia alguns poucos equipamentos para análises mecânicas e elétricas, no entanto, por inexistência de pessoal habilitado, pouco ou quase nada era produzido. Na época, nem mesmo as perícias de incêndio eram realizadas com regularidade.

Em 1992, após retornarem do Curso de Perícia de Incêndios no Corpo de Bombeiros do Distrito Federal em Brasília, os Oficiais, a época Major Álvaro Maus e Capitão Cláudio Gomes, iniciaram um trabalho de sensibilização do Comando, quanto à importância do desempenho das atividades de perícia e pesquisa, na intenção de consolidar a doutrina do Ciclo Operacional.

Em 1996, um dos tantos projetos de equipagem do laboratório saiu do papel. Foram realizadas importantes aquisições, dentre as principais destacamos o cromatógrafo e o analisador de imagem.

A partir deste período, houve intenso incentivo do comando da Corporação no intuito de fazer progredir a atividade de perícia. Muitas ocorrências foram atendidas com êxito, como foi o caso do incêndio ocorrido em janeiro de 2000, no Restaurante Lindacap em

Florianópolis, cuja causa foi devidamente identificada, mas, no entanto, não comprovada, pois a análise cromatográfica não detectou presença de acelerantes de incêndio nas amostras.

À época, a atividade de cromatografia era incipiente, as técnicas de detecção e análise não estavam suficientemente apuradas. Mesmo os pesquisadores da área da química, desconheciam a aplicação da cromatografia à perícia de incêndios. Muitas provas foram perdidas por mera inobservância do procedimento mais adequado, a ponto de se pensar que o equipamento não serviria ao serviço.

A busca pela melhoria da qualidade dos serviços do Laboratório de Perícia e Pesquisa de Incêndios do CBMSC tem sido uma constante, mas entre 2002 e 2004, o estudo foi focado em aperfeiçoar as técnicas para detecção e caracterização de compostos aceleradores de incêndios, com o intuito de determinar e verificar existência de intencionalidade na causa do incêndio.

Por meio de convênio de cooperação técnica com a UFSC, alunos graduandos e doutorandos do curso de Química desenvolveram pesquisas em diversos temas, auxiliando em muito o trabalho da Perícia, além de gerar conhecimento e padrões ao Laboratório de Perícia e Pesquisa.

Na área da cromatografia, o LPP está equipado com um Cromatógrafo HP 5890 CG Series II com Detector de Massas, onde são realizadas as análises em remanescentes de incêndios. Até então, era utilizada a cromatografia gasosa como método analítico e a técnica de *headspace*<sup>4</sup> para o preparo de amostras, porém, ao longo desses anos, observou-se que seria necessário aperfeiçoar as técnicas, objetivando uma melhoria na detecção dos compostos, já que as condições que um incêndio apresenta são as mais desfavoráveis possíveis para a preservação do material a ser analisado.

Desde sua criação, o LPP teve períodos de grande incentivo institucional, porém, tais períodos foram curtos. Verifica-se que o LPP ficou muito desprestigiado de investimentos em recursos materiais e humanos, levando-se em conta a sua importância. Com a emancipação do CBMSC em 2003, iniciou-se um longo período crítico até os dias atuais, prova disso é que, dos sete técnicos que ali trabalhavam, apenas um permaneceu.

O LPP possuía até o ano de 2000, a área física adequada para a realização de suas atividades. A partir daquele ano, a chefia do setor acumulou outras funções administrativas na estrutura do Comando Geral. Como resultado, houve drástica diminuição das dependências do LPP, fato agravado com a emancipação do CBMSC no ano de 2003, que fez com que todos

---

<sup>4</sup> Headspace – sem tradução para o português, significa criar um espaço de vapor dentro de um recipiente.



os equipamentos fossem guardados, as bancadas de teste desmontadas, para ceder espaço para as novas sessões que ali se instalaram. A figura 1 demonstra a posição da instalação do cromatógrafo do Laboratório de Perícia e Pesquisa do CBMSC. Ao lado direito, na cor laranja, vemos um cilindro de gás Hélio analítico, que serve como gás de arraste para análise das amostras. Ao centro da foto, temos o cromatógrafo, acoplado a um espectrômetro de massas e o computador, que com o programa específico, denominado *Chemistation*, realiza a transformação dos dados obtidos no cromatógrafo para leitura em tela ou para impressão. Em função da necessidade de alta definição nos cromatogramas, é utilizada uma impressora laser, que aparece no canto esquerdo da foto.



Figura 1 – Foto da sala de Cromatografia do Laboratório de Perícia e Pesquisa do CBMSC  
Fonte: foto de autoria do Sargento Armando Macedo Lopes Filho.

Todo o equipamento requer pessoal altamente especializado e experiente na identificação de substâncias. Os estudos mais avançados do pessoal do LPP estão na área da identificação de agentes acelerantes, conforme veremos no decorrer deste trabalho.

### 2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

A Perícia de Incêndios guarda profunda relação com as áreas do conhecimento afetas a física, mecânica, eletricidade e química. Fazendo uso dos conhecimentos da química, podemos assegurar que os vestígios se transformem em indícios, ao se estabelecer e comprovar sua relação com a ocorrência do incêndio. É por meio dos resultados dos estudos

da química, que os Peritos se asseguram para formar sua convicção, em especial nos incêndios ocasionados por ação humana direta.

A cromatografia gasosa (CG) pode ser entendida como um método físico-químico que permite separar, isolar, quantificar e por consequência, identificar os componentes de uma mistura.

Até bem pouco tempo, era utilizada a cromatografia gasosa como método analítico e a técnica de *headspace* estático para o preparo de amostras, porém, observou-se que seria necessário aperfeiçoar as técnicas, objetivando uma melhoria na detecção dos compostos, pois, como já dissemos, as condições que um incêndio apresenta são totalmente desfavoráveis para a preservação do material a ser analisado.

Aparentemente, um combustível altamente volátil como a gasolina, não deixaria vestígios depois de um incêndio, porém, traços do combustível frequentemente ficam até mesmo depois de um intenso incêndio, onde a coleta bem sucedida e a análise destas amostras de resíduos podem fornecer informações muito importantes.

Sabendo-se disso, começou a ser estudada a micro extração em fase sólida (Solid Phase Micro Extraction - SPME), como uma técnica alternativa devido às suas características, que vinham ao encontro das necessidades até então apresentadas.

A SPME é apresentada como um método econômico, rápido e sensível para as análises de líquidos combustíveis, que são detectados a níveis abaixo dos usados nos métodos convencionais, o que garante maior confiabilidade ao método.

A Perícia de incêndios empresta papel relevante como incremento ao conhecimento científico dos Corpos de Bombeiros, permitindo o complemento do ciclo operacional de incêndios, ajustando condutas, procedimentos, revisando normas, aperfeiçoando equipamentos, etc.

### **2.3.1 Problema**

A cromatografia gasosa (CG) é reconhecida pela comunidade científica internacional como a ferramenta mais poderosa na determinação de agentes acelerantes presentes em incêndios.

Com isso, apresenta-se o problema de pesquisa do presente trabalho: de que forma o CBMSC poderá utilizar a cromatografia gasosa para facilitar a identificação de agentes acelerantes em perícias de incêndios?

### 2.3.2 Hipóteses

Para responder a questão problema, levantamos duas hipóteses, listadas a seguir:

- a) A padronização de rotinas para coleta de amostras em perícias de incêndios facilitará o emprego adequado da cromatografia gasosa como técnica para identificação de agentes acelerantes;
- b) O emprego da técnica de micro extração em fase sólida aplicada a cromatografia, aumentará a credibilidade dos resultados das análises cromatográficas.

## 3 OBJETIVOS

### 3.1 OBJETIVO GERAL

Com este trabalho objetiva-se analisar de que forma a cromatografia gasosa é utilizada pelo CBMSC, para facilitar a identificação de agentes acelerantes durante a realização das perícias de incêndios.

### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as técnicas aplicadas à cromatografia gasosa já consagradas pela comunidade científica e verificar sua aplicabilidade nas perícias de incêndios;
- Efetuar estudo comparativo entre todas as técnicas aplicadas à cromatografia gasosa utilizadas pelo CBMSC, para detecção de agentes acelerantes de incêndios;
- Identificar as técnicas mais eficientes para detecção, coleta e identificação de agentes acelerantes em incêndios;
- Propor, em se confirmando as hipóteses suscitadas, a elaboração *a posteriori*, de padrão de técnica para detecção, coleta e identificação de agentes acelerantes nas atividades de perícias de incêndios no CBMSC.

## 4 A CROMATOGRAFIA GASOSA

A cromatografia gasosa como técnica foi descrita pela primeira vez em 1903 e, somente em 1931, iniciou-se seu emprego e desenvolvimento em laboratório.

No entendimento de Young (1994, p. 15), o método cromatográfico foi

verdadeiramente reconhecido e desenvolvido pelo Botânico Russo Mikhail Tswett, quando em 1903, em um de seus trabalhos, permitiu a separação de pigmentos de plantas, cujo extrato preparado em Éter de petróleo, percorreu uma coluna de vidro preenchida com sulfato de cálcio pulverizado. A mistura foi adsorvida na parte superior da coluna e ao lavá-la com solvente, apresentou uma série de zonas coloridas, fenômeno que indica uma separação dos pigmentos ao longo da coluna. Desse modo, o Botânico Mikhail descobriu que a clorofila não era um simples composto químico.

Em 1931 iniciou-se o emprego da técnica de cromatografia em laboratórios, quando Kuhn, Lederer e Winterstein separaram entre outros pigmentos o caroteno e as xantofilas.

Em 1941, Martin e Synge desenvolveram a cromatografia para separação de compostos de caráter hidrofílico e em 1947, a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos anunciou o uso da cromatografia de intercâmbio iônico para separação dos produtos da fissão nuclear.

Em 1953, Lerner conseguiu isolar uma enzima de uma mistura destas e a partir de 1956, houve grandes desenvolvimentos na área de cromatografia, com a construção de novos equipamentos e a produção de fases estacionárias e móveis, obtendo-se maior eficiência nas análises.

Atualmente, diversas são as técnicas e equipamentos utilizados em cromatografia, e entre elas podemos citar a cromatografia líquida de alta eficiência, que é um método de análise rápido, não destrutivo, de grande sensibilidade, mas porém de alto custo, conforme nos ensina Young (1994, p. 18).

Dentre as principais funções da Perícia de Incêndios, está a determinação da causa. A Metodologia da Investigação de Incêndios preconiza diversas técnicas para identificação de causas de incêndios e quando os Peritos se deparam com os incêndios intencionalmente provocados, classificados como de Ação Humana Direta, precisam comprovar tal situação.

Tais incêndios normalmente estão relacionados com o uso de substâncias acelerantes. Para identificá-las, em 1996 o CBMSC decidiu adquirir um Cromatografo capaz de realizar os ensaios analíticos para identificação de substâncias, por meio da Cromatografia Gasosa (GC).

A União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC<sup>5</sup>, assim define a

---

<sup>5</sup> IUPAC – é uma organização internacional dedicada ao avanço da química e é a autoridade reconhecida no desenvolvimento de padrões para denominação de compostos químicos.

cromatografia:

Método usado principalmente para a separação dos componentes de uma mistura, na qual os componentes são distribuídos entre duas fases, uma das quais é a estacionária e a outra é a fase móvel. A fase estacionária pode ser um sólido ou um líquido suportado em um sólido ou em um gel (matriz). A fase estacionária pode ser empacotada em uma coluna, estendida em uma capa, distribuída como uma película, etc.

Para Keulemans (1957, p.16), “a Cromatografia é um método físico de separação no qual os componentes a separar se distribuem entre duas fases, uma estacionária, de grande área superficial e a outra é um fluído (fase móvel), que passa através da fase estacionária”.

A cromatografia é considerada hoje, uma das técnicas mais efetivas para separar, detectar e identificar componentes químicos.

No CBMSC emprega-se a cromatografia gasosa analítica, pois nossa necessidade é detectar e quantificar os componentes de uma mistura, no caso em particular, as misturas são voláteis e seus componentes têm diferentes graus de volatilidade.

Para explicar brevemente como ocorre o processo de análise em um cromatógrafo, tomar-se-á como exemplo o equipamento do CBMSC. Todo o processo que abaixo será descrito, só foi possível graças a efetiva participação dos Professores do Departamento de Química da UFSC: Dr. Luiz Augusto dos Santos Madureira e Dr. Eduardo Carasek da Rocha.

O cromatógrafo do CBMSC está configurado para trabalhar na identificação de acelerantes presentes em remanescentes de incêndios. Já há tecnologia para identificar gasolina, óleo diesel e querosene. Foi um longo trabalho de pesquisa para se chegar a essa condição, pois não havia padrões prontos, além da enorme possibilidade de a amostra vir impregnada em diferentes materiais.

