

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA  
DIRETORIA DE ENSINO  
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR  
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

**MARCOS LEANDRO MARQUES**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE EXTINTORES CLASSE K E CLASSE B EM  
COZINHAS INDUSTRIAIS**

**FLORIANÓPOLIS  
MAIO 2012**

**Marcos Leandro Marques**

**Estudo comparativo entre extintores classe K e classe B em cozinhas industriais**

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

**Orientador(a): 1º Tenente BM Ana Paula Guilherme**

**Florianópolis  
Maio 2012**

Marcos Leandro Marques

Estudo comparativo entre extintores classe K e classe B em cozinhas industriais

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Florianópolis (SC), 21 de Maio de 2012.

---

1º Tenente BM Ana Paula Guilherme - Graduada  
Orientadora

---

Major BM Vanderlei Vanderlino Vidal - Especialista  
Membro da Banca Examinadora

---

Capitão BM Marcos Aurélio Barcelos - Graduado  
Membro da Banca Examinadora

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo incentivo e apoio incondicional dados a mim; à minha noiva, pelo carinho e compreensão e a minha irmã, pela alegria diária que me proporciona.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por iluminar meus passos.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional na realização desta conquista.

Aos meus colegas e amigos, pelos bons momentos proporcionados durante estes anos de convivência.

À minha orientadora, pelo conhecimento e experiência transmitidos durante a elaboração deste trabalho.

Aos senhores Coronel BM RR Maus e Major BM Vanderlino, por apontarem o caminho certo quando as dúvidas se faziam presentes.

Ao Cadete BM Michel pela ajuda e grande interesse nas discussões sobre o tema.

## RESUMO

O presente trabalho faz um estudo comparativo entre extintores classe K e classe B em combates a princípios de incêndio em cozinhas comerciais/industriais. O óleo e a gordura, materiais combustíveis presentes nestes locais, possuem características singulares dentro da classe B de líquidos inflamáveis, pois possuem a peculiaridade de sofrer auto-ignição com o constante aquecimento do meio e também sofrer reignição após efetuada a extinção do fogo. Para obtenção dos dados que constituíram a base fundamental para o método hipotético dedutivo, foram consultados os testes realizados pela empresa norte-americana Amerex Corporation, que executou experimentos com vários agentes extintores aplicados sobre óleo vegetal em chamas, numa fritadeira com as dimensões pré-estabelecidas e em ambiente com todas as variáveis possíveis controladas. Essa metodologia foi necessária pelo limbo existente na corporação acerca de incêndios classe K, de modo que formula hipóteses e por meio do processo dedutivo analisa o fenômeno envolvido com tais combustíveis. A conclusão confirma a hipótese da pesquisa, onde é evidente a maior eficácia do extintor de acetato de potássio (pó químico úmido) sobre o de bicarbonato de sódio (pó químico seco). Finalmente, recomenda estudos que possibilitem uma futura implementação de extintores classe K em cozinhas comerciais/industriais, de forma que exista uma redução dos prejuízos causados por incêndios que poderiam ter sido extintos já na sua fase inicial por extintores adequados a esses ambientes.

**Palavras-chave:** Extintores. Classe K. Classe B. Cozinhas industriais.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - tetraedro do fogo .....	15
Figura 2 - mecanismo de ignição de combustível sólido .....	16
Figura 3 - mecanismo de ignição de combustível líquido .....	17
Figura 4 - mecanismo de ignição de combustível gasoso .....	18
Figura 5 - curva de evolução dos incêndios .....	19
Figura 6 - fases de um incêndio .....	32
Figura 7 - extintor classe B .....	34
Figura 8 - extintor classe K .....	35
Figura 9 - reação de esterificação .....	40
Figura 10 - estrutura molecular de um triacilglicerídeo (triéster) .....	40
Figura 11 - estrutura molecular do bicarbonato de sódio .....	43
Figura 12 - estrutura molecular do acetato de potássio .....	44
Figura 13 - reações de obtenção do acetato de potássio .....	44
Figura 14 - reação de saponificação .....	47
Figura 15 - micela de um sal de sódio .....	48
Figura 16 - reação entre um triéster e o acetato de potássio em meio aquoso.....	54
Figura 17 - mecanismo de reação entre um triéster e o acetato de potássio em meio aquoso..	54
Figura 18 - produtos da reação entre um triéster e o acetato de potássio em meio aquoso.....	55

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BS – *British Standard*

CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

CNNPA – Conselho Nacional de Normas e Padrões para Alimentos

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

ISO – *International Organization for Standardization*

NBR – Norma Brasileira de Regulamentação

NFPA – *National Fire Protection Association*

PQS – Pó Químico Seco

PQU – Pó Químico Úmido

UL – *Underwriters Laboratories*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Justificativa .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>11</b>
1.2.1 Objetivo geral .....	11
1.2.2 Objetivos específicos .....	12
<b>1.3 Problema .....</b>	<b>12</b>
<b>1.4 Hipótese .....</b>	<b>12</b>
<b>1.5 Metodologia.....</b>	<b>12</b>
<b>1.6 Estruturação .....</b>	<b>13</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Considerações sobre incêndio.....</b>	<b>14</b>
2.1.1 Tecnologia do fogo .....	14
2.1.2 Mecanismos de transmissão .....	15
2.1.2.1 <i>Condução</i> .....	15
2.1.2.2 <i>Convecção</i> .....	16
2.1.2.3 <i>Radiação</i> .....	16
2.1.3 Mecanismos de ignição .....	16
2.1.3.1 <i>Combustíveis sólidos</i> .....	16
2.1.3.2 <i>Combustíveis líquidos</i> .....	17
2.1.3.3 <i>Combustíveis gasosos</i> .....	18
2.1.4 Dinâmica do fogo .....	18
2.1.4.1 <i>Processo da combustão</i> .....	19
2.1.4.2 <i>Razão de queima e de desenvolvimento de calor</i> .....	20
2.1.4.3 <i>Leis dos gases ideais</i> .....	20
2.1.4.4 <i>Pressão de vapor dos líquidos</i> .....	20
2.1.4.5 <i>Fatores que influenciam um incêndio</i> .....	21
2.1.4.6 <i>Primeiro estágio – ignição</i> .....	21
2.1.4.7 <i>Segundo estágio – crescimento do incêndio</i> .....	22
2.1.4.8 <i>Terceiro estágio – ignição súbita generalizada</i> .....	22
2.1.4.9 <i>Quarto estágio – desenvolvimento completo</i> .....	22
2.1.4.10 <i>Quinto estágio – diminuição</i> .....	23
2.1.5 Métodos de combate.....	23

2.1.5.1 Abafamento.....	23
2.1.5.2 Resfriamento.....	24
2.1.5.3 Quebra da reação em cadeia.....	24
2.1.5.4 Retirada do material combustível.....	24
2.1.6 Classes de Incêndio .....	24
2.1.6.1 Classe A.....	25
2.1.6.2 Classe B.....	25
2.1.6.3 Classe C.....	26
2.1.6.4 Classe D.....	26
2.1.6.5 Classe K.....	27
<b>2.2 Extintores de incêndio .....</b>	<b>27</b>
2.2.1 Tipos de extintores .....	28
2.2.2 Inspeção, manutenção e recarga .....	29
2.2.2.1 Inspeção.....	29
2.2.2.2 Manutenção .....	29
2.2.2.3 Recarga.....	30
2.2.3 Treinamento.....	30
2.2.3 Localização.....	31
2.2.4 Princípios de incêndio .....	31
2.2.5 Eficiência de extintores .....	32
2.2.6 Extintores classe B .....	33
2.2.6.1 Manutenção .....	34
2.2.7 Extintores classe K .....	35
2.2.8 Comparativo entre os extintores .....	36
2.2.8.1 Ensaio de fogo em líquido inflamável .....	36
<b>2.3 Óleos e gorduras .....</b>	<b>37</b>
2.3.1 Conceito.....	37
2.3.2 Composição .....	38
2.3.3 Características físicas .....	38
2.3.4 Características químicas .....	39
2.3.5 Comportamento térmico .....	41
<b>2.4 Mecanismo de reação dos agentes extintores em óleos e gorduras .....</b>	<b>42</b>
2.4.1 Hidrogenocarbonato de Sódio .....	43
2.4.2 Etanoato de Potássio.....	43

2.4.3 Ácidos graxos .....	45
2.4.4 Saponificação.....	46
2.4.4.1 Mecanismo da reação de saponificação .....	46
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>49</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1 Experimento .....</b>	<b>51</b>
4.1.1 Materiais utilizados .....	51
4.1.2 Execução do experimento.....	51
<b>4.2 Resultados .....</b>	<b>52</b>
4.2.1 PQS.....	52
4.2.2 PQU .....	53
<b>4.3 Análise .....</b>	<b>53</b>
4.3.1 Abafamento .....	56
4.3.2 Quebra da reação em cadeia .....	56
4.3.3 Resfriamento.....	57
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Este trabalho foi motivado pela grande quantidade de incêndios que surgem em cozinhas, que é o compartimento de edificações onde ocorrem a maioria dos princípios de incêndio. No estado verifica-se constantemente sinistros que começam nestes ambientes e também já foi evidência no passado, como em 2005 quando um incêndio destruiu a ala norte do mercado público de Florianópolis.

### **1.1 Justificativa**

Óleos e gorduras são amplamente utilizados na área alimentícia, sendo que em cozinhas industriais/comerciais há utilização em grandes quantidades. Uma considerável parte dos incêndios em estabelecimentos como restaurantes, refeitórios, entre outros desse tipo têm seu princípio na cozinha, e muitas vezes ligados a um superaquecimento de óleos em processos de fritura, que levam a acidentes graves, em que se perdem vidas e bens alheios.

No Brasil ainda existe um atraso no que diz respeito a regulamentações e equipamentos de proteção em cozinhas industriais, sendo que apenas alguns Corpos de Bombeiros Militar, tais como as corporações do estado de São Paulo, Minas Gerais entre outras possuem uma instrução normativa a esse respeito, porém não regularizam nenhum tipo de extintor específico para essa classe de incêndio.

Os extintores utilizados nestes ambientes são os mesmos utilizados para incêndios em líquidos inflamáveis, de Classe B, porém devido a características químicas e físicas desses compostos tornam-se limitados em algumas situações.

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo geral**

Com este trabalho objetiva-se comparar a eficácia de extintores classe K e extintores classe B em cozinhas industriais para estabelecer a necessidade de estudo específico dos incêndios em óleos e gorduras separadamente dos demais líquidos combustíveis.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever os mecanismos de reação dos agentes extintores classe K e B em óleos e gorduras;
- Relatar experimento comparativo de extinção de incêndio em óleos e gorduras por agentes classe K e B;
- Analisar os resultados do experimento frente os mecanismos de reação dos agentes extintores estudados.

### 1.3 Problema

Os extintores classe B são eficientes no combate a incêndio em cozinhas comerciais/industriais? Existe um extintor mais eficaz?

### 1.4 Hipótese

Extintores de incêndio classe B (líquidos inflamáveis) são amplamente utilizados em vários ambientes, porém com eficiência limitada no que diz respeito a óleos e gorduras.

Dessa forma, o extintor ideal para esses casos seria o classe K, que além do típico efeito de abafamento, tem a característica de resfriamento, por ser um pó químico umedecido, e também quebra da reação em cadeia, pois ataca diretamente os radicais livres da combustão, reagindo na superfície do líquido, reduzindo então significativamente a possibilidade de reignição do combustível, fato muito comum quando utilizado o pó químico seco.

### 1.5 Metodologia

A metodologia utilizada para desenvolver a monografia teve como objetivo de pesquisa explorar e analisar questões referentes à eficácia do uso de agente extintores em incêndios de óleos e gorduras, debatendo a necessidade de tratar, tanto para prevenção como para ação operacional, tal combustível como classe distinta. Quanto ao método de abordagem, o estudo utiliza o hipotético-dedutivo, pois trabalha a lacuna que existe na Corporação acerca do tema, pela qual formula hipóteses e, pelo processo dedutivo analisa o fenômeno abrangendo a hipótese. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada à medida que gera conhecimento para aplicação prática que soluciona o problema do método de extinção de incêndio em classe K.

## 1.6 Estruturação

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, conforme segue a organização:

No primeiro capítulo encontra-se a parte introdutória, onde está descrito o problema, os objetivos que delimitam o estudo, a justificativa da escolha do tema e sua importância, bem como a metodologia utilizada para a análise do problema.

O segundo capítulo trata do referencial teórico que fundamenta a monografia e está subdividido em considerações sobre incêndios, extintores, características de óleos e gorduras e mecanismos de reação dos compostos envolvidos em incêndios classe K.

No terceiro capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos, que descrevem a forma da pesquisa com seus objetivos e como foi desenvolvida através do método hipotético-dedutivo que foi reforçado pelos resultados do experimento comparativo de extintores analisado posteriormente.

O quarto capítulo descreve o experimento e os materiais utilizados e aborda os resultados, verificando os tempos de combate e se houve ou não reignição no material combustível. Após a exposição desses resultados é demonstrado o mecanismo de reação envolvido no processo de saponificação do óleo com acetato de potássio, princípio ativo dos extintores classe K.

Finalmente, no capítulo cinco é efetuada a conclusão do trabalho, que traz as considerações a respeito do tema e o quanto é importante no âmbito atual de estudos da corporação desenvolver essa classe de incêndios de uma forma independente, bem como algumas sugestões de novas análises e fatores positivos numa possível implementação de extintores específicos para cozinhas comerciais/industriais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Considerações sobre incêndio

O incêndio é o fogo fora de controle. Para compreender a forma como incêndios se comportam é imprescindível entender todas as características físicas e químicas do fogo, e então saber como intervir de forma eficiente perante tais sinistros (OLIVEIRA, 2005).

#### 2.1.1 Tecnologia do fogo

Segundo Seito (2008) o estudo do fogo como ciência propriamente dita, conta com pouco mais de vinte anos, e por consequência disso, a definição desse fenômeno apresenta diversas formas de conceituação no mundo inteiro, como se vê nas normas seguintes:

a) Brasil – NBR 13860: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.

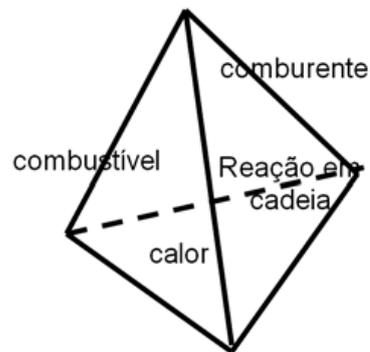
b) Estados Unidos da América – NFPA: fogo é a oxidação rápida auto-sustentada acompanhada de evolução variada da intensidade de calor e de luz.

c) Inglaterra – BS 4422: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado por fumaça, chama ou ambos.

d) Internacional – ISO 8421-1: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado de fumaça, chama ou ambos. E combustão é a reação exotérmica de uma substância combustível com um oxidante usualmente acompanhada por chamas e ou abrasamento e ou emissão de fumaça.

Para que o fogo se mantenha devem coexistir quatro elementos – combustível, comburente, calor e reação em cadeia – de modo que para extinguir o incêndio deve-se retirar ao menos um desses elementos conforme será exemplificado posteriormente no item 2.1.5. Essa interação é explicada pelo tetraedro do fogo, que é uma figura geométrica em que cada elemento da combustão é representado por uma das faces, e sem uma dessas faces, o fogo não existirá (SEITO, 2008).

