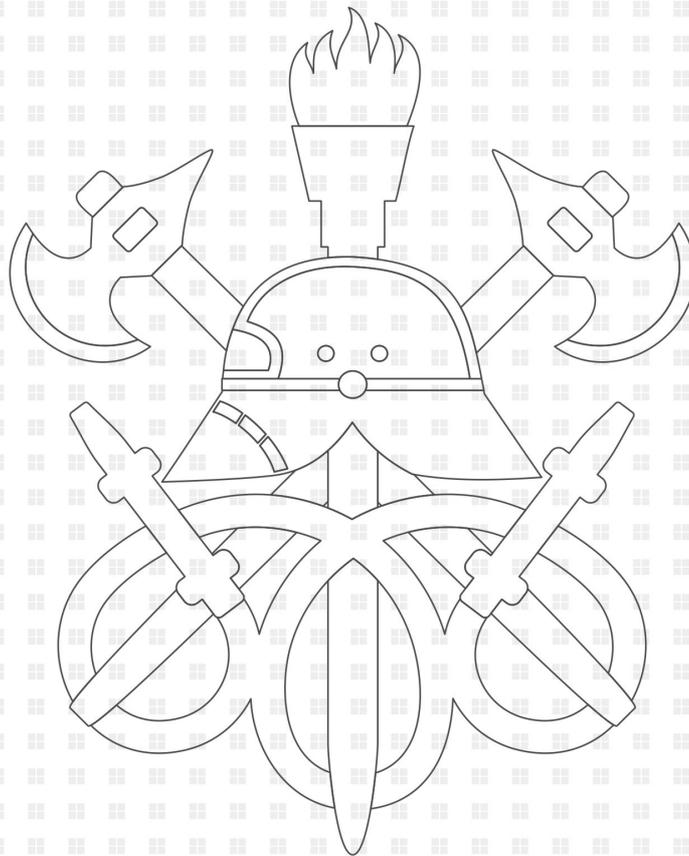




GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA E DEFESA SOCIAL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR



CURSO DE FORMAÇÃO DE BOMBEIRO PROFISSIONAL CIVIL



PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO

ORGANIZADOR: CAP BENÍCIO FERRARI JÚNIOR



www.cb.es.gov.br

SUMÁRIO

1. TEORIA DO FOGO.....	02
1.1 CALOR.....	05
1.2 COMBUSTÍVEL.....	12
1.3 COMBURENTE.....	18
1.4 REAÇÃO EM CADEIA	20
1.5 PONTOS DE TEMPERATURA	21
1.6 TIPOS DE COMBUSTÃO.....	22
1.7 PRODUTOS DA COMBUSTÃO E SEUS EFEITOS.....	26
2. MÉTODOS DE EXTINÇÃO DO FOGO.....	32
2.1 RETIRADA DO MATERIAL.....	32
2.2 RESFRIAMENTO.....	32
2.3 ABAFAMENTO.....	33
2.4 QUEBRA DA REAÇÃO EM CADEIA.....	33
3. AGENTES EXTINTORES.....	34
4. INCÊNDIO.....	38
4.1 CLASSES DE INCÊNDIO.....	38
4.2 DESENVOLVIMENTO DOS INCÊNDIOS EM COMPARTIMENTO....	42
5. APARELHOS EXTINTORES.....	53
6. MATERIAL HIDRÁULICO.....	62
7. ÁGUA e ESPUMA.....	76
8. FASES DO SOCORRO.....	90
9. TÉCNICAS DE COMBATE A INCÊNDIO.....	101
10. VENTILAÇÃO.....	127
11. REFERÊNCIAS.....	134

1. TEORIA DO FOGO

Para prevenir e combater incêndios de modo eficiente é necessário entender o “funcionamento do incêndio”. As bases teóricas sobre como ocorrem e como se comportam o fogo e o incêndio são indispensáveis para podermos entender e dominar as técnicas de combate e prevenção.

Inicialmente convém diferenciar incêndio de fogo. Incêndio não é sinônimo de fogo, ou então, em cada churrasqueira, teríamos um incêndio. Então qual é a diferença? O que difere as chamas em uma churrasqueira das chamas em um incêndio é o controle sobre elas. Na churrasqueira o fogo está controlado, em um incêndio não. Assim, podemos definir incêndio como fogo fora de controle.

E fogo? Como definir fogo?

Sabe-se que há muito o homem faz uso do fogo, no entanto, apenas em tempos mais recentes começamos a entender a dinâmica do fogo, que também é chamado de combustão. Arquimedes já havia escrito sobre o fogo na Grécia antiga, mas apenas no Séc. XVIII, o cientista francês, Antoine Lawrence **Lavoisier**, descobriu as bases científicas do fogo.

A principal experiência que lançou os fundamentos da ciência do fogo consistiu em colocar uma certa quantidade de mercúrio (Hg - o único metal que normalmente já é líquido) dentro de um recipiente fechado, aquecendo-o. Quando a temperatura chegou a 300°C, ao observar o interior do frasco, Lavoisier encontrou um pó vermelho que pesava mais que o líquido original. O cientista notou, ainda, que a quantidade de ar que havia no recipiente havia diminuído em 20%, e que o ar restante no recipiente possuía o poder de apagar qualquer chama e matar. Lavoisier concluiu que o mercúrio, ao se aquecer, “absorveu” a parte do ar que nos permite respirar (essa mesma parte que faz um combustível queimar: o oxigênio). Os 80% restantes eram nitrogênio (gás que não queima), e o pó vermelho era o óxido de mercúrio. Houve o consumo de oxigênio (pela alteração nas propriedades do ar) e a formação de nova substância (o pó vermelho). Lavoisier estudava a conservação de massas em uma reação, mas, de seu experimento foi possível entender que, com o aquecimento, ocorreu uma reação química entre mercúrio e ar.

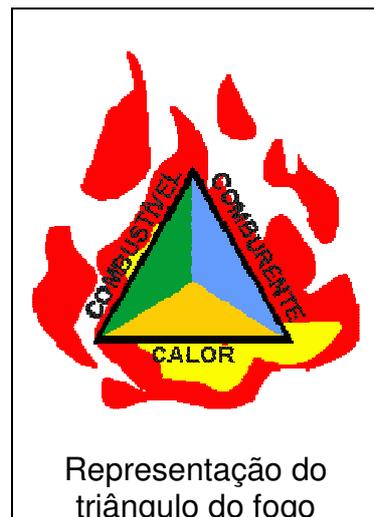
Mesmo com os estudos modernos, ainda não se conseguiu elaborar uma definição universal, completa e definitiva do que seja fogo, entretanto mesmo sem conseguir defini-lo, é possível explicá-lo.

A combustão (ou fogo) é uma **reação química** na qual um material **combustível reage** com um oxidante, chamado de comburente e que normalmente é o **oxigênio**, **produzindo energia** na forma de calor e, muitas vezes, luz. Essa reação **depende de uma energia de ativação** para que se inicie e, após iniciada, prossegue de forma **autossustentável**.

Da breve explicação, vê-se que para iniciar a combustão, são necessários:

- Combustível;
- Comburente;
- Energia.

A união desses três elementos forma o **TRIÂNGULO DO FOGO**, que é uma forma didática de representarmos os **requisitos da combustão**, ou seja, o que é necessário para ela iniciar.



É fácil entender porque são necessários combustível e comburente. A energia de ativação requer uma explanação mais detalhada de porque ela é necessária.

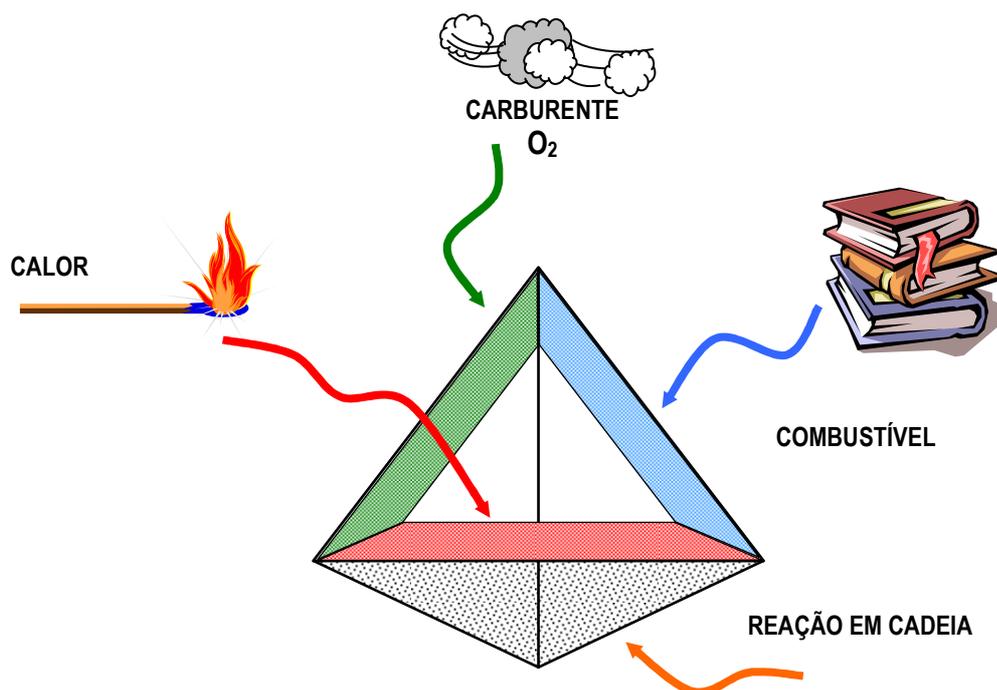
Na prática é fácil entender que os combustíveis não reagem automaticamente com o oxigênio, via de regra. Vemos madeira, papel, tecido e até álcool em contato com o ar sem que queimem. Mas se aproximarmos uma chama, a reação pode começar rapidamente.

O que ocorre é que as moléculas dos combustíveis estão estáveis e não reagirão com o oxigênio. É necessário forçá-las a sair de seu estado. Quando aquecemos um corpo, aumentamos a vibração das moléculas e, com isso, muitas conseguem se desprender deixando sua situação estável e passando a estar ávidas por reagirem para estar novamente estáveis e então reagem com o oxigênio começando a queima. Essas moléculas que se desprendem de um combustível é que reagem com o oxigênio e não as que permanecem no corpo. Essa “quebra” do combustível em partes menores é chamada de termólise (quebra pela temperatura) ou pirólise (quebra pelo fogo) e, pelo fato dessa “quebra” ser necessária é que a energia de ativação é um requisito para que se inicie a combustão, pois é essa energia que produz a quebra para que ocorra a reação.

Depois que a combustão se inicia, a fonte inicial de energia pode ser retirada. Depois de acendermos uma fogueira, podemos apagar o fósforo que a acendeu. Por quê? Isso ocorre pelo fato de que, uma vez iniciada, surge a **reação em cadeia**, ou seja, a queima das moléculas que se desprendem gera calor suficiente para quebrar o combustível e desprender mais moléculas em quantidade suficiente para continuar a reagir com o oxigênio, gerando mais calor e assim por diante. Daí dizer-se que a combustão é uma reação autossustentável, pois ela, uma vez iniciada, produz a energia necessária para que continue ocorrendo.

Assim, uma vez iniciada a reação, além dos três requisitos do triângulo do fogo, a reação em cadeia deve ser acrescida como elemento da combustão. Disso surge a representação dos **elementos da combustão** pelo **TETRAEDRO DO FOGO**.

TETRAEDRO DO FOGO



O Tetraedro foi escolhido ao invés de um quadrilátero pelo fato de que no tetraedro, cada um dos lados (faces) está ligado a todos os outros, assim como os elementos da combustão.

Embora na maioria dos manuais em que o tetraedro apareça o *triângulo do fogo* tenha desaparecido, entendemos que ele ainda é útil. A teoria do tetraedro não suplanta a triângulo. Enquanto que o *Tetraedro* representa os elementos da combustão, o *Triângulo* representa seus requisitos.

Resumindo: para que a combustão inicie-se (requisitos) são necessários 3 componentes: calor, comburente e combustível (triângulo do fogo). Quando ela surge, podemos constatar a presença de 4 componentes (elementos): os três anteriores acrescidos da reação em cadeia.

Interessante também é diferenciar combustão, ou fogo, de chama. A combustão libera energia na forma de calor, que retroalimenta a reação, e na forma de luz, que pode ser incandescência do material (brasas) ou na formação da chama, que nada mais é do que a ionização dos gases em combustão pelo calor produzido, liberando parte da energia na forma de luz.

Passemos agora ao estudo de cada um dos **elementos da combustão**.

1.1 CALOR

O calor, antigamente conhecido como agente ígneo, é o componente energético do tetraedro do fogo e será o elemento responsável pelo início da combustão.

Tradicionalmente o calor é apresentado como “Forma de energia que eleva a temperatura, gerada da transformação de outra energia, através de processo físico ou químico.”¹

Diz-se ainda dele que “pode ser descrito como uma condição da matéria em movimento, isto é, movimentação ou vibração das moléculas que compõem a matéria. As moléculas estão constantemente em movimento. Quando um corpo é aquecido, a velocidade da vibração das moléculas aumenta e o calor (demonstrado pela variação da temperatura) também aumenta”. Quanto mais se aquece um corpo, mas as moléculas vibram.

Calor, tecnicamente falando, é energia em trânsito. Quando um sistema troca energia térmica com outro sistema, por exemplo, dois objetos em temperaturas diferentes em contato, o calor se manifesta na transferência dessa energia.

De modo simplificado, trataremos o calor como sinônimo da energia térmica.

O calor (energia térmica) é, na verdade, energia cinética, haja vista que se trata da energia de movimentação das moléculas. Essa energia é transferida sempre de um corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, até existir equilíbrio térmico. Unidades de medida: Caloria (Cal), BTU (*British Thermal Unit* – unidade térmica britânica), Joule (J).

Por sua vez, temperatura é uma grandeza primitiva e, por essa razão, não pode ser definida. Em termos práticos, podemos considerar a Temperatura de um corpo como sendo a medida do grau de agitação de suas moléculas. Esse grau de agitação é medido nas Escalas: Celsius (°C), Kelvin (K), Fahrenheit (°F) e Rankine (R)

Calor é o elemento que causa a vaporização do combustível líquido e a termólise do combustível sólido, sendo responsável por manter a temperatura da reação, que, durante a combustão, continuará havendo a liberação de mais calor. Como dito anteriormente, na maior parte dos combustíveis há uma mudança de estado para o gasoso antes de inflamar-se. Nos combustíveis gasosos, isso não ocorre, pois já estão em condições de alcançarem a ignição. Ao receber calor, o combustível se aquece, ou seja, suas moléculas vibram mais. Com isso elas se desprendem mais facilmente e reagem mais facilmente com o Oxigênio. Por isso, é de extrema importância o controle da temperatura em ambientes de incêndio.

O calor é gerado pela transformação de outras formas de energia, quais sejam:

- **energia química** (a quantidade de calor gerado pelo processo de combustão);
- **energia elétrica** (o calor gerado pela passagem de eletricidade através de um condutor, como um fio elétrico ou um aparelho eletrodoméstico,);
- **energia mecânica** (o calor gerado pelo atrito de dois corpos);
- **energia nuclear** (o calor gerado pela fissão (quebra) do núcleo de átomo).

¹ Assim encontrado em vários manuais.

Importante não confundir CALOR com CHAMA. Uma fonte de calor pode ser qualquer elemento que faça com que o combustível sólido ou líquido desprenda gases combustíveis e venha a se inflamar. Não necessariamente uma chama. Pode ser uma superfície aquecida, uma faísca (proveniente de atrito), fagulha (pequena sobra de material incandescente), centelha (de arco elétrico)

Efeitos Do Calor

O calor é uma forma de energia que produz efeitos físicos e químicos nos corpos e efeitos fisiológicos nos seres vivos. Em consequência do aumento de intensidade do calor, os corpos apresentarão sucessivas modificações, inicialmente físicas e depois químicas.

Por exemplo, ao aquecermos um pedaço de ferro, este, inicialmente, aumenta sua temperatura e, a seguir, o seu volume. Mantido o processo de aquecimento, o ferro muda de cor, perde a forma, até atingir o seu ponto de fusão, quando se transforma de sólido em líquido. Sendo ainda aquecido, gaseifica-se e queima em contato com o oxigênio, transformando-se em outra substância.

Elevação da temperatura

Este fenômeno se desenvolve com maior rapidez nos corpos considerados bons condutores de calor, como os metais; e, mais vagarosamente, nos corpos tidos como maus condutores de calor, como por exemplo, o amianto. Por ser mau condutor de calor, o amianto era utilizado na confecção de materiais de combate a incêndio, como roupas, capas e luvas de proteção ao calor (o amianto vem sendo substituído por outros materiais, por apresentar características cancerígenas).

O conhecimento sobre a condutibilidade de calor dos diversos materiais é de grande valia na prevenção de incêndio. Aprendemos que materiais combustíveis nunca devem permanecer em contato com corpos bons condutores, sujeitos a uma fonte de aquecimento.

Aumento de volume

Todos os corpos – sólidos, líquidos ou gasosos – se dilatam e se contraem conforme o aumento ou diminuição da temperatura. A atuação do calor não se faz de maneira igual sobre todos os materiais. Alguns problemas podem decorrer dessa diferença. Imaginemos, por exemplo, uma viga de concreto de 10m exposta a uma variação de temperatura de 700 °C. A essa variação, o ferro, dentro da viga, aumentará seu comprimento cerca de 84mm, e o concreto, 42mm.

Com isso, o ferro tende a deslocar-se no concreto, que perde a capacidade de sustentação, enquanto que a viga “empurra” toda a estrutura que sustenta em, pelo menos, 42 mm, provocando danos estruturais.

Os materiais não resistem a variações bruscas de temperatura. Por exemplo, ao jogarmos água em um corpo superaquecido, este se contrai de forma rápida e desigual, o que lhe causa rompimentos e danos. Pode ocorrer um enfraquecimento deste corpo, chegando

até a um colapso, isto é, há o surgimento de grandes rupturas internas que fazem com que o material não mais se sustente. Mudanças bruscas de temperatura, como as relatadas acima, são causas comuns de desabamentos de estruturas.

A dilatação dos líquidos também pode produzir situações perigosas, provocando transbordamento de vasilhas, rupturas de vasos contendo produtos perigosos, etc.

A dilatação dos gases provocada por aquecimento acarreta risco de explosões físicas, pois, ao serem aquecidos até 273 °C, os gases duplicam de volume; a 546 °C o seu volume é triplicado, e assim sucessivamente.

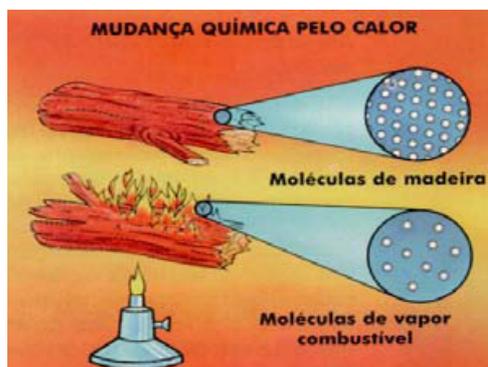
Sob a ação de calor, os gases liquefeitos comprimidos aumentam a pressão no interior dos vasos que os contêm, pois não têm para onde se expandir. Se o aumento de temperatura não cessar, ou se não houver dispositivos de segurança que permitam escape dos gases, pode ocorrer uma explosão, provocada pela ruptura das paredes do vaso e pela violenta expansão dos gases. Os vapores de líquidos (inflamáveis ou não) se comportam como os gases.

Mudança no estado físico

Com o aumento do calor, os corpos tendem a mudar seu estado físico: alguns sólidos transformam-se em líquidos (liquefação), líquidos se transformam em gases (gaseificação) e há sólidos que se transformam diretamente em gases (sublimação). Isso se deve ao fato de que o calor faz com que haja maior espaço entre as moléculas e estas, separando-se, mudam o estado físico da matéria. No gelo, as moléculas vibram pouco e estão bem juntas; com o calor, elas adquirem velocidade e maior espaçamento, transformando um sólido (gelo) em um líquido (água).

Mudança no estado químico

Mudança química é aquela em que ocorre a transformação de uma substância em outra. A madeira, quando aquecida, não libera moléculas de madeira em forma de gases, e sim outros gases, diferentes, em sua composição, das moléculas originais de madeira. Essas moléculas são menores e mais simples, por isso têm grande capacidade de combinar com outras moléculas, as de oxigênio, por exemplo. Podem produzir também gases venenosos ou explosões.



Um exemplo bem simples é a desnaturação de proteínas que ocorre quando se prepara uma carne. A carne assada ou frita é bem diferente da carne crua em termos de textura,

odor e sabor. Quimicamente ela é diferente da carne crua e as alterações químicas que causaram a diferença foram provocadas pelo calor.

Efeitos fisiológicos

O calor é a causa direta da queima e de outras formas de danos pessoais. Danos causados pelo calor incluem desidratação, intermação, fadiga e problemas para o aparelho respiratório, além de queimaduras (1º, 2º e 3º graus), que nos casos mais graves podem levar até a morte.

O esforço físico em ambiente de elevada temperatura provoca um desgaste muito grande. O ritmo cardio-respiratório rapidamente se eleva muito. Ocorre também grande perda de líquidos pela transpiração o que gera desidratação e auxilia a causar exaustão.

Por vezes o mecanismo corporal de regulação térmica, na tentativa de manter normal a temperatura do organismo, não suporta a sobrecarga e falha. Então, ocorre algo similar à *insolação* (falha do mecanismo de regulação térmica provocada pela longa exposição ao sol). Ocorre a **intermação**, que é a falha do mecanismo de regulação térmica provocada pela sobrecarga do mecanismo de regulação térmica decorrente de longa exposição a altas temperaturas. Com a falha do sistema de “arrefecimento” corporal, a temperatura do corpo pode subir perigosamente e acarretar na morte da pessoa.

As queimaduras de vias aéreas superiores também são letais. Respirar fumaça e gases superaquecidos pode queimar a mucosa das vias aéreas superiores causando inchaço e obstrução, o que causa a morte por asfixia.