Hoje já estão devidamente definidos o tipo e tamanho da coluna cromatográfica, a velocidade e pressão do gás de arraste, a temperatura inicial do forno e a rampa de aquecimento durante o tempo de análise.

O processo ocorre da seguinte forma: inicialmente a amostra a ser analisada dá entrada no LPP. São feitos os devidos registros e anotações, de modo a identificar a origem da amostra, o solicitante e a finalidade do exame. A amostra passará em seguida para o processo de preparação. Atualmente são duas possibilidades: preparação por *headspace* estático ou a preparação para aplicação de micro extração em fase sólida. As duas técnicas serão melhor explicitadas nos capítulos seguintes. Estando a amostra preparada, será inserida no injetor do cromatógrafo por meio de uma seringa. Nesse momento, tem início o processo de

cromatografia propriamente dito. O gás de arraste (Hélio) carrega a amostra para dentro da coluna cromatográfica. No interior da coluna, aquecida em forno e com curva de temperatura em elevação em razão do tempo, os componentes da amostra irão se separar, de modo que os mais voláteis eluirão primeiro, ou seja, sairão de dentro da coluna e passarão no detector. Os menos voláteis eluirão depois. A esta diferença de tempo para saída da coluna cromatográfica, damos o nome de tempo de retenção e cada componente de uma mistura tem o seu tempo específico.

Ao sair da coluna cromatográfica, os componentes passam no detector, o qual tem por função gerar um pico visível no gráfico denominado cromatograma. O cromatograma pode ser visualizado inicialmente na tela do computador, ainda durante a chamada “corrida cromatográfica”. Ao término da corrida, o cromatograma pode ser impresso para identificação dos componentes e da substância em si.

A identificação de uma substância é feita em um primeiro momento tomando-se por base as possibilidades indicadas pelo próprio programa do cromatógrafo e, em seguida, com a aplicação de conhecimentos e técnica da área da Química, motivo pelo qual, necessariamente, o laudo final será sempre assinado por profissional competente da área da Química.

Conforme já mencionado acima, após a corrida cromatográfica, aqui entendida como um processo de separação que se inicia com a inserção da amostra no cromatógrafo e finaliza com sua detecção, teremos um cromatograma. O cromatograma pode ser definido como uma resposta captada por um detector em função do tempo de eluição ou volume e consiste em uma série de picos que representam a eluição dos analitos individuais. Na medida em que os analitos entram na coluna cromatográfica, cada um possuirá um tempo de retenção ( $t'_R$ ) específico.

Com um cromatograma em mãos, é possível obter informações tanto qualitativas (para identificar os diferentes compostos da mistura), como quantitativas (para poder obter a quantidade e composição das substâncias separadas).

A seguir, é possível observar o gráfico denominado cromatograma, obtido após análise de uma amostra conhecida, nesse caso, uma amostra de álcool. As análises de amostras conhecidas são muito importantes para posterior identificação de agentes acelerantes, pois formarão os chamados cromatogramas padrão, que servem de comparativo inicial, para avaliar qual o agente acelerante possível mais próximo se está buscando. Os padrões consideram ainda o material em que está depositado o agente acelerante.

Um cromatograma nos dá informações sob dois aspectos: no eixo vertical, temos

a chamada abundância, que representa a quantidade do analito presente na amostra e no eixo horizontal temos o que se chama de tempo de retenção, que é o tempo específico que cada componente da substância leva para se separar da amostra e ser identificado no equipamento.

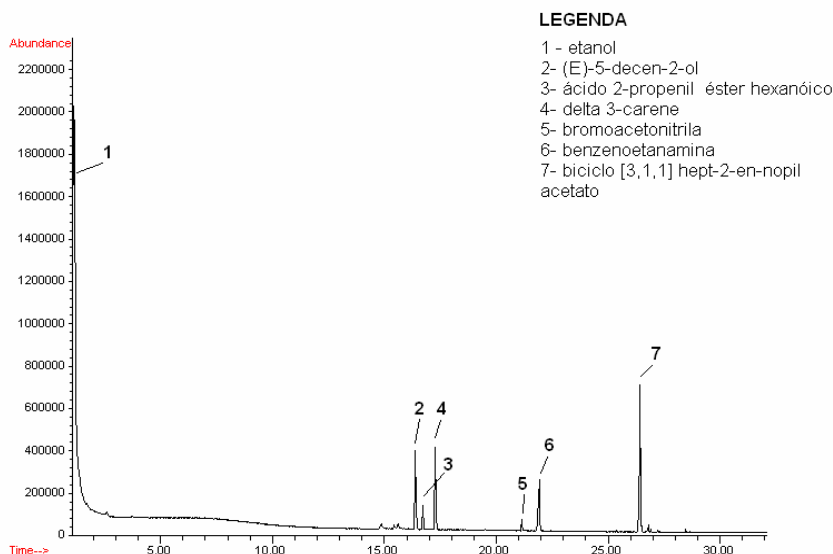


Figura 2 – exemplo de um cromatograma padrão (álcool)  
 Fonte: arquivos do Laboratório de Perícia e Pesquisa do CBMSC.

O parâmetro quantitativo fundamental em cromatografia é a área da banda cromatográfica. Para Valente, Augusto e Riedo (2007), na Cromatografia em coluna, isto é, gasosa, a banda é registrada como um pico, que idealmente deve ter formato gaussiano.

O formato gaussiano ocorre em função dos analitos, cujas quantidades aumentam da borda para o centro do pico e simetricamente diminuem do centro para a outra borda. Por meio da medição das áreas cromatográficas se estabelece a quantidade de analitos nas amostras analisadas.

Para Gonzalez e outros (2001, p. 3) “em cromatografia, a separação consiste em um processo de competição em que as moléculas terão que decidir em que fase permanecerão (estacionária, que não se move ao longo do processo ou móvel, líquida ou gasosa)”.

Para Young (1994, p.34): “Em cromatografia, a resolução se refere ao poder de separação dos solutos que se encontram misturados”. Rohrschneider e Snyder (1973, 1969 apud YOUNG, 1994, p. 38) determinaram que: “a resolução é afetada por três fatores independentes: seletividade, eficiência e capacidade”.

A interpretação de um cromatograma é tarefa reservada a profissionais da área da química, motivo pelo qual não trataremos especificamente desse assunto no presente trabalho.

De todo modo, é importante citar os ensinamentos de Café (1988, p. 75):

A interpretação do cromatograma é feita para determinar se um acelerante estava presente na amostra e então identificá-lo. Uma biblioteca dos cromatogramas obtidos da análise de vários acelerantes é usada para selecionar e identificar o acelerante comparando-o a amostra padrão.

(...)

Comparam-se os dados dos tempos de retenção dos picos de cada cromatograma. A interpretação deve ser feita por um analista experiente e que possua uma biblioteca detalhada que deva incluir os seguintes cromatogramas: acelerantes comuns; solventes industriais; materiais sintéticos queimados e produtos e materiais comuns em edificações.

Atualmente o CBMSC ainda não possui um profissional da área de química em seu quadro de pessoal, motivo pelo qual, nos valem da colaboração dos professores da UFSC.

## 4.1 AS TÉCNICAS DE PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

### 4.1.1 Descrição da técnica de *headspace* estático

As amostras que dão entrada no LPP são dos mais variados tipos e materiais. Os remanescentes de incêndios se constituem numa infinidade de produtos. Em consideração a experiência de campo dos Peritos, há entendimento que os incendiários utilizam os agentes acelerantes na maioria das vezes sobre madeira, piso cerâmico, tecidos variados (roupas de cama, vestuário) e carpe, que na verdade, são os materiais mais comuns encontrados nas edificações.

A prática comum entre os incendiários é de aplicar os agentes acelerantes em estado líquido, na intenção de garantir a propagação do fogo e não deixar vestígios. Com tal atitude, ocorre a impregnação do agente acelerante sobre a superfície na qual foi aplicado. Logo, quanto mais porosa for a superfície, maior será a impregnação. Fazendo um rápido comparativo, em uma amostra com madeira e em outra com piso cerâmico, a de madeira possuirá maior capacidade de absorção do agente acelerante.

A amostra dará entrada no laboratório normalmente embalada em plástico ou inserida em um vial (ampola de vidro), esta última seria a forma ideal, conforme estudaremos mais adiante.

Para que seja possível coletar os vapores dos agentes acelerantes presentes na amostra, esta é levada para a estufa e aquecida a temperatura aproximada de 80 graus Celsius,



por um tempo de cinco minutos. A intenção, nesse caso, é criar um espaço de vapor dentro da ampola de vidro, permitindo a inserção da seringa e extração dos analitos para em seguida serem inseridos no cromatógrafo.

#### 4.1.2 Descrição da técnica de Micro Extração em Fase Sólida – SPME

O nome é uma tradução do original em inglês Solid Phase Microextraction – SPME. No entendimento de Pacheco (2004, p.3), a SPME é uma técnica em que os processos de extração e pré-concentração de analitos ocorrem numa escala dimensional que não é das mais usuais.

Como características técnicas do equipamento encontramos:

O dispositivo básico de SPME consiste de um bastão de fibra ótica de sílica fundida (FS) de 100  $\mu\text{m}$  de diâmetro com 10 mm de uma extremidade recoberta com um filme fino de um polímero (polidimetilsiloxano = PDMS, poliacrilato = PA ou Carbowax = Cwx) ou de um sólido adsorvente (carvão ativo microparticulado = Carboxen). (PACHECO, 2004, P.4).

Na figura 1, temos o dispositivo da fibra de SPME: (A) posição com a fibra retraída na agulha (tubo hipodérmico de diâmetro externo 0,56 mm), (B) posição com a fibra exposta. No detalhe são mostradas as dimensões típicas da seção com recobrimento de 100  $\mu\text{m}$  de espessura.

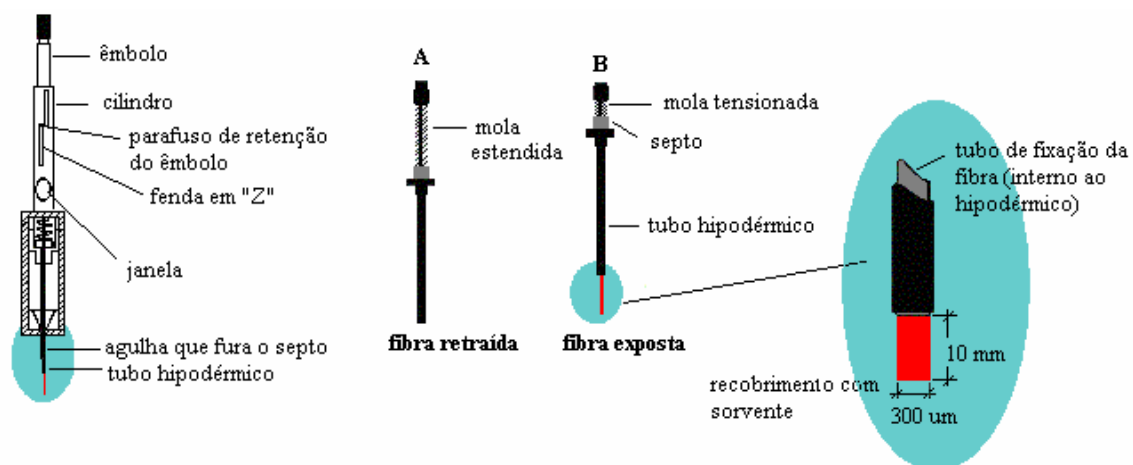


Figura 3 - dispositivo da fibra de SPME  
Fonte: Pacheco (2004, p.3).

A extração dos analitos ocorre mergulhando-se a seção recoberta diretamente na amostra, ou no seu *headspace*. Depois de realizada a extração, a fibra é retirada da amostra e

inserida no injetor do cromatógrafo a gás, onde os analitos são termicamente dessorvidos sob o fluxo do gás de arraste e carregados para a coluna cromatográfica.

#### 4.1.3 O sistema de funcionamento da SPME

O manuseio das fibras fica bastante facilitado com o dispositivo da fibra e com o amostrador, conforme se observa na figura 4. A fibra é encaixada no tubo hipodérmico, que fica protegido dentro da agulha e é encaixado no amostrador.

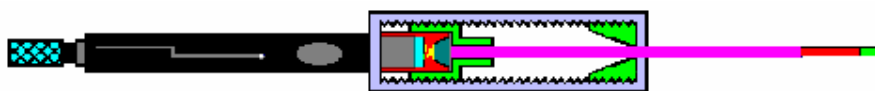


Figura 4 - Vista interna do amostrador de SPME com a fibra exposta  
Fonte: Pacheco (2004, p.4).

Na figura 4, a parte em cor rosa, simboliza a agulha, na seqüência a direita, em vermelho temos o amostrador e em verde a fibra de SPME.