Figura 1 - tetraedro do fogo



Fonte: Seito (2008).

Conforme Seito (2008), para que o fogo inicie e se mantenha no material combustível é preciso que exista a interação de diversos fatores, que submetem esse sistema a algumas influências, tais como o estado da matéria (sólido, líquido ou gasoso), massa específica, superfície específica, calor específico, calor latente de evaporação, ponto de fulgor, ponto de ignição, mistura inflamável (explosiva), quantidade de calor, composição química, quantidade de oxigênio disponível, umidade, entre outras. As diferenças do comportamento dos materiais combustíveis na ignição e na manutenção do fogo podem ser explicadas por meio desses fatores.

### 2.1.2 Mecanismos de transmissão

Uma vez iniciada a combustão, é necessário distinguir os meios de transmissão de energia que existe no sistema, pois eles irão influenciar na manutenção e crescimento do fogo. As formas de transmissão de calor são a condução, a convecção e a radiação (OLIVEIRA, 2005).

#### 2.1.2.1 Condução

A condução do calor é o mecanismo em que a transmissão de energia se dá por meio de material sólido, ou seja, o calor passa de molécula para molécula, porém nenhuma delas é transportada juntamente com a energia que está passando, pois é somente pela agitação das mesmas que ocorre tal fenômeno (SEITO, 2008).

### 2.1.2.2 Convecção

A convecção do calor é o mecanismo em que a transmissão de energia se dá por meio de combustíveis líquidos ou gasosos, pela movimentação do fluido aquecido. O calor fluirá pelo contato direto entre as moléculas. Essa forma de transferência envolve três processos distintos: a condução de calor, a diferença de densidade e a mudança de estado físico (SEITO, 2008).

### 2.1.2.3 Radiação

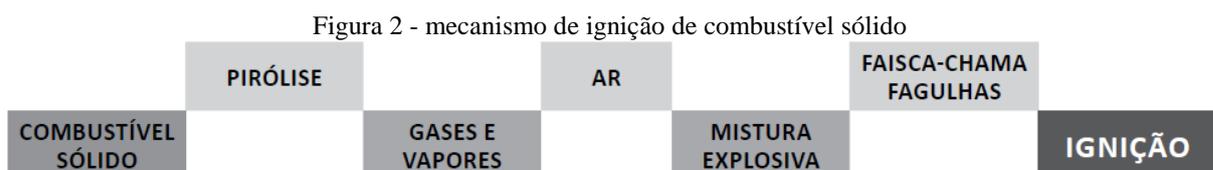
A radiação é o mecanismo em que a transmissão de energia se dá através de ondas eletromagnéticas, de modo que se propagam em todas as direções, em linha reta e à velocidade da luz a partir da chama (SEITO, 2008).

## 2.1.3 Mecanismos de ignição

Segundo Oliveira (2005), de acordo com a disposição física dos combustíveis, os sólidos, líquidos ou gases possuem mecanismos diferentes na ignição que podem ser visualizados conforme os esquemas abaixo:

### 2.1.3.1 Combustíveis sólidos

Quando os sólidos são expostos a uma determinada quantidade de energia térmica em forma de calor ou radiação, os materiais sofrem um tipo de decomposição liberando produtos gasosos (gás e vapor) num processo chamado pirólise (quebra pelo fogo). Esses produtos gasosos em contato com o oxigênio do ar numa concentração adequada formam uma mistura inflamável (mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de ignição (faísca, chama, centelha) se inflama (SEITO, 2008).

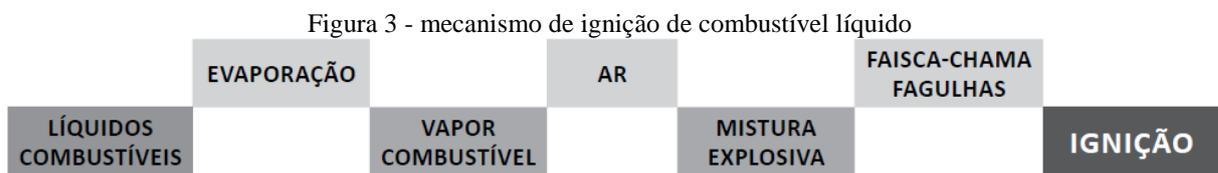


Fonte: Seito (2008).

Para que exista a continuidade da combustão é necessário que a razão que sustenta a pirólise seja preservada, de forma que a energia incidente sobre o sólido seja suficiente para que ocorra a liberação de vapores e gases do material. Tal continuidade ocorre devido ao fato de que a própria chama do combustível proporciona calor e radiação que irão preservar a pirólise do combustível sólido. Uma exceção desse tipo de mecanismo de ignição são alguns pós orgânicos e metais pirofóricos (SEITO, 2008).

### 2.1.3.2 Combustíveis líquidos

Diferentemente dos combustíveis sólidos, os líquidos não sofrem decomposição térmica, e sim um processo físico chamado de evaporação, que é a liberação de vapores que em contato com uma concentração adequada de comburente (oxigênio do ar) irá proporcionar uma mistura inflamável, também denominada mistura explosiva. Essa mistura na presença de um agente ígneo irá se inflamar, porém alguns materiais quando aquecidos além desse ponto podem se auto-inflamar, ou seja, sem a intervenção de um agente externo (SEITO, 2008).



Fonte: Seito (2008).

Os combustíveis líquidos são na sua maioria derivados de petróleo, os denominados hidrocarbonetos, porque são formados na sua essência apenas por moléculas de hidrogênio e carbono. As substâncias oleígenas provenientes de plantas e gorduras animais apresentam mecanismos semelhantes, porém na sua estrutura molecular apresentam átomos de oxigênio, diferenciando assim dos hidrocarbonetos acima citados, denominando-se ésteres. A taxa de evaporação dos líquidos é diretamente proporcional ao seu aquecimento, sendo uma característica intrínseca do fluido. Dessa forma é possível de acordo com as propriedades de cada líquido combustível determinar seu ponto de fulgor, ponto de combustão e no caso de óleos e gorduras, o ponto de auto-ignição (SEITO, 2008).

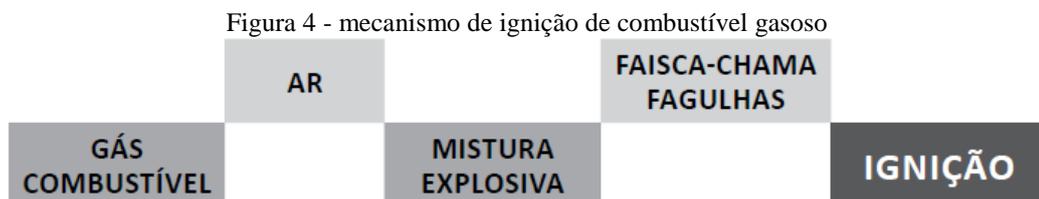
Conforme afirma Seito (2008, p. 39) ponto de fulgor é “a menor temperatura em que ocorre um lampejo, provocado pela inflamação dos vapores da amostra, pela passagem de uma chama piloto”, ou ainda, “a menor temperatura em que a aplicação da chama piloto produz um lampejo provocado pela inflamação dos vapores desprendidos pela a mostra.”

Outra propriedade dos combustíveis líquidos é o ponto de combustão, que é “a temperatura em que a amostra, após inflamar-se pela passagem da chama piloto, continua a queimar por cinco segundos, no mínimo” (SEITO, 2008, p. 39).

Conforme a NFPA 17A, vale salientar que existem alguns líquidos mais complexos que sofrem auto-ignição, de forma que não é preciso a incidência de um agente externo (chama, centelha, fagulha) para que se inicie a combustão, somente a incidência de calor até uma dada temperatura, como é o caso dos triacilgliceróis (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 1998a, tradução nossa).

### 2.1.3.3 Combustíveis gasosos

São assim considerados quando que na temperatura ambiente apresentam-se no estado de gás ou vapor. Para se inflamar é necessário que a concentração do composto no ambiente seja ideal da mesma forma que a de oxigênio, para então ter-se a mistura explosiva e um agente ígneo para iniciar a combustão (SEITO, 2008).

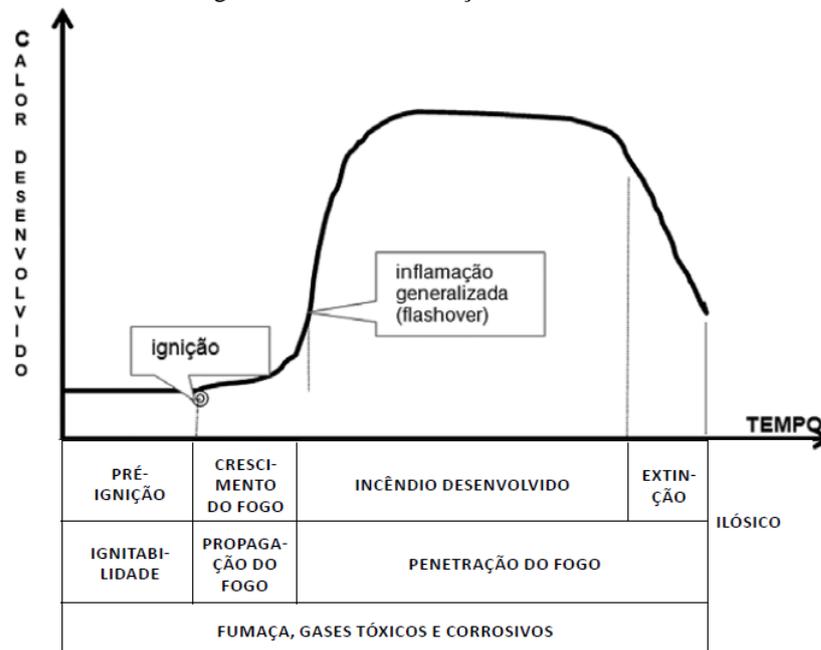


Fonte: Seito (2008).

### 2.1.4 Dinâmica do fogo

Conforme Seito (2008) o incêndio inicia-se, quase que na sua totalidade, de forma bem pequena. O crescimento dependerá do primeiro material ignizado, das características do comportamento ao fogo dos materiais na proximidade do foco inicial e sua distribuição no ambiente. Antes que ocorra a inflamação generalizada (flashover), o incêndio deve ser combatido por meio de extintores portáteis, como mostra a figura abaixo, onde está expresso a evolução de grande parte dos incêndios.

Figura 5 - curva de evolução dos incêndios



Fonte: Seito (2008).

A curva possui três fases distintas: a primeira fase é o incêndio incipiente tendo-se um crescimento lento, em geral de duração entre cinco a vinte minutos até a ignição, em que inicia a segunda fase caracterizada pelas chamas que começam a crescer aquecendo o ambiente. O sistema de extintores deve operar na primeira fase e o combate a incêndio e conseqüente extinção tem grande probabilidade de sucesso. Quando a temperatura do ambiente atinge em torno de 600 °C, todo o ambiente é tomado por gases e vapores combustíveis desenvolvidos na pirólise dos combustíveis sólidos. Havendo líquidos combustíveis, eles irão contribuir com seus vapores, ocorrerá a inflamação generalizada (flashover) e o ambiente será tomado por grandes labaredas. Caso o incêndio seja combatido antes dessa fase haverá grande probabilidade de sucesso na sua extinção. A terceira fase é caracterizada pela diminuição gradual da temperatura do ambiente e das chamas, isso ocorre por exaurir o material combustível. (SEITO, 2008, p. 44).

Entender a dinâmica do fogo é o que torna evidente o momento para o qual os extintores portáteis são projetados. Do mesmo modo, a forma que ocorre a combustão é item necessário para entender a mecânica que existe nesse processo.

#### 2.1.4.1 Processo da combustão

Drysdale (1998, tradução nossa) executou um trabalho baseado na teoria dos gases para desenvolver o estudo do fogo e apresentou equações do desenvolvimento do fogo e do comportamento dos produtos da combustão. Baseados nesse trabalho serão abordados os seguintes temas:

- razão de queima e de desenvolvimento de calor.

- leis dos gases ideais.
- pressão de vapor dos líquidos.

#### *2.1.4.2 Razão de queima e de desenvolvimento de calor*

Seito (2008) afirma que o consumo do material na combustão está diretamente relacionado à diferença entre o calor fornecido pela chama e a perda de calor na superfície do material em combustão e inversamente proporcional ao calor necessário para decompor o material em voláteis. O fluxo de calor pode, por sua vez, ser considerado como a razão de energia desenvolvida dentro da chama e o mecanismo da transferência de calor envolvido. Existem mais fatores que contribuem conjuntamente, incluindo propriedades relativas não somente ao combustível, mas também do processo de combustão interno à chama. O conhecimento detalhado da transferência do calor é pré-requisito para qualquer estudo do fenômeno do fogo.

#### *2.1.4.3 Leis dos gases ideais*

Para Seito (2008) o estudo da fase gasosa do fogo é imprescindível para entender todo o mecanismo de desenvolvimento do mesmo, pois é através da fase gasosa que está baseado o mecanismo de ignição dos materiais combustíveis e o processo de alastramento do incêndio. O fogo desenvolve calor, que causa mudança substancial na temperatura ao seu redor como resultado da transferência do calor das chamas e dos gases da combustão formados a altas temperaturas. A maioria dos produtos é gasosa e seu comportamento pode ser interpretado usando-se a lei dos gases ideais. Num incêndio, as altas temperaturas geradas pela queima dos gases formarão fluxos de grande força de flutuação motivada pela diferença das densidades dos gases quentes e o ar atmosférico. Elas criam diferenças de pressão, que embora sejam pequenas em valores absolutos, são responsáveis pela introdução do ar na base do fogo e pela expulsão da chama e gases quentes de locais confinados. Se existir qualquer diferença de densidade entre as massas do ar adjacentes, ou de fato qualquer outro fluido, ocorrerá um movimento relativo, suficiente para retroalimentar o sinistro.

#### *2.1.4.4 Pressão de vapor dos líquidos*

Para Seito (2008) qualquer líquido exposto à atmosfera irá se evaporar, liberando moléculas de sua superfície para formar vapor. Se o sistema é fechado, o estado do equilíbrio

cinético será atingido quando a pressão parcial de vapor acima da superfície atinge o nível no qual não há perda por evaporação. Para um líquido puro, tem-se a pressão de vapor saturado, uma propriedade que varia com a temperatura. Existem equações que podem ser usadas para calcular a pressão de vapor acima da superfície do combustível líquido puro, a fim de avaliar a inflamabilidade da mistura vapor-ar, de modo que se pode determinar o quão reativa pode ser na presença de um agente ígneo. O mesmo procedimento pode ser empregado para misturas de líquidos combustíveis, se as pressões parciais de vapor de seus componentes puderem ser determinadas.

#### *2.1.4.5 Fatores que influenciam um incêndio*

Seito (2008) traz que cada incêndio possui características próprias e singulares, que são determinadas por diversos fatores que modificam o seu início e também o seu desenvolvimento. Podem-se citar os seguintes fatores:

- a) forma geométrica e dimensões da sala ou local;
- b) superfície específica dos materiais combustíveis envolvidos;
- c) distribuição dos materiais combustíveis no local;
- d) quantidade de material combustível incorporado ou temporário;
- e) características de queima dos materiais envolvidos;
- f) local do início do incêndio no ambiente;
- g) condições climáticas (temperatura e umidade relativa);
- h) aberturas de ventilação do ambiente;
- i) aberturas entre ambientes para a propagação do incêndio;
- j) projeto arquitetônico do ambiente e ou edifício;
- k) medidas de prevenção de incêndio existentes;
- l) medidas de proteção contra incêndio instaladas. (SEITO, 2008, p. 43-44).