Transmissão do Calor

O calor de objetos com maior temperatura é transferido para aqueles com temperatura mais baixa, levando ao equilíbrio térmico e causando o surgimento do fogo nos materiais que necessitem de uma quantidade menor de calor, do que aquela que está sendo transferida.

A transferência de calor de um corpo para outro ou entre áreas diferentes de um mesmo corpo será influenciada:

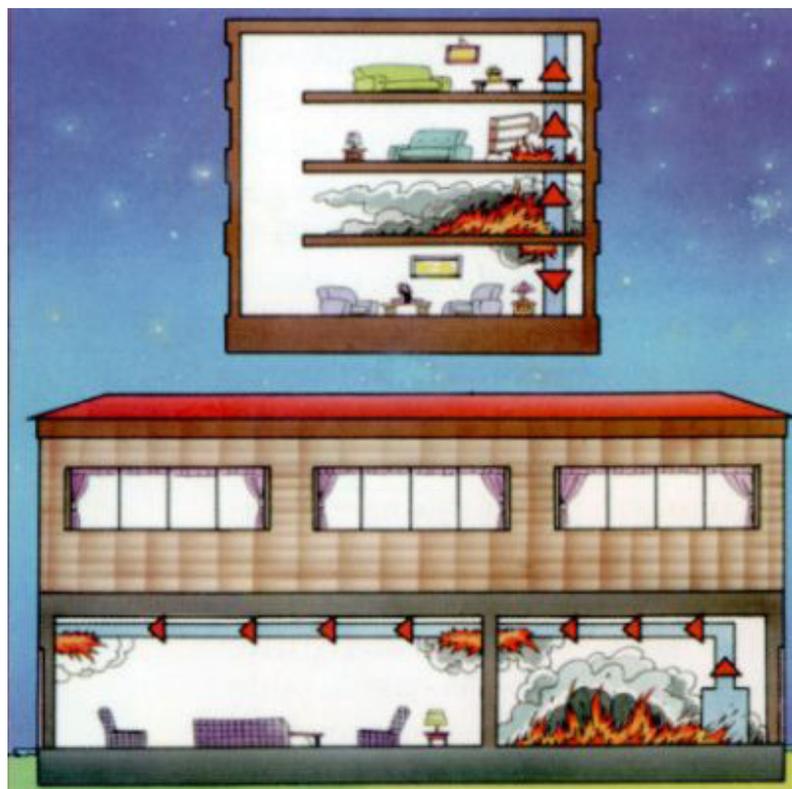
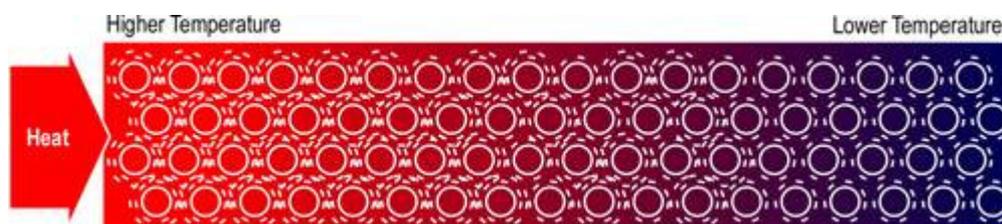
- Pelo tipo de material combustível que está sendo aquecido;
- Pela capacidade do material combustível de reter calor; e
- Pela distância da fonte de calor até o material combustível.

O calor pode se propagar de três diferentes maneiras: condução, convecção e irradiação. Como tudo na natureza tende ao equilíbrio, A energia é transferida de objetos com mais energia para aqueles com menos energia. O mais frio de dois objetos absorverá calor até que esteja com a mesma quantidade de energia do outro, o que não significa uma média aritmética de temperaturas, pois a quantidade de energia considera, além da temperatura, fatores como capacidade térmica e massa de cada corpo.

CONDUÇÃO

Condução é a transferência de calor através de um corpo sólido, de molécula a molécula. Colocando-se, por exemplo, a extremidade de uma barra de ferro próxima a uma fonte de calor, as moléculas desta extremidade absorverão calor; elas vibrarão mais vigorosamente e se chocarão com as moléculas vizinhas, transferindo-lhes calor. Essas moléculas vizinhas, por sua vez, passarão adiante a energia calorífica, de modo que o calor será conduzido ao longo da barra para a extremidade fria. Na condução, o calor passa de molécula a molécula, mas nenhuma molécula é transportada com o calor. Vê-se que, para a propagação de calor por condução, são necessários: matéria e contato.

É a transmissão de calor que ocorre através de molécula para molécula, através do movimento vibratório das moléculas, transmitindo energia para todo o corpo. Quando dois ou mais corpos estiverem em contato, o calor é transmitido através deles como se fosse um só corpo.



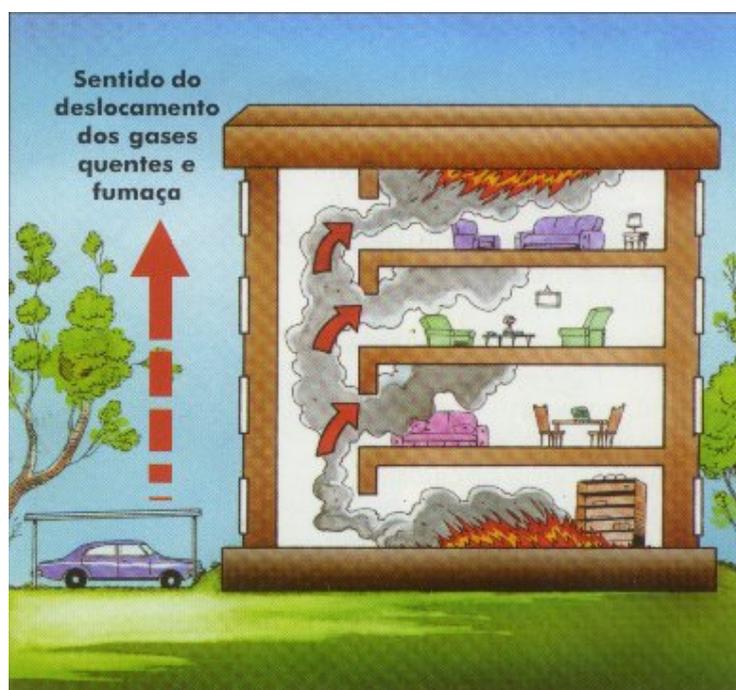
CONVECÇÃO

A convecção é a transmissão de calor pelo deslocamento de fluídos (gases ou líquidos).

O aquecimento de parte de um fluído altera sua densidade que fica menor, pois aumenta o espaço entre as moléculas. Quando a densidade é alterada, a parte menos densa (“mais leve”) sobe e se afasta da fonte de calor. Isso gera uma baixa pressão próximo à fonte de calor, assim, mais fluído vai em direção à fonte de calor – para o espaço não ficar vazio – e absorve mais calor também se deslocando. Quando o fluído se desloca, ele leva com ele o calor propagando-o.

Quando a água é aquecida num recipiente de vidro, pode-se observar um movimento, dentro do próprio líquido, de baixo para cima. À medida que a água é aquecida, ela se expande e fica menos densa (mais leve) provocando um movimento para cima. Da mesma forma, o ar aquecido se expande e tende a subir para as partes mais altas do ambiente, enquanto o ar frio toma lugar nos níveis mais baixos. Em incêndios em edifícios, essa é a principal forma de propagação de calor para andares superiores, quando os gases aquecidos encontram caminho através de escadas, poços de elevadores, etc.

As massas de ar que se deslocam do local do fogo levam calor suficiente para aumentar a temperatura em outros locais, podendo incendiar corpos combustíveis, com os quais entrem em contato.



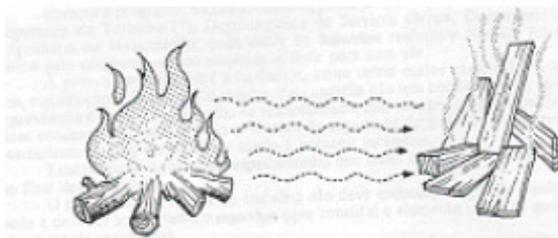
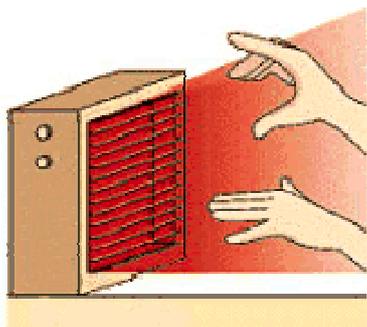
IRRADIAÇÃO

É a transmissão de calor por meio de ondas eletromagnéticas e raios que se propagam através do espaço vazio, não necessitando de continuidade molecular entre a fonte e o corpo que recebe o calor.

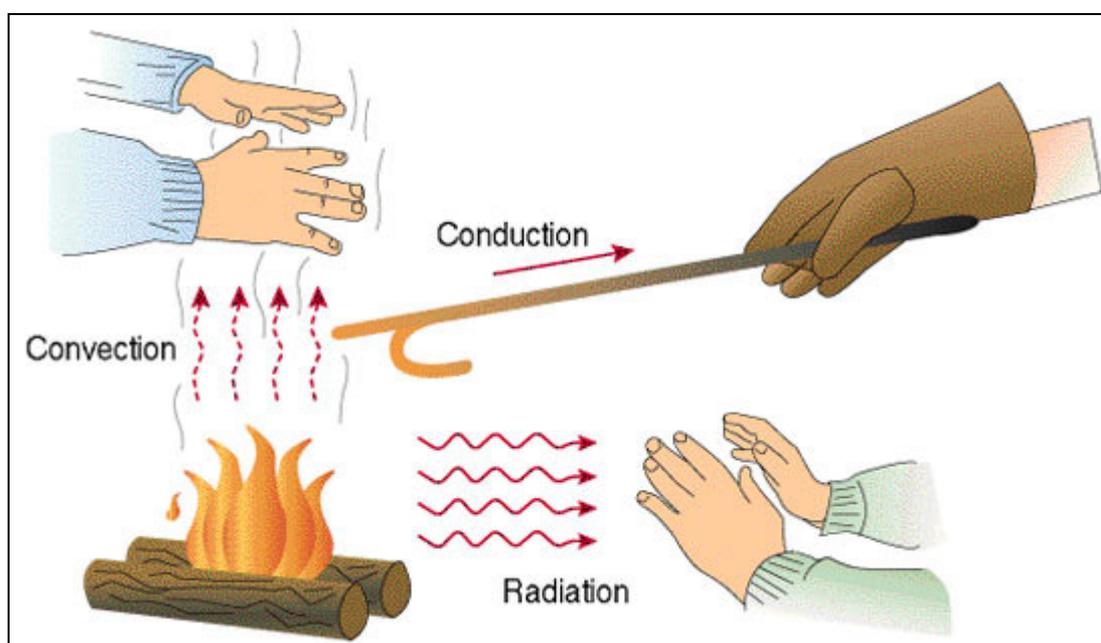
As ondas de calor propagam-se em todas as direções, e a intensidade com que os corpos

são atingidos aumenta ou diminui à medida que estão mais próximos ou mais afastados da fonte de calor. Isso deve ao fato de que as moléculas do ar absorvem parte do calor irradiado fazendo com que a propagação perca força com a distância.

Um corpo mais aquecido emite ondas de energia calorífica para outro mais frio até que ambos tenham a mesma temperatura. O bombeiro deve estar atento aos materiais ao redor de uma fonte que irradie calor para protegê-los, a fim de que não ocorram novos incêndios.



Abaixo, uma figura ilustrativa das diferentes formas de propagação de calor.



1.2 COMBUSTÍVEL

É toda a substância capaz de queimar e alimentar a combustão, ou seja, capaz de reagir com o oxigênio. É o elemento que serve de campo de propagação para o fogo.

Os materiais combustíveis maus condutores de calor, madeira e papel, por exemplo, queimam com mais facilidade que os materiais bons condutores de calor – como os metais. Esse fato se deve à acumulação de calor em uma pequena zona, no caso dos materiais maus condutores, fazendo com que a temperatura local se eleve mais facilmente, já nos bons condutores, o calor é distribuído por todo material, fazendo com que a temperatura se eleve mais lentamente.

Quanto ao seu estado físico, os combustíveis classificam-se em:

- Sólido (exemplo: madeira, papel, tecido, carvão, pólvora, etc.).
- Líquido (exemplo: gasolina, álcool, querosene, óleos, tintas, etc.).
- Gasoso (exemplo: metano, etileno, gás liquefeito de petróleo, etc.).

A grande maioria dos combustíveis precisa passar pelo estado gasoso para, então, combinar com o oxigênio, uma vez que não são as moléculas presas no corpo do material que reagirão com o oxigênio, mas sim as que estiverem livres. A inflamabilidade um combustível depende da facilidade com que libera moléculas (vapores), da afinidade dessas moléculas para combinarem com oxigênio sob a ação do calor e da sua fragmentação (área de contato com o oxigênio).

Como os combustíveis são o campo de propagação das chamas, a forma como estão dispostos também afeta o desenvolvimento e a velocidade com que um incêndio se propaga.

Outro ponto sobre os combustíveis é a diferença entre combustível e inflamável. Apesar de todo material inflamável ser combustível, nem todo combustível é inflamável. Ser combustível significa ser capaz de reagir com o oxigênio diante de uma quantidade de energia, o que faz com que a maioria dos materiais seja considerada combustível. Ser inflamável significa ser capaz, à temperatura ambiente (20° C) liberar vapores em quantidade capaz de sustentar uma combustão, ou seja, são inflamáveis os materiais que, à temperatura ambiente, estão acima do ponto de combustão (conceito que será tratado mais adiante).

De modo simples, nesse ponto de nosso estudo, podemos dizer que inflamáveis são os materiais que “pegam fogo” facilmente e combustíveis são os que conseguem queimar.

Em alguns manuais, combustíveis são considerados os materiais que queimam abaixo de determinada temperatura (normalmente consideram 1000°C). Isso deixa muitos materiais de fora da lista de combustíveis. Esse posicionamento não nos parece o mais apropriada quando estudamos incêndios estruturais, haja vista que um incêndio urbano comum em um cômodo ordinário, facilmente atinge mais de 1000°C.

Combustíveis Sólidos

Os combustíveis sólidos, ao contrário do que pode parecer, via de regra não queimam diretamente no estado sólido. Para que possa ocorrer a combustão é necessário que

moléculas se desprendam e fiquem disponíveis para reagir com o oxigênio. A energia de ativação, o calor, é que “quebra” o combustível liberando moléculas que se desprendem sob a forma de vapor. Esse processo de queima é chamado de **pirólise** ou **termólise**.

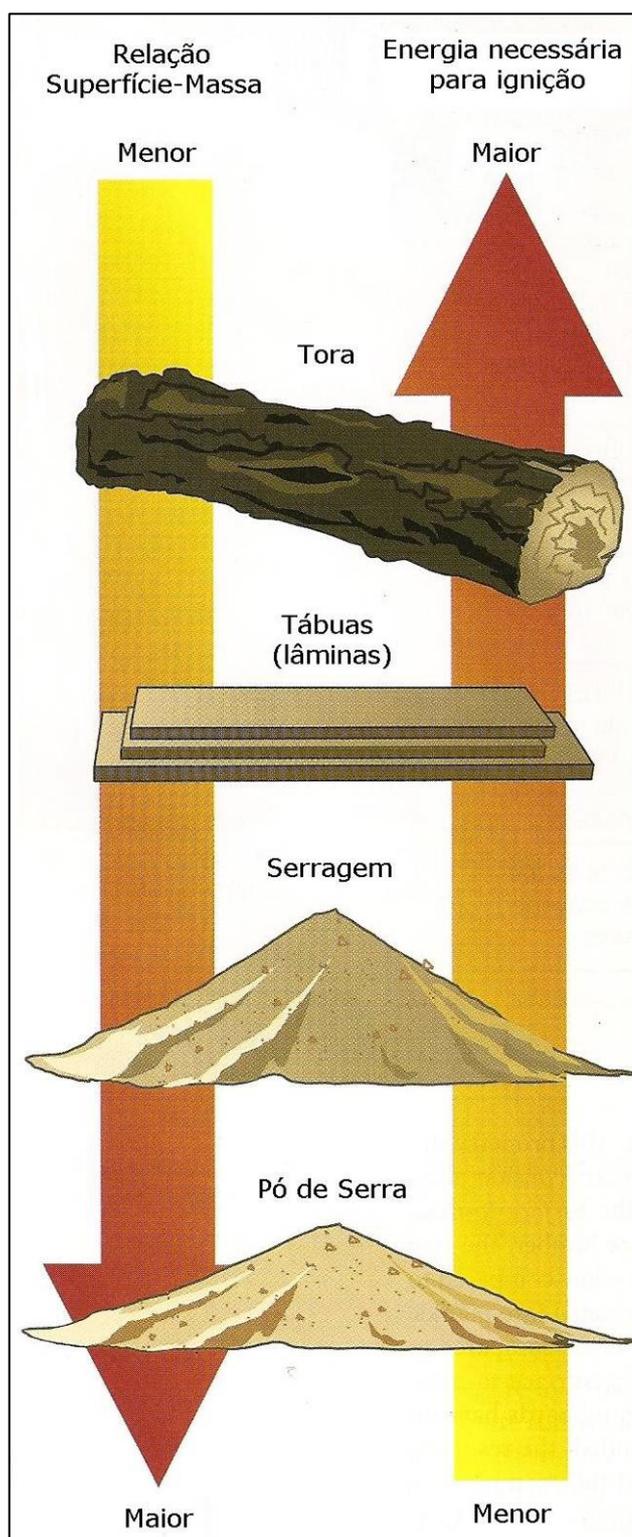
Os sólidos são constituídos de moléculas grandes e complexas. O calor quebra essas moléculas grandes em radicais menores que se libertam. Esses radicais menores libertos são os vapores combustíveis que reagem com o oxigênio.

A maioria dos combustíveis sólidos transformam-se em vapores e, então, reagem com o oxigênio. Outros sólidos (ferro, cobre, bronze) primeiro transformam-se em líquidos, e posteriormente em gases, para então se queimarem.

Em uma análise considerando o nível molecular é mais fácil entender isso. Quando se percebe que, via de regra, para reagir com o oxigênio as moléculas do combustível precisam desprender-se, vê-se que o que queima, na verdade, são os vapores combustíveis. Há, como exceção, os **combustíveis que queimam diretamente no estado sólido e merecem atenção especial como veremos mais à frente**. Como exemplo destes, podemos citar o enxofre e os metais alcalinos (potássio, magnésio, cálcio, etc...).

Essa característica dos sólidos de liberarem vapores e estes queimarem faz com que neles a combustão envolva uma fase gasosa que forma o que conhecemos como chama.

Quanto maior a superfície exposta, mais rápido será o aquecimento do material, maior será a área para liberação de vapores e maior será a área de contato com o oxigênio, conseqüentemente, mais rápido será o processo de combustão. Como exemplo: um tronco exigirá muito calor para queimar e queimará por horas, mas, se transformado em tábuas, queimará com maior facilidade. Caso as tábuas sejam trituradas em cavacos, menor será a energia necessária para a queima e mais rapidamente ela ocorrerá. Caso os cavacos sejam triturados até formarem pó de serra diminui ainda mais a quantidade de energia necessária para a queima e aumenta a velocidade da combustão. Se o pó estiver espalhado em suspensão no ar, uma fagulha pode fazê-lo queimar

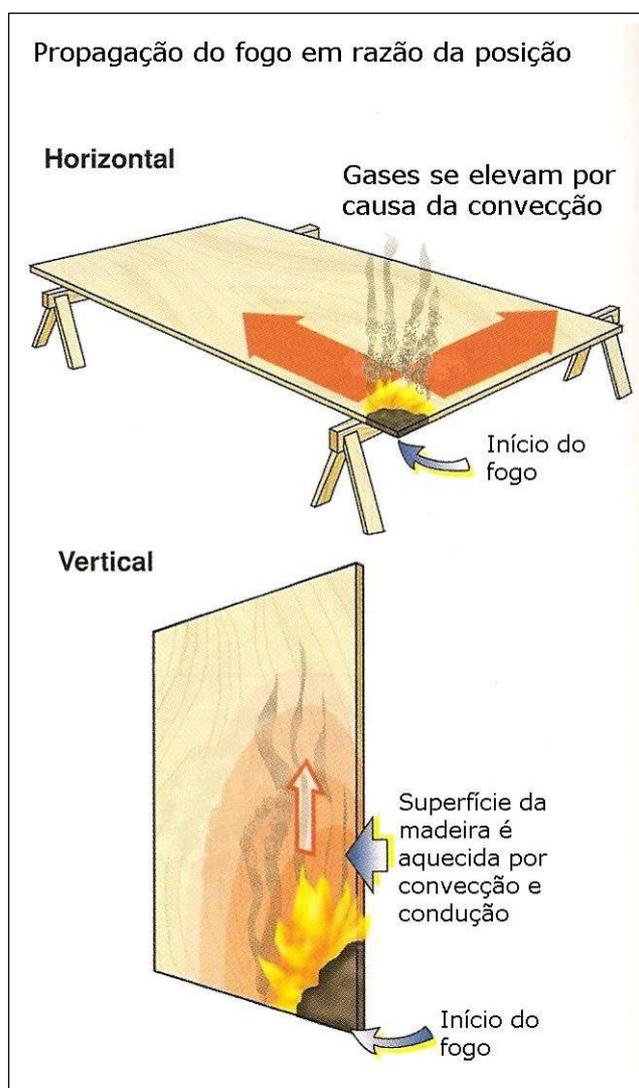


instantaneamente, como uma “explosão”. Assim sendo, quanto maior a fragmentação do material, quanto maior for a relação superfície/massa, maior será a velocidade da combustão.

Pós de material orgânico e de alguns metais estão sujeitos à combustão instantânea ou “explosão”, quando em suspensão no ar, portanto seu mecanismo não é a pirólise. Os pós em suspensão no ar comportam-se praticamente como os gases no que diz respeito à combustão. Isso se deve à grande relação superfície massa. (ver figura ao lado)

Outra característica dos sólidos combustíveis é que sua estrutura molecular permite a queima no interior do corpo, assim os sólidos queimam em superfície e em profundidade. Além disso, os sólidos podem apresentar um estado de queima no qual não há chamas, mas apenas incandescência do combustível em queima (brasas).