Conforme nos ensina Pacheco (2004, p. 15), a técnica de SPME pode ser aplicada por amostragem direta, quando a fibra é colocada em contato direto com a amostra líquida ou gasosa e por amostragem indireta, quando a fibra é colocada em contato com o *headspace* da amostra.

Para o CBMSC é preferível o último tipo, por amostragem indireta, já que nossas amostras comumente contém um número maior de impurezas e sempre procuramos por analitos voláteis ou semi-voláteis.

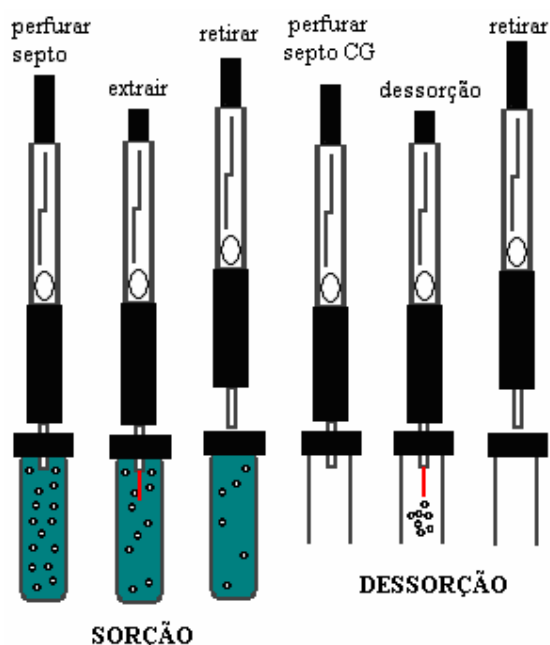
Fernandes (2004, p. 1) nos ensina que a primeira divulgação da utilização da microextração em fase sólida (SPME) na análise de materiais provenientes de um incêndio (com suspeitas de ter sido criminoso) ocorreu no ano de 1994. A partir disso, uma série de publicações feitas por Furton, Almirall e Bruna no ano de 1995, mostram a facilidade de se trabalhar com a SPME, além da excepcional sensibilidade para analisar resíduos de líquidos inflamáveis.

O procedimento de SPME se constitui em duas etapas: a sorção e a dessorção dos analitos voláteis. Pacheco (2004, p. 16), nos mostra que na primeira etapa, chamada de sorção, os analitos são extraídos da amostra em função do contato da fibra de sílica fundida com o seu *headspace* por um tempo pré-determinado. Durante este tempo, as moléculas do analito se deslocam para a superfície da fibra e penetram no recobrimento, até que estabeleça

o equilíbrio.

Na prática, considera-se a extração completa quando a concentração de analito atinge o valor correspondente ao seu equilíbrio de partição entre a amostra matriz e o recobrimento da fibra, conforme nos ensina Bortoluzzi (2003). Em outras palavras, ao ser alcançado o tempo de equilíbrio, a quantidade extraída é constante, independente do tempo de exposição.

Lord (1994 apud Pacheco, 2004, p.16) aponta que ao ser terminada a etapa de sorção, a fibra é recolhida, retirada da amostra e em seguida, os analitos são inseridos no cromatógrafo, onde tem início a etapa de dessorção, com o carreamento dos analitos pelo fluxo de gás (de arraste) para a coluna cromatográfica, para serem separados.



**Figura 5** - Processo de sorção dos analitos por amostragem direta e sistema de dessorção térmica dos analitos no injetor do cromatógrafo  
Fonte: Pacheco, 2004, p. 5.

Na figura 5, a etapa de sorção aparece com o desenho na cor verde, simbolizando uma ampola de vidro contendo a amostra a ser analisada. Na primeira ampola, à esquerda, se observa uma quantidade razoável de analito, em seguida, temos a exposição da fibra, que está na cor vermelha e os analitos migram da amostra para a fibra. A amostra, agora na fibra de SPME, é levada ao cromatógrafo e então tem início a etapa de dessorção. Agora, o gás de arraste do cromatógrafo e a temperatura de volatilização do injetor, farão com que os analitos sejam carreados para a coluna cromatográfica, para serem separados e identificados.

O mercado oferece vários tipos de fibras, mas cada qual tem rendimento melhor para determinadas substâncias. Desse modo, foi efetuado estudo para definição do tipo de fibra com melhor aplicação nas análises no CBMSC. Tal estudo e suas conclusões serão apresentados mais adiante.

## **5 ACELERANTES PRESENTES EM INCÊNDIOS**

### **5.1 CARACTERÍSTICAS DOS ACELERANTES**

Os incêndios intencionalmente provocados, tecnicamente classificados pelos peritos como de Ação Humana Direta, geralmente envolvem a utilização de uma substância para facilitar e acelerar a intensidade da fase de ignição bem como o tamanho da superfície incendiada. Para isso, normalmente é utilizada uma substância com baixo ponto de fulgor, que possa entrar em ignição facilmente e que seja classificada como inflamável. A tais substâncias, damos o nome de agentes acelerantes.

As motivações para atuação dos incendiários são várias, mas entre as mais comuns temos: vingança, sabotagem, piromania, vandalismo e fraude.

Não há notícia de estudo específico no Brasil, mas, na Austrália, país referência mundial em Perícia de Incêndios, um estudo de Cafe (1988, p.11), indica que: “O custo dos incêndios intencionalmente provocados geraram prejuízos a comunidade da ordem de \$120 milhões, entre os anos de 1980 e 1981”.

Os hidrocarbonetos líquidos, como por exemplo: a gasolina, o diesel ou a querosene, são os mais utilizados para garantir que o fogo se propague com mais rapidez, pois, além de possuírem características de fácil inflamabilidade, são também facilmente encontradas no comércio.

No entendimento de Bertsch (1996), na maioria dos casos de incêndios intencionalmente provocados, os destilados de petróleo, como a gasolina, os solventes para diluição de tintas e o querosene são derramados ao longo dos cantos das paredes e dos assoalhos de uma estrutura.

Os incêndios com presença de acelerantes apresentam características próprias que os distinguem dos incêndios convencionais. Produzem elevada quantidade de vapores aquecidos e grande elevação de temperatura em um curto espaço de tempo e em uma posição específica. Em casos extremos, pode haver uma súbita expansão de gases, gerando força explosiva, que pode arremessar portas, janelas, paredes, ou mesmo a edificação como um

todo. Em Santa Catarina, um dos casos mais graves estudados ocorreu no dia 16 de agosto de 2004 na cidade de Sombrio, no sul do Estado. O Laudo Pericial nº 011/CBMSC/2004, comprovou que no evento foram empregados gasolina e GLP em quantidades suficientes para destruir toda a edificação, conforme se observa na foto a seguir.

Na figura 6, a edificação que se observa ainda de pé, ficava ao lado de uma outra edificação que sofreu a explosão. Esta última apresentava as mesmas características construtivas, mas foi totalmente destruída e seus escombros aparecem ao lado direito na foto.



Figura 6 – foto de explosão seguida de incêndio na cidade de Sombrio em Santa Catarina, em data de 16 de agosto de 2004

Fonte: foto de autoria do Sargento Armando Macedo Lopes Filho.

O uso de acelerantes líquidos pode fazer com que o oxigênio do ambiente seja rapidamente consumido, restando quantidade significativa do combustível líquido.

No entendimento de Bertch (1996, apud Pacheco 2004, p.2), aparentemente, um combustível altamente volátil como a gasolina não deixaria vestígios depois de um incêndio, porém traços de combustível frequentemente permanecem até mesmo depois de um intenso incêndio, onde a coleta bem sucedida e a análise destas amostras de resíduos podem fornecer informações importantes.

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 (CAFE, 1988 p.15). O autor também entende que a quantidade de acelerantes para análises em remanescentes de incêndios e o seu reconhecimento dependerão:

- da quantidade de acelerante utilizada para ativar o incêndio;
- 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;
- do tempo decorrido entre o incêndio e a coleta da amostra. (CAFÉ, 1988 p.15)

Tomando-se por base os estudos realizados pela equipe da Divisão de Perícias do CBMSC, podemos acrescentar aos estudos de Cafe, mais um item: a técnica utilizada para coleta, manuseio, acondicionamento e transporte da amostra. Nesse aspecto fatores como quantidade, preservação de voláteis, cuidados com a contaminação e equipamentos adequados farão considerável diferença.

No presente trabalho relataremos em detalhe os estudos realizados, mas é possível adiantar que testes comparativos, feitos em casos reais de sinistros, comprovaram que o simples fato de adotar um modelo adequado para embalagem de acondicionamento das amostras, garantiu qualidade na interpretação de dados.

O álcool é também um líquido inflamável comum, empregado como agente acelerante, mas ainda apresenta estudos incipientes, além das dificuldades de identificação pela sua característica peculiar, conforme nos ensina Cafe (1988, p.67):

O Etanol é recuperado normalmente somente em quantidades de traços porque é solúvel em água e são lavados durante a extinção do incêndio.  
(...)  
é encontrado também em todas as bebidas alcoólicas.

O fato de Cafe citar o álcool presente nas bebidas alcoólicas, também parece nos alertar sobre a possibilidade de confundi-lo como acelerante em uma ambiente em que na verdade ali estava de forma espontânea.

Em virtude desse fato, outra questão importante que envolve acelerantes são os remanescentes de incêndio propriamente ditos. É fácil perceber e entender que em um ambiente incendiado, haverá uma gama considerável de materiais diversos, sobre os quais se depositarão os acelerantes. Dentre os mais comuns se destacam a madeira, os tecidos, os plásticos, os pisos cerâmicos e a própria terra (areia, argila). Desse modo, o laboratório precisará estar preparado para distinguir tais materiais dos acelerantes. Mais adiante, será

explicado que tipo de técnica é usada para resolver a questão.

## 5.2 IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS ACELERANTES

### 5.2.1 Aplicação de *headspace* estático

Quando da aquisição do cromatógrafo para o LPP do CBMSC, no ano de 1996, foi oferecido no pacote da venda, um curso de preparação de ambiente para o aparelho e um curso para preparação de amostras.

Deste último, participaram o então Capitão Cláudio Gomes e o Sgt Armando Macedo Lopes Filho. O curso foi realizado em São Paulo, na assistência técnica da empresa Hewlett Packard. Foi do mencionado curso que se trouxe para o CBMSC a técnica de preparação de amostras denominada *headspace* estático.

Conforme nos ensina Cafe (1988, p.22), a análise é usada também para a seleção da amostra porque é uma técnica simples, rápida e de fácil aplicação. O autor adverte, no entanto, que uma amostra que dê resultado negativo quando selecionado pelo *headspace* estático seria então sujeitado a uma técnica mais sensível da extração.

Uma das desvantagens da técnica, conforme Cafe (1988, p.22), é que não há uma adequada separação dos componentes mais voláteis, limitando os dados para interpretação dos cromatogramas.

A técnica consiste em acondicionar a amostra em uma ampola de vidro, fechá-la com uma tampa de borracha para que fique bem vedada e levá-la para a estufa, onde permanecerá a 80 graus Celsius por 5 min. Esse é o tempo suficiente para que se forme um espaço de vapor na parte superior da ampola, que é o *headspace* propriamente dito. Na seqüência, faz-se a introdução da seringa direto no *headspace*, extraindo-se a quantidade aproximada de 1,0 ml analito. Introduce-se a seringa no injetor do cromatógrafo, para que a amostra seja vaporizada, carregada pelo gás de arraste e separada para a identificação.

### 5.2.2 Aplicação da SPME

A principal diferença entre as técnicas de *headspace* estático e a de SPME, está no dispositivo de coleta da amostra. No caso do *headspace*, temos uma seringa *gas-tight* com volume de absorção que varia de 0,1 a 2,5 ml, da marca SGE obtida da Hewlett Packard. A seringa *gas-tight* é aquela cuja agulha tem capacidade de capturar substâncias em fase gasosa.

Ao acionarmos o êmbolo da seringa, sugaremos uma quantidade desejada da atmosfera do *headspace* para dentro da seringa. Já na SPME, junto à agulha temos uma fibra absorvente e com ela, é possível realizar uma pré-seleção dos analitos antes mesmo de colocá-los no cromatógrafo, de modo que estes vão aderir à superfície da fibra por afinidade química.

Outra diferença se refere ao tipo e tempo de aquecimento da amostra, que no caso do *headspace* estático é de aproximadamente 5 min em estufa e no caso da SPME a amostra permanece em banho aquecido (popularmente conhecido como banho-maria) por aproximadamente 30 min.

No entendimento de Almairall e Kenneth (2004, apud LOLI, 2004), a SPME é uma técnica econômica, rápida e sensível para a análise de resíduos de amostras sólidas e líquidas, bem como de líquidos combustíveis e de explosivos. Os explosivos são detectados facilmente em concentrações de partes por trilhão e os líquidos combustíveis são detectados em níveis abaixo daqueles que utilizam os métodos convencionais.