Conforme Oliveira (2005), as variáveis descritas acima determinam o andamento dos sinistros, não obstante, é necessário entender as cinco fases de um incêndio conforme segue nos próximos cinco itens.

#### *2.1.4.6 Primeiro estágio – ignição*

De acordo com Oliveira (2005) é nessa fase que se tem o início da combustão, devido a união dos quatro elementos do tetraedro do fogo. Como é um estado ainda incipiente do sinistro, o fogo se restringe somente ao material combustível em que se iniciou a reação.

Para Seito (2008) nesse estágio podem ser consideradas duas etapas: abrasamento e chamejamento. No abrasamento a combustão é gradual, sem chama visível e liberação de pouco calor, mas com potencial para preencher o compartimento com gases combustíveis e fumaça. Esse tipo de combustão pode ter a duração de algumas horas antes do aparecimento

de chamas. As formas físicas dos materiais que queimam por abrasamento são diversas. Devido à produção de pouco calor, a força de flutuação da fumaça e ou dos gases gerados é pequena e seus movimentos serão determinados pelo fluxo do ar ambiente. O chamejamento é a forma de combustão que costuma-se ver, ou seja, com chama e fumaça. O desenvolvimento do calor e da fumaça/gases é mais rápido que a combustão por abrasamento.

#### *2.1.4.7 Segundo estágio – crescimento do incêndio*

Oliveira (2005) descreve essa fase como o momento logo após a ignição em que os gases provenientes da queima do combustível começam a se alastrar para o ambiente e proporcionam o aquecimento gradual dos demais materiais que encontram-se no local. Se houver combustível e oxigênio suficientes no ambiente, o calor produzido irá aumentar sensivelmente a temperatura.

Seito (2008) menciona que nesse estágio ocorre a propagação do fogo para outros objetos próximos e ou para os materiais que encontram-se num nível mais elevado do local. A temperatura do compartimento se elevará na razão direta do desenvolvimento do calor dos materiais em combustão.

#### *2.1.4.8 Terceiro estágio – ignição súbita generalizada*

Para Oliveira (2005) essa fase é um ponto intermediário entre o crescimento do incêndio e seu desenvolvimento completo, que irá proporcionar a queima de todos os materiais combustíveis presentes no ambiente.

Seito (2008) afirma que a ignição súbita generalizada irá ocorrer quando a temperatura da camada dos gases quentes produzidos na combustão, e que encontram-se junto ao teto, atingir valores próximos de 6.000 °C.

#### *2.1.4.9 Quarto estágio – desenvolvimento completo*

Segundo Oliveira (2005), essa fase em que todos os materiais combustíveis do local estão em chamas é caracterizada também pela máxima liberação de energia e consumo de oxigênio, onde concentrações de 8% ou menos pela falta de ventilação adequada, reduzirão as chamas e o incêndio estará numa situação controlada.

Seito (2008) lembra que nessa fase as temperaturas do ambiente atingirão valores acima de 1.100 °C. O incêndio irá se propagar por meio das aberturas internas, fachadas e

coberturas da edificação. Deve-se considerar como constante a razão de consumo dos materiais combustíveis que compõem a carga de incêndio do compartimento. A duração desse estágio está ligada à carga de incêndio que passa dos 80% para 30% do valor inicial. A razão de desenvolvimento do calor é diretamente proporcional ao consumo da massa do combustível e do seu efetivo poder calorífico.

#### *2.1.4.10 Quinto estágio – diminuição*

Conforme Oliveira (2005) essa fase é representada pela decadência do fogo, seja em decorrência do total consumo dos materiais presentes no meio, seja pela oferta limitada de oxigênio ou pela eficaz interferência de uma guarnição de bombeiros.

Para Seito (2008), nessa fase há redução acentuada de combustível para a queima, o que ocasionará a diminuição de intensidade e de severidade na proporção que vão se exaurindo os materiais combustíveis. É considerado fim dessa fase quando a temperatura atinge valores abaixo de 2.000 °C.

#### 2.1.5 Métodos de combate

As formas de extinção de incêndios são baseadas na atuação direta nas faces do tetraedro do fogo, ou seja, na retirada do comburente, na remoção do calor, na intervenção direta à reação em cadeia e na retirada do combustível, conforme citado anteriormente no item 2.1.1 e exemplificado na figura 1.

##### *2.1.5.1 Abafamento*

O Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006) afirma que esse método atua na diminuição do oxigênio na reação até uma concentração que não permita mais a combustão, de forma que seja isolado o combustível do comburente, evitando que o oxigênio presente no ar reaja com os gases produzidos pelo material combustível. Na grande maioria das vezes, quanto menor o tamanho do foco do incêndio, mais fácil será utilizar o abafamento. Um exemplo dessa forma de extinção em dimensões reduzidas seria tampar uma panela que contenha em seu interior óleo em chamas.

#### *2.1.5.2 Resfriamento*

Para o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006) essa forma de extinção de incêndios consiste na retirada do calor presente na reação de combustão. É o método amplamente utilizado pelos bombeiros, que utilizam agentes extintores para reduzir a temperatura do incêndio a limites abaixo do ponto de ignição dos materiais combustíveis existentes no local sinistrado.

#### *2.1.5.3 Quebra da reação em cadeia*

De acordo com o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006) nesse processo existe a participação de compostos que inibem a capacidade reativa do comburente com o combustível, impedindo a formação de novos íons (radicais livres produzidos pela combustão). Nesse método, substâncias químicas, especialmente projetadas para tal, irão reagir com os íons liberados pela reação em cadeia, impedindo-os de continuar a quebra das moléculas do combustível, tornando a combustão insustentável.

#### *2.1.5.4 Retirada do material combustível*

Conforme o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006), esse método consiste em retirar ou controlar o material combustível ainda não atingido pela combustão, de forma que se limite a progressão do incêndio devido à falta de combustível para tal.

#### *2.1.6 Classes de Incêndio*

Segundo o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006), apesar de ocorrerem as mesmas reações químicas (inclusive a reação em cadeia) na combustão dos diferentes materiais, os incêndios são classificados conforme o tipo de material combustível neles predominante. Conhecer as classes de incêndio auxilia tanto o trabalho dos bombeiros na adoção da melhor técnica de combate, combinada com o agente extintor mais adequado, quanto a primeira resposta por parte da população, quanto ao uso dos aparelhos extintores nos princípios de incêndio. Os materiais combustíveis são classificados como:

- sólidos comuns;
- líquidos ou gases inflamáveis;
- equipamentos elétricos energizados; e

- metais combustíveis.

#### 2.1.6.1 Classe A

Conforme o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006), esta classe de incêndio representa a combustão de todos os combustíveis sólidos comuns, como madeira, papel, tecido, borracha, pneu, plástico, etc. A queima desse tipo de combustível deixa resíduos de cinzas e carvão e se dá volumetricamente (em largura, comprimento e profundidade). O método de extinção mais eficiente para essa classe é o resfriamento, com a utilização de água, apesar de alguns pós para extinção de incêndio de alta capacidade extintora e espumas também conseguirem o mesmo efeito.

#### 2.1.6.2 Classe B

Segundo o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006), esta classe de incêndio representa a queima de líquidos ou gases inflamáveis:

- combustíveis líquidos: gasolina, álcool, diesel, querosene;
- tintas e solventes;
- óleos e gorduras de cozinha, utilizadas para confecção de alimentos; e
- resinas e óleos vegetais (provenientes do armazenamento de algodão, por exemplo).

Conforme o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006), a queima desses tipos de combustíveis não deixa resíduo e se dá superficialmente (em largura e comprimento). Os métodos mais utilizados para extinguir incêndios em líquidos inflamáveis são o abafamento (pelo uso de espumas) e a quebra da reação em cadeia (com o uso de pós para extinção de incêndio).

De acordo com a NBR 12693 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993) que trata dos sistemas de proteção por extintores de incêndio, existem duas categorias distintas nessa classe de incêndio:

a) líquidos com profundidade de até 6 mm: o fogo envolve líquidos inflamáveis em profundidades reduzidas, tais como: o derramamento de combustíveis em superfícies abertas, vapores liberados de recipiente ou tubulação e fogo se alastrando, originado de recipiente quebrado. Deve-se atentar nesses casos a atender os requisitos mínimos de unidade extintora e as distâncias máximas a serem percorridas;

b) líquidos com profundidade superior a 6 mm: esta categoria envolve fogo em líquidos inflamáveis em profundidades acentuadas, considerados como riscos pontuais, tais como: tanques com superfícies abertas geralmente encontrados em indústrias e oficinas, por exemplo: tanques para imersão utilizados em processos de limpeza, pintura, entre outros. Para esta categoria, deve ser considerada a proporção de 20B para cada metro quadrado de superfície, de líquido inflamável.

Para o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006), os incêndios envolvendo a queima de gases inflamáveis geralmente são extintos com a retirada (ou controle) do material combustível - como, por exemplo, fechar o registro do botijão ou da canalização de GLP. Isso porque a combustão dos gases se dá de forma muito rápida, não havendo tempo hábil para a atuação do agente extintor sobre o combustível.

#### *2.1.6.3 Classe C*

Segundo o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006), representa a queima de equipamentos que se encontram energizados, constituindo os materiais elétricos energizados, oferecendo especial risco ao bombeiro pela condutividade elétrica. Nesse tipo de incêndio, a sua principal característica - presença de energia elétrica - será, na maioria das vezes, a grande responsável por iniciar ou propagar o incêndio para outros materiais, geralmente combustíveis sólidos, líquidos ou gases inflamáveis. A ação de cortar a energia elétrica fará com que o incêndio passe a ser classificado como A ou B. Com isso, o incêndio poderá ser extinto utilizando as técnicas e os agentes extintores mais adequados a essas classes. Não sendo possível cortar a energia elétrica para o combate ao incêndio, os cuidados devem ser voltados para que o agente extintor não seja condutor elétrico preferencialmente. Se isso também não for possível, deve-se calcular as distâncias, os cuidados e os riscos do combate e escolher um agente extintor com baixa condutividade elétrica.

#### *2.1.6.4 Classe D*

Segundo o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006), esta classe de incêndio representa a queima de metais combustíveis, em sua maioria, alcalinos. A maior parte desses elementos queima de forma violenta, produzindo muito calor e luz brilhante. Em geral, os materiais pirofóricos, aqueles que se inflamam espontaneamente, são associados aos incêndios classe D, uma vez que os agentes extintores dessa classe são adequados para ambos.

Sua queima atinge altas temperaturas e reage com agentes extintores que contenham água em seu interior, o que exige pós especiais para extinção de incêndio, que irão agir por abafamento e quebra da reação em cadeia. Os elementos mais conhecidos são: magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio, urânio, zircônio, tório, plutônio e cálcio.

#### *2.1.6.5 Classe K*

Segundo a NFPA 10, os incêndios classe K representam a queima de óleos e gorduras de cozinha. Apesar de envolver líquidos inflamáveis, incorrendo naturalmente na classe B, essa classificação ocorre com o objetivo de enfatizar os riscos e a necessidade da prevenção de incêndios por meio de campanhas educativas específicas e desenvolvimento de agentes extintores adequados, uma vez que é causa comum de incêndios nos Estados Unidos. O combate se faz da mesma forma que os de classe B e essa classificação não é adotada oficialmente no Brasil (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 1998b, tradução nossa).

Como lembra Zurich Brasil (2007), anteriormente para a extinção de incêndios em óleos e gorduras era indicada a utilização de extintores de pó químico seco de bicarbonato de sódio ou bicarbonato de potássio. No entanto, como este tipo de agente extintor não resfria o óleo, é provável que ocorra uma nova ignição desse material após sua extinção. Dessa forma, o extintor de pó químico umedecido foi testado pela UL (Underwriters Laboratories), a qual comprovou que este é o agente extintor mais adequado para extinguir incêndios dessa classe específica.

## **2.2 Extintores de incêndio**

Antes de estudar os atuais extintores portáteis, é interessante compreender o histórico desses equipamentos, conforme segue:

Os extintores de incêndio surgiram no século XV de forma rudimentar, sendo constituído de uma espécie de seringa metálica provida de um cabo de madeira, lembrando uma seringa de injeção de dimensões exageradas, sem a agulha. No século XVI, Jacob Besson inventou um extintor que era constituído de um grande recipiente de ferro montado sobre-rodas, provido de um enorme gargalo curvo, que podia, dessa forma, penetrar nas aberturas dos edifícios em chamas. (DEL CARLO; ALMIRON; PEREIRA, 2008, p. 223).

Segundo a portaria 337 do INMETRO que trata da fabricação e importação de extintores, este é um equipamento de acionamento manual, portátil ou sobre rodas, constituído

de recipiente ou cilindro, componentes e agente extintor. Conforme o tipo de extintor, possui um conjunto de características únicas, quanto ao desempenho, dimensões funcionais, capacidade nominal, tipo e características do agente extintor, materiais, processos e demais requisitos normativos (BRASIL, 2007).

De acordo com Del Carlo, Almiron e Pereira (2008) o sistema básico de segurança contra incêndio conta com a utilização de extintores portáteis – massa menor que 196N (20Kgf) – e estes devem possuir as seguintes características funcionais: portabilidade, facilidade de uso, manejo e operação, e tem como principal objetivo o combate de princípio de incêndio. E esses incêndios em sua fase inicial possuem características diferentes, conforme a ignição na parte elétrica ou não, o tipo de material combustível envolvido, o que determina a necessidade de agentes extintores adequados para cada caso. Em função disso há classificações de extintores.

### 2.2.1 Tipos de extintores

O tipo de extintor é definido pelo agente extintor contido no recipiente metálico. E o que determina a capacidade extintora é o poder de extinção da substância utilizada e não deve ser confundida com unidade extintora (DEL CARLO; ALMIRON; PEREIRA, 2008).

Os tipos de extintores de incêndio conforme Del Carlo, Almiron e Pereira (2008) são bastante variados e se caracterizam pelo seu agente extintor, massa, volume, sistema de ejeção, capacidade extintora e acionamento:

a) Quanto à carga de agente extintor, eles são à base de água, pó químico, espuma mecânica, CO<sub>2</sub> (gás carbônico) e os halogenados.

b) Quanto à carga em volume e em massa, os agentes extintores até podem apresentar volumes e massas diferenciados, porém sua tipologia será definida pela capacidade extintora.

c) Quanto à capacidade extintora, os extintores utilizados para incêndios classe A possuem as seguintes categorias: 1-A, 2-A, 3-A, 4-A, 6-A, 10-A, 20-A, 30-A e 40-A. Os utilizados na classe B são: 1-B, 2-B, 5-B, 10-B, 20-B, 30-B, 40-B, 60-B e 80-B, 120-B, 160-B, 240-B, 320-B, 480-B e 640-B. Já os extintores classes C e D não possuem classificação, sendo que o ensaio é do tipo apto ou inapto, ou seja, ou cumprem o requisito normativo de ensaio na sua totalidade ou não são classificados para o risco. Lembrando que os extintores portáteis podem chegar a 120-B e os sobre-rodas podem chegar a 240-B.