Observa-se ainda que os sólidos, ao queimarem, deixam resíduos. Nem toda a matéria de um corpo sólido está apta a queimar ou consegue queimar. A queima de sólidos também é marcada pelas cinzas que ficam como resíduo da queima.



Como os sólidos tem forma definida, o fogo em um corpo se propagará de acordo com sua forma, preferindo o rumo ascendente, pois as massas de vapores combustíveis sobe devido à convecção. Isso interfere na velocidade da propagação das chamas. Por exemplo, uma placa de compensado deitada queima mais lentamente do que queimaria se estivesse em pé.

Quando a placa está deitada, os gases aquecidos se afastam da placa e o fogo progride pela ação direta das chamas.

Com a placa em pé, o combustível ainda não queimado está disposto exatamente no caminho dos gases aquecidos, por isso, o restante da madeira aquece mais depressa, libera vapores combustíveis mais depressa e queima mais depressa

Combustíveis sólidos especiais

Algumas substâncias sólidas apresentam riscos especiais de incêndio, quando em contato com a água, ou ar, ou pela sua constituição química. São elas:

- **Metais reativos com a água** - Necessitam de maior atenção, pois além de queimarem liberando muita energia, reagem com a água “quebrando-a”. A quebra da água libera **oxigênio**, que reage com o material intensificando a combustão, e **hidrogênio**, que é altamente combustível.
- quando em contato com a água, uma vez que a quantidade de calor liberado é considerável. Exemplos: sódio, pó de alumínio, cálcio, hidreto de sódio, soda cáustica, potássio, etc.
- **Materiais reativos com o ar** - Necessitam de maior atenção quando em contato com o ar, pois liberam grande quantidade de calor. Exemplo: carvão vegetal, fósforo branco, fósforo vermelho, etc.
- **Halogênios** - São materiais que apresentam risco de explosão, quando misturados a outros materiais. Exemplo: flúor, cloro, bromo, iodo e astatínio.

Combustíveis Líquidos

Nos líquidos, as moléculas não ficam tão bem “presas” umas às outras como no sólidos. Por isso os líquidos não tem forma definida. Como as ligações são mais fracas entre as moléculas, elas podem se movimentar dentro do corpo líquido sofrendo, inclusive, a ação da gravidade. Por isso os líquidos escorrem o quanto podem para as partes mais baixas dos recipientes que os contém.

As moléculas dos líquidos possuem a tendência de se desprenderem e se dispersarem no ar. É o que chamamos de evaporação. Ela ocorre lentamente devido à pressão atmosférica, ou seja, o “peso” da coluna de ar sobre a superfície do líquido que “segura” as moléculas dificultando que escapem no ar. Quando um líquido é aquecido, a movimentação das moléculas de líquido aumenta, com isso, aumenta a pressão de vapor do líquido, que é a “força” que o líquido faz para vaporizar. Quando a pressão de vapor superar a pressão atmosférica, o líquido libera moléculas (vaporiza) muito mais rapidamente.

Diferentemente dos sólidos, os combustíveis líquidos não sofrem decomposição térmica, mas um fenômeno chamado vaporização. As moléculas dos líquidos estão menos unidas que as dos sólidos (ligações intermoleculares mais fracas), por isso, não precisam ser decompostas para liberar vapores passíveis de queima. As próprias moléculas do líquido desprendem-se e “saem” na forma de vapores.

Os vapores em contato com o oxigênio do ar, formam a mistura inflamável. Essa mistura na presença de uma fonte de calor (energia de ativação) se inflama.

Os combustíveis líquidos são na sua maioria derivados de petróleo. São os chamados hidrocarbonetos. As substâncias oleígenas retiradas de plantas e gorduras animais têm mecanismo semelhante aos derivados de petróleo, na ignição.

A taxa de evaporação dos líquidos é diretamente proporcional ao seu aquecimento, sendo uma propriedade intrínseca do líquido, que permite determinar os seus pontos de fulgor e combustão.

Outra propriedade a ser considerada é a solubilidade do líquido, que é a sua capacidade de misturar-se à água. Os líquidos derivados do petróleo (hidrocarbonetos) têm pouca solubilidade, enquanto os líquidos como álcool, acetona (solventes polares) têm grande solubilidade, isto é, podem ser diluídos até um ponto que a mistura não seja mais inflamável.

Nos combustíveis líquidos, quando se avalia seus riscos de incêndio, normalmente faz-se uma divisão entre líquidos inflamáveis e líquidos combustíveis:

- **Líquido inflamável**
Incendeiam-se com grande rapidez. Na temperatura ambiente (20º-30º C) liberam vapores em quantidade suficiente para sustentar a queima.
Ex.: gasolina, álcool (etanol)
- **Líquido combustível**
Na temperatura ambiente não são capazes de liberar vapores em quantidade suficiente para sustentar uma chama. Precisam ser aquecidos para queimar.
Ex.: óleo diesel, graxa.

Combustíveis Gasosos

O combustível é assim considerado quando se apresenta em forma de gás ou vapor² na temperatura do ambiente. Esse combustível em contato com o oxigênio do ar forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva), que na presença do calor (energia ativante) se inflama.

O aumento de temperatura aumenta a movimentação das moléculas dos gases, fazendo com que as ligações entre elas praticamente deixem de existir, facilitando a combinação do gás com o oxigênio, permitindo que os gases (gás inflamável e oxigênio) cheguem à concentração ideal para a formação da mistura inflamável/explosiva.

Exemplos de gases combustíveis são os derivados de petróleo: metano, propano, GLP (propano + butano), Gás Natural, Outros gases combustíveis mais conhecidos que não derivam do petróleo são: hidrogênio, o monóxido de carbono, amônia, dissulfeto de carbono.

Os gases não têm volume definido, tendendo, rapidamente, a ocupar todo o recipiente em que estão contidos.

Se o peso do gás é menor que o do ar, o gás tende a subir e dissipar-se. Mas, se o peso do gás é maior que o do ar, o gás permanece próximo ao solo e caminha na direção do vento, obedecendo aos contornos do terreno.

² Gás e vapor possuem definições diferentes. Os vapores se liquefazem ao serem comprimidos e os gases não. Apesar disso, pelo comportamento idêntico no que tange à combustão, gases e vapores serão tratados como se fossem a mesma coisa e, vez por outra, tomaremos um pelo outro durante o texto.

Os gases não precisam ser decompostos ou liberar moléculas que reajam com o oxigênio. Como as moléculas dos gases estão soltas umas das outras, elas já podem combinar com o oxigênio, ou seja, os gases não precisam sofrer transformação, precisando de muito pouco calor para queimar.

Como os gases combustíveis não precisam liberar vapores, pois suas moléculas já se encontram no estado adequado para a reação com o oxigênio, por esse motivo, os gases ao queimarem, o fazem quase que instantaneamente. Em frações de segundo toda a massa (nuvem) de gás queima-se de modo que vulgarmente se considera explosão³ a queima de uma nuvem de gás.

Isso não significa que os gases queimam automaticamente. Para que haja a reação com o oxigênio eles precisam estar na concentração adequada com o oxigênio. Precisam estar misturados com o ar em proporções adequadas.

Para cada gás (ou vapor ou sólido/líquido em suspensão) há uma faixa de concentração com o ar na qual pode ocorrer a queima.



Figura : Mecanismo de ignição do combustível gasoso.

MISTURA INFLAMÁVEL

A máxima proporção de gás ou vapor no ar que torna a mistura explosiva é denominada limite superior de explosividade – LSE, e a mínima proporção é denominada limite inferior de explosividade – LIE.

Existe uma faixa limitada pelo LIE e LSE na qual ocorre a combustão da mistura inflamável. Só ocorre a queima dos gases/vapores caso estejam em mistura com o ar dentro dessa faixa entre os limites inferior e superior. Veja alguns exemplos de gases e vapores de líquidos, com seus respectivos limites de inflamabilidade.

³ Na verdade, trata-se de uma pseudoexplosão.

Tabela : Mistura explosiva de alguns gases e líquidos.

SUBSTÂNCIA	LIE (% EM VOLUME)	LSE (% EM VOLUME)
Acetona - CH ₃ CO CH ₃	2,6	12,8
Acetonitrila - CH ₃ CN	4,4	16,0
Benzeno - C ₆ H ₆	1,3	7,1
Butano - C ₄ H ₁₀	1,9	8,5
Dissulfeto de carbono - C S ₂	1,3	50,0
Monóxido de carbono - CO	12,5	74,0
Ciclo hexano - C ₆ H ₁₂	1,3	8,0
Etano - C ₂ H ₆	3,0	12,5
Etanol - C ₂ H ₅ OH	3,3	19,0
Éter - (C ₂ H ₅) ₂ O	1,1	5,9
Gás natural	3,8	13,0
Gasolina	1,4	7,6
Metano - C H ₃	5,0	15,0
Metanol - C H ₂ OH	6,7	36,0
Nafta	0,9	6,0
Pentano - C ₅ H ₁₂	1,5	7,8
Propano - C ₃ H ₈	2,2	9,5
Querosene	0,7	5,0
Toluene C ₆ H ₅ CH ₃	1,2	7,1

É importante salientar que esse comportamento de queima dentro da faixa de inflamabilidade conhecida como mistura inflamável não é exclusivo dos combustíveis gasosos. Em escala menor isso ocorre também com os vapores despreendidos por líquidos e sólidos. Daí a necessidade de aquecê-los para queimarem. Sólidos ou líquidos que não queimam na temperatura ambiente não o fazem por não conseguirem liberar vapores combustíveis suficientes de modo a formar a concentração adequada.

E mais, quando os combustíveis líquidos e sólidos encontram-se dispersos em suspensão no ar, na forma de gotículas pulverizadas ou pó em suspensão, o comportamento é idêntico ao dos gases/vapores. A névoa (gotículas de líquido) e a nuvem de pó (pequenas partículas sólidas) em suspensão, para queimarem precisam também estar na concentração adequada e, ao queimarem, o fazem de modo violento como a queima de uma nuvem de gás (pseudoexplosão).

1.3 COMBURENTE

É o elemento que possibilita vida às chamas e intensifica a combustão. O mais comum é que o oxigênio desempenhe esse papel.

A atmosfera é composta aproximadamente por 21% de oxigênio, 78% de nitrogênio e 1% de outros gases.

Em ambientes com a composição normal do ar, a queima desenvolve-se com velocidade

e de maneira completa. Notam-se chamas. Contudo, a combustão consome o oxigênio do ar num processo contínuo. Quando a porcentagem do oxigênio do ar do ambiente passa de 21% para a faixa compreendida entre 14% e 8%, a queima torna-se mais lenta, notam-se brasas e não mais chamas. Quando o oxigênio contido no ar do ambiente atinge concentração menor que 4%, não há combustão, à exceção de materiais que contenham oxigênio em sua fórmula e este seja liberado na forma de O_2 durante a queima (pólvora, por exemplo).

Como respiramos oxigênio, a intensidade da combustão pode servir de indicativo para sabermos a concentração deste gás no ambiente de incêndio.

Ar atmosférico	21 % Normal
Respiração do ser humano	16% Mínimo
Combustão	14% - 21% => chamas
	07% - 14% => brasas

Segundo as informações acima, o fato de não haver chama em um ambiente confinado, mas tão somente brasas, não significa que o ambiente esteja seguro ou que o incêndio nele esteja controlado. Bastará a entrada de oxigênio para que a combustão se restabeleça e isso acontece, por vezes, de forma súbita e violenta.

Outra razão para monitorar a concentração de oxigênio em um ambiente é que, se houver uma saturação de O_2 no ambiente, materiais que não se inflamariam podem vir a fazê-lo. Como exemplo disso temos o Nomex⁴ que não se inflama em condições normais, mas que, em atmosferas com concentração de O_2 igual ou superior a 31%, queima facilmente.

Cômodos com essas características podem ser comumente encontrados em ambientes sinistrados industriais ou hospitalares. Há ainda chance de isso poder ocorrer onde se usa solda de oxi-acetileno ou oxi-GLP ou ainda em ambientes residenciais onde moradores fazem uso clínico de oxigênio.

21%	Condição normal.
17%	Alguma perda de coordenação motora. Aumento na frequência respiratória para compensar a baixa concentração de O_2 .
12%	Vertigem, dor de cabeça e fadiga.
9%	Inconsciência.
6%	Morte em poucos minutos por parada respiratória e concorrência de parada cardíaca.

NOTA:

- Os dados não podem ser considerados absolutos porque eles não levam em conta as diferentes capacidades respiratórias e a extensão do tempo de exposição.
- Os sintomas acima ocorrem somente com a redução de O_2 . Quando a atmosfera está contaminada com gases tóxicos, poderão ocorrer outros sintomas.

⁴ “Não tecido” criado pela Dupont que resiste às chamas e é base para as capas de bombeiro

1.4 REAÇÃO EM CADEIA

A reação em cadeia como elemento da combustão foi descoberta quando se estudava a alta capacidade de extinção do PQS em altíssimas temperaturas.

Anteriormente acreditava-se que o PQS era bom agente extintor pela presença de CO₂ em sua fórmula (bicarbonato), entretanto, verificou-se que em temperaturas acima de 1000° C o PQS era mais efetivo que o seu peso em CO₂.

Analisando o fenômeno percebeu-se que o PQS interferia quimicamente na reação de combustão, então foi necessário rever a teoria dos elementos da combustão uma vez que era possível atuar em mais um deles, a teoria precisava ser expandida. Assim a reação em cadeia nasce como elemento da combustão e o tetraedro do fogo é concebido.

A reação em cadeia torna a queima auto-sustentável. O calor irradiado das chamas atinge o combustível e este é decomposto em partículas menores, que se combinam com o oxigênio e queimam, irradiando outra vez calor para o combustível, formando um ciclo constante.

O fenômeno químico do fogo é uma reação que se processa em cadeia. Após seu início, a combustão é mantida pelo calor produzido durante o processamento da reação. A reação produz calor e é exatamente o que ela precisa para ocorrer.

A cadeia de reação formada durante o fogo propicia a formação de produtos intermediários instáveis, principalmente radicais livres, prontos para combinarem com outros elementos, dando origem a novos radicais, ou finalmente a corpos estáveis.

A estes radicais livres cabe a responsabilidade de transferir a energia necessária à transformação da energia química em calorífica, decompondo as moléculas ainda intactas e, desta vez, provocando a propagação do fogo numa verdadeira cadeia de reação.

Para exemplificar este processo, vamos analisar o processo de combustão do Hidrogênio no ar:

1ª fase: Duas moléculas de hidrogênio reagem com uma molécula de oxigênio, ativadas por uma fonte de energia térmica, produzindo 4 radicais ativos de hidrogênio e 2 radicais ativos de oxigênio;



2ª fase: Cada radical de hidrogênio se combina com uma molécula de oxigênio, produzindo um radical ativo de hidroxila mais um radical ativo de oxigênio;



3ª fase: Cada radical ativo de oxigênio reage com uma molécula de hidrogênio, produzindo outro radical ativo de hidroxila mais outro radical ativo de hidrogênio;



4ª fase: Cada radical ativo de hidroxila reage com uma molécula de hidrogênio, produzindo o produto final estável – água e mais um radical ativo de hidrogênio.



E assim sucessivamente, se forma a cadeia de combustão, produzindo a sua própria energia de ativação (calor), enquanto houver suprimento de combustível (hidrogênio).

1.5 PONTOS DE TEMPERATURA

Após as considerações acerca dos combustíveis, calor, reação em cadeia e mistura inflamável, podemos tratar de um assunto de grande relevância para se entender a dinâmica do fogo e do incêndio: os pontos notáveis de temperatura.

Os combustíveis são transformados pelo calor, e a partir desta transformação, é que combinam com o oxigênio, resultando na combustão. Essa transformação desenvolve-se em temperaturas diferentes, à medida que o material vai sendo aquecido.

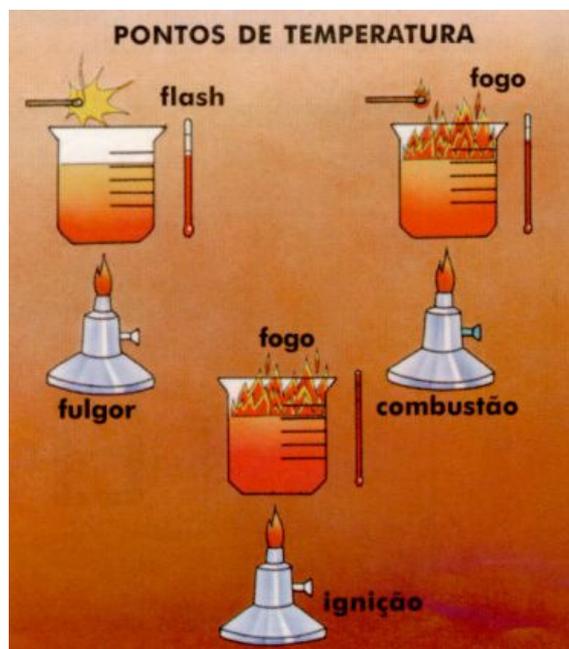
Quando um material é aquecido, suas moléculas vibram mais. Vibrando mais, mais delas escapam do material (em se tratando de sólidos e líquidos). Essas moléculas escapando são vapores combustíveis e são elas na verdade que queimam, pois são elas que reagem com o oxigênio do ar e não as moléculas no corpo do material.

Em sólidos e líquidos, sempre há a liberação de moléculas. Isso é comprovado pelo cheiro que sentimos dos materiais, que nada mais é do que a captação de moléculas em suspensão no ar pelo nosso aparelho olfativo.

Ocorre que, à medida que um material é aquecido, pelo aumento de vibração, mais moléculas se desprendem, ou seja, mais vapores são liberados e o efeito dessa liberação de vapores é diferente a partir de três temperaturas. Chamamos essas temperaturas de Pontos de Temperatura ou Pontos Notáveis de Temperatura.

Os pontos notáveis são temperaturas mínimas nas quais podemos observar determinados efeitos relacionados aos vapores liberados.

Com o aquecimento de um material, chega-se a uma temperatura em que o material liberara vapores em quantidade tal que se incendiam se houver uma fonte externa de calor, mas a queima não se mantém se a chama externa for retirada. Neste ponto, chamado de **"Ponto de Fulgor"**, as chamas não se mantêm, devido à pequena quantidade de vapores liberados. Esses vapores são capazes apenas de alimentar uma combustão já existente.



Prosseguindo no aquecimento, atinge-se uma temperatura em que há uma liberação de vapores do material tal que, ao entrarem em contato com uma fonte externa de calor, iniciam a combustão, e continuam a queimar mesmo retirada a fonte externa. Esse ponto é chamado de **"Ponto de Combustão"**. Esse é o ponto onde se atinge a reação em cadeia, ou seja, o calor da queima dos

vapores liberados é suficiente para causar a liberação de mais vapor em quantidade capaz de sustentar a combustão.

Continuando o aquecimento, atinge-se um ponto no qual os vapores liberados pelo combustível estão em quantidade tal que, exposto ao ar, entram em combustão sem que haja fonte externa de calor, tanta é a energia que apresentam. Esse ponto é chamado de **“Ponto de Ignição”** ou **“ponto de autoignição”** ou **“ponto de autoinflamação”**.

Assim, cada ponto notável é a temperatura mínima na qual um material libera vapores em quantidade tal que ocorra um dos efeitos citados.

1.6 TIPOS DE COMBUSTÃO

O fogo geralmente envolve a liberação de luz e calor em quantidades suficientes para ser perceptível. Mas nem sempre existirá luz em uma chama. Um exemplo dessa exceção é a queima do hidrogênio, que produz apenas vapor d'água por meio da sua reação química com o oxigênio.

O fogo pode se apresentar fisicamente de duas maneiras diferentes, as quais podem aparecer de forma isolada ou conjunta, sendo como chama ou como brasas.

Essas apresentações físicas do fogo geralmente são determinadas pelo combustível. Se for gasoso ou líquido sempre terá a forma de chamas. Se for sólido o fogo poderá se apresentar em chamas e brasas ou somente em brasa. Os sólidos de origem orgânica quando submetidos ao calor, destilam gases que queimam como chamas, restando o carbono que queima como brasa formando o carvão. Alguns sólidos como a parafina e as gorduras se liquefazem e se transformam em vapores, queimando unicamente como chamas, outros sólidos queimam diretamente apresentando-se incandescentes, como os metais pirofóricos.

A combustão pode ser classificada, quanto à sua velocidade de reação, em viva ou lenta. Quanto à formação de produtos da combustão, pode ser classificada como completa ou incompleta. Existe, ainda, a combustão espontânea, que será abordada em separado, em função de suas particularidades.

Classificação Quanto à Liberação de Produtos

Combustão Incompleta

Todos os produtos instáveis (moléculas e átomos) provenientes da reação em cadeia caracterizam uma combustão incompleta, que é a forma mais comum de combustão.

Esses átomos e moléculas instáveis resultantes da quebra molecular dos combustíveis continuarão reagindo com as moléculas de oxigênio, decompondo-as e formando outras substâncias. Durante todo esse processo, haverá produção de mais chamas e calor, o que exigirá uma interferência externa para que a reação pare e as chamas sejam extintas.

Em incêndios estruturais, devido às características construtivas do ambiente (delimitado por teto e paredes), normalmente, a quantidade de oxigênio disponível para o fogo é

limitada e tende a decrescer. Essa condição fará com que as chamas sofram uma diminuição e até se apaguem. Entretanto, mesmo com a diminuição destas, a camada gasosa presente na fumaça permanece aquecida e carregada de material capaz de reagir com o oxigênio, o que a torna uma massa combustível, necessitando apenas de ar para “fechar” o tetraedro do fogo e reiniciar a combustão.

Combustão Completa

Combustão que produz calor e chamas, ocorrendo em um ambiente rico em oxigênio.