Com o uso da SPME, pretende-se identificar amostras que anteriormente deram resultado negativo com a aplicação isolada do *headspace*, isto é, tais amostras já eram positivas, só não foram identificadas.

Outra grande vantagem da SPME, é que ao contrário de outras técnicas de igual eficiência, esta elimina a necessidade de uso de solventes, reduzindo custos e os riscos para o pessoal de laboratório.

Almairall e Kenneth (2004, apud LOLI, 2004, p.15) também indicam que os métodos de SPME provaram ser superiores aos métodos existentes de extração para líquidos combustíveis e explosivos com as recuperações melhoradas, que traduzem limites de detecção mais baixos com tempos de análise mais curtos, além da manipulação mínima da amostra e a redução ou a eliminação significativa de solventes orgânicos.

Loli (2004, p.16) nos ensina que:

A SPME tem muitas vantagens quando aplicada a uma variedade de amostras incluindo as espécies forenses, permite a amostragem múltipla e a preservação da amostra ao minimizar o risco da contaminação da mesma, devido à manipulação simplificada, é frequentemente mais rápida do que técnicas tradicionais e pode ser prontamente automatizada.

Para Pacheco (2004, p. 19), a microextração em fase sólida (SPME), embora sendo uma metodologia analítica bastante recente, tem sido aplicada na identificação de compostos acelerantes encontrados em materiais remanescentes de incêndios, juntamente com a cromatografia gasosa e a espectrometria de massas. Da mesma forma, muitos parâmetros



têm sido testados como, por exemplo, natureza da fibra, tempo e temperatura de sorção e dessorção, no intuito de aperfeiçoar o método.

### 5.2.2.1 Escolha do tipo da fibra

Existem no mercado, vários tipos de fibra para aplicação em SPME. Cada uma delas, conforme a composição, irá adequar-se de forma melhor para cada substância a ser analisada.

O tipo de recobrimento ou filem extrator da fibra, é um dos fatores que pode influenciar o processo de sorção do analito. Os fabricantes Supelco, Gland e Switzerland, disponibilizam comercialmente os mais diversos tipos de fibras, com fases estacionárias bem diversificadas e com diferentes espessuras de recobrimento e polaridades.

As fibras disponíveis comercialmente e seus respectivos tipos, composição química, espessuras de recobrimento e suas aplicações para CG estão relacionadas na Tabela 1.

Tipo	Composição química	Espessura do recobrimento ( $\mu\text{m}$ )	Aplicação
Não-polares	Polidimetilsloxano (PDMS)	100; 30; 7	Basicamente para compostos apolares. É possível usar com polares
Polares	Poliacrilato (PA)  Carbowax/divinilbenzeno (CW-DVB)	85  65	Medianamente a altamente polares, como fenóis, pesticidas organofosforados. Cetonas, álcoois. Voláteis de média a alta polaridade.
Bi-polares	PDMS-DVB  Carboxen-PDMS	65  75	Voláteis e não voláteis de baixa a alta polaridade.  Voláteis.

Tabela 1 - Tipos de Fibras de SPME disponíveis comercialmente  
Fonte: Loli (2004, p.6).

Loli (2004, p.22) efetuou estudos comparativos para avaliar a eficiência de extração entre as fibras de Polidimetilsloxano (PDMS) e Poliacrilato (PA), na análise de amostras contendo gasolina.

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Perícia e Pesquisa do

CBMSC, sob a orientação do Prof. Dr. Eduardo Carasek da Rocha, da Universidade Federal de Santa Catarina. Loli (2004, p.22) concluiu que as duas fibras são eficientes na identificação de gasolina, pois nas duas situações foram identificados os 13 compostos sugeridos pela literatura como sendo pertencentes a gasolina. No entanto, ao comparar os cromatogramas, ficou claro que quando foi utilizada a fibra PDMS, o número de compostos extraídos foi superior aos da fibra PA.

“Todos os 13 compostos foram identificados por espectrometria de massa usando ambas as fibras, portanto as duas fibras PDMS e PA foram eficientes neste trabalho” (LOLI, 2004, p. 22).

No gráfico 1, temos uma representação entre os resultados das análises realizadas, utilizando tanto a fibra PDMS como a fibra PA.

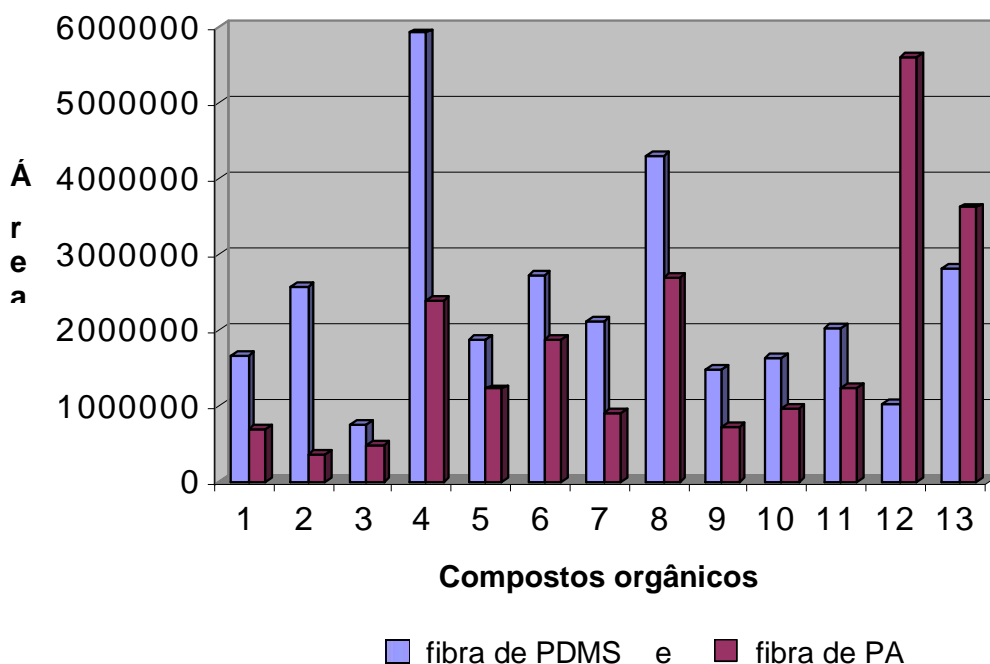


Gráfico 1 - Representação da eficiência das fibras de SPME no sistema estudado.  
Fonte: Loli (2004, p.25).

A observação do gráfico acima, nos dá convicção da maior eficiência da fibra PDMS, quando aplicada em amostras de gasolina. Desse modo, entendemos já haver razões suficientes para adotarmos a fibra PDMS como padrão no Laboratório de Perícia e Pesquisa do CBMSC. Bastaria para tanto, editar o competente procedimento operacional padrão para o LPP, definindo o assunto para os operadores do cromatógrafo.

### 5.2.3 As técnicas de coleta de amostra nos locais de incêndios reais

Conforme exposto anteriormente, um dos fatores que mais influencia a qualidade para a interpretação de uma amostra é a forma como ela é coletada. Durante muito tempo, os Peritos acondicionavam suas amostras em simples sacos plásticos, em latas, ou em caixas de papelão.

Caso não haja presunção da presença de acelerantes na amostra, não há problema em acondicioná-la em recipientes que sejam latas ou caixas de papelão, desde que estejam descontaminados. No entanto, havendo suspeita da presença de acelerantes, é preciso tratar a amostra a ponto de não perder seus voláteis, ou reduzir tal perda a um nível mínimo possível. Assim, será necessária uma embalagem com a máxima vedação e lacre seguro, a fim de não permitir violação.

Os sacos plásticos e as caixas de papelão, por não permitirem um fechamento adequado, possibilitam que os voláteis das amostras sejam perdidos para a atmosfera. Em virtude disso, em muitas situações práticas, após a coleta das amostras, estas permanecem nos sacos plásticos, no interior da viatura, até o término do serviço. É de se esperar, que nessas condição e com um agravante da ação da temperatura externa, muitas informações sejam perdidas.

Cafe (1988, p.54) destaca a questão do mau acondicionamento das amostras: “Os problemas do escapamento e da ruptura podem ocorrer com amostras fornecidas em sacos plásticos ou em recipientes de vidro e estes não devem ser usados para a amostragem”.

No CBMSC, a situação somente foi percebida a partir do momento em que passamos a utilizar a SPME. Isso ocorreu porque o padrão da técnica recomenda o uso de uma ampola de vidro hermeticamente fechada, sendo ainda comprovado que pequenas quantidades de analito eram suficientes para realizar o exame. Unindo-se as duas condições, adotamos o procedimento de acondicionar a amostra na mesma ampola que será levada para cromatografia no laboratório. No próprio local da ocorrência, a amostra será acondicionada na ampola, vedada e lacrada. Desse modo, está pronta para transporte, encaminhamento e análise no LPP.

Anteriormente, além da embalagem inadequada com os sacos plásticos, que permitia a fuga de voláteis, havia a necessidade de abrir a embalagem no laboratório, retirar a amostra, cortá-la em tamanho adequado, para só depois ser acondicionada na ampola de vidro. Fica fácil perceber que esta era uma condição de retrabalho. Em muitas situações a amostra dava entrada no laboratório, mas não havia possibilidade de prepará-la de imediato,

resultando em maior quantidade de voláteis perdida.

As latas de metal também já foram utilizadas no CBMSC para acondicionar amostras, no entanto, tais recipientes apresentam inconvenientes, conforme nos discorre Café (1988, p.55):

As amostras extremamente molhadas podem causar bolor nas provas e até oxidar latas de metal, assim as latas devem ser entregues prontamente ao laboratório. Sacos plásticos as vezes são usados no interior das latas para impedir a oxidação destas, mas soa facilmente perfurados pelos restos do fogo.

(...)

Ao selar as latas do metal, um selo pobre é obtido se restos se acumulam na borda da lata. A borda deve ser limpa com o a chave de fenda antes de ser selada a tampa não deve ser pisada sobre o selo, porque uma tampa distorcida pode escapar.

Fica evidenciado que latas metálicas não são o recipiente mais adequado para acondicionamento de amostras de casos reais de incêndio, especialmente, se estas contiverem traços de agentes acelerantes.

Em locais de incêndio e após as avaliações iniciais do ambientes externo e interno, os Peritos elaboram o seu plano de investigação. Por meio de tal plano, é possível traçar as linhas gerais do trabalho, sabendo exatamente o que será inspecionado em cada seqüência e já sendo possível muitas vezes, estabelecer uma linha de raciocínio para o caso.

Logo, se a linha de raciocínio for para um incêndio de causa relacionada a Ação Humana Direta, ou seja, para o incêndio intencionalmente provocado, algumas precauções serão necessárias no intuito de não se perder nenhuma evidência.

Por experiência, sabemos que a esmagadora maioria dos casos de incêndios por Ação Humana Direta estão vinculados à presença de acelerantes. Para localizá-los, os peritos podem usar equipamentos detectores, percepção por padrões de queima por acelerantes e até o elemento canino. Fica aqui a ressalva, de que a localização do acelerante na cena do incêndio não é condição única para provar que o mesmo foi provocado de forma intencional, é necessário ainda vincular a substância ao fato em estudo e provar, com testes laboratoriais, de que determinada substância é ela mesma.

Os peritos evitam fazer uso das informações de testemunhas, pois as pessoas podem nos induzi-los a erro, seja de forma intencional ou não. Um dos poucos momentos em que uma testemunha terá atenção maior é quando for percebido que está procurando encobrir algo. Nesse caso então, é feita a investigação material, com especial atenção às informações da testemunha.

Perícia requer prova material. O testemunho de um perito de que sentiu odor de

gasolina no ambiente incendiado pode até influenciar na formação da convicção de um juiz, mas, por outro lado, é argumento contestável e facilmente derrubado. Se havia gasolina, há que se provar sua presença e relação direta com o início do incêndio.

Não raras são as situações, em que havia no ambiente diversos produtos ou substâncias que poderiam ter sido utilizados como acelerantes. O Perito precisará empregar todas as técnicas disponíveis para não gerar uma conclusão falsa. Precisarás ainda, conhecer as possibilidades de enganos, não poderá precipitar-se apenas em um indicio. Cada observação feita precisará ser considerada e todas serão correlacionadas entre si.

Como já foi dito acima, antes mesmo de efetuar a coleta, cabe ao Perito identificar o local e o material que irá coletar. Para tanto, passaremos a discorrer sobre as técnicas para uso em localização dos pontos de coleta de amostras.

Na década de oitenta, Phillipps e Macffaden (1984, p.65) nos ensinavam que:

Uma forma simples, porém eficaz de detectar os resíduos é a seguinte: colocar parte dos restos da zona de origem em um recipiente com água clara. Se o líquido inflamável ou combustível estiver contido nos restos de material, se formará uma película na superfície da água.