De acordo com a NBR 12693 a capacidade extintora é aquela declarada em seu quadro de instruções, reconhecida através de marca nacional de conformidade e avaliada de acordo com as NBR 9443 e NBR 9444, que expõem os extintores a testes específicos de acordo com o material combustível a que se destinam (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993).

## 2.2.2 Inspeção, manutenção e recarga

Conforme a NBR 12962 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) que trata da inspeção, manutenção e recarga em extintores de incêndio, para se atingir o principal objetivo de uso, debelar princípios de incêndio, os extintores devem ser mantidos e recarregados com periodicidade constante no rótulo do mesmo, bem como inspecionados constantemente. Definições importantes citadas na norma:

### 2.2.2.1 *Inspeção*

Segundo a NBR 12962 a inspeção de extintores de incêndio é uma avaliação periódica realizada por pessoal habilitado para a atividade, que nesse caso são bombeiros militares, com a finalidade de verificar se este permanece em condições originais de operação, preservando sua eficácia em caso de uso. A frequência de inspeção é de seis meses para extintores de incêndio com carga de gás carbônico e cilindros para o gás expelente, e de 12 meses para os demais extintores. Em locais onde os extintores estão sujeitos a intempéries e condições agressivas do ambiente, recomendam-se inspeções com intervalos de tempo menores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998).

### 2.2.2.2 *Manutenção*

Segundo a NBR 12962 a manutenção é um serviço efetuado no extintor de incêndio com a finalidade de manter suas condições de operação após sua utilização ou quando requerido por uma inspeção que detectou alguma alteração nas características originais de fabricação. Pode ser classificada em três níveis. A manutenção de primeiro nível é geralmente efetuada no ato da inspeção por pessoal habilitado, que pode ser executada no local onde o extintor está instalado, não havendo necessidade de removê-lo para oficina especializada. Manutenção de segundo nível requer execução de serviços com equipamento e

local apropriados e por pessoal habilitado, geralmente uma distribuidora local. Manutenção de terceiro nível ou vistoria é o processo de revisão total do extintor, incluindo a execução de ensaios hidrostáticos, em que será injetado água sob pressão, sendo que essa pressão será superior à de trabalho, e que exige que o cilindro retorne à sua fabricante, que detém os equipamentos para efetuar tais testes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998).

#### 2.2.2.3 Recarga

Segundo a NBR 12962 a recarga é a substituição da carga nominal de agente extintor e/ou expelente. Muitas vezes é efetuado apenas a reposição do componente contido no extintor, o que não é adequado visto que pode alterar a concentração do conteúdo do mesmo, mudando qualitativamente e também quantitativamente a composição, fator esse que poderia reduzir a eficiência do mesmo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998).

Além de todas essas medidas, também é necessário que existam pessoas habilitadas a operar os extintores nos ambientes em que se encontram para uma maior eficácia na sua utilização (DEL CARLO; ALMIRON; PEREIRA, 2008).

#### 2.2.3 Treinamento

Principalmente em ambientes onde existem grandes probabilidades de incêndio é necessário que exista um treinamento específico para utilização dos extintores presentes no local, pois o quadro de instruções de operação do extintor apesar de necessário, não é suficiente para capacitar o operador, sendo absolutamente fundamental o treinamento prático periódico exercido, pelos menos duas vezes ao ano em campos de treinamento devidamente homologados pelo órgão ambiental estadual e ministrado por profissional reconhecido por órgão competente, no caso o Corpo de Bombeiros Militar (DEL CARLO; ALMIRON; PEREIRA, 2008).

O treinamento para Del Carlo, Almiron e Pereira (2008) deve preparar o operador para:

- a) Identificação dos vários tipos de extintores;
- b) Familiaridade com as variedades de extintores;

c) Operação para cada tipo de extintor quanto à seqüência para o uso, ou seja, dos tipos de pressurização direta ou indireta, sempre lendo os quadros de instruções (rótulos) com as figuras ilustrativas;

d) Ter noção da distância segura para atacar o princípio de incêndio;

e) Perder o receio de operar o extintor.

### 2.2.3 Localização

Segundo Del Carlo, Almiron e Pereira (2008), deve-se atender às normas de segurança oficiais de cada Corporação de Bombeiros e, quando há omissão nesta área, é necessário utilizar a NBR 12693 – Sistemas de proteção por extintores de incêndio da ABNT. A localização dos extintores é essencial, pois irá permitir uma rápida intervenção para cessar o processo da evolução do incêndio.

Conforme prevê a NBR 12693 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993), os extintores devem ser instalados de forma que:

a) seja reduzida ao máximo a probabilidade do fogo bloquear o acesso para sua utilização;

b) deve estar bastante visível, de forma que todos os usuários do ambiente se familiarizem com sua localização;

c) permaneça protegido contra intempéries que possam danificá-los ou reduzir sua eficiência;

d) não fique obstruído o seu acesso por pilhas de qualquer tipo de material utilizado no local;

e) esteja junto ao acesso dos riscos;

f) sua remoção não seja prejudicada por qualquer tipo de anteparo, suporte, abrigo, base, etc.;

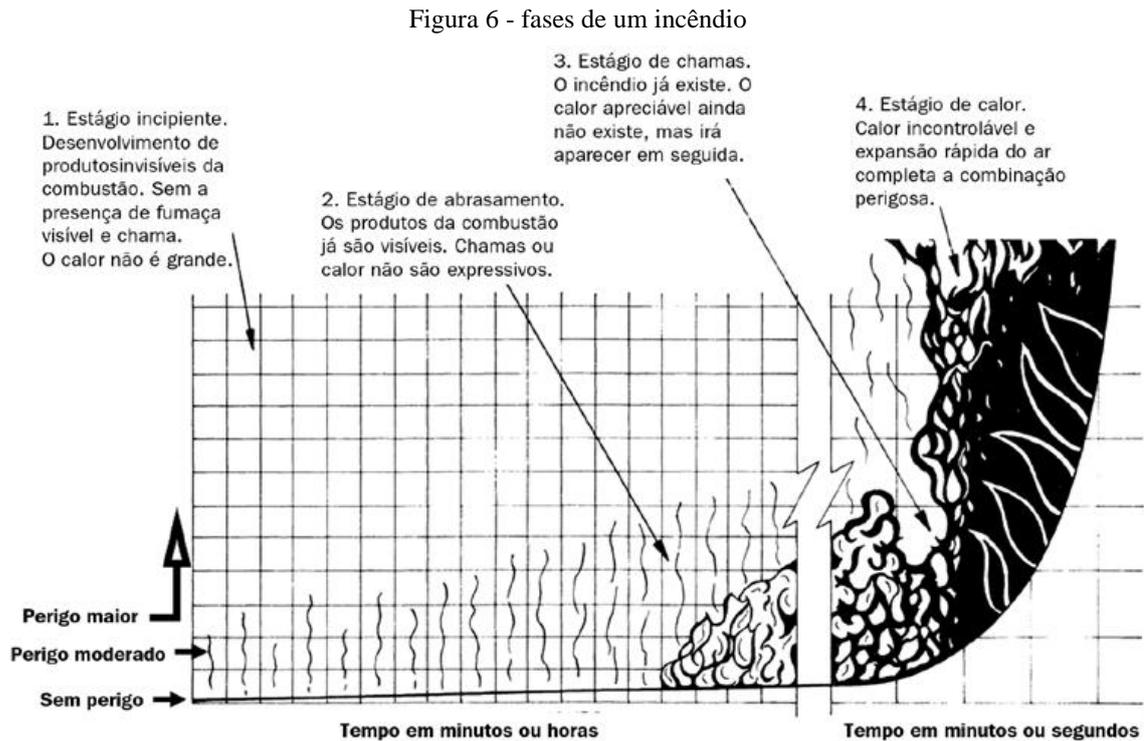
g) não fiquem instalados em escadas e seus patamares, nem atrás de portas utilizadas para rota de fuga;

h) estejam bem distribuídos de forma que atendam a toda área protegida.

### 2.2.4 Princípios de incêndio

Como lembram Del Carlo, Almiron e Pereira (2008), o extintor terá eficácia quando o fogo estiver confinado ao material no qual se iniciou o fogo sem ter-se espalhado a

outros materiais circunvizinhos, onde é pequena a quantidade de fumaça no ambiente e não atrapalha a visão para atuar com o extintor e a temperatura do ambiente também se mantém no nível de conforto para a pessoa que, sem proteção específica, irá usar o extintor de incêndio. Essas características definem um princípio de incêndio, que é uma fase inicial do incêndio onde a eficiência dos extintores é alta, conforme mostrado na figura 6:



Fonte: Del Carlo, Amiron e Pereira (2008).

### 2.2.5 Eficiência de extintores

Para Del Carlo, Almiron e Pereira (2008) a eficiência de um extintor é função de vários fatores, tais como:

a) Agente extintor: há compostos que têm maior ou menor eficiência no combate a determinados princípios de incêndio ou classes de fogo, o que irá diferenciá-los em sua utilização;

b) Alcance: essa propriedade é particular de cada extintor e é decorrente da pressão interna do agente extintor e do orifício de saída do mesmo. Quanto maior a distância que o agente extintor alcança, possibilita que o operador controle melhor a distância de ataque ao princípio de incêndio protegendo-se do nível da radiação térmica e dos gases emitidos por convecção, que podem provocar queimaduras;

c) Tempo efetivo de descarga: a duração da descarga é uma função da quantidade de agente extintor contida no cilindro pela vazão do mesmo. Essa propriedade será influenciada substancialmente pela variedade de volumes e massas encontradas no mercado produtivo;

d) Forma de descarga: existem dois tipos jatos conforme o princípio de incêndio, que são o concentrado e o névoa/nuvem;

e) Operacionalidade: o equipamento deve ser de fácil manuseio e adequado ao material combustível do local e a energia desprendida num princípio de incêndio conforme a carga de fogo (Joules de energia liberada por metro quadrado de piso do ambiente considerado). Para atender esses requisitos, devem-se levar em consideração três variáveis – a massa total, a disposição de instalação conforme prevê as normas de segurança e sua facilidade no acionamento, que por ser mais comum a pressurização direta, requer a retirada da trava de segurança e o aperto do gatilho para liberação do agente extintor.

#### 2.2.6 Extintores classe B

Conforme o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2006), os extintores de pó químico seco à base de bicarbonato de sódio trazem algumas substâncias que evitam o “empedramento” e a absorção de umidade, proporcionando a fluidez adequada ao pó, que quando aplicado diretamente sobre a chama promove a extinção pelas seguintes propriedades extintoras:

a) abafamento – a decomposição térmica do pó no fogo promove a liberação do dióxido de carbono e de vapor d’água, que isolam o comburente da reação;

b) resfriamento – o pó absorve calor liberado durante a combustão para se decompor, como essa reação de liberação de gases é endotérmica, reage assim com o combustível e reduz a sua temperatura;

c) proteção contra a radiação das chamas – o pó produz uma nuvem sobre as chamas, protegendo o combustível do calor irradiado;

d) quebra da reação em cadeia – estudos sugerem que a quebra da reação em cadeia na chama é a principal propriedade extintora do pó, o qual interfere, por meio de suas partículas, na concentração de radicais livres (íons provenientes da reação em cadeia) presentes na combustão, diminuindo seu poder de reação com o comburente e, conseqüentemente, extinguindo as chamas.

Figura 7 - extintor classe B



Fonte: PROTEGE (2006).

Conforme a NBR 9695 o pó químico seco deve possuir uma umidade máxima de 0,3 %. A repelência à água deve ser de no mínimo 90 gramas por 100 gramas de pó e a quantidade máxima de umidade absorvida (higroscopicidade) deve ser de 3%. Outra característica indesejável do agente extintor é a formação de aglomerados que não se desfaçam em temperaturas elevadas, de modo que aumentem excessivamente a granulometria do material e prejudiquem a fluidez do mesmo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

#### 2.2.6.1 Manutenção

De acordo com a NBR 10721, o pó para extinção de incêndio não pode ser seco, pois é termo-degradável. Também não deve ser peneirado, pois é importante a manutenção da distribuição granulométrica original. Caso ele apresente grumos ou torrões, ou qualquer evidência de absorção de umidade, deve ser substituído sob pena de perder sua eficiência no que diz respeito ao efeito de abafamento. O pó para extinção de incêndio não pode ser reutilizado. No entanto, pode ser descarregado e recarregado no mesmo extintor, sem sofrer nenhum outro tipo de manipulação, ou seja, não pode ser misturado quanto à sua origem, tipo e composição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

### 2.2.7 Extintores classe K

De acordo com a NFPA 10, os extintores classe K são reconhecidos como os mais eficientes no combate a incêndios em cozinhas comerciais/industriais. São compostos basicamente de uma solução aquosa de acetato de potássio (35 a 45% v/v). As características e ensaios estão definidos pela Underwriters Laboratories, através da Norma UL711. Essas organizações compreenderam que estes tipos de incêndios não se parecem com os tradicionais incêndios em líquidos inflamáveis que envolvem gasolina, óleo lubrificante, solvente de pintura ou solventes em geral (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, 1998b, tradução nossa).

Figura 8 - extintor classe K



Fonte: PROTEGE (2006).

Segundo Protege (2006), no Brasil extintores classe K ainda não tem normalização (normas técnicas) publicadas até o presente momento, conseqüentemente não podem ser certificados por nenhuma empresa produtora de tais equipamentos em território nacional. A Associação Americana dos Fabricantes de Equipamentos de Combate a Incêndio recomenda que todo extintor classe B usado na proteção de cozinhas e equipamentos de cozimento, devem ser substituídos por extintores classe K.

### 2.2.8 Comparativo entre os extintores

Segundo Protege (2006), quando um agente de base alcalina (bicarbonato de Sódio ou bicarbonato de Potássio e agente úmido classe K) é aplicado a gorduras saturadas a altas temperaturas, ocorre a saponificação. A reação forma uma espuma que abafa o fogo e contém os vapores inflamáveis e o combustível quente, porém apenas o agente úmido classe K, ao ser aplicado como uma névoa fina, tem a vantagem de resfriar o meio de cozimento e abaixar a temperatura, tornando-se mais eficiente.

Os extintores de monofosfato de amônia (ABC) são ácidos por natureza e não saponificam quando aplicados a combustível de cozinha queimando. Podem ser inclusive neutralizantes da reação de saponificação efetuada por um combate prévio com agentes alcalinos, removendo a camada de sabão e permitindo a reignição (PROTEGE, 2006).

Conforme Zurich Brasil (2007), o extintor de pó químico umedecido consiste em uma solução de água com acetato de potássio, carbonato de potássio, citrato de potássio ou uma combinação desses compostos. A principal função da água presente no pó químico umedecido é ajudar no resfriamento do produto, permitindo que a temperatura permaneça abaixo do ponto de auto-ignição. Enquanto isso os agentes extintores ( $C_2H_3KO_2$ ,  $KHCO_3$ ,  $C_6H_5K_3O_7 \cdot H_2O$ ) reagem com o produto (através de uma reação de saponificação) formando uma camada superficial de espuma, que impede o contato da gordura/óleo com o oxigênio do ar.

As vantagens do extintor de pó químico umedecido segundo Protege (2006) são:

- Formação de uma espuma proveniente da saponificação do óleo aquecido de cozinha;
- Resfriamento dos equipamentos da cozinha e do óleo aquecido;
- Oferece melhor visibilidade do fogo durante a sua extinção;
- Minimiza o risco de espalhar óleo aquecido para outras áreas;
- Proporciona uma fácil limpeza em relação ao uso de pó químico seco.