Em algumas reações químicas pode ocorrer uma combustão completa, o que significa dizer que todas as moléculas do combustível reagiram completamente com as moléculas de oxigênio, tornando seus produtos estáveis. Também chamada de combustão ideal.

É importante lembrar que combustão completa não é o mesmo que queima total. A queima total é a situação na qual todo o material combustível presente no ambiente já foi atingido pela combustão, enquanto que a combustão completa é a combinação perfeita entre o combustível e o oxigênio fazendo com que todo o combustível reaja.

Na verdade, a combustão completa ocorre apenas em situações especiais ou em laboratórios, não sendo encontrada na prática de combate a incêndio, pois não se atinge um índice de 100% de queima facilmente e 99% de queima significam combustão incompleta, pois ficou combustível sem queimar.

Exemplos de combustão completa são as chamas do fogão e do maçarico. Quando o gás de cozinha está acabando a proporção se altera e sobra combustível, daí o enegrecimento do fundo das panelas que indica que o gás está acabando.

Classificação Quanto a sua Velocidade

Combustão Viva



A combustão viva é o fogo caracterizado pela presença de chama. Pela sua influência na intensidade do incêndio e pelo impacto visual e psicológico que gera, é considerada como sendo o tipo mais importante de combustão e, por causa disso, costuma receber quase todas as atenções durante o combate.

Vale ressaltar que só existirá uma combustão viva quando houver um gás ou vapor queimando, ainda que proveniente de combustíveis sólidos ou líquidos.

Chama é o plasma formado pelos gases ionizados pela reação com o oxigênio que liberam o excesso de energia na forma de luz visível.

Combustão Lenta

A incandescência é um processo de combustão relativamente lento que ocorre entre o oxigênio e um sólido combustível comumente chamado de brasa. As Incandescências podem ser o início ou o fim de uma chama, ou seja, de uma combustão viva. Em todos os casos há produção de luz, calor e fumaça.



Geralmente, há presença de incandescência na fase final dos incêndios. Ela pode tornar-se uma combustão viva se houver um aumento do fluxo de ar sobre o combustível, semelhantemente ao efeito que se deseja obter ao acender uma churrasqueira. Por isso, uma ação de ventilação mal realizada por parte dos bombeiros, durante o combate ao incêndio ou no rescaldo, poderá agravar as condições do sinistro, reignição dos materiais combustíveis. Um cigarro sobre uma poltrona ou colchão inicia uma combustão lenta que pode resultar em uma combustão viva e, conseqüentemente, em um incêndio.

A incandescência geralmente ocorre em:

- Combustíveis sólidos porosos, como fumos, carvão, ou, ainda, a espuma ou algodão de colchões;
- Em combinação de combustíveis, como a mistura de tecidos com algodão ou polímeros, como o caso de sofás; e
- Em locais de descarga de combustíveis sólidos já queimados, como o caso de lixões ou carvoaria.

É importante não confundir combustão lenta com reação lenta. Em uma reação lenta, ocorrerá uma deterioração gradual e quase imperceptível do material, como o caso da oxidação, não havendo liberação significativa de calor. Um exemplo clássico de oxidação é o ferro em processo de ferrugem. O oxigênio da atmosfera combina com as propriedades do ferro e gradualmente, retira as ligações que mantêm os átomos de ferro juntos. Entretanto, não há liberação de calor suficiente para classificá-lo como combustão.



Combustão Espontânea

Em todas as formas de combustão apresentadas até agora, fez-se referência à presença de uma fonte externa de calor para dar início a um processo de queima. Entretanto, é importante abordar um tipo de combustão, de rara ocorrência, que foge a essa regra e não necessita de uma fonte externa de calor. É o caso da combustão espontânea.

A combustão espontânea é um processo de combustão que começa, geralmente, com uma lenta oxidação do combustível exposto ao ar. Pode ocorrer com materiais como o fósforo branco, amontoados de algodão ou em curtumes (tratamentos de peles de animais).

Nesses dois últimos, há uma decomposição orgânica do material e a reação química é relativamente lenta, o que torna difícil sua observação. Pode, em alguns casos, assemelhar-se à incandescência, o que faz com que uma combustão dessa natureza seja percebida apenas quando a situação já é grave.

A taxa de liberação de energia pela reação química compete com a habilidade do combustível de dissipar calor para o ar ambiente. Isso quer dizer que, se a reação não libera calor suficientemente para o ambiente, sua temperatura irá aumentar e, conseqüentemente, a velocidade da reação química também aumentará. Esse processo tanto pode resultar em uma combustão viva (uma chama), quanto em uma combustão lenta (incandescência). Todo o processo pode levar horas ou dias e necessita de um conjunto crítico de condições ambientais ou de aquecimento para ser viável.

Até a atualidade não há estudos conclusivos sobre como se processa esse tipo de combustão.

Alguns materiais entram em combustão sem fonte externa de calor (materiais com baixo ponto de ignição); outros entram em combustão à temperatura ambiente (20 °C), como o fósforo branco. Ocorre também na mistura de determinadas substâncias químicas, quando a combinação gera calor e libera gases em quantidade suficiente para iniciar combustão como, por exemplo, a adição de água e sódio.

Explosão

Explosão é um rápido aumento de volume em um curto espaço de tempo que gera uma onda de pressão que se desloca em grande velocidade. A queima de gases, vapores de líquidos inflamáveis, e partículas (sólidas ou líquidas) em suspensão no ar comporta-se dessa maneira.



É importante notar que combustão significa grande aumento de volume em curto espaço de tempo e isso não envolve necessariamente queima. Por exemplo, um cilindro de ar pode explodir devido à pressão quando ele se rompe e todo o ar dentro dele se expande. Não há queima. Trata-se de uma explosão mecânica. A queima de determinados materiais pode, em alguns casos, provocar explosões, São explosões químicas. São derivadas de uma reação química rápida que libera produtos com grande volume rapidamente.

Por exemplo, os explosivos, são materiais que queimam instantaneamente liberando um enorme volume de gases. Os gases expandindo-se “formam” a explosão.

TIPOS DE CHAMA

As chamas podem ser de dois tipos, variando conforme o momento em que se dá a mistura entre combustível e comburente. Podem elas ser:

1. Chamas difusas
2. Chamas de pré-mistura

As chamas de pré-mistura são aquelas em que o combustível e o comburente são misturados antes da zona de queima. É o caso dos maçaricos, equipamentos de oxi-acetileno, bicos de bunsen, etc. Nesses casos, a zona de queima não precisa estar envolta em ar, já que a queima ocorre com oxigênio fornecido pelo equipamento e não pela atmosfera, daí se perceber que os maçaricos queimam mesmo embaixo d'água.

As chamas de pré-mistura apresentam forte tendência a manterem seu formato e, quando bem regulada a mistura combustível-comburente, apresentam uma combustão completa, praticamente sem resto de gases.

As chamas difusas, as mais comuns, são as chamas em que os vapores combustíveis misturam-se ao comburente, o oxigênio do ar, na zona de queima. São as chamas de uma fogueira, uma vela, um fósforo, etc.

Nesse tipo de chama, há diferença na queima ao longo da chama, daí a diferença de coloração da chama. O tom amarelado na ponta das chamas deve-se aos átomos de carbono que não conseguiram queimar e que liberam energia excedente na forma de luz amarelada.

Nas chamas difusas, a oferta de oxigênio é melhor na base da chama. Por isso, se a ponta da chama, rica em carbono, for perturbada, o carbono não consegue queimar e, com isso, aparece o surgimento de uma fumaça preta. A coloração preta da fumaça é proveniente do carbono que não queimou (fuligem) e é o que impregna as paredes e o teto.

1.7 PRODUTOS DA COMBUSTÃO E SEUS EFEITOS

FUMAÇA

A fumaça é um fator de grande influência na dinâmica do incêndio, de acordo com as suas características e seu potencial de dano.

Antigamente, qualificava-se a fumaça basicamente como um produto da combustão, que dificultava muito os trabalhos dos bombeiros por ser opaca, atrapalhando a visibilidade, e por ser tóxica, o que a tornava perigosa quando inalada. A preocupação era, então, estabelecer meios de orientação por cabo guia e usar equipamento de proteção respiratória para conseguir desenvolver as ações de salvamento e combate a incêndio com segurança.

Com estudos mais recentes, foram valorizadas outras três características da fumaça.

Verifica-se que ela é quente, móvel e inflamável, além das duas já conhecidas: opaca e tóxica.

- **Quente**

A combustão libera calor, transmitindo-o a outras áreas que ainda não foram atingidas. Como já tratado na convecção, a fumaça será a grande responsável por propagar o calor ao atingir pavimentos superiores quando se desloca (por meio de dutos, fossos e escadas) levando calor a outros locais distantes do foco. A fumaça acumulada também propaga calor por radiação.

- **Opaca**

Os seus produtos, principalmente a fuligem, permanecem suspensos na massa gasosa, dificultando a visibilidade tanto para bombeiros, quanto para as vítimas, o que exige técnicas de entrada segura (como orientação e cabo guia) em ambientes que estejam inundados por fumaça.

- **Móvel**

É um fluido que está sofrendo uma convecção constante, movimentando-se em qualquer espaço possível e podendo, como já dito, atingir diferentes ambientes por meio de fossos, dutos, aberturas ou qualquer outro espaço que possa ocupar. Daí o cuidado que os bombeiros devem ter com elevadores, sistemas de ventilação e escadas. Essa característica da fumaça também explica porque ocorrem incêndios que atingem pavimentos não consecutivos em um incêndio estrutural.

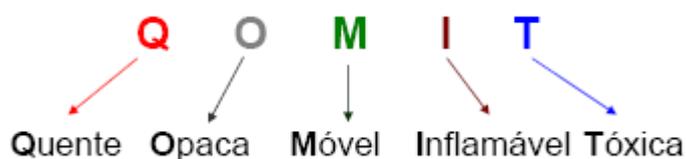
- **Inflamável**

Por possuir em seu interior combustíveis (provenientes da degradação do combustível sólido do foco e pela decomposição de materiais pelo calor) capazes de reagir com o oxigênio, a fumaça é combustível e, como tal, pode queimar e até “explodir”. Não dar a devida atenção à fumaça ou procurar combater apenas a fase sólida do foco ignorando essa característica é um erro ainda muito comum. A fumaça é combustível e queima!

- **Tóxica**

Os seus produtos são asfixiantes e irritantes, prejudicando a respiração dos bombeiros e das vítimas.

Os Bombeiros do Distrito Federal criaram um método mnemônico, chamado QOMIT, a fim de facilitar a fixação das características da fumaça.



Em ambiente fechado, como um compartimento, a fumaça tende a subir e atingir o teto e espalhar-se horizontalmente até ser limitada pelas paredes, acumulando-se nessa área. A partir daí, a fumaça começará a descer para o piso.

Em todo esse processo, qualquer rota de saída pode fazer com que se movimente através desta, podendo ser tanto por uma janela, quanto por um duto de ar condicionado, uma escada, ou mesmo um fosso de elevador. Se não houver uma rota de escape eficiente, o incêndio fará com que a fumaça desça para o piso, tomando todo o espaço e comprimindo o ar no interior do ambiente.

GASES TÓXICOS PRESENTES NOS INCÊNDIOS

A inalação de gases tóxicos pode ocasionar vários efeitos danosos ao organismo humano. Alguns dos gases causam danos diretos aos tecidos dos pulmões e às suas funções. Outros gases não provocam efeitos danosos diretamente nos pulmões, mas entram na corrente sanguínea e chegam a outras partes do corpo, diminuindo a capacidade das hemácias de transportar oxigênio.

Os gases nocivos liberados pelo incêndio variam conforme quatro fatores:

- Natureza do combustível;
- Calor produzido;
- Temperatura dos gases liberados; e
- Concentração de oxigênio.

Os principais gases produzidos são o monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de carbono (CO₂), acroleína, dióxido de enxofre (SO₂), ácido cianídrico (HCN), ácido clorídrico (HCl), metano (CH₄) e amônia (NH₃) e serão abordados a seguir.

Não apenas a toxicidade de um gás pode ser prejudicial, mas a inalação de ar e fumaça aquecidos pode provocar queimaduras nas vias aéreas superiores, o que se constitui em um ferimento letal.

Monóxido de Carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é o produto da combustão que causa mais mortes em incêndios. É um gás incolor e inodoro presente em todo incêndio, mas principalmente naqueles pouco ventilados. Em geral, quanto mais incompleta a combustão, mais monóxido de carbono está sendo produzido.

O perigo do monóxido de carbono reside na sua forte combinação com a hemoglobina, cuja função é levar oxigênio às células do corpo. O ferro da hemoglobina do sangue se junta com o oxigênio numa combinação química fraca, chamada de oxihemoglobina.

A principal característica do monóxido de carbono é de combinar-se com o ferro da hemoglobina tão rapidamente que o oxigênio disponível não consegue ser transportado. Essa combinação molecular é denominada carboxihemoglobina (COHb). A afinidade do monóxido de carbono com a hemoglobina é aproximadamente na ordem de 200 a 300 vezes maior que a do oxigênio com ela. Se muitas hemácias forem comprometidas pelo CO, o organismo não tem como transportar oxigênio pelo sangue e respirar torna-se inútil já que o O₂ entra no pulmão, mas não é absorvido.

A concentração de monóxido de carbono no ar acima de 0,05% (500 partes por milhão) pode ser perigosa. Quando a porcentagem passa de 1% (10.000 partes por milhão) pode acontecer perda de consciência, sem que ocorram sintomas anteriores perceptíveis, podendo provocar convulsões e a morte. Mesmo em baixas concentrações, o bombeiro não deve utilizar sinais e sintomas como indicadores de segurança. Dor de cabeça, tontura, náusea, vômito e pele avermelhada podem ocorrer em concentrações variadas, de acordo com fatores individuais.

CO (ppm*)	CO NO AR	SINTOMAS
100	0,01	Nenhum sintoma.
200	0,02	Leve dor de cabeça, podendo ocorrer outros sintomas.
400	0,04	Dor de cabeça após 1 ou 2 horas.
800	0,08	Dor de cabeça após 45 minutos. Náuseas, colapso e inconsciência, após 2 horas.
1.000	0,10	Risco de ocorrer a inconsciência após 1 hora.
1.600	0,16	Dor de cabeça, tontura, náuseas, após 20 minutos.
3.200	0,32	Dor de cabeça, tontura, náuseas após 5 ou 10 minutos, e inconsciência, após 30 minutos.
6.400	0,64	Dor de cabeça e tontura após 1 ou 2 minutos, inconsciência, após 10 ou 15 minutos.
12.800	1,28	Inconsciência imediata, perigo de morte entre 1 e 3 minutos.

* ppm (parte por milhão)

Dióxido de Carbono (CO₂)

É um gás incolor e inodoro. Não é tão tóxico como o CO, mas também é muito produzido em incêndios e a sua inalação, associada ao esforço físico, provoca um aumento da frequência e da intensidade da respiração. Concentrações de até 2% do gás aumentam em 50% o ritmo respiratório do indivíduo. Se a concentração do gás na corrente sanguínea chegar a 10%, pode provocar a morte.

O gás carbônico também forma com a hemoglobina a carboxihemoglobina, contudo, com uma combinação mais fraca que a produzida pelo monóxido de carbono. Efeitos danosos ao organismo decorrem da concentração de carboxihemoglobina no sangue. A alta concentração de carboxihemoglobina produz privação de oxigênio, a qual afeta, principalmente, o coração e o cérebro. Contudo, seu principal efeito é a asfixia mecânica, uma vez que, ao ser produzido e liberado, ocupará o lugar do ar no ambiente reduzindo a concentração de O₂. Os efeitos danosos ao organismo, predominantemente, decorrem mais da ausência de oxigênio que da presença em si do CO₂.

Ácido Cianídrico (HCN)

O HCN é produzido a partir da queima de combustíveis que contenham nitrogênio, como os materiais sintéticos (lã, seda, nylon, poliuretanos, plásticos e resinas). É aproximadamente vinte vezes mais tóxico que o monóxido de carbono.

Assim como o CO, também age sobre o ferro da hemoglobina do sangue, além de impedir a produção de enzimas que atuam no processo da respiração, sendo, portanto, definido como o produto mais tóxico presente na fumaça. Da mesma forma que o CO, pode produzir intoxicações graves, caracterizadas por distúrbios neurológicos e depressão respiratória, até intoxicações fulminantes, que provocam inconsciência, convulsões e óbitos em poucos segundos de exposição.

Ácido Clorídrico

Forma-se a partir da combustão de materiais que contenham cloro em sua composição, como o PVC. É um gás que causa irritações nos olhos e nas vias aéreas superiores, podendo produzir distúrbios de comportamento, disfunções respiratórias e infecções.

Acroleína

É um irritante pulmonar que se forma a partir da combustão de polietilenos encontrados em tecidos. Pode causar a morte por complicações pulmonares horas depois da exposição.

Amônia

É um gás irritante e corrosivo, podendo produzir queimaduras graves e necrose na pele. Os sintomas à exposição incluem desde náusea e vômitos até danos aos lábios, boca e esôfago, sendo encontrado em borracha, seda, nylon, etc.

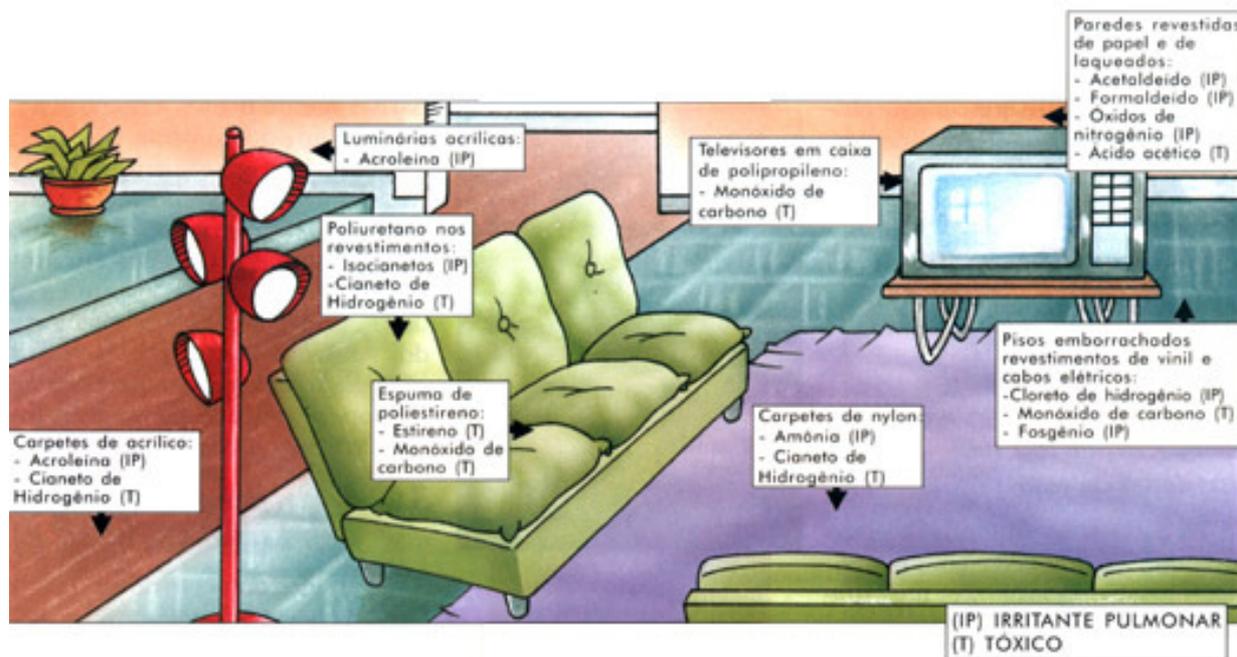
Bombeiros contaminados por amônia devem receber tratamento intensivo, serem transportados com urgência para um hospital, sem utilizar água nem oxigênio na prestação dos Primeiros Socorros.

Óxidos de Nitrogênio

Uma grande variedade de óxidos, correspondentes aos estados de oxidação do nitrogênio, podem ser formados num incêndio. As suas formas mais comuns são o monóxido de dinitrogênio (N_2O), óxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2) e tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4).

O óxido de nitrogênio não é encontrado livre na atmosfera porque é muito reativo com o oxigênio, formando o dióxido de nitrogênio. Esses óxidos são produzidos, principalmente, pela queima de nitrato de celulose (filmes e papel fotográfico) e decomposição dos nitratos orgânicos. São bastante irritantes, podendo em seguida, tornarem-se anestésicos

e atacam o aparelho respiratório, onde formam os ácidos nítrico e nítrico, quando em contato com a umidade da mucosa.



2. MÉTODOS DE EXTIÇÃO DO FOGO

Diante da teoria já exposta podemos extrair algumas conclusões práticas.

Sabendo os requisitos da combustão, para prevenir que ela ocorra, basta impedir que os requisitos combinem-se de maneira adequada. Por exemplo, a arrumação adequada dos materiais em um depósito, observando-se distâncias de afastamento entre as pilhas não visa mera organização, mas prevenção. Aceiros entre duas propriedades rurais também visam prevenir a propagação de um incêndio pela interrupção do material combustível. O correto dimensionamento de instalações elétricas visa impedir a produção de calor demasiada pelo efeito joule.

Uma vez instalada a combustão, conhecendo seus elementos, pode-se extingui-la agindo em um deles. São os métodos de extinção do fogo.

Os métodos de extinção do fogo baseiam-se na eliminação de um ou mais dos elementos essenciais que provocam o fogo (ELEMENTOS DO TETRAEDRO DO FOGO).

É importante ter os métodos em mente, pois é muito comum que se pense apenas em “jogar água” como forma de extinguir o fogo.

2.1 RETIRADA DO MATERIAL

É a forma mais simples de se extinguir um incêndio. Baseia-se na retirada do material combustível, ainda não atingido, da área de propagação do fogo, interrompendo a alimentação da combustão. Método também denominado corte, isolamento ou remoção do combustível.

Há outras técnicas que se encaixam nesse método de atuação, pois há outras formas de atuar no combustível que não apenas a retirada do que ainda está intacto. Ex.: fechamento de válvula ou interrupção de vazamento de combustível líquido ou gasoso, retirada de materiais combustíveis do ambiente em chamas, realização de aceiro, etc.