Para os dias atuais, tal técnica está em desuso, pois a formação da película sobre a superfície da água só ocorre quando restam consideráveis quantidades do agente acelerante. No presente trabalho, abordaremos acerca das técnicas que identificam agentes acelerantes mesmo quando estão presentes apenas traços restantes do que foi empregado no incêndio.

Das técnicas mais atuais de localização dos pontos de coleta, a primeira que podemos indicar é o uso de detectores eletrônicos. Comercialmente existem modelos diversos dos mais variados fabricantes.

Os detectores eletrônicos são bons equipamentos, desde que tenhamos razoável quantidade de acelerantes presentes no ambiente, bem como o sensor adequado para cada tipo de acelerante. Conforme se observa, temos aqui duas desvantagens para o uso dos detectores eletrônicos. Primeiro porque na maior parte dos casos reais de incêndio com o uso de acelerantes, o que restam são apenas traços dos acelerantes, em nível que torna a detecção eletrônica inviável no local. Em segundo lugar, precisamos ter uma gama variada de sensores, cada qual adequado a um tipo de acelerante.

Como vantagem, é possível indicar a possibilidade oferecida por alguns modelos de detectores, de imprimir um relatório de detecção no mesmo momento da coleta. Tal instrumento pode ser usado como prova material da presença de acelerante naquele ambiente.

O uso de detectores também facilita o trabalho dos peritos, na medida em que restringe a área de busca, especialmente nos incêndios de média e grandes proporções. A varredura com o equipamento por toda a área incendiada dará indicações dos locais onde a atenção deverá ser concentrada.

Os peritos nunca se valerão apenas da indicação do detector. Esta será apenas uma das peças do verdadeiro quebra-cabeças que se constitui o estudo dos casos reais de incêndio. O detector poderá indicar o local onde há acelerantes, daí em diante, cumpre ao perito colher outras provas e saber exatamente onde coletará as amostras. Além disso, há necessidade de relacionar tudo isso aos padrões de queima no ambiente.

A utilização de cães na investigação de casos reais de incêndio ainda tem sido pouco explorada no Brasil. Já foram produzidos alguns trabalhos científicos sobre o assunto, mas ainda não se tem notícia do emprego prático dos caninos em ocorrências de tal natureza.

O que se sabe, todavia, é que um cão adequadamente adestrado agiliza sobremaneira as buscas por acelerantes. Seu olfato aguçado, aliado ao adestramento correspondente, fazem do cão um poderoso instrumento para o trabalho em casos reais de incêndios.

Uma desvantagem do uso do cão é que para que se tenha uma resposta confiável, o ideal é se adestrar um cão para cada tipo de acelerante. A mudança de odor entre os variados tipos de acelerantes, mesmo aqueles de mesma família, pode inviabilizar ao cão a identificação, ainda que muitos cães consigam distinguir os odores adequadamente. Como é do conhecimento comum e para citar como exemplo, só na família dos hidrocarbonetos podem ser listados a gasolina, o diesel e o querosene como os acelerantes mais comuns e cada um deles têm seu odor característico.

Na inexistência de detectores eletrônicos ou de cães para uso nas investigações de casos reais de incêndio, os peritos se valerão dos conhecimentos dos padrões de queima. Tais padrões são conhecidos para a queima de um determinado material em sua condição normal e para a queima na presença de acelerantes. A observação é feita inicialmente no ambiente como um todo, também para observar seu padrão geral, se foi de uma queima convencional ou de uma queima acelerada.

O ambiente com queima em padrão convencional mantém características básicas da propagação. É fácil observar o caminho da combustão, que será sempre o caminho lógico partindo do foco inicial para as demais áreas. Sempre haverá conexão entre um ponto final de propagação e o início de outro, além de cumprir todas as regras da física para a evolução dos gases da combustão.

A chamada marcha da combustão é o que os peritos denominam como o caminho percorrido pelo fogo durante um incêndio. Em um incêndio convencional a propagação ocorre de um material a outro conforme é atingida a temperatura de ignição correspondente. A posição de cada material no ambiente também determinará o caminho a ser seguido pelo fogo e ao final, o que o Perito procura é por uma indicação lógica e normal dos locais por onde o fogo passou.

Em um incêndio com o emprego de acelerantes, o padrão de queima foge ao convencional e assume outras características. É fácil observar que o ambiente apresenta queimas profundas e sem correlação, que podem atingir vários pontos. A queima em uma parede de madeira, por exemplo, pode apresentar maior profundidade na sua extensão horizontal do que na vertical, o que seria mais convencional. Essa profundidade em extensão horizontal deve ser avaliada como possibilidade de presença de acelerantes, pois há que se considerar que em condições convencionais o fogo se propaga de forma ascendente vertical e não horizontal, principalmente nos níveis mais baixos. Além disso, a concentração de temperatura é maior nas partes mais altas em um incêndio convencional. Tal padrão pode mudar em um incêndio com a presença de acelerantes e estes, depositados nas partes mais baixas, aceleram a combustão nesses pontos.

Para a localização dos padrões de queima e da marcha ou caminho da combustão, os Peritos necessitam realizar o que chamam de escavação do local e a reconstituição simulada do ambiente.

Os peritos de incêndio do CBMSC, em sua apostila sobre Introdução a Metodologia da Investigação de Incêndios assinalam que:

A escavação dos escombros em busca dos materiais queimados que supostamente servirão de prova, deve ser feita com atenção especial no sentido de preservar as suas formas originais. Durante a atividade de remoção dos escombros é necessário atentar para a preservação dos materiais queimados, no local original, por que, através da análise do posicionamento, seja possível determinar o sentido da propagação. (BILUK et al., 2004, p. 184).

Sobre a reconstituição, os peritos são do entendimento que: “A reconstituição deve ser realizada sob o consenso de todos, na presença da testemunha e deve ser feita na ordem da escavação do material, após se obter a certeza da posição original dos objetos” (BILUK et al., 2004, P. 185).

A reconstituição do ambiente é classificada como simulada, pelo fato que os danos causados pelo incêndio não poderão ser reconstruídos, ao contrário, precisam ser

preservados para indicar como ocorreu o fenômeno.

Após o minucioso estudo do ambiente, os Peritos determinarão a zona de origem do incêndio e seu foco inicial. A zona de origem é uma área determinada no ambiente incendiado, na qual o incêndio teve seu início. O foco inicial, por sua vez, é o ponto exato onde o fogo começou. Como exemplo, podemos citar que em uma edificação residencial, um incêndio que tenha se iniciado por meio de uma vela acesa que caiu sobre a toalha da mesa da cozinha, teremos como foco inicial a mesa da cozinha e como zona de origem, a cozinha.

Após estabelecer a zona de origem, os Peritos concentrarão maior atenção nessa área e passarão a observar cada detalhe de cada objeto e materiais.

Biluk et al. (2004, p.185) assinalam que:

Uma evidência física de causa de incêndio é um item físico ou tangível que tem por finalidade provar ou refutar um fato particular. As evidências físicas são relevantes no que tange às questões de origem, das causas e da responsabilidade pelo incêndio.

Normalmente, os aceleradores são encontrados na área de origem do fogo, nos acessos por onde um incendiário poderia mover-se livremente enquanto espalha o acelerador. Tal conhecimento é muito útil quando se tenta localizar áreas onde os aceleradores podem estar presentes, para que se possa visualizar a cena de incêndio, antes do fogo, e para predizer os movimentos e ações que o incendiário teria enquanto distribuía o acelerador.

A experiência nos tem demonstrado também, que a existência de mais de um foco inicial pode estar relacionada à aplicação de agentes acelerantes. Tal situação é percebida quando não há correlação de fenômenos de propagação entre os diversos pontos incendiados. São localizados vários pontos de início do fogo, mas não há correlação entre eles e esta situação os Peritos chamam de focos múltiplos e distintos.

O trabalho de um laboratório criminal está diretamente relacionado com a qualidade das amostras enviadas para análise e, por isso, o maior objetivo na determinação de causas criminais de um incêndio é a eficiência na localização e a amostragem dos resíduos para subsequente análise de agentes aceleradores. Para atingir este objetivo o investigador precisa empregar técnicas de amostragem apropriada e ter o conhecimento básico das propriedades químicas e físicas de alguns dos aceleradores comuns e seu comportamento durante e após o incêndio.

Quando se coleta uma evidência física para testes no laboratório, faz-se necessário coletar também uma amostra comparativa. Isto é especialmente importante quando se acredita



conter no material coletado algum agente acelerante de incêndio.

Como exemplo, citamos a coleta de um pedaço de carpete queimado, no qual possa haver algum agente acelerante. Nesse caso, há necessidade de que seja coletado mais um pedaço do mesmo material que não contenha nenhum acelerante. As amostras seguirão para que se avalie a contribuição dos produtos voláteis da pirólise nas análises e também as propriedades de inflamabilidade do próprio material.

Na foto abaixo, inserimos um exemplo de queima em madeira, com parte dela na presença de acelerantes. Na foto, a parte queimada representa exatamente os pontos em que o acelerante foi derramado. Nessas situações, se efetua a coleta de amostras na parte queimada, onde se tem suspeita da presença de acelerantes e da parte não queimada, supostamente livre de acelerantes.

Na figura 7, a indicação da coleta 1, indica local com queima cujo padrão remete a possibilidade da presença de acelerante. A indicação de coleta 2, indica local onde não houve queima e essa amostra será especialmente utilizada para avaliar os componentes daquele tipo de madeira.

É necessário ainda que se tome a devida cautela de identificar a amostra de forma adequada. Portanto, a amostra sobre a qual se suspeita da presença de agente acelerante de incêndio, deve vir acompanhada de uma observação em sua etiqueta, alertando tal condição.

Ao receber tais amostras, a equipe do laboratório já receberá a amostras com as orientações. Podem também ser informadas as suspeitas da equipe de investigação, como por exemplo: na amostra 1 suspeita-se da presença de agente acelerante – gasolina, pois haviam odores característicos no local da coleta.

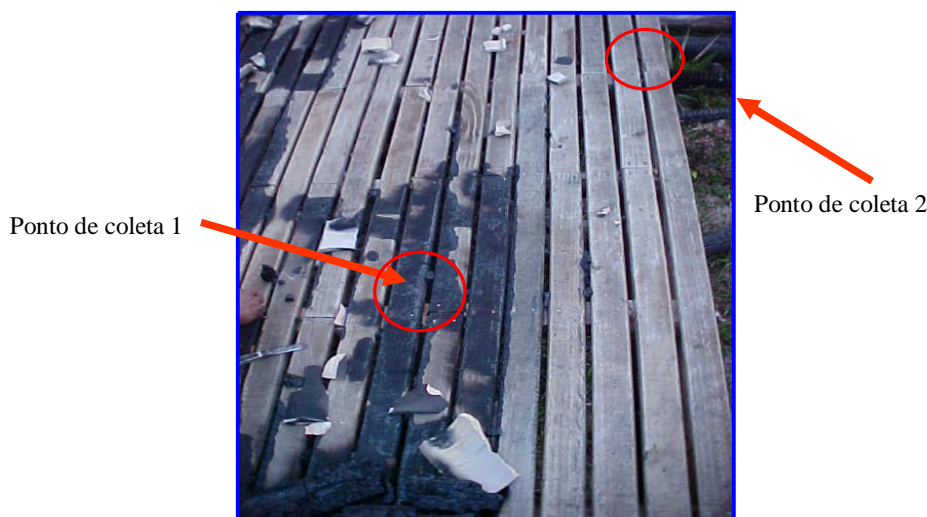


Figura 7 – Foto de padrão de queima em madeira com presença de acelerantes  
Fonte: foto do próprio autor.

No laboratório, serão verificadas as duas amostras e aquela em que se supõe não haver agente acelerante, será utilizada como guia para definir somente os compostos da madeira e/ou algum tratamento que por ventura a mesma possua (solvente, verniz, etc.). No resultado dos exames, havendo agentes acelerantes, eles se destacarão em relação aos demais componentes comuns as duas amostras.

Na cena do incêndio, vários indicadores são utilizados para que o Perito avalie os materiais com base em padrões de queima. Estes podem ser evidências concretas de um fogo intenso e repentino em seus estágios iniciais ou a presença de queima localizada.

Após a identificação da área onde há evidências da presença de um acelerador, requer-se uma amostra do resíduo de incêndio que tenha a maior probabilidade de tê-lo retido em seu interior, preenchendo poros. Por conseguinte, os melhores materiais para amostragem são os materiais úmidos e porosos como: areia, papel, papelão, carpete, roupas, madeira e, em menor extensão, o concreto. Materiais como borracha e plásticos geralmente não são bons para amostragem, porque a sua combustão contribui para a degradação do acelerador e ainda por possuírem composição química que se assemelha a alguns acelerantes, o que pode gerar um resultado falso positivo.