Desvantagens:

- Custo (R\$ 950,00 + 8% de frete), visto que esse preço foi obtido na empresa Protege de São Paulo e que o PQS tradicional pode ser obtido por R\$ 80,00;

#### 2.2.8.1 Ensaio de fogo em líquido inflamável

Conforme a NBR 9444 os ensaios em líquidos inflamáveis devem ser efetuados por pessoal capacitado e com todos os equipamentos de proteção individual para uma

operação segura. Não deve haver incidência de ventos com velocidade superior a 3 metros por segundo e nem precipitação pluviométrica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

É necessário salientar também que, de acordo com a NBR 9444, numa sequência de testes o volume de líquido inflamável pode ser complementado até a altura padronizada, com a condição de que não pode haver resíduos de outros agentes extintores na superfície do material combustível. Após o início das chamas, o líquido deve continuar a queima por pelo menos 30 segundos antes do início do combate (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

A NBR 9444 prevê que o relatório dos resultados dos testes devem possuir os seguintes parâmetros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992):

- a) Se houver a extinção do incêndio, registrar o tempo de combate;
- b) A velocidade do vento, se houver;
- c) A técnica utilizada para o combate ao fogo e de operação do extintor;
- d) Tempo efetivo de descarga.

## **2.3 Óleos e gorduras**

### **2.3.1 Conceito**

“Os óleos e gorduras são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas), de origem animal, vegetal ou mesmo microbiana, formadas predominantemente de produtos de condensação entre glicerol e ácidos graxos, chamados triglicerídeos.” (MORETTO; FETT, 1998, p. 1).

À temperatura ambiente óleos são encontrados no estado líquido e gorduras no estado sólido. Tal característica é o que diferencia esses compostos e isso deve-se a proporção de grupos acila saturados e insaturados presentes nos triglicerídios, já que 95% do peso molecular dos triacilgliceróis encontram-se nos respectivos ácidos graxos. Segundo a resolução n° 20/77 do CNNPA (Conselho Nacional de Normas e Padrões para Alimentos) define a temperatura de 20°C como limite inferior para o ponto de fusão de gorduras, classificando como óleo quando o ponto de fusão situa-se abaixo de tal temperatura (MORETTO; FETT, 1998).

A palavra azeite é usada somente para os óleos provenientes de frutos, como por exemplo azeite de oliva, azeite de dendê. E a palavra graxa é sinônimo de gordura, porém bem menos utilizada na área alimentícia (MORETTO; FETT, 1998).

### 2.3.2 Composição

Os óleos e gorduras possuem características únicas devido a alguns fatores que os transformam num dos meios combustíveis mais complexos a serem analisados, conforme segue:

Os óleos e gorduras comestíveis são constituídos principalmente de triglicerídeos. Sob o ponto de vista de sua origem diferenciamos os de origem animal e os de origem vegetal. Esta diferença porém, é somente etiológica pois que quimicamente não há, entre eles, diferença fundamental. Na constituição de todas as gorduras e óleos, participam praticamente os mesmos ácidos graxos existindo entre eles apenas diferenças quantitativas e não qualitativas. (MORETTO; FETT, 1998, p. 30).

Segundo Moretto e Fett (1998) tomando por base sua composição de ácidos graxos, podemos dividir as gorduras e óleos em: gorduras com alto teor de ácidos graxos (manteiga, gordura de coco, banha, sebo...), óleos com alto teor de ácidos graxos mono-insaturados (azeite de oliva, óleo de amendoim e nabo), óleos com alto teor de ácidos graxos di-insaturados. Principalmente o ácido linoléico que é conhecido como ácido graxo essencial (óleo de algodão, milho, soja) e óleos com alto teor de ácidos graxos poli-insaturados (óleo de peixe, óleo de linhaça).

Cerca de 90% dos lipídios que ingerimos correspondem a lipídios simples, na forma de gorduras e óleos; somente 10% restantes são constituídos por lipídios compostos. Os lipídios de consumo tem baixo ponto de fusão (P.F.), os óleos são líquidos à temperatura ambiente e o ponto de fusão das gorduras oscila entre 30 e 42°C, quando o ponto de fusão das gorduras é mais alto, como no caso dos sebos (acima de 42°C), os lipídios tornam-se inaceitáveis e inadequados para o consumo humano. (MORETTO; FETT, 1998, p. 39).

É de acordo com essa constituição dos óleos e gorduras que verificamos sua variação de acordo com a origem dos mesmos. Não obstante, existem outros fatores que são essenciais para compreender o comportamento desses compostos sobre a incidência de calor no meio.

### 2.3.3 Características físicas

Segundo Moretto e Fett (1998), o ponto de fusão e conseqüentemente os pontos de fulgor, combustão e auto-ignição das moléculas lipídicas dependem fundamentalmente de:

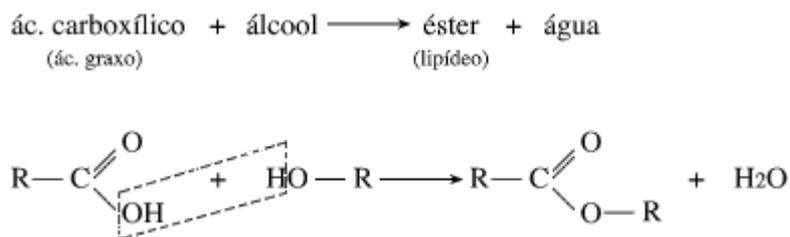
- a) tamanho da cadeia do ácido graxo: os saturados de cadeia curta (até 8 átomos de carbono) tem consistência líquida, enquanto que aqueles com mais de 8 carbonos tem consistência sólida.
- b) grau de saturação dos ácidos graxos: os saturados são sólidos à temperatura ambiente, enquanto a existência de duplas ligações abaixa o ponto de fusão com tendência à consistência líquida. Por exemplo, o ponto de fusão do ácido esteárico é de 70°C, mas basta a introdução de uma dupla ligação, molécula do oléico, para que o ponto de fusão abaixe 14°C.
- c) isomeria: a presença de duplas ligações na cadeia carbônica possibilita a existência de isômero *cis* e *trans*. O aumento da quantidade de isômero *trans* tende a um aumento de ponto de fusão.

Como lembram Moretto e Fett (1998) durante processos tecnológicos é essencial ter conhecimento do calor específico dos óleos e gorduras, para obter-se o comportamento específico de tais compostos, mesmo sabendo-se que os triglicerídios no seu estado natural apresentam essa propriedade física bastante similar entre eles. Vale salientar que o calor específico das gorduras líquidas é o dobro das gorduras sólidas e que em ambos os casos esse valor pode ser aumentado em função de insaturações nos ácidos graxos e da orientação alfa (maior) ou beta (menor) de suas ramificações. Essas características devem-se a maior mobilidade das moléculas nos distintos estados em que encontram-se os óleos e gorduras.

#### 2.3.4 Características químicas

A estrutura molecular desses compostos corresponde a de um triéster, resultado da reação de esterificação do 1,2,3 propanol (glicerol) com ácidos carboxílicos graxos. E a reação inversa é a hidrólise, que em meio básico chama-se saponificação, e que nesse caso é a que mais interessa a essa pesquisa. Porém, pode ocorrer dentro da própria molécula um processo de reagrupamento dos ácidos graxos na estrutura primária do glicerol, chamado de transesterificação, alterando algumas características essenciais do composto. (FRANCO, 2009a).

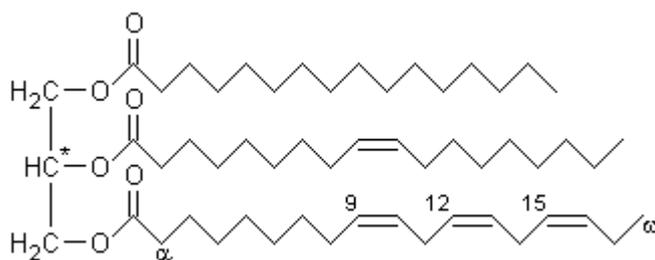
Figura 9 - reação de esterificação



Fonte: Franco (2009a).

Segundo Moretto e Fett (1998) a transesterificação possibilita a diminuição do ponto de fusão de óleos e gorduras. O processo consiste na reação mútua entre os grupamentos ésteres mediante troca dos seus grupos acila. A transesterificação pode ser intermolecular ou intramolecular. Esse processo é catalisado por metais alcalinos (Na ou K) suas ligas, seus hidróxidos ou seus alcoolatos, modificando também sua estrutura cristalina. Em torno de 200°C ou entre 20 e 40°C apenas, obtém-se, no primeiro caso, gorduras homogêneas com uma distribuição estatística dos grupos acila entre as moléculas glicéridicas e, no segundo caso, gorduras heterogêneas pela separação contínua dos glicéridios mais saturados mediante cristalização.

Figura 10 - estrutura molecular de um triacilglicerídeo (triéster)



Fonte: Franco (2009a).

Moretto e Fett (1998) afirmam também que a hidrogenação, ou seja, a quebra das duplas ligações presentes nos ácidos graxos para inserção de hidrogênio na estrutura molecular dos óleos e gorduras altera suas características físicas no que diz respeito ao ponto de fulgor, combustão e auto-ignição, pois o composto acaba tendo uma nova disposição molecular que trás como principal característica a maior afinidade intermolecular (força de Wander-walls).

### 2.3.5 Comportamento térmico

Segundo Moretto e Fett (1998) na utilização contínua do óleo ou gordura, que ocorre muito na fritura de alimentos, e com o seu aquecimento prolongado e intermitente é provocado a formação de compostos dímeros e em casos extremos oligômeros. Essa polimerização térmica processa-se nas duplas ligações, formando produtos mais saturados e de estrutura cúbica. Desse modo, é essencial que uma parte dos ácidos graxos insaturados contenha ligações duplas conjugadas (duas ou mais ligações duplas que ocorrem em átomos de carbono vizinhos, isto é, que são separadas entre si por uma ligação simples apenas:  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ ). A oxidação, assim como o aquecimento e a hidrogenação catalítica, provocam isomerização com formação deste tipo de ligação dupla (isômeros são compostos que têm a mesma fórmula molecular, porém fórmulas estruturais diferentes; no caso específico, localização diferente das duplas ligações).

Reda (2004) confirma que o aquecimento dos óleos e gorduras a elevadas temperaturas provoca a oxipolimerização e a decomposição termo-oxidativa.

A oxidação térmica (oxipolimerização) advém do aquecimento do óleo a elevadas temperaturas em presença de oxigênio. Já a polimerização térmica é um tipo de oxidação que ocorre nos ácidos graxos insaturados, na ausência de oxigênio e em temperaturas que variam de 200°C a 300°C. A polimerização é uma extensa condensação dos monômeros dos ácidos graxos poliinsaturados que são expostos a temperaturas altas por um lapso de tempo relativamente prolongado (REDA, 2004).

“No processo de fritura o alimento é submerso em óleo quente que age como meio de transferência de calor. Esta forma de aquecimento é uma das mais eficientes, já que as temperaturas alcançadas pelo óleo em processos de fritura são superiores às alcançadas pela água em ebulição.” (MORETTO; FETT, 1998, p. 101).

Quando o alimento é submerso no óleo quente em presença de ar, o óleo é exposto a três agentes que causam mudanças em sua estrutura: água proveniente do próprio alimento, que leva a alterações hidrolíticas; oxigênio que entra em contato com o óleo e a partir de sua superfície levando a alterações oxidativas e finalmente, a temperatura em que o processo ocorre, resultando em alterações térmicas. (MORETTO; FETT, 1998, p. 102).

Segundo Zurich Brasil (2007) os óleos e gorduras de cozinha utilizados para frituras, possuem uma ampla faixa de temperatura de auto-ignição, que pode ocorrer em qualquer intervalo entre 288°C e 363°C e para que isto possa ocorrer, a massa total de óleo deve ter sido aquecida além da temperatura de auto-ignição. Durante a queima sua composição é modificada sutilmente, de modo a possuir uma nova temperatura de auto-

ignição, que é de modo geral 10°C abaixo da temperatura de auto-ignição do produto inicial. Dessa forma, o incêndio se auto-sustentará a menos que a quantidade inteira de óleo seja resfriada abaixo da temperatura de auto-ignição.

Buda-Ortins (2011, tradução nossa) identificou as faixas de auto-ignição de alguns óleos de cozinha num estudo efetuado na Universidade de Maryland. As temperaturas de auto-ignição são as seguintes: óleo de canola, 424°C; óleo de soja, 406°C; óleo de oliva, 435°C. Existem algumas diferenças no que foi citado no parágrafo anterior, pois qualquer alteração dos ácidos graxos ligados à molécula de triálcool do óleo vegetal pode alterar significativamente as temperaturas de auto-ignição dos compostos analisados neste trabalho.

#### **2.4 Mecanismo de reação dos agentes extintores em óleos e gorduras**

“O mecanismo é a descrição detalhada, etapa por etapa, de todas as modificações sofridas por uma molécula em termos de ligações químicas. Os mecanismos mostram a sequência lógica de quebra e de formação das ligações químicas, e também as energias envolvidas em cada processo.” (FRANCO, 2009a, p. 209).

Conforme Franco (2009b), com exceção dos gases nobres, todos os demais átomos na natureza buscam a estabilidade química. As características de todos os materiais são definidas pelo tipo de ligação que existe nas moléculas que compõem o material estudado, de modo que diferenciam ou assemelham-se de acordo com as ligações químicas presentes no composto. Dessa forma podemos saber que existem quatro modelos de ligações químicas: ligações iônicas, ligações covalentes, ligações metálicas e ligações intermoleculares.

Para compreender o mecanismo das reações envolvidas no combate a incêndios classe K, são necessários estudos das características de todos os compostos envolvidos, e por conseguinte, das ligações covalentes nos ácidos graxos, das ligações iônicas que ocorrem no acetato de potássio e bicarbonato de sódio e também das ligações intermoleculares, pois essas interações determinam o comportamento de todos os compostos envolvidos na combustão de óleos e gorduras, alterando pontos de fusão e ebulição, características essas que também sofrem influência da superfície de contato e massa molar (FRANCO, 2009a).

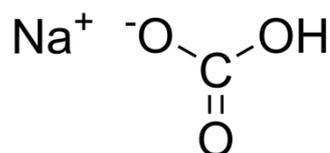
Segundo Franco (2009a), só determinamos se duas ou mais espécies químicas apresentam afinidades reacionais se as colocarmos para reagir. Entretanto, não quer dizer que por possuir afinidade química, que a reação vai ocorrer, pois muitos compostos necessitam de meio aquoso para reagir, luz, calor ou outros meios diversos que promovam o real contato das moléculas da sua estrutura de valência, que assim proporcionará a reação química.

Utamura e Linguanoto (1998) afirmam que em compostos homólogos (mesma função química, porém diferem entre o número de grupos  $\text{CH}_2$ ) verifica-se que as propriedades físicas variam de forma uniforme, tais como ponto de fusão, ebulição, fulgor, ignição e estado de agregação. De modo geral, esses pontos dos compostos homólogos de cadeia normal crescem à medida que aumenta o número de átomos de carbono na cadeia devido a um aumento de massa molar.