Veja-se o exemplo de um incêndio urbano onde uma poltrona está em chamas na sala de uma casa. Se apenas a poltrona está em chamas, retira-la do ambiente e colocá-la ao ar livre, apenas isso, foi a extinção do incêndio, pois, ao ar livre, o fogo na poltrona está sob controle, não sendo mais caracterizado como incêndio.

2.2 RESFRIAMENTO

É o método mais utilizado. Consiste em diminuir a temperatura do material combustível que está queimando, diminuindo, conseqüentemente, a liberação de gases ou vapores inflamáveis.

A água é o meio mais usado para resfriamento, por ter grande capacidade de absorver calor e ser facilmente encontrada na natureza, além de outras propriedades que veremos adiante.

A redução da temperatura do incêndio está ligada à quantidade e à forma de aplicação da água (jatos), de modo que ela absorva mais calor que o incêndio é capaz de produzir.

É inútil o emprego de água onde queimam combustíveis com baixo ponto de combustão (menos de 20°C), pois a água resfria até a temperatura ambiente e o material continuará produzindo gases combustíveis.

2.3 ABAFAMENTO

Consiste em diminuir ou impedir o contato do oxigênio com o material combustível. Não havendo comburente para reagir com o combustível, não haverá fogo. Como exceção estão os materiais que têm oxigênio em sua composição e queimam sem necessidade do oxigênio do ar, como os peróxidos orgânicos e a pólvora.

Conforme já vimos anteriormente, a diminuição do oxigênio em contato com o combustível vai tornando a combustão mais lenta, até a concentração de oxigênio chegar abaixo de 7%, quando não haverá mais combustão. Colocar uma tampa sobre um recipiente contendo álcool em chamas, ou colocar um copo voltado de boca para baixo sobre uma vela acesa, são duas experiências práticas que mostram que o fogo se apagará tão logo se esgote o oxigênio em contato com o combustível.

Pode-se abafar o fogo com uso de materiais diversos, como areia, terra, cobertores, vapor d'água, espumas, pós, gases especiais etc.

2.4 QUEBRA DA REAÇÃO EM CADEIA

Também é chamada de *extinção química*. E consiste no uso de agentes que interferem quimicamente na reação diminuindo a capacidade de reação entre comburente e combustível. Esses agentes agem interferindo nos radicais livres formados na reação capturando-os antes de se coligarem na próxima etapa da reação.

Certos agentes extintores, quando lançados sobre o fogo, sofrem ação do calor, reagindo sobre a área das chamas, interrompendo assim a “reação em cadeia” (extinção química). Isso ocorre porque o oxigênio comburente deixa de reagir com os gases combustíveis. Essa reação só ocorre quando há chamas visíveis.

Quando se descobriu a possibilidade disso ocorrer (estudando o PQS, como visto no tópico *Reação em Cadeia*) percebeu-se a existência de mais um método de atacar a combustão e, conseqüentemente, foi necessário inserir mais um entre os elementos na teoria da combustão.

3. AGENTES EXTINTORES

Existem vários agentes extintores, que atuam de maneira específica sobre a combustão, extinguindo o incêndio através de um ou mais métodos de extinção já citados.

Os agentes extintores devem ser utilizados de forma criteriosa, observando a sua correta utilização e o tipo de classe de incêndio, tentando-se, sempre que possível, minimizar os efeitos danosos do próprio agente extintor sobre materiais e equipamentos não atingidos pelo incêndio.

Dos vários agentes extintores, os mais utilizados são os que possuem baixo custo e um bom rendimento operacional, os quais passaremos a estudar a seguir:

ÁGUA

A água atua na combustão principalmente por **resfriamento**, sendo a sua elevada eficiência de arrefecimento resultante de grande capacidade de absorver calor.

A água só perde para o Hidrogênio e o Hélio em calor específico e, dentre os líquidos à temperatura ambiente, é o que apresenta maior calor latente de vaporização.

A água é mais eficaz quando usada sob a forma de chuva, dado que as pequenas gotas de água vaporizam mais facilmente que uma massa de líquido e possuem área total de contato maior, absorvendo mais rapidamente o calor da combustão.

É o agente extintor "universal". A sua abundância e as suas características de emprego, sob diversas formas, possibilitam a sua aplicação em diversas classes de incêndio.

Como agente extintor a água age principalmente por resfriamento e por abafamento, podendo paralelamente a este processo agir por emulsificação e por diluição, segundo a maneira como é empregada.

Apesar de historicamente, por muitos anos, a água ter sido aplicada no combate a incêndio sob a forma de jato pleno, hoje sabemos que a água apresenta um resultado melhor quando aplicada de modo pulverizado, pois absorve calor numa velocidade muito maior, diminuindo consideravelmente a temperatura do incêndio e, conseqüentemente, extinguindo-o.

Quando se adiciona à água substâncias umectantes na proporção de 1% de Gardinol, Maprofix, Duponal, Lissapol ou Arestec, ela aumenta sua eficiência nos combates a incêndios da Classe "A"⁵. À água assim tratada damos o nome de "água molhada". A sua maior eficiência advém do fato do agente umectante reduzir a sua tensão superficial, fazendo com que ela se espalhe mais e adquira maior poder de penetrabilidade, alcançando o interior dos corpos em combustão. É extraordinária a eficiência em combate a incêndios em fardos de algodão, juta, lã, etc., fortemente prensados e outros materiais hidrófobos (materiais que "repelem" água – Ex.: materiais compostos por fibras prensadas).

⁵ Usar LGE 6% na proporção de apenas 1% produz efeito prático semelhante.

O efeito de abafamento é obtido em decorrência da água, quando transformada de líquido para vapor, ter o seu volume, aumentado cerca de 1700 vezes (esse volume duplica a 450° C). Este grande volume de vapor, desloca, ao se formar, igual volume de ar que envolve o fogo em suas proximidades, portanto reduz o volume de ar (oxigênio) necessário ao sustento da combustão.

O efeito de emulsificação é obtido por meio de jato chuveiro ou neblinado de alta velocidade. Dependendo do combustível, esse efeito só é conseguido por meio da adição de produtos à água (aditivos).

Pode-se obter, por este método, a extinção de incêndios em líquidos inflamáveis viscosos, pois o efeito de resfriamento que a água proporcionará na superfície de tais líquidos, impedirá a liberação de seus vapores inflamáveis.

Normalmente na emulsificação, gotas de líquidos inflamáveis ficam envolvidas individualmente por gotas de água, dando no caso dos óleos, aspecto leitoso; com alguns líquidos viscosos a emulsificação apresenta-se na forma de uma espuma que retarda a liberação dos vapores inflamáveis.

O efeito de diluição é obtido quando usamos água no combate a combustíveis nela solúveis, tomando o cuidado para não derramar o combustível do seu reservatório antes da diluição adequada do mesmo, o que provocaria uma propagação do incêndio.

PÓS QUÍMICOS

O pó químico é o agente extintor mais utilizado em extintores portáteis. Os pós químicos são eficientes e como não se dispersam tanto na atmosfera como um gás, permitem atacar as chamas de modo mais rápido e eficaz.

Há vários tipos de pós com composições e características diferentes.

Os pós químicos são um grupo de agentes extintores de finíssimas partículas sólidas, e tem como características não serem abrasivas, não serem tóxicas, mas que podem provocar asfixia se inalados em excesso. Não conduzem corrente elétrica, porém, tem o inconveniente de contaminar o ambiente sujando-o, podendo danificar inclusive equipamentos eletrônicos, assim sendo, deve-se evitar sua utilização em ambientes que possuam estes equipamentos no seu interior. Ainda apresenta o inconveniente de dificultar a visualização do ambiente enquanto está em suspensão.

Os Pós agem de imediato por abafamento, substituindo o O₂ nas imediações do combustível, mas também principalmente por extinção química interferindo na reação de combustão capturando radicais livres. Essa atuação por quebra da reação em cadeia aumenta de eficiência em temperaturas acima de 1000°C.

Os pós são classificados conforme a sua correspondência com as classes de incêndio que se destinam a combater. Vejamos:

Pó BC – Nesta categoria está o tipo de pó mais comum e conhecido o **PQS** ou **Pó Químico Seco**. Os extintores de PQS para classe B e C utilizam os agentes extintores bicarbonato de sódio, bicarbonato de potássio ou cloreto de potássio, tratados com um estearato a fim de torná-los antihigroscópicos e de fácil descarga.

Pó ABC – composto a base de fosfato de amônio ou fosfatomonoamônico, sendo chamado de polivalente, pois atua nas classes A, B e C.

Ao inverso dos outros, o pó ABC, apresenta considerável eficiência em fogos de Classe A, pois quando aquecido se transforma em um resíduo fundido, aderindo à superfície do combustível e isolando-o do comburente (abafamento).

Pó D – usado especificamente na classe D de incêndio, sendo a sua composição variada, pois cada metal pirofórico terá um agente específico, tendo por base a grafita misturada com cloretos e carbonetos. São também denominados de Pós Químicos Especiais ou **PQEs**.

O pó químico especial é normalmente encontrado em instalações industriais, que utilizam metais pirofóricos em seus depósitos, tendo em vista a periculosidade dos diferentes materiais pirofóricos (agentes extintores devem ser pesquisados para cada caso).

GASES INERTES

Os gases inertes contêm, sobretudo, elementos químicos como o Argônio, Hélio, Neônio e dióxido de carbono. Este tipo de agente extintor não é normalmente utilizado em extintores portáteis de incêndio, mas sim em instalações fixas, para proteger, por exemplo, salas de computadores e outros riscos semelhantes.

A sua eficiência é relativamente baixa pelo que geralmente são necessárias grandes quantidades de gás para proteção de espaços relativamente pequenos, que devem ser estanques para não permitir a dispersão do agente extintor para o exterior. Exemplos de agentes extintores constituídos por gases inertes são os produtos conhecidos com os nomes comerciais “Inergen” e “Argonite”.

Dióxido de Carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é mais um gás inerte. É mais pesado que o ar, atuando sobre a combustão pelo processo de “abafamento” isto é, por substituição do oxigênio que alimenta as chamas, e também em pequena parte por resfriamento.

Como se trata de um gás inerte, tem a grande vantagem de não deixar resíduos após aplicação. O grande inconveniente deste tipo de agente extintor é o choque térmico produzido pela sua expansão ao ser libertado para a atmosfera através do difusor do extintor (a expansão do gás pode gerar temperaturas da ordem dos -40 °C na proximidade do difusor, havendo, portanto, um risco de queimaduras por parte do utilizador).

Apesar de não ser tóxico, o CO₂ apresenta ainda outra desvantagem para a segurança das pessoas, sobretudo quando utilizado em extintores de grandes dimensões ou em instalações fixas para proteção de salas fechadas: existe o risco de asfixia quando a sua concentração na atmosfera atinge determinados níveis, não pela toxicidade do CO₂, mas pela diminuição da concentração de O₂.

Por não ser condutor de corrente elétrica geralmente recomenda-se este tipo de agente extintor na proteção de equipamento e quadros elétricos.

Halon

Os halons são hidrocarbonetos halogenados.

O halon é um agente extintor que teve grande sucesso no combate a incêndio dadas as suas propriedades enquanto gás relativamente limpo e eficaz em fogos das classes A, B e C.

O halon, contendo elementos químicos como o bromo, flúor, iodo e cloro atuam sobre o processo de combustão inibindo o fenômeno da reação em cadeia. No entanto, apesar da sua comprovada eficiência, este produto encontra-se em uso proibido por razões de ordem ambiental (afeta a camada de ozônio).

Existem hoje em dia gases de extinção alternativos, considerados limpos e sem os efeitos adversos do halon sobre a camada de ozônio, notadamente os gases inertes e os **agentes halogenados**, tais como, por exemplo, a Argonite, Inergen, FM200, FE13 etc. No entanto, a utilização deste tipo de produtos em extintores portáteis não se encontra generalizada dado que a maioria deles se destina sobretudo às instalações de extinção fixas em salas fechadas.

ESPUMA

A espuma surgiu da necessidade de encontrar um agente extintor que suprisse as desvantagens encontradas quando da utilização da água na extinção dos incêndios, principalmente naqueles envolvendo líquidos derivados de petróleo. A solução encontrada foi o emprego de agentes tensoativos na água, a fim de melhorar sua propriedade extintora. Os agentes tensoativos são aditivos empregados para diminuir a tensão superficial da água, melhorando a propriedade de espalhamento sobre a superfície em chamas e a penetração no material.

A espuma é um agente extintor polivalente podendo ser usada em extintores portáteis, móveis e instalações fixas de proteção.

Existem basicamente dois tipos de espumas: as espumas mecânicas, obtidas por um processo mecânico de mistura de um agente espumífero (LGE – líquido gerador de espuma), ar e água, e as espumas químicas, obtidas pela reação química entre dois produtos que se misturam na altura da sua utilização. Este último tipo caiu em desuso sobretudo devido à sua fraca eficiência e pelos riscos associados ao armazenamento e manuseamento dos produtos químicos necessários à sua formação.

A espuma mecânica é adequada para instalações de proteção fixa de unidades de armazenamento de combustíveis, por exemplo, ou outros riscos que envolvem líquidos combustíveis e inflamáveis.

As espumas mecânicas classificam-se basicamente em espumas de baixa, média e alta expansão, consoante a respectiva capacidade dos Líquidos Geradores de Espuma de formar volume de espuma após a aeração da mistura com água.

A espuma age principalmente por abafamento, pois cria uma camada que isola o combustível do ar. Age em parte por resfriamento devido à água presente em sua aplicação.

4. INCÊNDIO

Como visto, incêndio é o fogo fora de controle, mas há uma inúmera variedade de tipos de incêndio e formas de a ele se referir.

Se o fogo ocorre em local aberto, com suprimento constante e abundante de oxigênio (ao ar livre, por exemplo), o incêndio é denominado *incêndio exterior*. Já se ocorre no interior de uma edificação, ele é chamado de *incêndio interior*.

Se o incêndio ocorre em espaços abertos (ar livre ou edificação de grande porte bem ventilada), os gases produzidos e o ar aquecido acima das chamas deslocam-se de maneira ascendente devido à convecção. Esse deslocamento produz uma zona de baixa pressão junto ao foco que arrasta ar fresco dos arredores. O ar fresco tanto resfria o foco quanto fornece suprimento de oxigênio. Isso faz com que incêndios exteriores sejam muito diferentes em seu desenvolvimento de incêndios interiores.

Focaremos os incêndios interiores, mormente os incêndios em edificação, os quais denominamos também incêndios estruturais.

4.1 CLASSES DE INCÊNDIO: Métodos de Extinção e agentes extintores

Há variadas classificações dos incêndios, todas elas de acordo com os materiais neles envolvidos, bem como a situação em que se encontram. Essa classificação é feita para determinar tanto o método de extinção quanto o agente extintor adequado para o tipo de incêndio específico.

A classificação aqui apresentada foi elaborada pela NFPA (National Fire Protection Association – Associação Nacional de Proteção a Incêndios/EUA), adotada pela IFSTA (International Fire Service Training Association – Associação Internacional para o Treinamento de Bombeiros/EUA) e também adotada no Brasil.

INCÊNDIO CLASSE “A”

Incêndio envolvendo combustíveis sólidos comuns, como papel, madeira, pano, borracha e plástico⁶.

É caracterizado pelas cinzas e brasas que deixam como resíduos e por queimar em razão do seu volume, isto é, a queima se dá na superfície e em profundidade.

Como os sólidos queimam em superfície e profundidade, é necessário um método que possa atingir a combustão no interior do combustível. Isso nos remete ao resfriamento para a sua extinção o que, no mais das vezes, é feito com o uso de água ou soluções que a contenham em grande porcentagem, a fim de reduzir a temperatura do material em combustão, abaixo do seu ponto de ignição.

⁶ Apesar de tecnicamente borracha e plástico serem líquidos de altíssima viscosidade, pela característica do fogo e do combate, são inseridos na classe A

O emprego de agentes que agem por abafamento irá apenas retardar a combustão, pois extinguirá as chamas apenas na superfície, não agindo na queima em profundidade e ocasionando uma posterior reignição do material.

INCÊNDIO CLASSE “B”

Incêndio envolvendo líquidos inflamáveis, graxas e óleos.

É caracterizado por não deixar resíduos e queimar apenas na superfície exposta e não em profundidade.

Necessita para a sua extinção do abafamento ou da interrupção (quebra) da reação em cadeia. No caso de líquidos muito aquecidos (ponto da ignição), é necessário resfriamento.

O abafamento é mais eficientemente feito com uso de espuma, mas também pode ser feito com pós ou água finamente pulverizada.

A quebra da reação é feita com uso de pós extintores.

INCÊNDIO CLASSE “C”

Incêndio envolvendo equipamentos energizados.

Como são sólidos, o melhor seria resfriá-los, mas o risco de haver condução da corrente elétrica caso se use água deve ser observado.

Caso o fornecimento de energia elétrica seja desligado, o incêndio assumirá as características de um incêndio classe A e assim deverá ser combatido.

Apesar da possibilidade dessa classe de incêndio pode ser mudada para “A”, se for interrompido o fluxo elétrico. Deve-se ter cuidado com equipamentos (televisores, por exemplo) que acumulam energia elétrica, pois estes continuam energizados mesmo após a interrupção da corrente elétrica.

Caso permaneça energizado, para a sua extinção necessita-se de agente extintor que não conduza a corrente elétrica e utilize o princípio de abafamento ou da interrupção (quebra) da reação em cadeia.

Os agentes mais comumente utilizados são o PQS e o CO₂.

O uso do PQS tem o inconveniente de danificar equipamentos pela sua ação corrosiva, o que pode ocorrer também com o CO₂ se for usado em equipamentos eletrônicos delicados pelo excesso de resfriamento que causa.

Em CPDs ou locais onde haja equipamentos sensíveis, pode-se encontrar sistemas de proteção que inundem o ambiente com outros gases inertes que extinguirão por abafamento sem danificar o maquinário.

INCÊNDIO CLASSE “D”

Incêndio envolvendo metais combustíveis pirofóricos (magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, alumínio fragmentado, zinco, titânio, sódio, zircônio). É caracterizado pela queima em altas temperaturas e por reagir com agentes extintores comuns (principalmente os que contenham água).

A reação com água é violenta, pois, ocorre a quebra das moléculas de água (hidrólise) liberando O_2 , que é comburente e alimenta as chamas e H_2 , que é um gás explosivo.

Como é difícil o resfriamento sem utilização de água, surge a extinção química como método mais eficiente de extinção.

Para a extinção química, necessitam-se de agentes extintores especiais (normalmente pós) que se fundam em contato com o metal combustível, formando uma espécie de capa que o isola do ar atmosférico, interrompendo a combustão. Muitos entendem isso como abafamento, pela separação entre combustível e comburente, entretanto, a separação dá-se pelo fato de que o agente extintor funde-se com o metal pirofórico, há ligação química entre eles. Assim, o “abafamento” nada mais é do que consequência da interferência química do agente extintor no combustível.

O abafamento também pode ser feito por meio de gases ou pós inertes que substituam o O_2 nas proximidades do combustível, mas não é tão eficiente pois, devido às altíssimas temperaturas que esse tipo de queima atinge, a menor baforada de ar é capaz de propiciar a reignição.

Pós especiais (PQE – Pó Químico Especial) para classe “D” dependem do tipo de material que queima e, normalmente, são a base de grafite ou cloreto de sódio ou pó de talco. Usam o CO_2 ou o N_2 como propulsores. Podem ser ainda compostos dos seguintes materiais: cloreto de sódio, cloreto de bário, monofosfato de amônia, grafite seco.

O princípio da retirada do material também é aplicável com sucesso nesta classe de incêndio, bem como nas demais.

OUTRAS CLASSES

Há, como dito, outras classes de incêndio conforme classificações diferenciadas, mas que, pela especificidade que apresentam não serão por nós abordadas.

Entendemos conveniente, entretanto, fazer algumas ressalvas.

A primeira delas é quanto à Classe designada para fogo em óleos e gorduras que, segundo o padrão americano é denominada de Classe “K” e, segundo o esquema europeu, Classe “E”.

Não julgamos necessária a separação de incêndios em óleos e gorduras em classe separada da dos líquidos inflamáveis, haja vista que apresentam as mesmas características de queima e de combate. A exceção é que os óleos e gorduras são todos insolúveis em água, mas entendemos que isso não justifica a abertura de classe só para eles.

No padrão americano, adotado largamente no Brasil, os incêndios em gases combustíveis são colocados dentro da Classe “B”, o que consideramos um erro, haja vista a peculiaridade dos incêndios em gases combustíveis (veremos adiante em técnicas de combate), mas resolvemos não abrir uma classe só para eles para não divergir da nomenclatura mais usual. Por isso ainda não adotamos aqui o padrão europeu, pois nele, há a classe separada para os gases, mas se trata da Classe “C”, letra já designada habitualmente para outro tipo de incêndio.

A norma americana separa óleos e gorduras pelo fato de que lá, existe extintores específicos para óleos e gorduras diferentes dos extintores destinados aos demais líquidos combustíveis. Isso justifica a separação lá nos EUA. Aqui no Brasil, os extintores para óleos e gorduras não diferem dos extintores para os demais líquidos combustíveis, não havendo, portanto, razão para separá-los aqui.

No tocante ao fato de que os americanos agregam os gases na mesma classe dos líquidos combustíveis, entendemos ser um posicionamento equivocado. Veja-se que os combustíveis são agregados em classes pelo comportamento similar na queima e para agrupar combustíveis que sejam combatidos pelos mesmos métodos e agentes extintores. De modo algum os gases são combatidos do mesmo modo que os líquidos combustíveis não devendo, assim, serem classificados junto com os líquidos combustíveis.

4.2 DESENVOLVIMENTO DOS INCÊNDIOS EM COMPARTIMENTO

Para analisar o desenvolvimento de um incêndio, primeiramente se faz necessário ressaltar a grande diferença na evolução de um foco de incêndio ao ar livre e de um foco de incêndio em compartimento, isto é, em local onde há teto e paredes limitando o escape de fumaça.