Nos ensinamentos de Phillipps e McFadden (1984, p.62), os padrões de queima por agentes acelerantes apresentam características que os distinguem, como por exemplo a combustão de líquidos inflamáveis e combustíveis deixa marcas uniformes em todas as paredes em que estiver presente; do contrário, a combustão de um móvel de madeira deixa marcas mais severas em uma parede do que nas demais, ou seja, a marca mais severa se refere à parede onde se encontra o móvel. Não se define um foco inicial, mas uma área inicial, pois o combustível se derrama por uma extensa superfície. A queima sobre pisos de cerâmica, madeira ou mesmo concreto, deixará marcas irregulares e arredondadas no piso; os líquidos inflamáveis queimam em superfície, logo, conforme vão sendo consumidos ficam as marcas no solo até que no final, tendo sido absorvidas pelo material, poderão queimá-lo em profundidade. A queima com uso de agentes acelerantes pode propagar-se em sentido descendente (escadas, frestas de piso de madeira, etc.). Líquidos combustíveis ou inflamáveis deixam sinais singulares em combustíveis ordinários, o líquido é absorvido pelo material e provoca uma combustão profunda. É possível observar o processo inverso, quando o líquido não é absorvido pelo material e queima somente em superfície, de certa forma até protegendo o material abaixo, dependendo do nível da queima. Já foram encontradas tais situações inclusive em tecidos mais grossos. No momento em que houve o incêndio, este foi percebido em suas

fases iniciais, o que permitiu aos bombeiros visualizarem cobertores com manchas de queima do acelerante, mas sem queimar o tecido.

No entendimento de Phillipps e McFadden (1984, p.193):

Uma lenta acumulação de calor produz na madeira uma configuração de pequenas superfícies quadradas ou retangulares e ranhuras superficiais. A rápida combustão e calor intenso produz superfícies em formato elíptico ou redondas maiores e ranhuras mais profundas.

Na madeira, ocorre a presença de configuração estriada irregular (pequenas superfícies com ranhuras superficiais e superfícies maiores com ranhuras profundas), sendo também este um indicativo de presença de agentes acelerantes. Onde o acelerante está presente, a configuração é típica de combustão rápida; nas áreas não alcançadas pelo acelerante, os sinais são típicos de combustão lenta. (PHILLIPPS e MCFADDEN, 1984, p.193).

Destarte, conforme se observa, há uma variedade de técnicas que devem ser do conhecimento dos peritos, para que bem desenvolvam seu trabalho, mas consideramos que o ideal é que haja possibilidade de emprego do conjunto das técnicas até então descritas, de modo que se complementem. O emprego de cães, como já foi dito, requer melhores estudos, principalmente da viabilidade de aplicação, assunto que sugerimos para outros estudos científicos.

Como ressalva, impende informar que as técnicas aqui descritas foram estudadas e são aplicáveis para os incêndios em edificações. Para os incêndios em veículos e para os incêndios florestais, faz-se necessário avaliar suas características específicas.

## **6 AVALIAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS**

### **6.1 COMPARAÇÃO: TÉCNICA DE *HEADSPACE* ESTÁTICO E SPME**

No ano de 2004, após a decisão de estudar a aplicação da técnica de SPME em perícias de incêndio, foram iniciadas no CBMSC quatro pesquisas científicas sobre o assunto. Nesse capítulo vamos discorrer sobre elas, procurando demonstrar seus resultados práticos, comparando-os com outras técnicas convencionais até então utilizadas.

Das quatro pesquisas, três resultaram em trabalhos de conclusão de cursos de graduação em Química e um deles em tese de Doutorado. Os trabalhos são:

- a) Detecção de agentes acelerantes de incêndios usando a cromatografia gasosa e microextração em fase sólida, de autoria de Denise Santana Pacheco;
- b) Estudo comparativo das técnicas de *headspace* estático e micro-extração em fase sólida na análise de resíduos de incêndio, de autoria de Lia Mara Loli;
- c) Influência da amostragem e do tempo de armazenamento de resíduos de incêndios sobre a detecção de agentes acelerantes usando SPME-GC-MS, de autoria de Maria Eulália Fernandes;
- d) Confecção de Fibras de Micro Extração em Fase Sólida (SPME) e Aplicação na Determinação de Produtos da Degradação Térmica do Poli(propileno), de autoria de Janaina Bortoluzzi.

O trabalho de Bortoluzzi serviu como instrumento de aplicação aos outros três trabalhos citados. Estes serão por nós estudados, por apresentarem uma aplicação direta na atividade de perícia de incêndios no CBMSC.

No trabalho de Pacheco (2004), a autora realizou experimentos para estudar três agentes acelerantes mais comuns: diesel, gasolina (postos Texaco) e querosene (Q'Lar – Parizotto LTDA). Foram preparadas cinco amostras, sendo quatro em laboratório e uma recolhida em local de incêndio real.

A preparação das amostras no laboratório foi feita pesando-se com balança eletrônica (Gehaka-BG 2000), 2,5 g de madeira e derramando-se sobre a mesma 2,0 ml de combustível. O material foi queimado por aproximadamente 3 minutos e feita a extinção do fogo com 10 ml de água. Este procedimento foi realizado para a queima da madeira com diesel, gasolina e querosene. Fez-se também a queima da madeira sem combustível, para poder diferenciar, na análise cromatográfica, quais são os compostos provenientes da pirólise da madeira e quais são dos combustíveis estudados. (PACHECO, 2004, p.10).

Após a etapa descrita acima, cada material queimado foi acondicionado em frascos de vidro de 20 ml e estes foram devidamente fechados com tampa de borracha e lacre de alumínio para posterior extração do material por *headspace* através de uma fibra de SPME.

Como resultado dos experimentos, temos os perfis cromatográficos da gasolina, do diesel e do querosene, quando queimados em madeira.

O cromatograma abaixo indica a presença de traços de gasolina. A gasolina, conforme nos ensinam Stauffer e Lentini (2003, apud PACHECO, 2004, p. 19) é classificada como um combustível de composição média, onde a quantidade de carbonos varia de 4 a 12. Os aromáticos se encontram em maior quantidade e os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno

e xilenos).

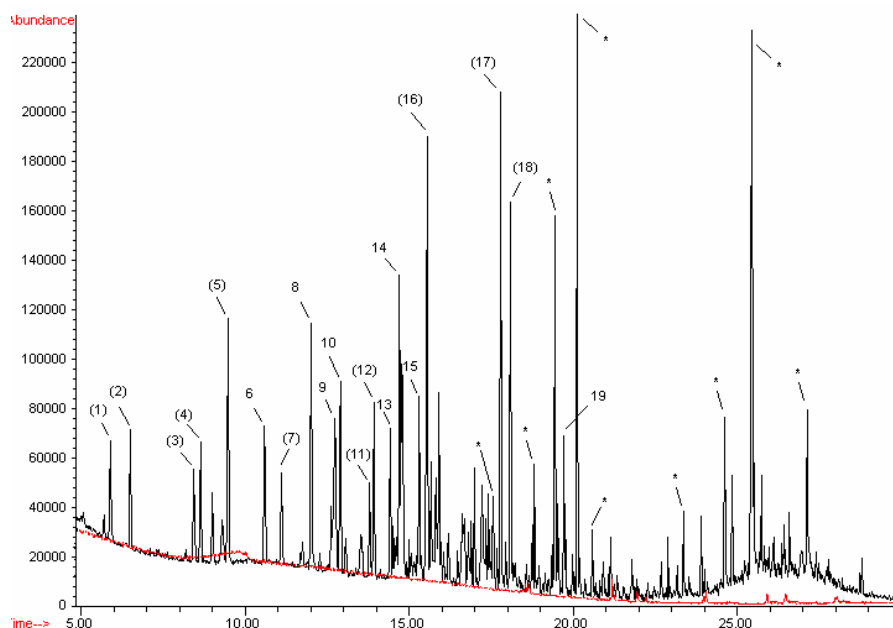


Figura 8 - Cromatograma da madeira queimada com gasolina  
Fonte: Pacheco (2004, p. 19).

A linha vermelha que aparece no cromatograma indica como seria a leitura caso houvesse sido empregada a técnica de *headspace* estático, ou seja, conforme se observa, ficaria praticamente inviável a identificação do agente acelerante. As informações na cor preta são resultado da análise por SPME.

O diesel é um combustível derivado do petróleo, que está classificado como um produto de composição pesada, ou seja, possui uma quantidade de átomos de carbono que varia de 10 a 25, conforme nos ensinam Stauffer e Lentini (2003, apud PACHECO, 2004, p. 16). E para o diesel temos ainda:

Na composição do diesel, os hidrocarbonetos são os mais abundantes, além deles, também são comuns os cicloalcanos e os aromáticos, porém em menor quantidade, entre eles estão: n- tetradecano; n-pentadecano; n-hexadecano; n-heptadecano; pristano, n-octadecano; fitano; n-nonadecano; n-eicosano; n-heneicosano; n-docosano e n-tricosano. (ALMIRALL e FURTON, 2003, apud PACHECO, 2004, P.16)

Através do prévio conhecimento da composição química do óleo diesel, conforme a descrição da literatura, já é possível ter uma boa aproximação do tipo de substância a ser identificada ao se observar seu cromatograma. A madeira queimada com diesel está representada no cromatograma a seguir.

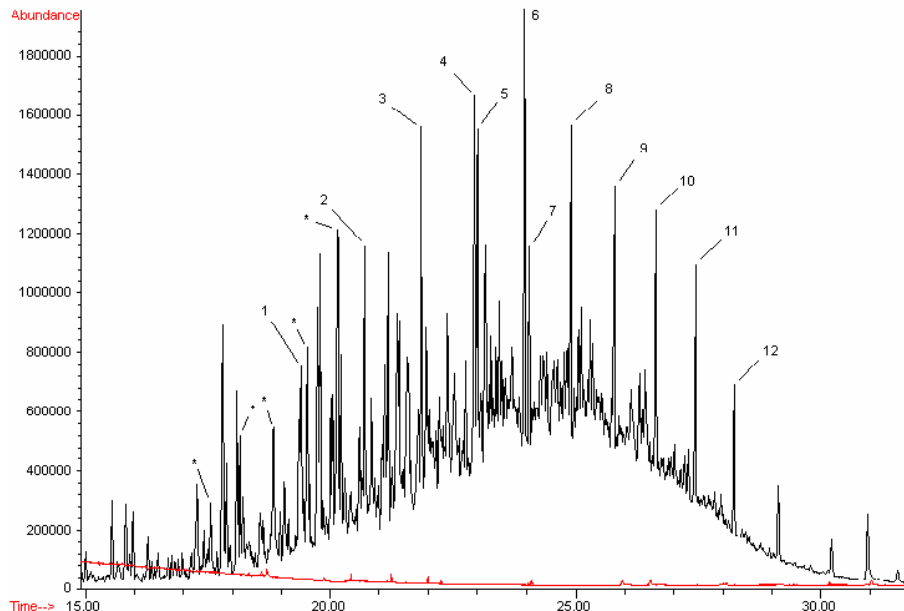


Figura 9 - Cromatograma da madeira queimada com óleo diesel  
 Fonte: Pacheco (2004, p. 17).

No cromatograma acima temos também representado em cor vermelha, como seria a leitura caso fosse utilizada a técnica de *headspace* estático. Uma vez mais, se observa a vantajosa eficiência da técnica de SPME.

O querosene é também classificado como um produto derivado do petróleo e de composição pesada, assim como o diesel. Stauffer e Lentini (2003, apud PACHECO, 2004, p. 21) nos ensinam que a quantidade de carbono varia de nove a vinte.

Na figura a seguir temos um cromatograma de madeira queimada com querosene. A linha vermelha representa como ficaria o cromatograma, caso a amostra fosse analisada pela técnica de *headspace* estático. Pelas simples observação visual, é simples constatar que não haveria possibilidade de identificar o agente acelerante pela técnica de *headspace* estático.

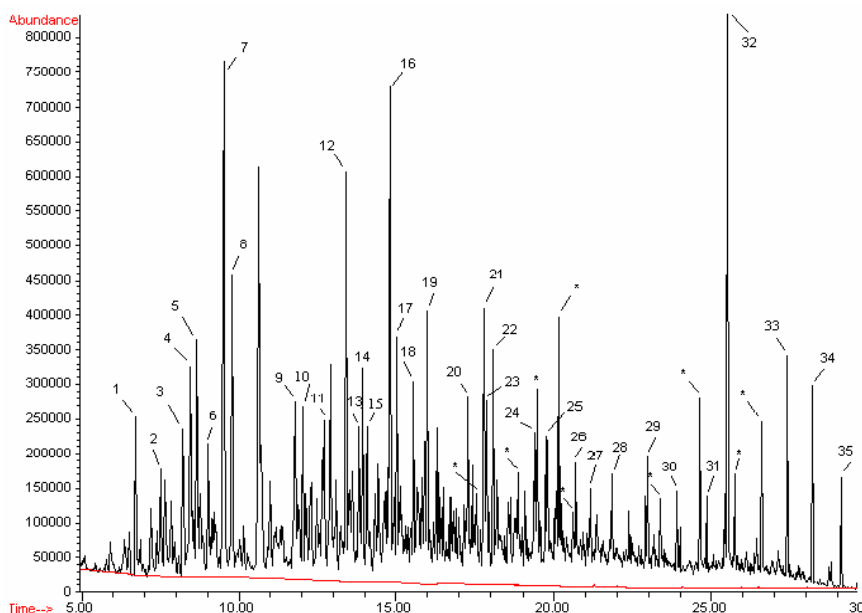


Figura 10 - Cromatograma da madeira queimada com querosene  
Fonte: Pacheco (2004, p. 21).