#### 2.4.1 Hidrogenocarbonato de Sódio

Conhecido usualmente como bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) é um pó cristalino ou branco, sendo o principal componente do extintor de pó químico seco, é estável ao ar seco, mas decomposto por ar úmido ou aquecimento, desprendendo gás carbônico a partir  $50\text{ }^\circ\text{C}$ . A cada grama de bicarbonato que se decompõe é formado meio grama de dióxido de carbono. Em solução aquosa começa a decompor-se lentamente a partir de  $20\text{ }^\circ\text{C}$  (MAIA; OSORIO, 2003).

Figura 11 - estrutura molecular do bicarbonato de sódio



Fonte: Maia e Osorio (2003).

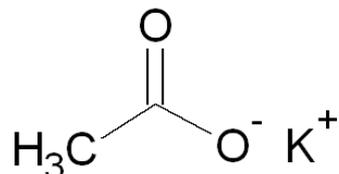
Conforme mostrado na figura 11, com a termo-decomposição do bicarbonato de sódio, o íon de sódio é liberado, transformando-se num intermediário alcalino instável que ataca zonas de alta concentração eletrolítica. O carbono da molécula de bicarbonato sofre o ataque do par de elétrons do oxigênio que ficou livre após a saída do sódio. Dessa forma, após a carbonila se estabilizar formando o dióxido de carbono, a hidroxila é liberada para formar com um radical livre de hidrogênio uma molécula de água (MAIA; OSORIO, 2003).

#### 2.4.2 Etanoato de Potássio

O mais comumente chamado acetato de potássio, por ser um composto de caráter predominantemente iônico, apresenta determinadas características inerentes ao tipo de ligação iônica que ocorre entre o potássio e o oxigênio anexo à carbonila da molécula de acetato. O potássio é um elemento metálico de baixa energia de ionização e baixa afinidade eletrônica.

Logo, o potássio cede um elétron, formando o cátion (carga elétrica positiva). Já o acetato apresenta alta energia de ionização e alta afinidade eletrônica. Então, receberá um elétron, formando o ânion (carga elétrica negativa) (FRANCO, 2009b).

Figura 12 - estrutura molecular do acetato de potássio

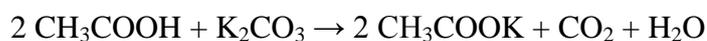
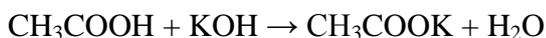


Fonte: Maia e Osorio (2003).

Compostos iônicos não conduzem corrente elétrica quando no estado sólido, pois os íons estão presos no retículo cristalino. Porém quando em solução aquosa, caso específico do agente extintor acetato de potássio, haverá dissociação e liberação dos íons que conduzirão a corrente elétrica, que nesse caso chega a ser 7 vezes a da água. Este aspecto deve-se ao fato de que todas as moléculas de acetato são hidrofílicas, ou seja, são muito solúveis em água. Todavia, quando na forma de neblina, não ocorre continuidade elétrica, somente quando esse vem a condensar em alguma superfície provocando um curto circuito (FRANCO, 2009b).

Segundo Franco (2009a) o etanoato de potássio é obtido pela neutralização de ácido etanóico (acético) com hidróxido de potássio ou carbonato de potássio, conforme as equações abaixo, respectivamente:

Figura 13 - reações de obtenção do acetato de potássio



Fonte: Franco (2009a).

A partir da análise da figura 13, verifica-se que a solução que encontra-se no interior do extintor de incêndio classe K, com a redução da pressão quando em operação, retroalimenta a produção de acetato de potássio, ou seja, a concentração desse composto na nuvem que será lançada sobre o fogo permanecerá adequada para interagir com os compostos provenientes da queima do óleo ou gordura (FRANCO, 2009a).

### 2.4.3 Ácidos graxos

São ácidos monocarboxílicos de cadeias carbônicas longas, não ramificadas e em números pares de átomos de carbono, que podem ser divididos em ácidos graxos inferiores e superiores, saturados e insaturados. Os ácidos graxos inferiores possuem de 4 a 10 átomos de carbono, e os superiores têm de 12 a 18 átomos de carbono. Caracterizam-se pelas ligações covalentes existentes na molécula e pela carboxila, que polariza a estrutura molecular e é a fonte eletronegativa que irá atrair a molécula de metal alcalino ao qual pertence o potássio, que tem maior afinidade com a molécula de ácido graxo do que com a molécula de acetato de que é proveniente, formando assim, um sal orgânico (sabão) (FRANCO, 2009a).

De acordo com Franco (2009a), o termo graxo é proveniente da característica pastosa, com aspecto de graxa. Muitos nomeiam os ácidos graxos saturados de gorduras e os insaturados de óleos, porém gorduras e óleos são estruturas bem mais complexas denominadas lipídios. Essas moléculas são caracterizadas por suas ligações covalentes, que proporcionam alguns tipos de forças de atração entre as moléculas, ditas forças de Van der Waals.

Conforme Utimura e Linguanoto (1998), a intensidade das forças de Van der Waals é relativamente pequena entre moléculas apolares, tornando-se mais acentuada nas moléculas polares. É por isso que compostos polares tendem a apresentar pontos de ebulição mais elevados que compostos com moléculas apolares.

A polaridade de ligações e moléculas, segundo Utimura e Linguanoto (1998), é determinada através da afinidade química, onde uma ligação covalente é polar quando um dos átomos é mais eletronegativo que o outro. Nesse caso, o par de elétrons compartilhado fica deslocado para o átomo mais eletronegativo. Essa interação ocorre na ligação entre o oxigênio e o carbono da carboxila dos compostos que integram óleos e gorduras. Já a ligação apolar envolve átomos de mesma eletronegatividade, típico da cauda dos ácidos carboxílicos, que apresentam ligações entre seus átomos de carbono sem influência de nenhum outro átomo com afinidade eletrônica mais acentuada.

A hidrólise desses lipídios libera ácidos graxos insaturados, proveniente de óleos vegetais, tais como: óleo de soja, de milho, de girassol e de oliva. Os principais ácidos graxos insaturados que encontramos ligados à molécula de glicerol para formação do triéster são o ácido oléico, o linoléico e o linolênico. Portanto, em contrapartida, a maioria das gorduras irá liberar após a hidrólise compostos saturados, com aspecto mais pastoso (FRANCO, 2009a).

Conforme Franco (2009a), por serem um tipo de ácido carboxílico, esses compostos apresentam o grupo funcional carboxila (COOH), entretanto a acidez é relativamente baixa e por este motivo, os ácidos carboxílicos são tratados como ácidos fracos, quando comparados com os ácidos inorgânicos. Quando numa solução aquosa, ele dissocia seu hidrogênio da molécula e como apresenta dois átomos de oxigênio, elemento que se encontra no canto direito da tabela periódica e conseqüentemente bastante eletronegativo (atrai elétrons), um dos átomos de oxigênio apresentará uma ligação “pi” com o átomo de carbono do grupo funcional facilitando a ressonância da molécula, e o outro ficará instável com um radical livre, atacando moléculas que apresentem elementos eletropositivos como o potássio e o sódio (metais alcalinos).

#### 2.4.4 Saponificação

A reação de hidrólise (quebra pela água) consiste no ataque de um composto aquoso a outro produto, utilizando dessa forma os íons hidroxila (OH<sup>-</sup>) ou hidrogênio (H<sup>+</sup>) como base para efetuar a ruptura das ligações que possuem afinidade química com o composto reativo. A reação de hidrólise de triacilgliceróis libera o ácido graxo e o glicerol. Mas se essa reação ocorre em meio básico, formam-se sais de ácidos graxos (FRANCO, 2009a).

Na natureza, é mais comum encontrarmos os ácidos graxos “estocados” na forma de ésteres, do que de forma livre. Esses “estoques” ocorrem, principalmente, na forma de triésteres de glicerol: as gorduras animais e os óleos vegetais. Esses triésteres orgânicos são praticamente insolúveis em água devido ao grande comprimento das cadeias carbônicas. Contudo, quando aquecidos em meio aquoso e alcalino (presença de metais alcalinos), óleos e gorduras reagem produzindo sais de ácidos carboxílicos de cadeias carbônicas longas em um processo químico denominado **saponificação**. Daí o fato de antigamente produzirem-se sabões a partir da reação das gorduras sob aquecimento em presença de cinzas, que possuem sódio. (FRANCO, 2009a, p. 120).

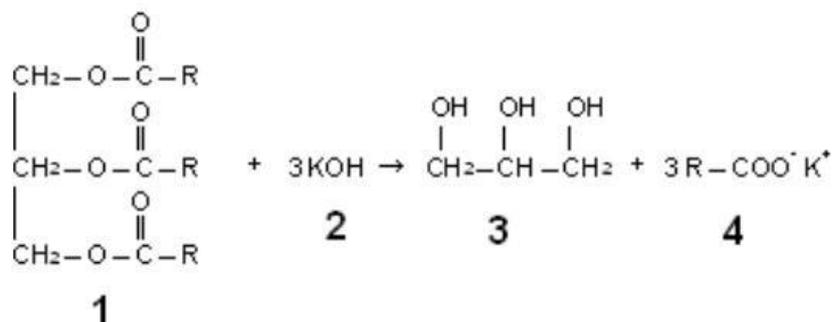
“O índice de saponificação (número de miligramas de hidróxido de potássio necessários para saponificar um grama de gordura) dos glicerídeos neutros varia com a natureza dos ácidos graxos constituintes da gordura. Quanto menor for o peso molecular do ácido graxo, tanto maior será o índice de saponificação.” (MORETTO; FETT, 1998, p. 45).

##### 2.4.4.1 Mecanismo da reação de saponificação

Conforme Franco (2009a), na figura 14 é apresentado o mecanismo de reação de saponificação, em que um triéster (1) reage em meio básico com três moléculas de hidróxido

de potássio (2) sofrendo hidrólise e obtendo-se glicerina (3) e três moléculas de um sal de ácido graxo (4), que nada mais é do que o sabão proveniente da interação química entre as duas moléculas iniciais.

Figura 14 - reação de saponificação



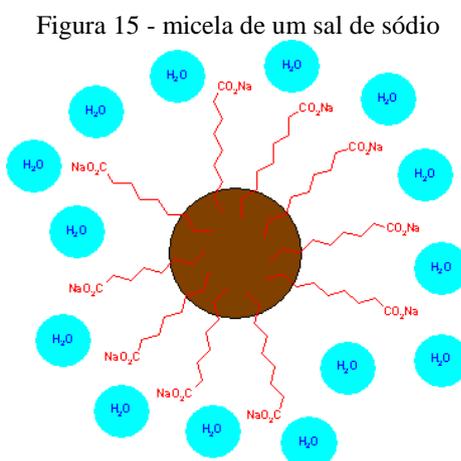
Fonte: Franco (2009a).

Essa reação de substituição nucleofílica, onde o nucleófilo é o ânion hidroxila (OH<sup>-</sup>) da molécula de hidróxido de potássio, ataca o carbono da carbonila – caráter positivo devido à polaridade da ligação – formando um intermediário aniônico. O intermediário aniônico refaz a ligação pi (C=O) quebrando a ligação sigma (C-O) com o glicerol gerando um ácido carboxílico. Este ácido imediatamente sofre uma reação ácido base com o mono ânion do glicerol (O<sup>-</sup> K<sup>+</sup>) gerando o produto. A cadeia do glicerol foi substituída pelo ânion proveniente do oxigênio (O<sup>-</sup>) (FARIAS, 2012).

De acordo com Franco (2009a) os sabões possuem uma característica bastante peculiar, de forma que podem misturar-se em meios de polaridades bastante diferentes. São constituídos de uma grande cadeia carbônica denominada porção apolar, hidrofóbica ou lipofílica (cauda). Uma das extremidades possui carga elétrica negativa, dando origem a um ponto de interação elétrica de alta intensidade com espécies químicas polarizadas como a água. Essa porção, eletronegativa, é chamada de extremidade polar, hidrofílica ou lipofóbica. São essas características que permitem a ação eficaz dos sabões sobre as gorduras, pois agem retirando o comburente oxigênio da superfície em combustão, retiram os radicais livres inibindo a reação em cadeia e também por estarem em solução aquosa e quebrarem a tensão superficial do material acabam resfriando o mesmo.

Conforme Franco (2009a), por serem predominantemente apolares, as gorduras são imiscíveis na água. Entretanto, os sabões podem solubilizar as gorduras em meios polares. A solubilização ocorre devido às interações estabelecidas entre a cadeia carbônica apolar dos sabões e as gorduras, também apolares. Não obstante, como uma das extremidades possui carga elétrica de sinal negativo, também ocorrem interações eletrostáticas entre essa região

eletronegativa e a água, permitindo assim, a solubilização dos óleos e gorduras em água. E por esse motivo, os sabões são chamados de agentes tensoativos, que são espécies químicas capazes de reduzir a tensão superficial de um líquido. Já a tensão superficial desse líquido, é na verdade, a energia necessária para movimentar as moléculas do líquido, aumentando a superfície de contato. Dessa forma, quando aplicado em solução aquosa, um componente alcalino acaba provocando uma melhor interação entre a água e o triacilglicerídeo, pois o sabão facilita o resfriamento pelo contato da água com o triéster através das micelas formadas na aplicação do agente extintor. As micelas são estruturas esféricas, onde as cadeias de hidrocarbonetos organizam-se no interior apolar, isolando-se da água, enquanto os grupos polares da outra extremidade interagem com o meio aquoso, conforme a figura 15:



Fonte: A QUÍMICA..., 2012.

As partes apolares dos ácidos carboxílicos que interagem com a parte lipídica do meio tende a centralizar a disposição de várias moléculas da emulsão, sendo que a parte que interatua com a água fica disposta em espaços regulares ao redor da molécula lipídica, dando assim, o aspecto circular característico da micela formada entre óleo e água (A QUÍMICA..., 2012).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa possui caráter descritivo, que Marconi e Lakatos (2005) conceituam como o método de colher informações sobre uma determinada temática, possibilitando avaliação e filtragem de dados que fundamentarão a investigação do tema. O objetivo de pesquisa tem como meta explorar e analisar questões referentes a eficácia do uso de agente extintores em incêndios de óleos e gorduras, debatendo a necessidade de tratar, tanto para prevenção como para ação operacional, tal combustível como classe distinta. Quanto ao método de abordagem, o estudo utiliza o hipotético-dedutivo, pois trabalha a lacuna que existe na Corporação acerca do tema, pela qual formula hipóteses e, pelo processo dedutivo analisa o fenômeno abrangendo a hipótese. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada à medida que gera conhecimento para aplicação prática que soluciona o problema do método de extinção de incêndio em classe K.

Quanto aos objetivos é descritiva, destinada à investigação do fenômeno específico sendo utilizado a descrição de um experimento comparativo de extinção de incêndio em óleos e gorduras entre agentes de classe B e K. A técnica de pesquisa, que nada mais é do que o conjunto de preceitos ou processos utilizados por uma ciência ou arte, adotada na primeira parte do trabalho foi do tipo documentação indireta. O levantamento dos dados, que constitui a fase da pesquisa realizada com o intuito de recolher informações prévias sobre o campo de interesse, procedeu-se por meio de pesquisa bibliográfica. Para isso foram consultados livros, apostilas, manuais, teses e dissertações, documentos digitais extraídos da internet, entre outros. Estas atividades foram imprescindíveis para fornecer a fundamentação teórica necessária para atender os objetivos do trabalho (MARCONI; LAKATOS, 2005).