A enorme diferença na evolução desses dos focos ao ar livre e em compartimento deve-se basicamente a dois fatores:

1. a oferta de oxigênio e
2. o “**feedback radiativo**”.

É fácil entender que a oferta de oxigênio é considerada constante para os focos ao ar livre, afinal, a concentração de oxigênio na atmosfera permanece inalterada. Poder-se-ia indagar sobre o fato de o foco consumir o oxigênio do ar ao redor do fogo e a concentração baixar, no entanto, percebe-se que, ao mesmo tempo em que o foco consome o oxigênio, ele aquece o ar. Com o aquecimento, o ar nas proximidades do foco fica menos denso e ergue-se “desocupando” a região próxima ao foco. Isso causa um abaixamento na pressão que atrai mais ar fresco (e rico em O₂) que supre o foco.

Todo foco de incêndio, devido ao deslocamento dos gases que provoca pelo aquecimento, gera seu próprio “vento”. O ar ao redor desloca-se em direção ao foco devido ao abaixamento de pressão.

Um foco em compartimento, devido ao confinamento, não terá uma oferta constante de oxigênio e a concentração de oxigênio tende a cair. Tanto maior e mais veloz será a queda na concentração quanto menor for área de abertura do compartimento (portas, janelas, frestas). Isso altera o desenvolvimento do foco.

Mais ainda que a oferta de oxigênio, o *feedback radiativo* afeta o desenvolvimento dos focos. Cerca de 70% do calor gerado pela queima do combustível é propagado pela convecção. Estando o foco ao ar livre, os gases se elevarão na atmosfera, levando com eles essa enorme quantidade de energia. Desta forma, pouco da energia produzida sobra para aquecer os combustíveis ainda não queimados. Se a queima der-se em um compartimento, os gases produzidos ficam barrados pelo teto e pelas paredes e esses gases começam a se acumular abaixo do teto formando um teto de fumaça, uma capa térmica que irradia de volta para o cômodo boa parte do calor que carrega. Isso é o *feedback radiativo*. Parte do calor é absorvido para aquecer o teto e as paredes. O restante segue aquecendo os materiais presentes naquele cômodo. Com o aquecimento dos combustíveis ainda não queimados no cômodo, eles começam a sofrer um processo chamado de SECAGEM, que consiste na desidratação, ou seja, liberação de vapor de água. Em seguida, se o aquecimento continuar, começam a sofrer TERMÓLISE (ou DECOMPOSIÇÃO PELO CALOR) e assim liberam quantidades crescentes de vapores combustíveis. Eventualmente, a quantidade de vapor liberada atinge um ponto em que a combustão pode ser sustentada e o foco se estende. Caso o material atinja seu ponto de combustão e entre em contato com alguma fonte de calor, ele queimará. Caso atinja seu ponto de ignição, o mesmo ocorrerá. E com a queima de mais e mais combustíveis, mais calor é gerado e mais vapor combustível é liberado.

Enquanto oxigênio suficiente estiver disponível, a evolução do fogo é controlada pelas características e configuração do combustível. Nessas condições, diz-se que o foco está

limitado pelo combustível. Os focos ao ar livre são sempre limitados pelo combustível, podendo ser influenciados por condições meteorológicas como vento e chuva. Estando o foco em um compartimento, quase que inevitavelmente ele atinge um ponto onde passa a ser limitado pela quantidade de oxigênio. Diz-se então que ele está **limitado pela ventilação**.

O desenvolvimento de um incêndio em compartimento pode ser descrito em fases. Muito embora o desenvolvimento seja afetado por muitas variáveis e os limites entre as fases não fique muito claro fora das condições controladas que se tem em laboratórios, mesmo assim, o estudo das fases é fundamental para fornecer didaticamente meios para que se possa compreender a evolução de um incêndio em compartimento. As fases de desenvolvimento de um incêndio em compartimento são: **fase inicial** (ou incipiente), **fase crescente** (ou de crescimento ou de desenvolvimento), **fase de desenvolvimento completo** e **fase de decaimento** (ou decrescente).

FASE INICIAL OU INCIPIENTE

O incêndio começa com a ignição de algum material combustível. A ignição pode ser causada por uma fonte ígnea – quando uma faísca, fagulha, centelha, ou brasa provocam a ignição – como pode ser causada apenas pelo atingimento da temperatura de ignição por algum material exposto a uma fonte de calor (Ex.: ferro de passar esquecido ligado).

Nesse ponto, o fogo está limitado ao material inicialmente em combustão e é altamente dependente das características do material (limitado pelo combustível). A quantidade de oxigênio inicialmente no cômodo permite a queima, então, ela depende basicamente das características do combustível

Fatores que influenciam o desenvolvimento de um foco limitado pelo combustível	
Relação Superfície–Massa	Quanto maior for a superfície exposta de uma determinada massa de combustível, mais fácil será para o combustível ser aquecido até sua temperatura de ignição.
Composição Química	A composição química do combustível tem impacto significativo na liberação de calor durante a combustão. Muitos materiais sintéticos à base de hidrocarbonetos (derivados de petróleo, por exemplo) possuem liberam, quando queimam, até duas vezes mais calor que materiais à base de celulose, como madeira.
Carga Incêndio no cômodo	O total de combustível disponível para combustão influencia o total de liberação de calor.
Umidade do combustível	Mesmo não sendo um fator presente em todos os combustíveis, a água funciona como um lastro térmico, retardando o processo de aquecimento do combustível até seu ponto de ignição.
Posicionamento	A posição em relação ao fogo influencia como o calor é transferido. Por exemplo, uma divisória de madeira é aquecida por convecção e radiação, enquanto o piso é praticamente aquecido apenas por radiação.
Continuidade	Continuidade é a proximidade de vários elementos combustíveis uns dos outros. Quanto mais perto (ou mais contínuos) os combustíveis estiverem, mais fácil e rapidamente o fogo se espalhará. A continuidade pode ser tanto horizontal (ex.: forro) como vertical (ex.: estante ou rack)

Hartin, Ed in: **Essentials of fire fighting...** 5ed. Oklahoma: Fire Protection Publications, 2008. p. 114.

Se a queima do combustível envolvido no foco inicial não for suficiente para sustentar a queima causando a ignição de outros materiais, o fogo se extingue nessa fase. Se a queima do material conseguir liberar calor suficiente para provocar a ignição de outros materiais o incêndio prossegue. Caso o calor produzido não seja capaz de fazer com que os materiais próximos atinjam o ponto de ignição, pode ser que o foco extinga-se sozinho.

Supondo que a combustão consiga sustentar-se, no início, a queima aquece o combustível adjacente às chamas, que desidrata (processo de secagem) e depois sofre pirólise (termólise). Quanto mais combustível for decomposto pelo calor, mais vapores combustíveis serão liberados. Pensando-se em um pequeno foco inicial, os vapores da área adjacente serão arrastados pela convecção até às chamas alimentando-as e gerando mais calor que aquece mais material e mais vapores são liberados e assim por diante.

No início a temperatura do ambiente está pouco acima do normal, as chamas são poucas e não se pode perceber o incêndio de outro cômodo na edificação. Nesta fase o bombeiro não será incomodado pelo calor do ambiente, porém, dependendo do combustível que está queimando, pode haver quantidade substancial de fumaça e de gases nocivos.

Depois de certo tempo, ergue-se uma coluna de vapores combustíveis acima do foco inicial e as chamas erguem-se nessa coluna. Os vapores combustíveis, gases resultantes da combustão e ar aquecido atingem o teto e começam a se espalhar horizontalmente. Esses gases começam a formar um “teto de fumaça” chamado de “**capa térmica**” que irradia calor de volta ao cômodo aquecendo os outros materiais presentes, causando secagem e posterior termólise nos demais materiais combustíveis no cômodo.

Quando as chamas atingem o teto, entende-se que houve a passagem para a próxima fase, a fase de crescimento ou desenvolvimento. O tempo que dura a fase incipiente pode ser desde poucos segundos a várias horas, a depender dos fatores que a influenciam.

Nessa fase inicial, os ocupantes do cômodo podem evacuá-lo facilmente e o fogo pode ser extinto com o uso de um aparelho extintor.

FASE DE CRESCIMENTO OU DE DESENVOLVIMENTO

A passagem da fase incipiente para a fase crescente é marcada pelas chamas subindo a coluna de gases que se ergue sobre o foco atingindo o teto. Com as chamas, que são difusas, atingindo o teto, ocorre grande perturbação das mesmas, o que, por sua vez, inicia uma grande produção de fumaça negra que também se acumula no cômodo.

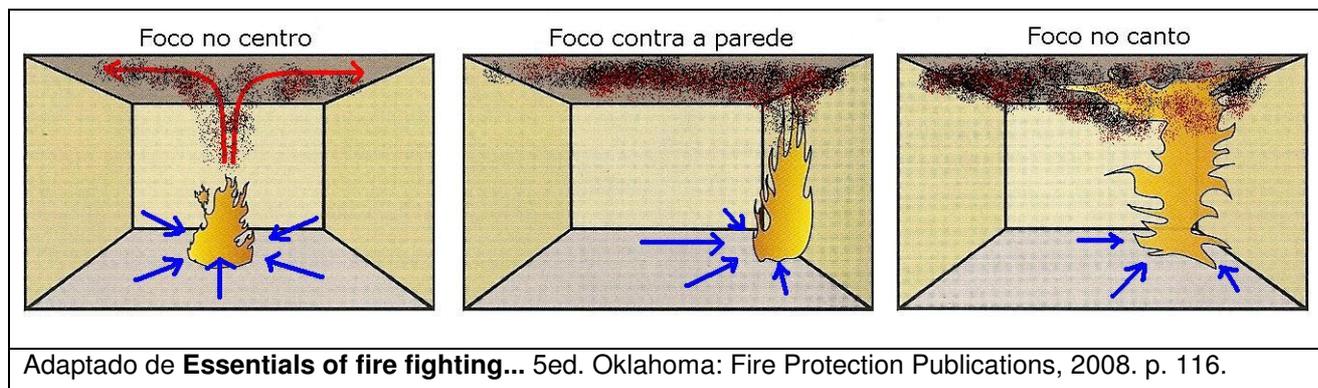
Quanto mais o foco se desenvolve, mais ele afeta o compartimento em que está e, de modo semelhante, ele é afetado pelas características do compartimento. Por exemplo:

- Quanto mais baixo for o pé direito⁷, mais rapidamente a capa térmica aquecerá os combustíveis ainda não queimados;
- Quanto maior for a área de ventilação do cômodo, menor será a redução na concentração de oxigênio, o que significa uma maior taxa de liberação de calor;

⁷ Distância do piso ao teto

O próprio posicionamento do foco influencia o desenvolvimento do incêndio. Um foco ao ar livre recebe ar de todas as direções e a chegada de ar fresco resfria os gases sobre o foco reduzindo a altura que as chamas atingem. Em um incêndio em compartimento, o posicionamento do foco é afetado pelas entradas de ar do cômodo e pelo posicionamento do foco em relação ao cômodo.

Um foco no centro do cômodo tende a ter um desenvolvimento mais lento que um foco contra uma parede. Um foco no canto de um cômodo tende a evoluir mais rapidamente.



O foco de incêndio, por aquecer os gases e estes adquirirem a tendência de subir, cria uma zona de baixa pressão acima das chamas. A camada de gases aquecidos que se acumula sob o teto “quer” sair do cômodo, mas fica limitada pelo confinamento, o que gera uma zona de maior pressão ou sobrepressão. É o que se chama de “zona de pressão positiva”. Assim, com a capa térmica tentando forçar a saída por cima e a zona de baixa pressão próxima ao foco (zona de “pressão negativa”⁸) cria-se uma **corrente de convecção**. Os gases quentes tendem a se mover afastando-se do foco (para cima até o teto e depois horizontalmente) e o ar fresco é atraído pela zona de baixa pressão alimentando o foco.

O ar que entra em um cômodo em chamas sempre busca a região de menor pressão, ou seja, a região do maior foco, alimentando-o e aumentando o regime de queima e a taxa de liberação de calor.



⁸ Não existe pressão negativa, mas considerando-se como zero a pressão atmosférica, o termo faz sentido.

No desenvolvimento de um incêndio em compartimento verifica-se o fenômeno da **estratificação da fumaça** ou *estratificação térmica* ou *balanço térmico*.

Os gases aquecidos buscam ocupar a parte superior do cômodo e, em existindo uma abertura, sairão pela parte superior desta. O ar frio ocupa a parte inferior do cômodo e entra pela parte inferior das aberturas dirigindo-se em direção ao foco. Os gases dispõem-se em camadas de acordo com a temperatura, ficando os mais aquecidos junto ao teto e o ar mais frio junto ao piso. Essa divisão dos gases em camada é a estratificação da fumaça ou dos gases. A zona de separação entre a camada de gases quentes, que apresentam maior pressão e a camada de ar frio, de menor pressão, é chamada de **plano neutro**.

Quanto mais o incêndio desenvolve-se, mais gases aquecidos são produzidos acumulam-se sob o teto. Isso faz com que a capa térmica fique mais densa e o plano neutro abaixe pelo aumento da capa térmica. O plano neutro ficará mais baixo dependendo da quantidade, dimensões e posicionamento das aberturas.

Quanto mais gases se acumulam, menos oxigênio haverá disponível para a queima. Quanto mais baixo estiver o plano neutro, menor é a oferta de oxigênio para o foco. Isso pode mudar o regime de queima do foco, tornando-o *limitado pela ventilação*.

A capa térmica é formada de gases/vapores combustíveis e de partículas combustíveis líquidas e sólidas (fuligem), ou seja, **ela é combustível**. A fumaça é combustível e atingindo seu ponto de ignição e estando na concentração adequada, ela queimará como queimam os gases. Ela também transporta calor e o irradia de volta para os combustíveis do cômodo. Quanto mais calor transportado e irradiado, mais vapores combustíveis são gerados e mais queima haverá (havendo oxigênio suficiente) gerando mais calor e assim por diante.

O incêndio pode crescer pelo propagar das chamas ou pela ignição de outros combustíveis que alcancem a temperatura de ignição. As chamas, após alcançarem o teto começam a percorrer a capa térmica. A capa térmica é rica em vapores combustíveis provenientes da termólise dos materiais no ambiente e rica em compostos orgânicos combustíveis provenientes da combustão incompleta. Caso esteja misturada com o oxigênio na concentração adequada (daí o foco ser limitado pela ventilação ou pelo comburente), a capa térmica queimará. Com o incêndio na fase de crescimento, o mecanismo de transferência de calor predominante no cômodo passa da convecção para a radiação, o que aumenta a taxa de transferência de calor próximo ao piso.

Nesse estágio, alguns fenômenos do **Comportamento Extremo do Fogo** podem ser observados.

Chamas isoladas (*ghost flames* – “chamas fantasmas”) – são bolsões de chamas percorrendo ou aparecendo na capa térmica. A camada de fumaça, rica em carbono proveniente da perturbação da chama difusa e rica em outros materiais combustíveis possui temperatura de ignição em torno dos 600°C.

O aparecimento das chamas fantasmas pode ser devido ao aquecimento de porções da fumaça já em mistura inflamável ou pode a fumaça estar acima da temperatura de ignição, mas fora da faixa de inflamabilidade e, com a movimentação dos gases, algumas porções podem atingir uma concentração de mistura inflamável, vindo então a entrar em ignição.

Rollover – o termo *rollover* é usado quando as chamas na capa térmica não apenas surgem isoladas, mas quando se forma uma frente de fogo que percorre a capa térmica aumentando muito a irradiação de calor em um curtíssimo espaço de tempo. O fenômeno do *rollover* envolve apenas a queima repentina da fumaça, sem envolver a queima dos demais combustíveis no ambiente que se encontram na fase sólida.

[Ao lado, temos uma foto onde ocorre um *rollover*. Vê-se a frente de fogo avançando pela capa térmica em direção à entrada de ar fresco.]

A ocorrência de um *rollover* pode ocasionar outro fenômeno, chamado de *flashover*.



Flashover – *flashover* é a rápida transição de um incêndio na fase de crescimento para o estágio de desenvolvimento completo em um cômodo, onde há o envolvimento pelas chamas de todos os combustíveis presentes no cômodo.

Com o aumento da taxa de liberação de calor provocado (por um *rollover* ou pelo mero atingimento da temperatura de ignição de vários combustíveis ao mesmo tempo), todos os materiais presentes em um cômodo entram em ignição. As chamas dominam tanto a fumaça como os combustíveis sólidos causando a imediata transição para a próxima etapa da evolução de um incêndio: a fase de pleno desenvolvimento.

As condições para a ocorrência do *flashover* são definidas de variadas formas. Em geral, a temperatura da capa térmica deve atingir algo em torno dos 600°C [temperatura de ignição do carbono (fuligem)] ou então o fluxo de calor (medida da transferência de calor) para o piso do cômodo deve alcançar a taxa de 15-20 kW/m², o que causa a ignição dos vapores provenientes da termólise na fase sólida do combustível.

Quando ocorre o *flashover*, sobretudo quando proveniente da ignição da fumaça, ocorrerá uma onda de sobrepressão que será tanto mais violenta quanto maior for a proximidade da concentração da mistura fumaça-ar do ponto estequiométrico. Isso pode causar a abertura repentina de portas e janelas.

Normalmente janelas não se quebram devido à sobrepressão em um *flashover*, mas os vidros se partem devido ao calor irradiado que provoca a expansão da parte virada para o cômodo dos vidros de modo muito rápido e, como o lado voltado para o exterior não consegue acompanhar e não dilata na mesma velocidade. Isso gera uma pressão interna que acaba por fazer o vidro ruir.

Evolução alternativa

O *flashover* não ocorre sempre que há um incêndio em compartimento. Para que ele ocorra é necessário que o combustível envolvido pelas chamas tenha capacidade de gerar o calor necessário com a rapidez necessária para gerar o *flashover*. Também não ocorrerá o *flashover* se o foco inicial consumir o oxigênio do cômodo mais rápido do que ele é suprido pelas aberturas fazendo com que sua concentração baixe diminuindo a taxa de liberação de calor e diminuição da intensidade da queima. Esta última situação é muito perigosa, uma vez que uma abertura inadvertida do compartimento pode oferecer ao foco o que ele precisa para que o *flashover* ocorra⁹.

Assim, vê-se que o incêndio pode atingir todo o cômodo (desenvolvimento completo) pelo avançar das chamas sem a transição súbita causada pelo *flashover*.

Importante salientar que a diminuição da oferta de oxigênio em um foco limitado pela ventilação reduz a taxa de liberação de calor, mas a temperatura no cômodo pode continuar a subir, ainda que mais lentamente. Toda vez que a ventilação for aumentada, seja pela ruptura de uma abertura que não suporta o calor seja pela entrada de bombeiros, a queima se intensifica e a taxa de liberação de calor aumenta, em alguns casos, rápida e violentamente.

Outro ponto importante é que, mesmo que a queima diminua de intensidade, a inflamabilidade dos gases não diminui, pois as chamas precisam de oxigênio para ocorrer, mas a decomposição do combustível gerando vapores inflamáveis não. A termólise precisa apenas de energia (calor), não de comburente. Então, mesmo que não haja chamas em um ambiente, a atmosfera do cômodo pode estar rica em combustível.

FASE DE DESENVOLVIMENTO COMPLETO

A fase de desenvolvimento completo ocorre quando todo combustível em um cômodo está em combustão. Quando isso ocorre, a queima no compartimento estará liberando o máximo de calor possível para a quantidade de combustível e comburente disponíveis. Haverá ainda grande produção de fumaça. Assim como descrito anteriormente, o aumento na ventilação do ambiente ocasionará um aumento na intensidade da queima e na taxa de liberação de calor.



A capa térmica fica muito avantajada, forçando o plano neutro para próximo ao solo. O acúmulo de pressão dos gases produzidos é aliviado em pulsos que expõem bolsões de fumaça para o exterior do cômodo por qualquer abertura disponível com a conseqüente entrada de ar para dentro do ambiente (diz-se que o foco está “respirando”). Os gases aquecidos expulsos do ambiente onde a queima é limitada pela ventilação (pelo comburente) geralmente

⁹ É o que se chama de *flashover* induzido pela ventilação.

queimam ao saírem do cômodo, pois, ao misturar com o ar de fora do cômodo, alcançam a inflamabilidade estando ainda acima do ponto de ignição.

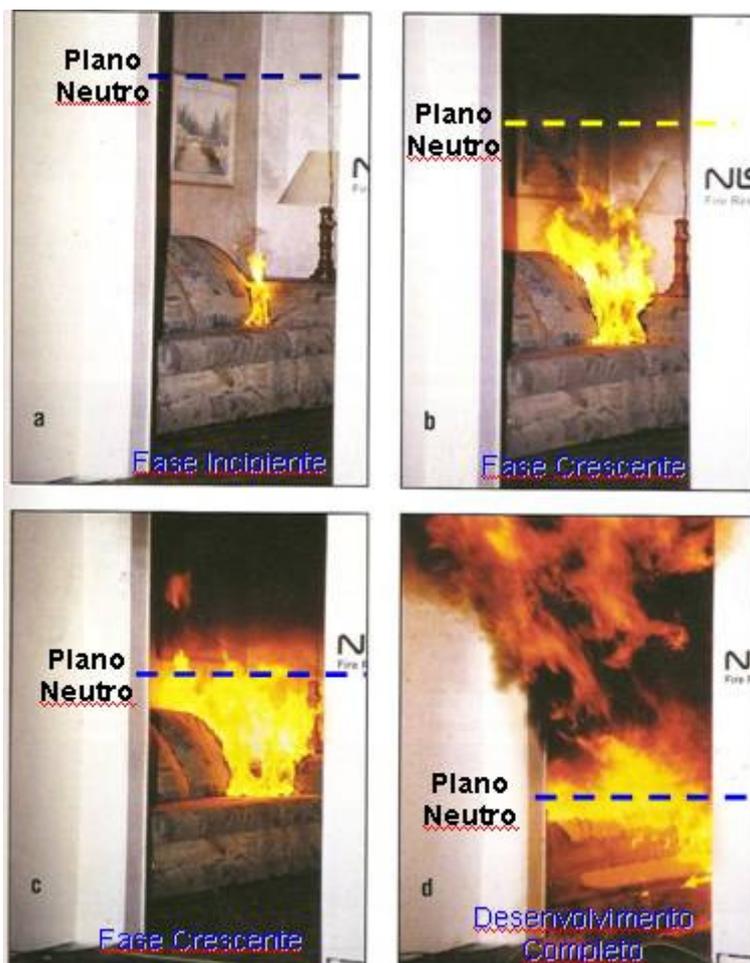
Enquanto houver oxigênio suficiente para alimentar a combustão dos combustíveis em um cômodo, o fogo é *limitado pelo combustível*. Quando o regime de queima começa a ser afetado pela diminuição na concentração de oxigênio na atmosfera do ambiente, o regime de queima passa ser *limitado pela ventilação*. A disponibilidade de ar ditará o crescimento do fogo.