O que se observa no cromatograma acima é um grande número de picos (35) e cada qual corresponde a um determinado composto. O programa Chemstation B-01-00, instalado no computador do cromatografo, sugere ao analista as possibilidades mais próximas para cada pico, facilitando de início o trabalho.

Ocorre, no entanto, que em muitos casos há uma considerável semelhança entre substâncias, o que pode gerar uma falsa interpretação. Sobre isso, discorre Pacheco (2004, p. 23):

Os compostos obtidos pela análise da madeira queimada com querosene indicam uma semelhança bastante grande com a análise da madeira queimada com diesel. No entanto, observa-se que os perfis cromatográficos são bem distintos, tornando necessária uma análise bem detalhada do cromatograma e do espectro de massas, para que se possa distinguir, num caso real de incêndio, qual tipo de combustível foi utilizado.

Considerando que tanto o diesel quanto o querosene são produtos comumente utilizados como agentes acelerantes, reside aqui um dos motivos pelos quais há a necessidade de um profissional da área de química, para realizar a interpretação e assinatura dos cromatogramas. Ainda que ao Perito importe muito mais saber se havia agente acelerante presente no incêndio e nem tanto diferenciá-lo como diesel ou querosene, caso o cromatograma não seja assinado por profissional habilitado na área da química, poderá haver

fácil contestação na Justiça.

Pacheco (2004, p. 23) nos ensina ainda, que a diferenciação entre os combustíveis é feita por meio da exclusão dos compostos com tempo de retenção em comum entre os três combustíveis analisados e caracterizá-los então pelas diferenças.

Como último experimento, Pacheco (2004, p. 25) realizou uma análise em amostra real de incêndio, coletada em ocorrência na cidade de Sombrio – SC. Após a análise, a autora identificou somente um pico dentro dos tempos de retenção sugeridos para o óleo diesel, o que inviabiliza a identificação da substância. A autora conclui que isso ocorreu face ao grande lapso de tempo entre a coleta da amostra e a análise, já que haviam decorridos aproximadamente dois meses e acredita ainda na interferência em função da aplicação de água no combate ao incêndio. Em nosso entendimento, esses dois tópicos precisam ser melhor estudados para a formação do conhecimento científico.

No trabalho de Loli (2004), a autora procurou identificar em uma análise comparativa, qual a melhor técnica para detecção de agentes acelerantes e utilizou-se de experimentos em laboratório para concluir a pesquisa.

Loli realizou seus experimentos com uma amostra colhida em local de incêndio real, ocorrido na cidade de Sombrio, onde se registrou uma explosão seguida de incêndio. A amostra foi coletada pelo autor do presente trabalho, após análise dos padrões de queima no local do sinistro. Remanescentes do incêndio, entre eles pedaços de carpete e de papel com odor característico de gasolina foram localizados em vários pontos da edificação. A amostra estudada no trabalho de Loli foi coletada ao lado do fogão da cozinha e condicionada numa ampola de vidro de 20 ml devidamente lacrada.

Os primeiros experimentos do trabalho de Loli buscaram identificar a fibra de melhor eficiência para aplicação em gasolina e teve como resultado a fibra PDMS como sendo a melhor, assunto já abordado no presente trabalho.

Em seguida, a autora realizou experimentos práticos com uma amostra coletada em incêndio real. Foi efetuada uma análise logo após a coleta, utilizando a técnica de *headspace* estático aplicado a CG a qual resultou no cromatograma como o que demonstramos a seguir:



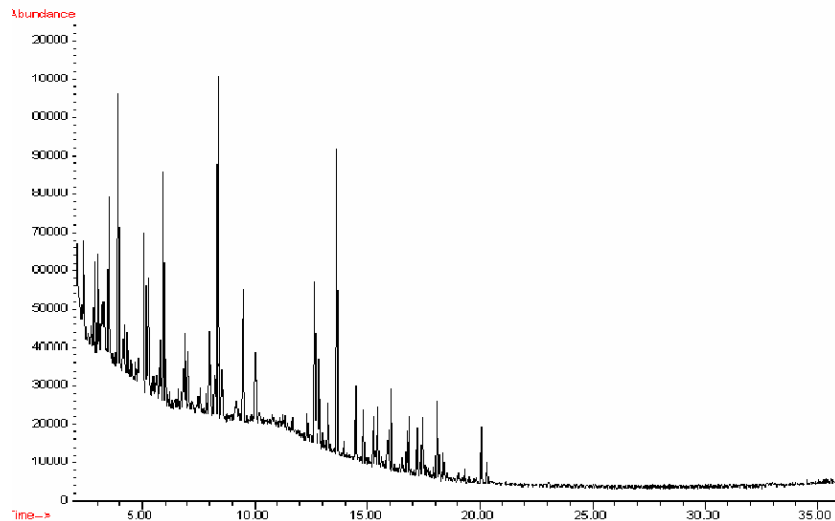


Figura 11 – Cromatograma obtido pela análise por *headspace* estático convencional logo após a coleta no incêndio  
Fonte: Loli (2004, p. 18).

Passados três meses da primeira análise, a autora repetiu o experimento com a mesma amostra e também utilizando a técnica de *headspace* estático. O resultado já foi bem menos eficiente e tornou impossível a identificação da substância. Observando o perfil do cromatograma abaixo é possível verificar o que acabamos de afirmar.

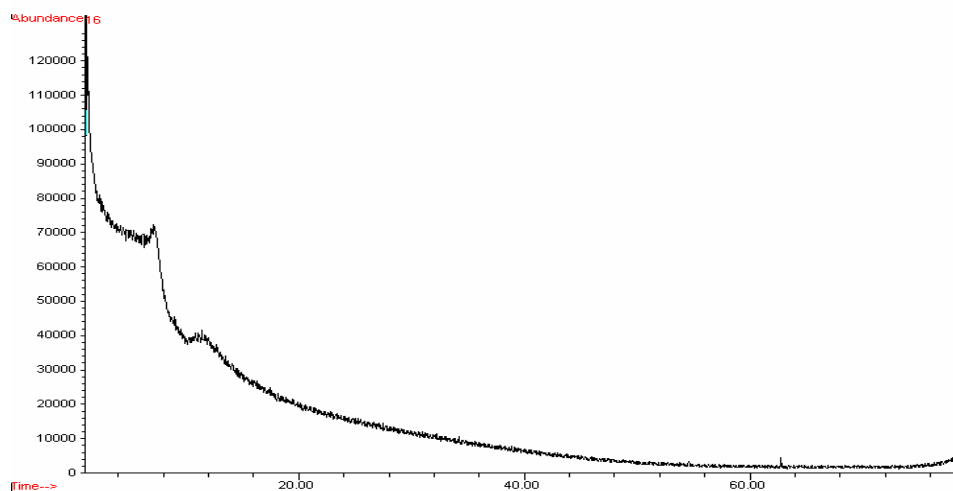


Figura 12 – Cromatograma obtido pela análise por *headspace* estático convencional, três meses após a coleta no incêndio  
Fonte: Loli (2004, p. 18).

Em seguida, a autora repetiu o experimento com a mesma amostra, mas agora fazendo uso da técnica de SPME. O resultado foi fantástico, mesmo tendo passado três meses da coleta da amostra, o perfil cromatográfico permaneceu compatível para identificação.

É possível observar na figura 12, os vários picos a serem estudados para a identificação do agente acelerante presente. A amostra aqui utilizada foi exatamente a mesma que resultou no cromatograma da figura 11.

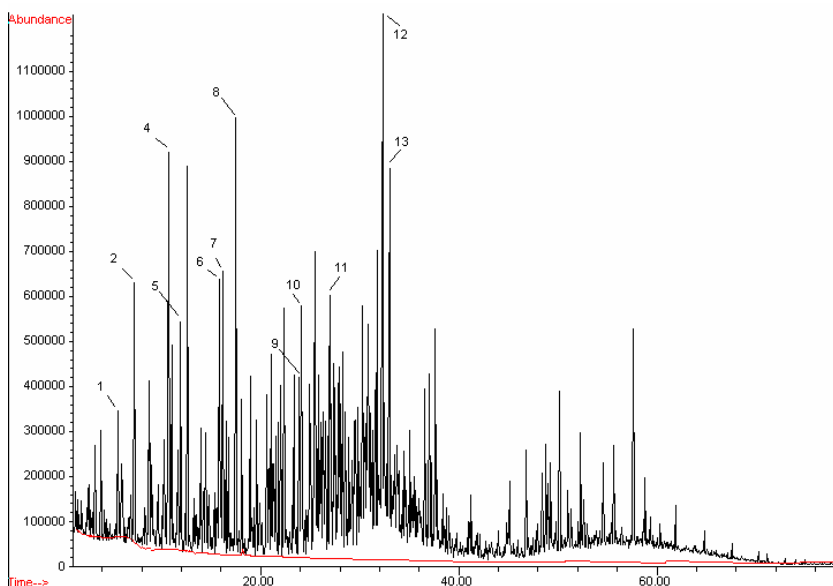


Figura 13 – Cromatograma obtido pela análise por SPME, três meses após a coleta no incêndio  
Fonte: Loli (2004, p. 19).

Concluimos aqui, a alta eficiência demonstrada pela técnica de SPME quando comparada a de *headspace* estático. Uma amostra analisada pela técnica de SPME obteve melhor resultado do que outra analisada três meses antes com a técnica de *headspace* estático.

O trabalho de Fernandes (2004), estudou a possibilidade de identificação dos componentes de uma amostra de remanescente de incêndio, depois de decorrido certo período de tempo após a coleta.

Para os experimentos práticos, Fernandes utilizou madeira queimada com três agentes acelerantes: gasolina, querosene e diesel. Para cada tipo de agente acelerante a ser queimado com madeira, a autora preparou treze amostras e avaliou os resultados.

Na seqüência de fotos abaixo, é possível entender como ocorreu a preparação das amostras:

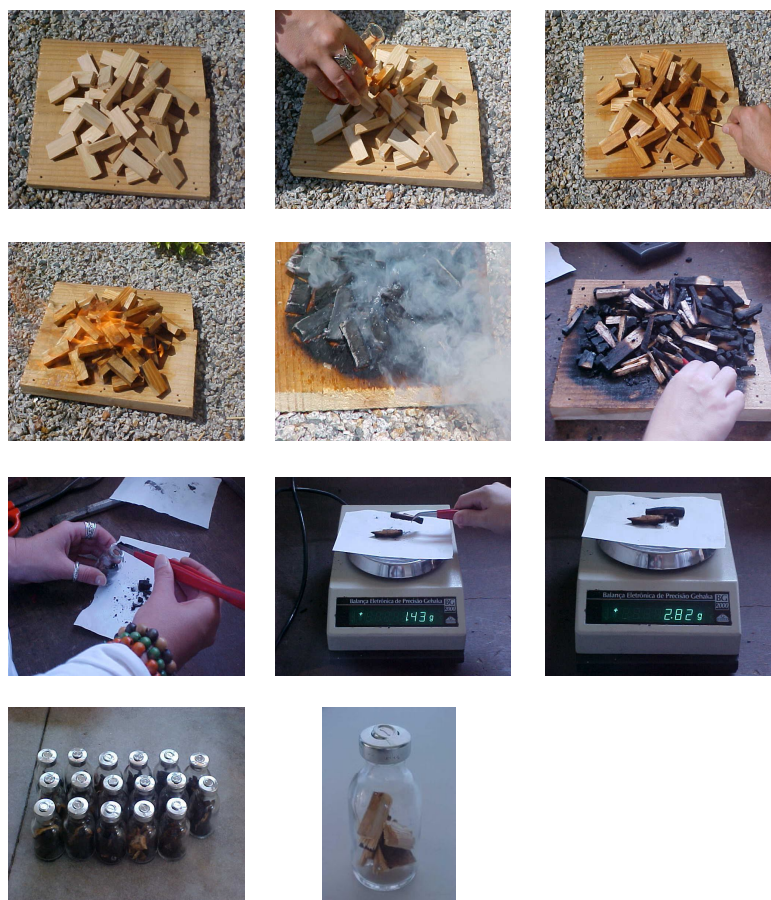


Figura 14 – Representação dos passos realizados na preparação das amostras  
 Fonte: Fernandes (2004, p. 10).