No segundo momento foi analisada uma pesquisa experimental realizada por uma empresa dos Estados Unidos para avaliar os tempos de combate dos extintores de pó químico seco e pó químico úmido na extinção de um princípio de incêndio. O meio em que ocorreu a combustão foi uma fritadeira contendo óleo vegetal, que é hoje no Brasil, o meio de fritura mais utilizado na indústria alimentícia. Essa pesquisa experimental efetuada para avaliar a eficiência entre extintores classe B e extintores classe K, verificou a diferença na velocidade e eficácia entre os meios de extinção e a real necessidade de estudar a classe K independentemente da classe B.

No decorrer do trabalho tentou-se efetuar uma pesquisa experimental que seria fundamentada na NBR 9444 sobre ensaio de fogo em líquidos inflamáveis. Tal teste seria

semelhante ao desenvolvido pela empresa Amerex, que baseou seus testes na UL 711 e na NFPA 10, reforçando assim os resultados obtidos com os extintores. Entretanto, na tentativa de adquirir o extintor verificou-se seu alto custo atualmente. Na empresa Protege de São Paulo, o mesmo se encontra no valor de R\$ 1026,00. E para importação do mesmo extintor com representantes comerciais da empresa Amerex, o extintor sobe para o valor de R\$ 2060,00. Os valores já incluem a taxa de transporte e demais encargos financeiros. Como não houve a possibilidade de firmar uma parceria com as empresas que fornecem o extintor classe K, a análise da eficácia do equipamento ficou sob responsabilidade do processo hipotético-dedutivo e fundamentado na revisão bibliográfica efetuada pelo autor, o que não compromete o valor científico da pesquisa, pois o experimento em análise teve todo o acompanhamento de normas técnicas norte-americanas que são a base fundamental da NBR aqui desenvolvida.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Experimento

O ambiente em que foi desenvolvido o teste era fechado, somente com sistema de exaustão de gases, sem a incidência de vento ou qualquer outra variável que pudesse influenciar os resultados de um ou outro extintor. Dessa forma o método simulou uma cozinha industrial/comercial na sua disposição e características essenciais. O combatente foi o mesmo para todos os tipos de extintores e os utilizou da maneira mais eficiente possível conforme prescreve as técnicas de combate ao fogo por extintores portáteis.

#### 4.1.1 Materiais utilizados

Os materiais utilizados no experimento foram:

- 1 extintor classe K (pó químico úmido à base de acetato de potássio) com volume de aproximadamente 6 litros, tempo de total descarga de 10 segundos, capacidade extintora equivalente 10 B:C e alcance de 3 a 5 metros;
- 1 extintor classe B (pó químico seco à base de bicarbonato de sódio) com 6 quilogramas, tempo de total descarga de 8 segundos, capacidade extintora 10 B:C e alcance de 3 metros;
- 1 fritadeira de 46 x 46 cm (0,21 m<sup>2</sup>);
- Óleo vegetal em volume superior a ultrapassar a profundidade de 6 mm da fritadeira;
- Equipamento de proteção individual de combate a incêndio completo (Capacete, balaclava, máscara de proteção, jaqueta, calça, botas e luvas);

#### 4.1.2 Execução do experimento

O experimento efetuado pela empresa Amerex Corporation, conforme o que prevê a UL 711 e a NFPA 10, consistiu em aquecer o óleo vegetal até sua temperatura de auto-ignição, e então procedeu-se o combate após 60 segundos decorridos do início das chamas, para que a estrutura molecular do óleo sofresse um rearranjo de forma a abaixar a temperatura de re-ignição em aproximadamente 10°C, tornando o experimento o mais próximo da realidade, sendo que esse seria o tempo aproximado de um procedimento de procura do extintor mais próximo, deslocamento e acionamento do mesmo.

Para comprovar a problemática de combate a incêndios em triacilglicerídeos, no teste foi utilizada uma fritadeira com uma profundidade de óleo superior a 6 mm, profundidade essa apreciável no que diz respeito a análise posterior, e com uma abertura nas dimensões de 46 x 46 centímetros (0,21 m<sup>2</sup>). A fritadeira foi aquecida até a temperatura de ignição do óleo vegetal presente no seu interior e deixaram-na queimando livremente durante um minuto. A partir daí, agentes extintores passaram a ser usados. O meio de transferência de calor no local foi predominantemente convectivo, pois as chamas ficaram restritas ao óleo que estava na fritadeira e os gases aquecidos da queima foram retirados do ambiente por exaustão após cada etapa comparativa dos extintores.

Reconhecendo a capacidade dos extintores de água que estão presentes em muitos restaurantes para combater incêndios classe A, efetuou-se também um teste com um extintor de 10 L de água pressurizada para ver o resultado no mesmo ambiente do experimento. O operador ficou a uma distância de pouco mais de 5 m da fritadeira, que após a aplicação deste agente, espalhou as chamas por todo o ambiente. Experimento este irrelevante, já que é na comparação entre os pós estudados neste trabalho que situa-se o interesse da pesquisa.

## **4.2 Resultados**

### **4.2.1 PQS**

A aplicação do pó químico seco obteve sucesso nos primeiros segundos de combate, onde o fogo foi facilmente eliminado, entretanto, a chama voltou a se acender em pouco tempo. Isso se repetiu por pelo menos 10 vezes. Este era o agente extintor de PQS exigido pela edição da NFPA 10 de 1998. Estes extintores funcionam muito bem com incêndios da classe B em uma área de 9,3 m<sup>2</sup> em chamas.

Sabendo que a fritadeira utilizada no teste possuía 0,21 m<sup>2</sup>, verificou-se que a eficácia desse agente extintor é bastante limitada neste caso. A combinação da pequena dimensão da fritadeira, a baixa temperatura de ignição e a pequena capacidade que o extintor tem de reduzir a temperatura do local, fizeram com que não fosse atingido o objetivo de apagar o incêndio. A diferença da área da fritadeira com óleo vegetal e do ambiente de 9,3 m<sup>2</sup> com combustível classe B deixou muito clara a diferença entre estes tipos de incêndios.

No terceiro teste, usou-se a mesma fritadeira de 46 x 46 centímetros com um minuto de combustão livre e um extintor com capacidade extintora de 120 B:C de bicarbonato de sódio (pó químico seco), de acordo com as recomendações da NFPA 10.

Um teste efetuado pela Underwriters Laboratories para avaliação do mesmo extintor 120 B:C num recipiente de 28 m<sup>2</sup> em chamas (com combustível proveniente do petróleo) obteve sucesso. Vale lembrar que a fritadeira do teste possuía apenas 0,21 m<sup>2</sup>. O operador utilizou-se de boas técnicas de aplicação do agente extintor para explorar a eficiência do aparelho. O fogo se apagou logo no início da aplicação, mas mesmo assim o operador continuou aplicando o agente extintor até o término do seu conteúdo, o que também provocou grande espalhamento de pó no ambiente, além de bastante resíduo do contato do pó com o óleo, que foi derramado no piso. Apesar do fogo ter cessado e permanecido apagado por algum tempo (aproximadamente 2 minutos), a reignição ocorreu e, desta vez, o operador não pode dispor de outro meio de combate, pois o extintor estava completamente vazio.

#### 4.2.2 PQU

A aplicação do pó químico úmido obteve sucesso na extinção instantaneamente, liberando somente gases claros, sem deixar resíduos no piso, nem pó nas paredes. Não obstante, o fogo ficou apagado por um determinado tempo, mas houve a reignição. As instruções do extintor dizem para que ele seja aplicado até o extintor ficar vazio, para maximizar o processo de resfriamento. Na segunda tentativa foi feita a manobra até o término do seu conteúdo e o fogo não voltou a acender.

O modelo PQU da Amerex é um extintor feito especificamente para a classe K. O modelo utilizado continha 6 litros de uma solução de acetato de potássio que foi pulverizada e ficou impregnada no óleo, criando uma camada na superfície da área que estava em chamas. O esguicho do extintor permitiu ao operador apagar o fogo com eficiência, mantendo uma distância segura e proporcionou máximo resfriamento, sem espalhar o conteúdo da fritadeira.

### 4.3 Análise

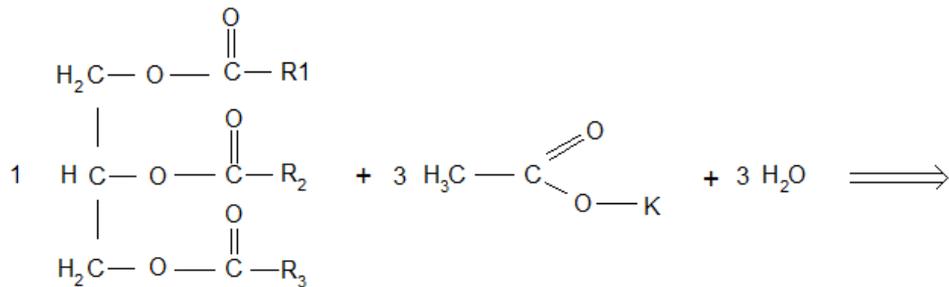
Após verificar o experimento efetuado pela empresa norte americana, ficou evidente que o grande diferencial do extintor de pó químico úmido, não reside tão somente no acetato de potássio, mas também na solução aquosa em que ele está dissolvido, pois até mesmo com o extintor específico para incêndios classe K, houve a reignição. Não obstante, quando foi utilizado todo o volume do agente extintor, o meio combustível não entrou em combustão novamente, ou seja, a temperatura de toda a massa de óleo foi reduzida mais que 10°C.

Por mais que o estresse térmico efetuado pela combustão do meio alterasse a constituição dos reagentes por termo-oxidação, polymerizando os ácidos graxos insaturados do meio, os compostos ativos do agente extintor conseguiram obter êxito na intervenção frente ao tetraedro do fogo.

Pela sua maior afinidade química, o acetato de potássio em meio aquoso interage com as moléculas de triacilglicerídeo do óleo vegetal, de forma que saponifica o meio superficial com bastante facilidade pela sua característica alcalina, que provoca a hidrólise em meio básico, também conhecida pelo nome usual de saponificação.

A reação que ocorre entre o triacilglicerídeo e o acetato de potássio em solução aquosa é a seguinte:

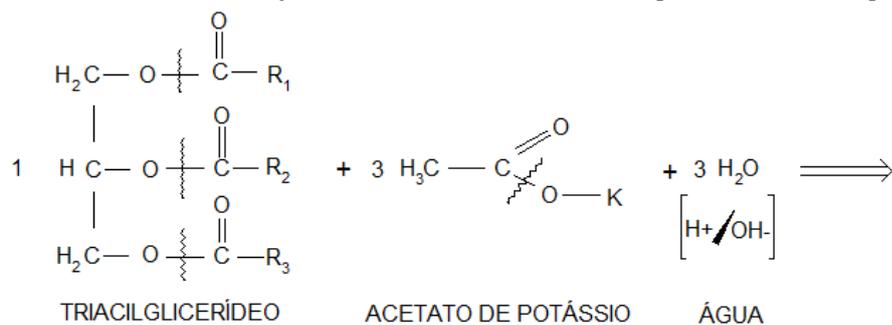
Figura 16 - reação entre um triéster e o acetato de potássio em meio aquoso



Fonte: do autor.

Na figura 16 está exemplificado como o agente extintor de pó químico úmido age quando em contato com o óleo ou gordura em combustão. Como o extintor classe K é composto de uma solução de acetato de potássio diluído em água, a reação consiste em uma molécula de triacilglicerídeo que interage estequiometricamente com três moléculas de acetato e mais três de água.

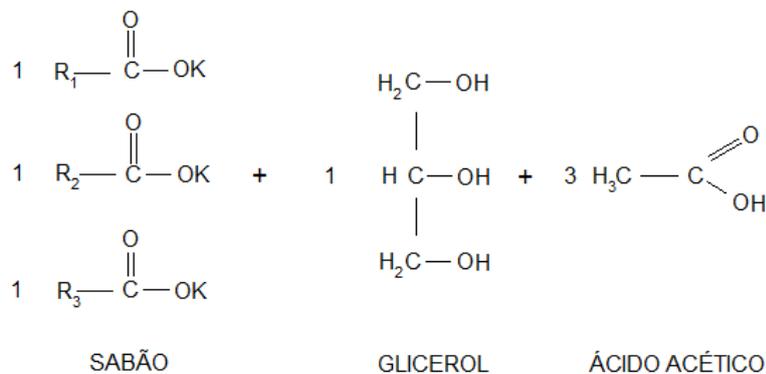
Figura 17 - mecanismo de reação entre um triéster e o acetato de potássio em meio aquoso



Fonte: do autor.

Os reagentes mostrados na figura 17, em que os radicais R1, R2 e R3 das moléculas do triéster de óleo proveniente da soja, geralmente os ácidos oléico, linoléico e linolênico, sofrem o ataque do íon  $[O^-K^+]$  proveniente do acetato, na parte em que a nuvem eletrônica polariza a molécula. Essa interação do potássio com o centro mais eletronegativo da molécula de triacilglicerídeo, quebra a ligação sigma do oxigênio com o carbono da carbonila, separando a molécula de glicerol das três moléculas de ácido carboxílico anexas. Lembrando que para ocorrer essa reação, precisa existir o meio aquoso para interagir os compostos entre si, de forma que em meio básico a reação de hidrólise fica bastante favorecida, otimizando o efeito de abafamento do agente extintor utilizado.

Figura 18 - produtos da reação entre um triéster e o acetato de potássio em meio aquoso



Fonte: do autor.

Os produtos da hidrólise alcalina que ocorreu entre o óleo e a solução de acetato de potássio são sais de ácidos graxos (sabão), glicerol e ácido acético. O glicerol por ter um peso molecular mais acentuado e contar com ligações intermoleculares mais fortes acaba ficando diluído no meio combustível. Diferentemente do triálcool, o ácido acético por ser mais volátil e que grande parte de suas moléculas não sofrem combustão no meio em que se encontram, acabam mudando de estado físico, sendo liberadas para a atmosfera sob a forma de vapor.

Os métodos de combate frente às faces do tetraedro do fogo determinam se o princípio de incêndio será debelado ou não, portanto, seguem as três formas que os extintores interferiram no desenvolvimento do fogo.

#### 4.3.1 Abafamento

Apesar de sódio e potássio pertencerem a mesma família da tabela periódica, a dos metais alcalinos, o potássio por ter peso molecular maior e uma estrutura eletrônica que interage com o ácido carboxílico formando uma estrutura cristalina mais organizada, produz uma espuma menos densa e mais viscosa, o que promove o efeito de abafamento mais consistente que o sódio (A QUÍMICA..., 2012).

Conforme citado no item 2.4.1, o bicarbonato de sódio precisa de ar úmido ou aquecimento para poder decompor-se e produzir dióxido de carbono e vapor d'água para isolar o comburente do combustível, entretanto o óleo por estar a uma temperatura muito elevada dificulta essa interação do pó com o meio por meio convectivo, em que os gases provenientes da combustão acabam não permitindo a deposição dos compostos provenientes do bicarbonato de sódio na superfície do líquido. Dessa forma, o princípio ativo do PQS ficou limitado no abafamento por meio da reação de saponificação, todavia, por se dispersar com facilidade no ar, o pó gera uma forma secundária de abafamento em que toda a área em que ocorre a combustão é preenchida pelo pó, o que provocou sua extinção num primeiro momento. Não obstante, essa característica é bastante limitada pela propriedade do óleo, que no menor contato com o oxigênio do ar, entrou novamente em combustão.