A fase de desenvolvimento completo é caracterizada pela máxima taxa de liberação de calor é limitada apenas pela disponibilidade de combustível e de comburente.

A disponibilidade de comburente, por sua vez, depende das dimensões e do posicionamento das aberturas do cômodo. Quanto mais altas, maior será a pressão dos gases para saírem do cômodo atrapalhando a entrada de ar fresco.

Ao lado, vemos a evolução de um foco evidenciando o abaixamento do plano neutro. Repare as chamas surgindo na fumaça na foto “c” e a fumaça em plena combustão na foto “d”.

A combustão da fase gasosa (produtos da combustão da fase sólida e vapores provenientes da termólise) libera mais calor que a queima da fase sólida em si



Sequência de fotos: experimento do NIST

Em um cômodo de alvenaria fechado, com as aberturas (portas e janelas) razoavelmente seladas, é comum que o consumo de oxigênio pela queima, de um lado, e a produção de gases provenientes da combustão além de produtos da termólise, de outro, reduzam a concentração de oxigênio no ambiente. Isso afeta diretamente o fogo reduzindo a intensidade das chamas e a taxa de liberação de calor. Nesse cenário, duas hipóteses podem surgir para fazer o foco pulsar ciclicamente.

Um modo do foco respirar decorre do escape de gases superaquecidos pelas frestas na parte superior das aberturas que abre espaço para entrada de ar fresco pela parte inferior. O ar que entra segue em direção ao foco, por ser esta a região de menor pressão. Em lá chegando, o ar realimenta o foco com O₂. Com isso as chamas voltam a se intensificar até consumir o oxigênio e o ciclo reiniciar.

O foco também pode respirar pela contração da capa térmica decorrente do resfriamento, o que reduz a pressão cômomo sugando ar de fora pelas frestas. Da mesma forma, o ar que entra segue em direção ao foco alimentando-o e reavivando-o.

Se a oferta de ar for baixa, os ciclos vão diminuindo de intensidade.

A temperatura média dos gases em um cômodo na fase de desenvolvimento completo fica entre 700^o a 1200^o C dependendo das características dos combustíveis presentes e da configuração do cômodo.

FASE DE DECAIMENTO

A fase de decaimento ocorre quando o combustível sólido é consumido ou quando a concentração de oxigênio cai a ponto de não mais ocorrer combustão viva, que é a combustão onde se verifica a presença de chamas. Isso ocorre, em geral, quando o O₂ encontra-se em concentrações abaixo de 14%. Ambas as hipóteses podem levar à fase de decaimento, muito embora, o decaimento pela depleção de oxigênio pode apresentar grande variação se ocorrer mudança no padrão de ventilação do cômodo.

Se o decaimento do foco deu-se em razão do exaurimento do combustível, o incêndio, nesse cômodo, ruma para a extinção. Nem por isso o ambiente deixa de ser perigoso. A combustão passa a ser lenta (brasas) mais ainda é capaz de manter a temperatura do cômodo elevada por longos períodos que variam de acordo com o isolamento térmico e ventilação do cômodo. Se o cômodo estiver fechado, enquanto os gases combustíveis ainda não queimados estiverem acima da temperatura de ignição, ventilar o cômodo pode provocar a violenta ignição dos gases.

Se um incêndio for forçado ao decaimento pela falta de comburente, a taxa de liberação de calor diminuirá, contudo, ainda haverá combustão devido à presença de combustíveis ainda não consumidos e no pouco oxigênio disponível que entra pelas frestas. A combustão, pela baixa concentração de O₂ será lenta (brasas) e, muito embora libere menos calor, continuará a fornecer calor para o ambiente no cômodo.

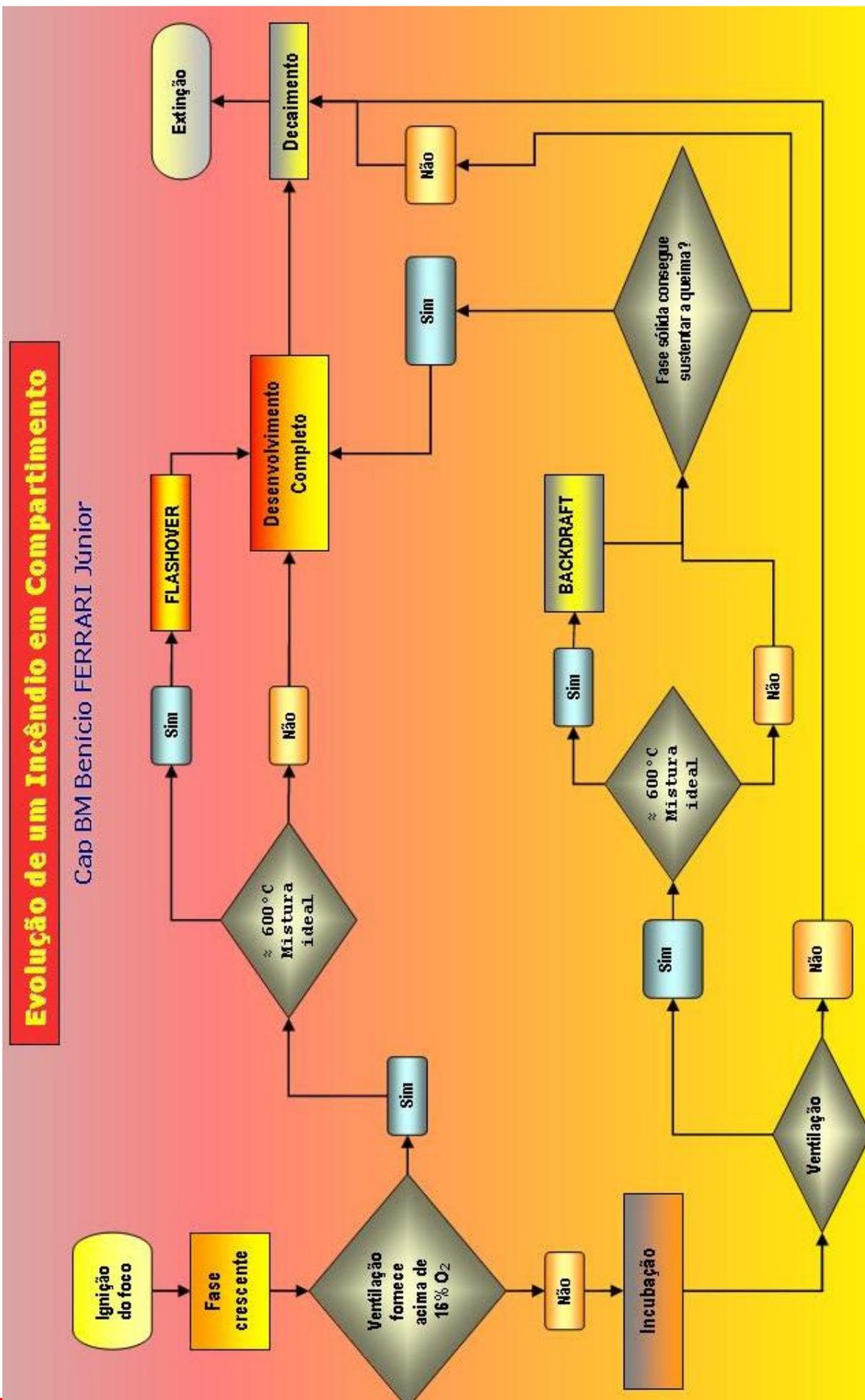
Estando o foco em queima lenta devido à diminuição da concentração de O₂, mas tendo ainda condições de, mediante a entrada de ar, voltar à queima livre ou apresentar ou mesmo apresentar um comportamento extremo, diz-se que o foco está em estágio de **INCUBAÇÃO**. A incubação pode ocorrer não apenas após o desenvolvimento completo, mas pode ocorrer antes dessa etapa, bastando somente que o foco em regime de queima limitada pelo combustível, passe à queima lenta ou mesmo deixe de queimar, mas ainda guarde energia suficiente para voltar a queimar caso ar entre no ambiente. Se isso não ocorrer, o foco parte para a extinção.

É importantíssimo notar que, mesmo que a queima diminua, a termólise prossegue, pois a queima precisa de oxigênio, mas a decomposição pelo calor, não. Ainda que a concentração de O₂ fique abaixo de 7% (incapaz de sustentar a combustão), a termólise continua ocorrendo. Isso significa que, mesmo sem chama, um cômodo em queima lenta, ou até mesmo sem queima pode ter uma atmosfera rica em combustíveis e acima do ponto de ignição, à espera apenas da entrada de comburente para ignir. Caso uma janela ou porta se rompa ou um bombeiro abra um acesso ao cômodo, o ar entrará e, tão logo a fumaça misture-se com o ar e alcance concentração adequada, ela inflamar-se-á. A ignição dos gases combustíveis já acima do ponto de ignição pela mistura com oxigênio é

violenta e produz uma onda de choque e calor letal. A esse fenômeno, dá-se o nome de **backdraft**.



Os sinais que indicam que um foco está na fase de decaimento podem ser enganosos. As condições podem indicar uma aparente “tranqüilidade” no cômodo. Sem luminosidade ou barulho de chamas, um bombeiro inadvertido ou usando uma técnica incorreta pode “acender o pavio de uma bomba”. Atuando errado, os bombeiros podem piorar as condições do ambiente dificultando o combate.



5. APARELHOS EXTINTORES

5.1 DEFINIÇÕES

Agente extintor – Toda substância capaz de intervir na cadeia de combustão quebrando-a, diminuindo a quantidade de comburente na reação, interferindo no ponto de fulgor do combustível e/ou atuando por redução na formação de radicais livres, impedindo que o fogo possa crescer e se propagar, controlando-o e/ou extinguindo-o.

Carga – Quantidade de agente extintor contido no extintor de incêndio, medida em litro ou quilograma.

Capacidade Extintora – Medida do poder de extinção de fogo de um extintor, obtida em ensaio prático normalizado. Deve ser indicada no rótulo do produto.

Extintor de incêndio – Aparelho de acionamento manual, constituído de recipiente e acessórios, contendo o agente extintor, destinado a combater **princípios de incêndio**.

São equipamentos que se destinam ao combate e extinção de um incêndio na fase incipiente ou no início da fase de crescimento.



Extintor portátil

Extintor que possui massa total (carga, recipiente e acessórios) de no máximo 20 Kg.



Extintor sobre rodas

Extintor montado sobre rodas que possui massa total (carga, recipiente e acessórios) acima de 20 Kg.

5.2 FUNCIONAMENTO

Geralmente um extintor possui dois tipos de produtos: o agente extintor propriamente dito e um gás propulsor que tem como função impulsionar o primeiro para fora do extintor quando da sua utilização. Em alguns casos o agente extintor, por ser um gás sob pressão (como por exemplo o dióxido de carbono), tem ambas as funções, dispensando um agente propulsor.

O agente propulsor pode permanecer juntamente com o agente extintor no mesmo recipiente, ou então, estar em recipiente distinto, porém conexo, apenas aguardando que o operador o libere para a pressurização da ampola com agente extintor, podendo assim, expulsá-lo.

5.3 TIPOS DE EXTINTORES

5.3.1. Quanto ao Tipo de Propulsão do Agente Extintor:

Extintores pressurizáveis, a pressurizar ou de pressão não permanente,

Nos extintores de pressão não permanente o agente extintor e o gás propulsor estão separados e apenas este último se encontra sob pressão, num cartucho instalado no interior do próprio extintor ou no exterior do mesmo. Quando o extintor é ativado, o gás propulsor é libertado do cartucho para o interior do extintor onde se vai misturar com o agente extintor, aumentando a pressão interna.



Extintores de pressão permanente

Hoje em dia a maioria dos extintores que se encontra em aplicações comuns é do tipo “pressão permanente”. Neste tipo de extintor o agente extintor e o gás propulsor encontram-se misturados no interior do extintor, a uma determinada pressão (geralmente indicada por um pequeno manômetro instalado no extintor). Quando o extintor é ativado o agente extintor, já sob a pressão, é expelido por um tubo até à extremidade do difusor. A descarga pode ser controlada através de uma válvula que existe na extremidade do tubo ou na cabeça do extintor.

5.3.2 Quanto ao Tipo de Agente Extintor:

Os extintores são nomeados conforme o agente extintor que carregam e são classificados de acordo com a classe de incêndio a que o agente extintor se presta a combater.

Água	
Pó Químico Seco (PQS)	  
Pó Químico Especial (PQE)	
Dióxido de Carbono (CO ₂) (e gases inertes em geral)	 
	 <p>Uso possível, mas não recomendado.</p>
Espuma	 
Halon e Halogenados	  

5.4 COMPONENTES DE UM EXTINTOR

Os extintores são constituídos pelas seguintes peças fundamentais:

- Corpo ou reservatório do extintor, destinado a armazenar o agente extintor;
- Válvula de descarga, destinada a fazer atuar o extintor, permitindo a passagem do agente extintor para o exterior;
- Manípulo ou punho, faz atuar a válvula de descarga;
- Lacre de segurança, tem como função libertar o manípulo que atua a válvula de descarga;
- “Tubo de pesca” ou sifão, conduz o agente extintor desde o interior do corpo do extintor para a válvula de descarga;
- Tubo ou mangueira: conduz o agente extintor para o exterior através de um difusor ou bico de descarga colocado na sua extremidade.



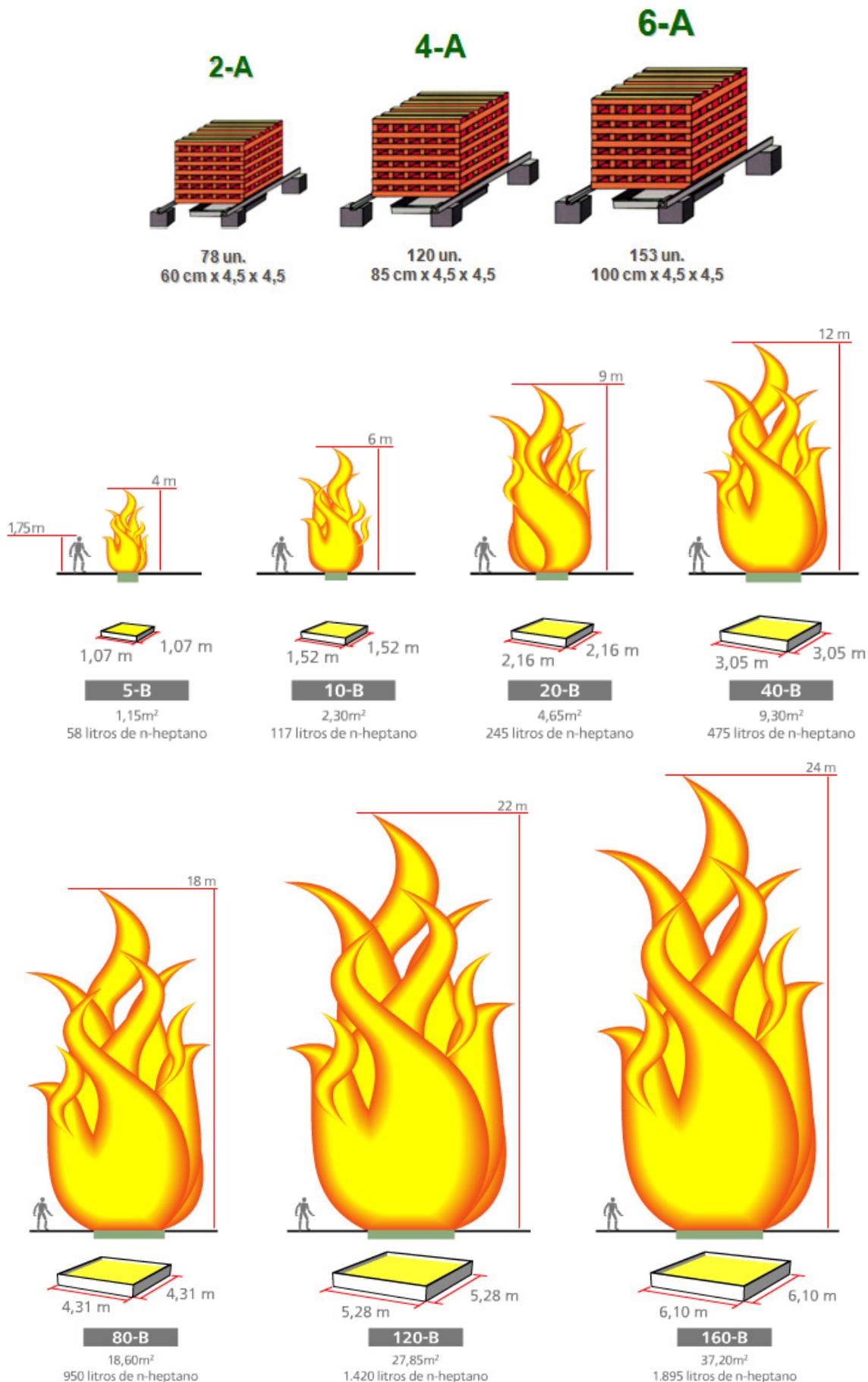
5.5 UNIDADE EXTINTORA

A **Capacidade Extintora** mínima de cada tipo de **extintor portátil**, para que se constitua uma unidade extintora, deve ser:

AGENTE EXTINTOR	CAPACIDADE EXTINTORA MÍNIMA	CARGA EQUIVALÊNTE	ALCANCE MÉDIO DO JATO
Água	2-A	10 L	10 m
Espuma Mecânica	2-A :10-B	9L	5 m
CO ₂	5-B:C	6 kg	2 m
Pó BC	20-B:C	12 kg	5 m
Pó ABC	2-A:20-B:C	-	5 m
Compostos Halogenados	5-B:C	2 kg	4 m

Capacidade extintora

Medida do poder de extinção de fogo de um extintor, obtida em ensaio prático normalizado. Deve ser indicada no rótulo do produto.



O extintor classe C não possui ensaio normatizado de capacidade extintora, apenas se verifica se o agente extintor conduz eletricidade ou não.

5.6 COMBATE A INCÊNDIO COM EXTINTORES

A primeira observação para o combate a incêndio com Aparelhos Extintores, ou apenas Extintores, é ter a consciência de que os Extintores prestam-se a combater tão somente princípios de incêndio.

Outra observação a ser feita é que os extintores devem estar adequadamente posicionados na edificação conforme projeto aprovado pelo Corpo de Bombeiros. O posicionamento adequado visa limitar a distância máxima a percorrer em caso de necessidade de utilização de um Extintor.

Não adianta nada um extintor estar devidamente posicionado se o acesso a ele está obstruído, assim, igualmente os extintores devem estar com acesso livre e desimpedido, devendo, mais que isso, ficar visíveis. Muitos escondem extintores por considerar que atrapalham a estética arquitetônica, mas se esquecem que, caso venham a precisar dele, muito provavelmente não se lembrarão onde o esconderam.

Nesse passo, não adianta o extintor estar adequadamente posicionado e desobstruído se não estiver funcionando, por isso, deve ser feito um trabalho sério de manutenção dos extintores.

Também é necessário que os ocupantes de uma edificação saibam escolher o extintor adequado e saibam usá-lo corretamente.

Finalmente, facilita o combate em termos de tempo resposta se os ocupantes de uma edificação souberem onde ficam os extintores.

Traçadas as observações acima, passemos aos passos que devem ser seguidos em um combate a incêndio com extintores.

1. Localizar o foco identificando o material que está queimando;
2. Escolher o extintor adequado à classe do material que queima;
3. Retirar o lacre e efetuar um teste ainda no local, pois se o extintor não estiver funcionando, perder-se-á momentos preciosos deslocando ao foco um extintor inútil;
4. Usar o extintor adequadamente conforme seu tipo (cada um tem uma forma de utilização própria).

Uma recomendação no uso de extintores é que, em uma situação de incêndio, depois de utilizado ou depois de testado e constatada a falha, um extintor deve ser deixado deitado para que outros não percam tempo tentando usá-lo.

PARTICULARIDADES NA UTILIZAÇÃO DOS DIVERSOS TIPOS DE EXTINTORES

Extintor de Espuma

Empunhar a mangueira e apertar o gatilho, dirigindo o jato para um anteparo de forma que a espuma gerada escorra cobrindo o líquido em chamas.

Não se deve jogar a espuma diretamente sobre o líquido

Se o líquido estiver derramado, primeiro deve-se fazer um aglomerado de espuma antes da poça e depois forçá-la com mais espuma para sobre o líquido.

Extintor CO₂

Como esse extintor funciona a alta pressão, quando o gás é liberado ele se resfria violentamente. Para que não ocorra queimaduras pela baixa temperatura, o operador deve segurar a mangueira pelo punho ou manopla e nunca pelo difusor.

Como o CO₂ age principalmente por abafamento, sua utilização deve visar substituir o ar atmosférico no espaço sobre o combustível, para tanto o gatilho deve ser apertado constantemente ou em rápidas sucessões para que se forme uma nuvem de gás sobre o combustível e as chamas se apaguem pela ausência de O₂.

Deve se observar que após o abafamento, é necessário que se busque o resfriamento do material para evitar reignições futuras.

Extintor de PQS

O extintor de PQS é facilmente confundido com o Extintor de água, muito embora no rótulo constem informações sobre classes de incêndio diferentes. No momento de adrenalina de um incêndio as letras não são enxergadas pela maioria das pessoas.