Cerca de 13 amostras de cada acelerante foram estocadas logo após a combustão em frascos de vidro de 20 ml, fechados com tampa de borracha e lacre de alumínio. Tais amostras passaram a ser analisadas em dias pré-determinados, para que fosse verificado o tempo de estocagem. A parte restante das amostras permaneceu no local da queima para que fossem submetidas às intempéries e assim também, em cada dia pré-determinado foram coletadas e armazenadas em frascos de vidro devidamente lacrados para posterior análise. Para estas amostras foi verificado o tempo de coleta.

Com isso, a autora procurou simular a variação que ocorre com amostras que são coletadas no mesmo dia da ocorrência, comparando os resultados com amostras que permanecem no local do incêndio, são submetidas as condições climáticas e só depois então são coletadas.

Como conclusão, Fernandes (2004, p. 30) confirma que:

A técnica de HS-SPME-GC-MS mostrou-se adequada para estudos de remanescentes de incêndios. Através desta, foi possível monitorar compostos contidos em materiais que haviam sofrido queima, neste caso, madeira queimada com combustível.

A SPME mostrou-se bastante sensível, o que proporcionou após 40 dias de análise, a detecção de traços dos três agentes acelerantes nas amostras, mesmo uma parte delas, sendo submetidas a intempéries. Este estudo demonstrou a possibilidade de coleta da amostra de incêndio muito tempo após o mesmo ter ocorrido para fins de identificação do material acelerante utilizado. Entretanto, a localização da coleta nos escombros de incêndio mostrou-se fundamental para posterior análise.

Desse modo, fica evidenciada a importância do uso da técnica de SPME no CBMSC. Considerando que o tempo resposta para coleta de amostras é bastante variável e ainda que os estudos demonstraram que mesmo após 40 dias expostas, foi possível identificar as amostras, mesmo com certa dificuldade, o que se percebe é que, com o emprego da técnica, teremos uma margem de segurança bastante razoável, no que tange a tempo de coleta.

Entretanto, permanece não menos importante, o conhecimento das equipes de perícia para que saibam onde e como efetuar a coleta, pois tal procedimento poderá influenciar no resultado das análises.

São estudos e pesquisas práticas, tendo como base os casos reais de incêndio e que estão gerando conhecimento para o bom andamento dos serviços prestados pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

## 7 CONCLUSÃO

Os elevados custos econômicos, sociais e os riscos potenciais aos habitantes das edificações, bem como aos bombeiros combatentes de incêndio, já seriam motivo suficiente para estudarmos os casos reais de incêndio. Além disso, vimos no presente trabalho, a importância de tais estudos, no sentido de permitir uma retroalimentação do sistema de bombeiro, por meio da aplicação do ciclo operacional.

A Corporação será a beneficiada direta a partir do momento que criar condições para o fechamento do ciclo operacional. Os reflexos também serão sentidos no público e nas entidades externas, com a possibilidade de atualização de normas de segurança contra incêndios, a possibilidade de auxiliar a Justiça, ou mesmo a redução de fraudes contra as empresas de seguro.

Mais do que o cumprimento de norma legal, ao realizar efetivamente as perícias de incêndio, o CBMSC estará cumprindo mais uma vez com sua responsabilidade social.

Ficou evidenciado com essa pesquisa, que o Laboratório de Perícia e Pesquisa carece de investimentos, tanto em recursos humanos quanto materiais. A necessidade de reposição do quadro de pessoal é urgente, incluindo-se a contratação de pessoal com qualificação para assinatura dos exames realizados, notadamente da área da química.

A interpretação dos cromatogramas e a conseqüente determinação do agente acelerante, precisa ser, necessariamente, realizada por profissional com formação em Química, tanto pela questão dos imperiosos conhecimentos específicos quanto pela possibilidade de contestação do laudo caso assim não se proceda.

Acreditamos ter respondido ao problema da pesquisa, já que analisamos todas as técnicas que, agregadas à cromatografia gasosa, possuem aplicabilidade no CBMSC. Identificamos, ainda, a técnica de SPME, como a de melhor rendimento na identificação de agentes acelerantes, seja com a coleta da amostra imediatamente após o incêndio ou mesmo 40 dias após. É possível concluir, que o emprego da técnica de SPME aplicada à cromatografia gasosa, aumentará a credibilidade dos resultados das análises cromatográficas e também possibilitará coletas de amostras tardias com a mesma eficiência na identificação do agente.

Diante da confirmação das hipóteses suscitadas, entendemos ser necessário o desenvolvimento de um documento que estabeleça a técnica de SPME como padrão no

CBMSC e que, oriente os bombeiros investigadores de incêndios, sejam eles peritos ou inspetores de sinistro, sobre os aspectos inerentes a uma adequada coleta de amostras. Nossa pesquisa demonstrou que as técnicas de coleta de amostra precisam ser seguidas com o rigor determinado no padrão, para facilitarem o emprego adequado da cromatografia gasosa como técnica para identificação de agentes acelerantes.

Notadamente, a pesquisa carece de estudos complementares. O uso de cães na perícia de incêndio poderá ser valioso instrumento de auxílio aos bombeiros investigadores, como o é hoje para os bombeiros de resgate.

O advento das tecnologias atinentes aos bio-combustíveis também exigirá de nossas equipes o adequado aperfeiçoamento da aplicabilidade das técnicas, considerando a possibilidade de tais combustíveis serem empregados como agentes acelerantes de incêndios.

O álcool, por apresentar características químicas particularmente diferenciadas dos demais agentes acelerantes de incêndio, conjugada com sua solubilidade em água, também requer estudos específicos.

Os gases mais comuns, no caso aqui citamos o gás liquefeito de petróleo (GLP) e ainda a recém chegada tecnologia de emprego do gás natural (GN), tanto para edificações quanto para os veículos, merecem também estudos particulares para sua detecção e identificação, por serem combustíveis, inflamáveis e apresentam facilidade de obtenção.

Novos desafios estão por vir. Se os incendiários acompanharem a evolução da tecnologia, o que nos parece mais provável, os investigadores de incêndios, por dever de ofício, também deverão fazê-lo.

## 12 REFERÊNCIAS

ALMAIRALL, J.R.; KENNETH G.F.. Characterization of background and pyrolysis products that may interfere with the forensic analysis of fire debris. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**. 2004.

ARTHUR, C.L., PAWLISZYN, J.. **Analytical Chemistry**: Solid Phase Microextraction with Thermal-Desorption Using Fused-Silica Optical Fibers. 1990.

BERTSCH, W. **Analytical Chemistry**: Chemical Analysis of Fire Debris. Disponível em <http://www.iaai-wa.org/ChemAnalFire.htm>. Acesso em 27 set 2007.

BORTOLUZZI, J. H. **Confecção de Fibras de Microextração em Fase Sólida (SPME) e Aplicação na Determinação de Produtos da Degradação Térmica do Poli(propileno)**. 2003. 130f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CAFE, Anthony D.. **Analysis of Accelerants in Fire Debris by Capillary Gas Liquid Chromatography**. Department of Material Science University, Sydney. 1988. 133 p

Certa Corretora de Seguros. **Dicionário Simplificado de seguros**. Disponível em: <http://www.certaseguros.com.br/dicionario/rstv/v.htm>. Acesso em 23 set 2007.

CORDIOLI, Celito. **A Fragmentação da Perícia Oficial**. Disponível em: <http://www.ssp.sc.gov.br/igp/index.html>. Acesso em 23 set 2007.

Corpo de Bombeiros da PMESP. **Manual de Fundamentos do Corpo de Bombeiros**, Volumes 1, 5, 6, 8, 9, 12 e 14. São Paulo: Scriptum: 1996.

CORTI, R., GREGORI, A., RUSSO, R., et. al. A Study to Determine the Detectability Time of Gasoline from Simulated Arson Residues by SPME Combined with GC/MS. **Forensic Science International**. 2003.

COSTA, Nuno de Souza. Escola Nacional de Bombeiros. **Revista Técnica e Formativa**. Investigação de causas de incêndio. p.19-35. Sintra: Janeiro, n.37, ano 10, 2006. ISBN: 0874-5536

FERNANDES, Maria Eulália. **Influência da amostragem e do tempo de armazenamento de resíduos de incêndios sobre a detecção de agentes acelerantes usando SPME-GC-MS**. 2004. 50p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 2 e. São Paulo: Atlas, 1989.

GONZALEZ, Clara Pérez; MARTINEZ, Blanca Pinedo et al. **Cromatografia**: princípios e Aplicações. 22p.

IUPAC. **Compendium of Analytical Nomenclature**. Disponível em: <http://goldbook.iupac.org/C01075.html>. Acesso em 26 set 2007.

KEULEMANS, A. M. **Gas Chromatography**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 217p., 1957.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LOLI, Lia Mara. **Estudo comparativo das técnicas de *headspace* estático e micro-extração em fase sólida na análise de resíduos de incêndio**. 2004. 51p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

LORD, H., PAWLISZYN, J. Microextraction of Drugs. **Journal of Chromatography**. 1994.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1994.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing**. 5.ed. v.1. São Paulo: Atlas, 1999.

MAUS, Álvaro. **Segurança contra sinistros: teoria geral**. 1ed. Florianópolis. 2006.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de Estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndios estruturais**. Florianópolis: Editora Editograf, 2005, 136 p.

PACHECO, Denise S. **Deteção de agentes acelerantes de incêndios usando a microextração em fase sólida e a cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas**. 2004. 54p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PHILLIPS, Calvin e MCFADDEN, David. **Investigación del origen y causas de incendios**. Madrid : MAPFRE, 1984.

SANTA CATARINA. Constituição (1989). **Constituição do Estado de Santa Catarina**: promulgada em 05 de outubro de 1989. Organização do texto: Coordenadoria de Expediente da Assembléia Legislativa. Florianópolis: Coordenadoria de divulgação e Serviços Gráficos, 2006. 245 p.

SOUZA, Luiz Álvares Rezende. **Metodologias de calculo de valor em risco**. Disponível em: <http://www.risktech.com.br/PDFs/calculo%20de%20var.pdf>. Acesso em 23 set 2007.

SUPELCO INC., **Chromatography Products** (catálogo), Supelco, Bellefonte. 1996.

UMI K.; AHMAD, Geetha Selvaraju. Forensic Detection Of Fire Accelerants Using A New Solid Phase Microextraction (SPME) Fiber. **The Internet Journal of Forensic Science**. Volume 2. Numero 1. 2007.

YOUNG, Stella Torres de. **Introdução a cromatografia**. Ed da Universidade Nacional da



Colômbia. 1 Edição, Bogotá, 1994. 134 p.

STAUFFER, E.; LENTINI, J. J. **ASTM Standards for Fire Debris Analysis: A Review**, Forensic Science International. 2003. 132 p.

VALENTE, Antônio Luiz Pires; AUGUSTO, Fabio; RIEDO, Cássio Ricardo Fares. **Análise quantitativa por cromatografia**. Disponível em: [www.chemkeys.com](http://www.chemkeys.com). Acesso em 25 set 2007.

VALENTE, A. L. P., AUGUSTO, F. **Micro-extração por Fase Sólida**. Química Nova. 2000. 523 p.

VALENTE, A. L. P., AUGUSTO, F., **Micro-extração por Fase Sólida**. Química Nova. 2000. 523 p.

VERGARA, Sylvania Maria. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

## GLOSSÁRIO

**Absorção:** processo que consiste na retenção de um fluido dentro do corpo ou massa de um material sólido ou fluido.

**Adsorção:** processo no qual o fluido é retido sobre a superfície do material sólido, durante um tempo curto, porém suficiente para que se estabeleça o equilíbrio dinâmico entre a fase adsorvida e o resto do fluido (partículas não adsorvidas).

**Cromatografia gasosa:** é a cromatografia cuja fase móvel é gasosa, motivo pelo qual requer equipamentos especiais. Permite separações rápidas e muito eficientes. Subdivide-se em gás - líquido e gás - sólido.

**Desorção:** é o processo inverso a sorção, isto é, a liberação dos componentes da amostra da fase estacionária.

**Eluição:** é a remoção de um composto da fase estacionária pela ação de um solvente chamado eluente.

**Fase estacionária:** líquido ou sólido de partículas finas e homogêneas o qual permanece fixo no suporte enquanto se realiza a cromatografia.

**Fase móvel:** também chamada de solvente ou eluente. É o que transporta e elui os compostos da mistura.

**Sorvente:** o termo compreende uma grande variedade de substâncias empregadas como fase estacionária.

**Sorção:** inclui todos os fenômenos nos quais se baseiam as separações cromatográficas nos diferentes sorventes, tais como retenção superficial e interna, forças eletrostáticas, pontes de hidrogênio, etc.