Já o acetato de potássio não possui a mesma singularidade do bicarbonato de sódio seco de se dissipar facilmente no ar. Em contra partida, seu efeito de abafamento é muito eficiente conforme mostrado nas figuras 16, 17 e 18, que mostram o mecanismo de saponificação do princípio ativo do extintor classe K com o óleo vegetal combustível. E esse sabão formado na superfície do líquido é muito rápido no combate as chamas, que quase instantaneamente se apagam na sua aplicação.

#### 4.3.2 Quebra da reação em cadeia

A própria reação de saponificação anula a reação em cadeia que ocorre nos óleos e graxas em combustão, pois o átomo de potássio que se desprende do acetato e transformasse num intermediário instável, acaba reagindo com o carbono mais eletronegativo da molécula de triacilglicerídeo, que nada mais é que a carbonila que é despreendida pelo mesmo composto quando em contato com o oxigênio em altas temperaturas, sofrendo a termo-oxidação, e liberando o monóxido e o dióxido de carbono. Dessa forma, o íon de potássio inibirá a reação em cadeia, pois a parte eletrofílica da molécula do óleo vegetal que sofre o ataque dos elétrons

do oxigênio do ar, tem mais afinidade eletrônica com o par de elétrons proveniente do intermediário formado pela quebra da molécula de acetato de potássio.

Como citado no item 2.4.1, o bicarbonato de sódio precisaria de um meio aquoso para reagir com a superfície do óleo quente. Porém, com as altas temperaturas presentes o que acontece é somente sua decomposição térmica, que efetua uma remoção dos radicais livres da reação de combustão bastante limitada estequiometricamente em comparação a uma possível reação de saponificação.

#### 4.3.3 Resfriamento

A solução de acetato de potássio em contato com os triacilglicerídeos do óleo, forma uma emulsão proveniente da saponificação do meio. Essa emulsão apresenta micelas em que os ácidos carboxílicos originários da quebra do triéster que formava o óleo, estão dispostos em sua superfície de modo que sua parte polar hidrofílica (afinidade com a água) fique organizada para facilitar o resfriamento, pois sua parte apolar lipofílica (afinidade com o óleo), facilitará a interação dos dois meios. Esse fato é imprescindível para a eficiente redução da temperatura do meio combustível analisado, pois a água que foi pulverizada sobre a superfície do meio conseguirá retirar com maior facilidade a energia térmica presente no óleo que está com uma agitação molecular elevada.

É nesse ponto que se distingue a eficiência do pó úmido em relação ao pó seco, pois o bicarbonato para liberar moléculas de água e dióxido de carbono, precisa decompor-se termicamente para absorver calor nessa reação, que confrontado com uma solução aquosa está muito aquém da capacidade de redução de temperatura do óleo. Para haver determinadas reações é preciso estar em meio aquoso, e é aí que os agentes extintores possuem uma ampla diferença, pois o pó seco não dispõe de meio líquido para liberar a própria água que ajudaria no resfriamento. Fato esse que não dificulta de nenhum modo a atuação do pó úmido, que como o próprio nome já diz, vem em meio aquoso, para reagir e resfriar o material combustível.

Assim, os testes realizados demonstraram a superioridade dos extintores de pó químico úmido para incêndios em fritadeiras, bem como a real existência da Classe K de incêndios. Os extintores do tipo pó químico seco, apesar de serem muito eficientes na classe B, falharam no combate a incêndios da classe K.

## 5 CONCLUSÃO

Para reduzir os danos causados por incêndios e extinguí-los é fato que se deve intervir na fase inicial do mesmo, o que pode significar o sucesso ou fracasso de todo estudo e dedicação de profissionais na área preventiva e operacional da corporação de bombeiros militares. Os métodos de combate a incêndio que existem atualmente agem sobre as faces do tetraedro do fogo, quais sejam, o abafamento, resfriamento, retirada do material combustível ou quebra da reação em cadeia de acordo com a classe dos combustíveis e sua eficiência conforme a situação requer.

A dinâmica dos incêndios segue características singulares, de acordo com o estado físico em que se encontra inicialmente o combustível, o tipo de transferência de calor predominante no local do sinistro, são fatores que determinarão como as pessoas irão agir num possível princípio de incêndio e nesse se encontra a importância de possuir um extintor adequado a cada classe de incêndio.

Incêndios envolvendo óleos e gorduras são diferentes dos demais líquidos inflamáveis que se está habituado a encontrar. Essa diferença como foi mostrada, reside na estrutura molecular que diferencia o comportamento químico e físico frente aos diversos tipos de agentes extintores usados no dia a dia.

A edição NFPA 10 dos padrões de extintores portáteis de 1998 e a "Underwriters Laboratories Inc." reconhecem que incêndios em fritadeiras industriais representam um caso particular e completamente diferente de outros tipos de incêndio, sendo muito mais difíceis de combater que outros tipos de incêndio envolvendo combustíveis líquidos. Em reconhecimento deste problema, uma nova classe de incêndio foi estabelecida, chamada de classe K. Os incêndios da classe B, na edição de 1998 da NFPA 10, foram definidos especificamente como incêndios em líquidos derivados de petróleo e solventes polares. Essa definição ficou assim configurada, pois os óleos de cozinha passaram a ser considerados uma classe especial de incêndio.

Dessa forma, analisou-se características intrínsecas dos princípios ativos dos agentes extintores classe B e classe K, hidrogenocarbonato de sódio e etanoato de potássio respectivamente, os quais possuem peculiaridades diferentes até no aspecto da espuma que produzem. O mecanismo de reação de saponificação é o que diferencia os princípios ativos, em que o pó seco por não ter meio aquoso acaba não produzindo espuma na quantidade suficiente e de característica que promova o abafamento adequado das chamas. Isto provoca uma limitação também no efeito de quebra da reação em cadeia do bicarbonato, que fica restrito a decomposição térmica do composto. Todos esses pontos negativos não existem no caso da solução aquosa de acetato de potássio, que reage de forma eficaz com o óleo ou gordura que está em combustão.

Conforme a NBR 9444, a NFPA 10 e a UL 711 que tratam de testes de extintores em líquidos combustíveis e na análise da eficiência do PQS versus o PQU, ficou evidente a grande eficiência do PQS em grandes áreas com líquidos provenientes do petróleo, enquanto que numa pequena área contendo óleo vegetal, se mostrou bastante limitado no combate, não obtendo êxito.

Uma fritadeira industrial em chamas pode, sem dúvidas, apresentar um grande problema de combate a incêndio. Conforme foi verificado até mesmo nos testes da empresa Amerex, a tentativa de extinguir as chamas de uma fritadeira industrial com uma grande carga de extintores de incêndio surtiu pouco efeito e pode além de não conseguir apagar, espalhar o fogo e tornar o combate ainda mais complicado.

O uso de extintores PQU em incêndios em cozinhas comprovou a sua eficácia e segurança na aplicação, e também vale relembrar que por mais que contenha uma solução de acetato de potássio que contém íons livres, o extintor pode ser utilizado em equipamentos energizados, pois é aplicado em forma de nuvem, o que provoca uma descontinuidade elétrica, não expondo o operador a riscos de choques elétricos. Porém, esse extintor não pode ser utilizado com os materiais da classe D, por conter uma solução aquosa de acetato de potássio, que pode reagir violentamente com os metais pirofóricos.

O grande desafio numa posterior implementação dos extintores classe K em cozinhas comerciais e industriais será normalizar a fabricação dos mesmos, efetuando os testes adequados para definir suas capacidades extintoras, bem como reduzir o custo de produção, que o torna oneroso demais em relação aos extintores classe B, chegando a ser 10 vezes mais caro. Entretanto, é indiscutível sua superioridade na extinção, que nos remete ao preço da segurança, que logicamente é incalculável.

Um estudo posterior nessa área de combate a incêndios classe K seria comparar a eficiência de extintores à base de espuma com os já tratados neste trabalho. Pode-se encorpar o conteúdo de uma futura pesquisa tornando-a experimental, de forma que seja possível fazer uma parceria com as empresas que o produzem ou prosseguem na intermediação de empresas que o fabricam no exterior, apesar de saber-se que os preços dos extintores de pó químico umedecido são ainda muito caros em relação aos demais.

No decorrer do trabalho ficou evidente a importância de separarmos a classe K da classe B, pois além da ineficácia de extintores classe B em óleos e gorduras comprovado nos testes analisados, a fundamentação teórica diferenciou de forma bastante clara os princípios ativos. Tal afirmação está embasada na idéia de que os hidrocarbonetos e solventes polares da classe B não sofrem as mesmas reações que os triacilgliceróis da classe K, como por exemplo a transesterificação, quebra das ligações duplas presentes nos ácidos graxos bem como outras

interações intermoleculares que promovem a auto-ignição e reignição dos óleos e gorduras. Assim fica elucidado o porquê de ocorrerem fenômenos diferenciados nesses compostos.

O CBMSC, instituição que prima pelo constante aperfeiçoamento e qualificação de seus profissionais em busca do cumprimento da missão de salvar vidas e bens alheios, deve acima de tudo, saber diferenciar um incêndio proveniente de compostos derivados de petróleo e óleos vegetais, bem como gorduras animais, pois é somente com o estudo e interesse em desenvolver e disseminar conhecimento que a instituição poderá aperfeiçoar o serviço e tornar as cozinhas industriais, um ambiente mais seguro, e que o seu bombeiro quando deparar-se com ocorrências neste local envolvendo óleos e gorduras, fato que não é raro, possa saber com o que está lidando e o que pode fazer para melhor combater tal incêndio.

Enquanto bombeiros, quando nos deparamos com um incêndio classe C (materiais energizados), conforme treinamento que advém da academia e é convenção de todas as corporações, desligamos a eletricidade e tratamos o mesmo incêndio como de classe A (materiais sólidos). Todavia, o mesmo não ocorre quando abordamos uma situação de incêndio classe K, pois quando tentarmos efetuar o combate com os métodos destinados à classe B, sentiremos na própria pele o peso da impotência do agente extintor que ali nos é disponibilizado. Tal comparação não é uma extrapolação da realidade, pois a lei que rege a Química que nos diz que um éster possui uma infinidade de diferenças de um hidrocarboneto, é a mesma lei que rege a Física que nos diz que um material energizado é muito diferente de um material que não conduz energia elétrica no momento do combate.

Assim, acaso num futuro próximo houver a implementação desses equipamentos como item obrigatório em cozinhas comerciais/industriais e o serviço de atividades técnicas do Corpo de Bombeiros Militar então, através das estatísticas registradas dos incêndios no estado, avaliar o quanto um extintor específico para esse ambiente foi útil, e que, se pelo menos uma vida tenha sido salva, já bastará para justificar qualquer tempo, dinheiro ou estudo dispensado nesse tema.

## REFERÊNCIAS

- A QUÍMICA e os sentidos I: paladar e olfato. Disponível em: <[http://200.156.70.12/sme/cursos/EQU/EQ18/modulo1/aula0/08\\_vinagre/08\\_saboes\\_e\\_detergentes.htm](http://200.156.70.12/sme/cursos/EQU/EQ18/modulo1/aula0/08_vinagre/08_saboes_e_detergentes.htm)>. Acesso em: 07 abr 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12693**: sistemas de proteção por extintores de incêndio. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12962**: instalação, manutenção e recarga em extintores de incêndio. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9444**: extintor de incêndio classe B - ensaio de fogo em líquido inflamável. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9695**: pó para extinção de incêndio. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10721**: extintores de incêndio com carga de pó. Rio de Janeiro, 2005.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. **Portaria n.º 337**, de 29 de agosto de 2007. Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade para Fabricação ou Importação de Extintores de Incêndio. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001188.pdf>>. Acesso em: 26 jan 2012.
- BUDA-ORTINS, Krystyna. **Auto-Ignition of Cooking Oils**. EUA, 2011. Disponível em: <<http://drum.lib.umd.edu/handle/1903/11333>>. Acesso em: 12 fev 2012.
- CLASS K fire extinguishers vs other agents. Produção de Amerex Corporation. EUA, 1994. (9 min). Disponível em: <[http://www.youtube.com/watch?v=X4GPxV\\_2vV0](http://www.youtube.com/watch?v=X4GPxV_2vV0)>. Acesso em: 13 abr 2011.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Manual básico de combate a incêndio**. Brasília, 2006. 715 p.
- DEL CARLO, Ualfrido; ALMIRON, Hector Abel; PEREIRA, Waldir. Sistemas de proteção por extintores portáteis de incêndio. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 223-231.
- DRYSDALE, Dougal. **Introduction to fire dynamics**. 2. ed. Inglaterra: Wiley, 1998. Disponível em: <<http://ebooksear.ch/dougal-drysdale-an-introduction-to-fire-dynamics-2nd-edition-276821.html>>. Acesso em: 12 fev 2012.
- FARIAS, Florence Cordeiro de. **Mecanismos das reações**. Disponível em: <[http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL\\_mecanismos\\_das\\_reacoes.pdf](http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_mecanismos_das_reacoes.pdf)>. Acesso em: 11 abr 2012.

FRANCO, Dalton Sebastião. **Química**: volume 3. São Paulo: FTD, 2009a. 399 p.

FRANCO, Dalton Sebastião. **Química**: volume 1. São Paulo: FTD, 2009b. 383 p.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. Porto Alegre: Atlas, 2005. 214 p.

MAIA, Alessandra de Souza; OSORIO, Viktoria Klara Lakatos. Decomposição térmica do bicarbonato de sódio: do processo Solvay ao diagrama tipo Ellingham. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 26, n. 4, Aug. 2003. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000400026&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000400026&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 12 abr 2012.

MORETTO, Eliane; FETT, Roseane. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998. 150 p.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 17A**: Standard for wet chemical extinguishing systems. EUA, 1998a. Disponível em:

<<http://www.nfpa.org/assets/files/PDF/CodesStandards/TIAErrataFI/FI10.pdf>>. Acesso em: 18 abr 2011.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 10**: Fire Extinguishers. EUA, 1998b. Disponível em: <<http://www.nfpa.org/assets/files/PDF/ROP/10-F2005-ROP.pdf>>.

Acesso em: 18 abr 2011.

OLIVEIRA, Marcos de. **Estudo sobre incêndios de progresso rápido**. 2005. 88 f. Monografia (Especialização em Planejamento e Gestão em Defesa Civil) – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres Naturais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PROTEGE. **Extintor para cozinhas**: Classe K. São Paulo, 2006. Disponível em:

<<http://www.protege.ind.br/download/Ficha%20tecnica%20Classe%20K.pdf>>. Acesso em: 23 abr 2011.

REDA, Seme Youssef. **Estudo comparativo de óleos vegetais submetidos a estresse térmico**. 2004. 153 f. Dissertação (Mestrado em Análise Tecnológica de Matérias-Primas) – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004.

SEITO, Alexandre Itiu. Fundamentos de fogo e incêndio. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **Segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 35-54.

UTIMURA, Teruko Yamamoto; LINGUANOTO, Maria. **Química Fundamental**. São Paulo: FTD, 1998. 592 p.

ZURICH BRASIL. **Extintores de incêndio**. Risco: Prevenção e controle, São Paulo, Edição digital, n. 16, 2007. Disponível em: <<http://www.zurich.com.br/Riscos/Risco16.pdf>>. Acesso em: 13 abr 2011.