Uma sutil diferença entre os extintores em questão é o diâmetro do requinte (bocal da mangueira). No extintor de Pó o requinte é bem mais aberto para permitir a passagem do pó com maior facilidade.

Uma maneira prática de diferenciá-los é batendo neles. Como o pó é um sólido, o som da batida é grave e seco, enquanto que a água produz um som aberto e com pequeno eco.

O pó não se dissipa tão facilmente como o gás e tem também maior alcance do jato, então sua utilização é diferente.

O jato não deve ser dirigido à base do fogo. Devem ser aplicados jatos curtos o pó de modo que a nuvem expelida perca velocidade e assente sobre o foco. O jato seguinte deve esperar o assentamento da nuvem anterior para não deslocá-la de sobre o foco antes de assentar.

Extintor de Água

Como o objetivo de usar água é conseguir um resfriamento do material, o Extintor de água deve ser usado buscando a máxima dispersão da água possível. Para tanto, o operador deve colocar o dedo na frente do requinte para aspergir o jato (como uma mangueira de jardim) e acionar o gatilho incessantemente dirigindo o jato em varredura por sobre o combustível em chamas.

5.7 MANUTENÇÃO e CUIDADOS

Com já abordado anteriormente, é importante o bom funcionamento dos extintores para que sirvam ao que propõem: extinguir pequenos focos de incêndio antes que se tornem grandes.

Para garantir o bom funcionamento dos extintores, é necessário que sejam seguidas as seguintes manutenções:

Semanal – verificação se o posicionamento dos extintores está correto, bem como seu acesso e sinalização.

Quinzenal – verificação do estado geral do extintor, com especial atenção para sinais de impactos físicos e obstrução do requinte.

Mensal – conferência da pressão dos extintores pela checagem dos manômetros (o Extintor de CO₂ não possui manômetro). Caso a pressão não esteja adequada, deve-se enviar o aparelho para recarga.

Semestral – conferência do peso da ampola, no caso dos extintores de CO₂. Caso haja perda de mais de 10% do peso em relação ao peso do extintor quando recebido¹⁰, deve-se enviar o aparelho para recarga.

Anual – o aparelho deve ser enviado para recarga e inspeção feita em empresa especializada.

Quinquenal – deve ser feito o teste hidrostático do cilindro.

Cuidados na conservação - O extintor não deve apresentar sinais de ferrugem ou amassamento.

¹⁰ O peso deve ser anotado no recebimento para essa conferência.

Cuidados na inspeção –



Pressão da Carga: Verifique sempre o indicador da pressão da carga do agente extintor, cujo ponteiro deve estar sobre a faixa verde. Em caso contrário, a recarga deverá ser realizada por uma empresa certificada.

O extintor de incêndio cujo agente extintor é água ou pó químico deve ser inspecionado anualmente.



O extintor de incêndio de CO₂ deve ser inspecionado a cada 6 meses.

Inspeção não é recarga. Não é preciso abrir o extintor, o que quer dizer que não há substituição do anel de plástico amarelo (foto ao lado) e do selo de conformidade ou de manutenção.

A recarga deve ser feita conforme recomendação do fabricante, ou após o uso.

Cuidados na Manutenção –



O extintor de incêndio deve passar, a cada 5 anos, por uma manutenção geral, para que seja efetuada, por exemplo, a troca da carga, o teste hidrostático, etc. Essa manutenção deve ser efetuada apenas por empresa autorizada no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação.

Recomendações



Proteja-se, exigindo que empresa de manutenção forneça um outro extintor para substituir o seu, enquanto este estiver em manutenção.

O extintor de incêndio que sofreu manutenção apresenta um anel de plástico amarelo que indica que o extintor foi aberto, entre a válvula e o cilindro, com identificação da empresa que realizou a manutenção, o mês e o ano em que o serviço foi realizado (essa data é repetida no selo de manutenção). Este anel não precisa ser trocado anualmente - somente quando o extintor tiver sido usado - podendo permanecer no extintor por 5 anos, quando, então, será substituído após terem sido feitos os testes de manutenção.

6. MATERIAL HIDRÁULICO

Entende-se por material hidráulico todo aquele que conduz, une ou dá forma ao agente extintor líquido, mais propriamente a água.

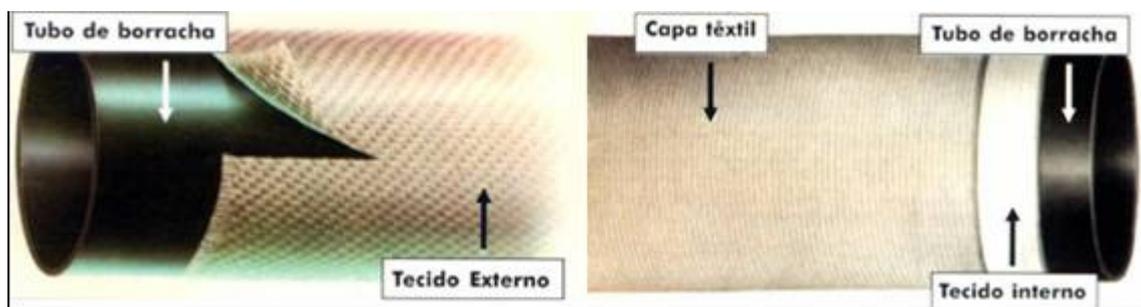
São materiais de extrema importância para os serviços de bombeiros, por isso é importante conhecê-los, saber utilizar e manter de forma adequada.

6.1 MANGUEIRAS

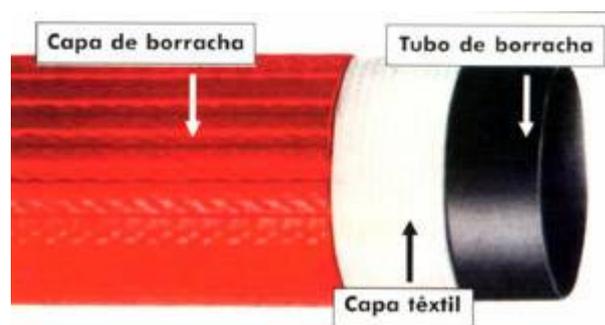
Denominam-se mangueiras os condutores flexíveis utilizados para transportar água, do ponto de suprimento até o local em que deva ser lançada.

A mangueira mais comumente utilizada nos serviços de bombeiros constitui-se de um tubo de borracha que tem por finalidade a condução da água e um ou dois tubos de lona de algodão, fibras sintéticas (mais comumente) ou linho como revestimento.

A capa externa tem duas finalidades: proteger o tubo de borracha da abrasão provocada pelo atrito com o solo e auxiliar na resistência à pressão.



Há ainda mangueiras que se constituem de um tubo de lona de fibra de poliéster, forrado internamente com borracha. Externamente apresenta um revestimento de material plástico, destinado a protegê-la contra agressividade de produtos químicos e de abrasão devido a seu arraste durante as operações de combate ao fogo



Ela não é tão resistente à abrasão, mas possui uma resistência consideravelmente superior contra o desgaste provocado pelo contato com produtos químicos.

As mangueiras podem ter comprimentos variados, mas os mais comuns são de 10, 15 e 30 metros. Também podem apresentar diversos sistemas de conexão e diversas bitolas, calibres ou diâmetros.

As mangueiras mais comumente utilizadas são de 1 ½ “ (uma e meia polegada) ou 38mm (trinta e oito milímetros) e 2 ½ “ (duas e meia polegada) ou 63mm (sessenta e três milímetros).

Em relação sistema de conexão, no Brasil, o sistema mais adotado é o alemão, com juntas do tipo STORZ.

Uma observação acerca do uso das mangueiras é que requerem o desenrolamento completo para que possam ser usadas.

CUIDADOS COM AS MANGUEIRAS

Das mangueiras depende não só o sucesso no combate ao fogo, como também a segurança dos homens que guarnecem os esguichos, razão pela qual deve ser dispensado a este equipamento cuidadoso trato, antes, durante e após o seu emprego.

Antes do uso:

- Armazenar em locais arejados, livres de mofo e umidade, protegida da incidência direta dos raios solares;
- Periodicamente recondicionar os lances para evitar a formação de quebras;
- Conservar o forro com talco e as uniões com talco ou grafite, evitando o uso de óleo ou graxa;

Durante o uso:

- Evitar arrastá-las sobre bordas cortantes, materiais em altas temperaturas e materiais corrosivos (gasolina, óleos, ácidos...);
- Não permitir a passagem de veículos sobre as mangueiras estejam elas cheias ou vazias;
- Evitar pancadas e arrastamento das juntas de união, pois podem danificar-se impedindo seu perfeito acoplamento e se uma mangueira perde a funcionalidade de uma de suas conexões ela fica inutilizada.

Após o uso:

- Fazer rigorosa inspeção visual quanto ao estado da lona e das uniões, separando as danificadas definitivamente, com um nó na extremidade;
- As mangueiras boas serão lavadas com água pura, sabão neutro e escovas de fibras largas e macias;
- Depois de enxaguadas deverão ser colocadas em suporte adequado, à sombra, de onde só serão retiradas após estarem completamente secas para serem armazenadas com os cuidados devidos.

ACONDICIONAMENTO

As mangueiras podem ser acondicionadas de diversas maneiras, dependendo da utilização mais provável a que elas se destinam.

ACONDICIONAMENTO EM ZIG-ZAG

Este acondicionamento é utilizado quando se deseja rapidez na montagem de um estabelecimento.

Propicia um rápido estender das mangueiras, mas dificulta muito o transporte.

Assim, esse método é indicado para acondicionar mangueiras que não precisem ser transportadas, tais como as que ficam em hidrantes de parede e algumas destinadas à montagem de linha direta nas viaturas de combate a incêndio.



ACONDICIONAMENTO ADUCHADA

É o meio usual de acondicionamento, que consiste em enrolar a mangueira dobrada ao meio, em direção às extremidades guarnecidas de juntas, de modo a se obter um rolo.

Essa forma de acondicionamento facilita o transporte da mangueira e ainda possibilita o uso de técnicas rápidas de desenrolamento.

Como muitas vezes o serviço de combate a incêndio requer o deslocamento da guarnição e o transporte de mangueiras para desenrolamento longe da viatura, esse é o meio de acondicionamento mais usado.



ACONDICIONAMENTO EM ESPIRAL

Este acondicionamento é empregado para o armazenamento de mangueiras em almoxarifados ou cujo emprego seja remoto, pois impede um desenrolamento rápido.

Consiste em enrolar, a partir de uma junta, a mangueira entre si mesma, formando uma espiral que termina na junta oposta evitando dobra.



6.2 MANGOTES

Mangotes são condutores de borracha para conduzir a água **em sucção**, da fonte de suprimento até a bomba de incêndio, sofrendo, internamente, pressão negativa, razão pela qual são reforçados por anéis com a finalidade de não se colabarem no ato da sucção.

As mangueiras suportam apenas pressão positiva em seu interior e, caso fossem usadas para sucção, ocorreria o colapamento de suas paredes internas. Por outro lado, os mangotes, devido aos anéis de reforço para evitar o colapamento, não possuem a flexibilidade e maleabilidade das mangueiras, sendo assim úteis apenas para sucção.

Sempre são acompanhados de ralos e filtros, para que impurezas, da fonte de suprimento, não atinjam o corpo de bombas.



Podem ser de diversos comprimentos e diâmetros sendo mais comuns os de 2 ½ " (duas e meia polegada) ou 4 " (quatro polegadas).

6.3 MANGOTINHOS

Mangotinhos são tubos flexíveis de borracha, reforçados para resistir a pressões elevadas e dotados de esguichos próprios.

São acondicionados nos auto-bombas em carretéis de alimentação axial, o que permite desenrolar parte do mangotinho e funcionar a bomba sem necessidade de acoplamento ou outra manobra. Esse tipo de equipagem permite ainda o uso do mangotinho sem que seja necessário o desenrolamento completo.

Podem ser ligados a sistemas de água ou em baterias de PQS.

Pela facilidade de operação, os mangotinhos são usados em incêndios que necessitam de pequena quantidade de água ou grandes quantidades de PQS.



6.4 ESGUICHOS

Esguichos são peças metálicas ou não, montadas na extremidades das mangueiras, destinadas a dirigir, dar forma e controlar o jato d'água.

TIPOS DE ESGUICHOS

Esguicho agulheta (5) – É o tipo mais simples de esguicho encontrado, sendo de diâmetro menor que a mangueira. Esse esguicho só produz jato compacto e é mais comumente utilizado nos hidrantes das instalações prediais.

Não é muito bom para o combate por não apresentar opções de forma e controle do jato d'água.

Esguicho regulável (4) – Esse tipo de esguicho é utilizado quando se deseja jato em forma de chuveiro (neblinado) ou jato compacto. Os jatos em neblinado ou chuveiro são produzidos devido ao choque dos filetes formado pelo desvio da água em sua trajetória, motivo pela existência na boca do esguicho de um disco que obriga a água chocar-se contra seu rebordo de saída.



A regulagem é feita por um rosqueamento na manopla que desloca o disco na parte interna e altera o ponto de choque da água dando forma ao jato.

Esguicho universal (3) – Esse tipo de esguicho recebe essa denominação pelo jato que permite a produção de jato compacto, jato neblinado (ou chuveiro) e jato em forma de neblina. Na parte interior possui dois orifícios de saída de água, um superior livre por onde é expelido o jato compacto e outro inferior, de maior diâmetro, onde é encaixado o Aplicador de Neblina (2) (um prolongador para aplicação de neblina) ou crivo para obtenção do jato em forma de chuveiro.

Esguicho canhão (1) – Esse esguicho é empregado quando se necessita jatos de grande alcance e grande volume de água. É constituído de um tubo cilíndrico cônico e trabalha geralmente apoiado no solo. Motivo pelo qual é dotado de pés promovidos de garras; podendo também ser montado sobre a própria viatura que o transporta, a qual possui dispositivo próprio de fixação.

Esguicho Torre d`água

Consiste em um esguicho especial do tipo agulheta, com diversas bocas móveis, articulado por meio de junta estanque, que permite o movimento vertical da seção anterior do esguicho. É montado na extremidade de uma auto escada e alimentado por uma linha de mangueiras, sendo operado desde o solo através de cabos de comando.

Esguicho de alta pressão

Devido à sua forma, os esguichos de alta pressão são comumente chamados de “pistolas”. Em alguns casos também são chamados de “atomizados” pela capacidade que possuem de pulverização da água.

São empregados em serviços que requeiram água em forma de chuveiro à alta pressão, como interiores de residências, lojas, etc..., onde o combate com esse meio tem se revelado de grande eficiência, tendo em vista o baixo consumo de água. As “PISTOLAS” operam com bombas que fornecem até 600 lbs, acoplados em mangotinhos dos auto-bombas.

Possuem injetado em plástico com acabamento ergonômico apropriado a comportar uma mão fechada, com acomodação para os dedos. Tem um ângulo de inclinação de aproximadamente 30° e um desenho que permite boa fixação quando o operador estiver usando luvas.

Equipado com alavanca de vazão em peça de plástico de uso fácil e seguro, permitindo que o usuário tenha controle efetivo da válvula de controle de vazão.

O controle de vazão é em anel no mesmo material do corpo do esguicho, e tem gravado de forma indelével as indicações de 30, 60, 95 e 125 que indicam a vazão existente na linha expressa em galões por minuto.

Além das 4 indicações básicas tem uma última posição que permite abertura total do corpo do esguicho (**flush**), permitindo assim a saída de qualquer sujeira que venha a se alojar no corpo do interno no esguicho.



Esguicho Proporcionador de Espuma – Esse esguicho é destinado à produção de espuma mecânica. Possui um dispositivo para captação de ar, tubo pescante e ralo.

A aspiração do extrato gerador é feita através do princípio de Venturi; a redução do diâmetro do esguicho (2), na ligação com o tubo pescante (3), aumenta a velocidade da água, resultando em pressão negativa no interior do tubo e a conseqüente sucção do extrato gerador de espuma, esta etapa mistura o LGE à água na proporção adequada. O corpo do esguicho funciona como batedor, também pelo princípio de venturi (1) o ar é adicionado à mistura água-LGE.



Esguicho Gerador (ou Produtor) de Espuma – (6 e 7) – É um esguicho destinado a adicionar ar à mistura água / Líquido gerador de espuma, a qual é formada no aparelho proporcionador de espuma (ENTRE-LINHAS); É composto internamente por um tubo venturi e aletas para captação de ar para adicionar ar e produzir ou gerar a espuma mecânica.

Anteriormente este esguicho era chamado de Esguicho Lançador de Espuma, mas ele não lança espuma, quem faz isso é a pressão da bomba, ele apenas

Esguicho de Vazão Regulável – Semelhante ao esguicho regulável, contudo possui alavanca para fechamento independente do regulador de jato e possui regulação de vazão, o que permite regular a vazão (obviamente em proporção inversa da pressão).



6.5 MATERIAIS HIDRÁULICOS ACESSÓRIOS

Entende-se por material hidráulico acessório, todo aquele que será utilizado para auxiliar no emprego dos materiais hidráulicos, dependendo do esquema a ser montado.

DIVISOR

É um aparelho que recebe uma linha mangueiras, denominada ADUTORA, dividi-la em duas ou três LINHAS DE ATAQUE.

No divisor, a boca que recebe a ADUTORA denomina-se boca de admissão e as demais se chamam de expulsão, sendo todas elas do tipo STORZ.



de
para

boca

COLETOR



É um aparelho de metal que tem uma única saída e duas ou mais entradas para água, podendo coletá-la de fontes distintas. Possui ou não registro de paragem e providos de juntas de união, do tipo engate rápido (STORZ) nas admissões e expulsões. Alguns são providos internamente de válvula de retenção, para recalques a grandes alturas. O diâmetro de ambas as entradas, admissão e expulsão, será normalmente de 63mm.

VÁLVULA DE RETENÇÃO

É uma válvula utilizada para permitir o fluxo de água em um único sentido e também para montar a coluna d'água em operações de sucção e recalque. Podemos encontrar este tipo de material, isoladamente, ou em conjunto com outros acessórios, tais como coletor, filtro, esguicho canhão, etc..

Existem dois tipos de válvula de retenção:

- Válvula de retenção vertical;
- Válvula de retenção horizontal.



APARELHO PROPORCIONADOR DE ESPUMA ENTRE-LINHAS

É um acessório utilizado para aduzir extrato à água, na proporção desejada, que varia de 1 a 6%, dando origem à pré-mistura (água + extrato), cujo esguicho próprio para espuma gerará e lançará a espuma mecânica.

O misturador “entrelinhas” dispõe de dispositivo “venturi”, que succiona o e possui válvula dosadora, com graduação variando de 1 a 6%, para usada conforme o tipo de LGE.

O proporcionador pode ser usado dois lances de mangueiras, daí o nome “entrelinhas”, diretamente da expedição da bomba ou junto ao esguicho.



LGE
ser
entre

Na utilização do proporcionador, deve-se observar a diferença de altura e a distância entre ele e o equipamento formador de espuma. Os equipamentos não devem estar em desnível superior a 4,5 m e a uma distância superior a 45 m.

Sob pena de prejudicar a formação da espuma, a pressão de entrada no proporcionador deve ser 7 kgf/cm² (100 PSI) e nunca inferior a 5 kgf/cm² (75 PSI).

Encontra-se esse acessório nos diâmetros de 38mm, 63mm e providos de juntas de união, do tipo STORZ.

CHAVES

São ferramentas utilizadas para facilitar o acoplamento e desacoplamento de juntas de união e tampões ou, ainda, para abertura e fechamento de registros.

Chave de registro de Hidrante Tipo PISTÃO (2)– para abrir os registros de hidrantes que não possuem volantes. É utilizada juntamente com LUVAS DE REGISTRO DE HIDRANTES (1) que são peças que adaptam os diversos calibres de pistão ao tamanho da chave.



Chave de registro de Hidrante tipo VOLANTE – para abrir os registros de hidrante que possuem volante e os mesmos encontram-se além do alcance de um braço. O conector triplo da extremidade, chamado de “pé de galinha” é encaixado no volante da válvula e ao se girar a barra transversal, a torção é transmitida ao volante permitindo a operação da válvula.

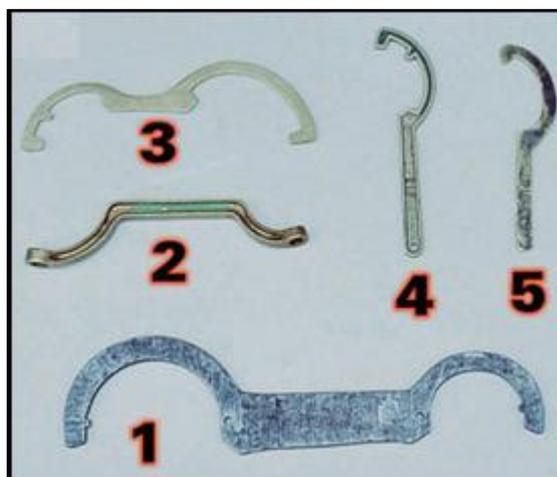


Chaves de conexão – são chaves que se destinam a facilitar as manobras de acoplamento e desacoplamento de juntas ou a abertura e fechamento de bocais.

1) Chave de hidrante – para permitir a abertura e fechamento das tampas de bocais de hidrantes.

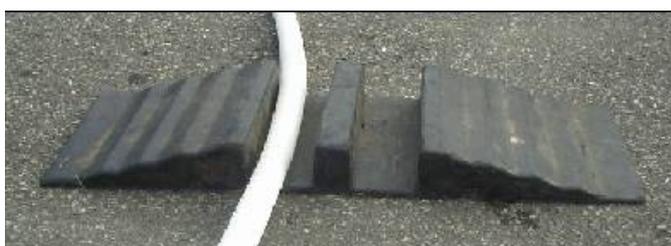
2) Chave de mangote – para acoplamento e desacoplamento.

3, 4 e 5) Chaves de mangueira – para acoplamento e desacoplamento de juntas do tipo Storz.



PASSAGEM DE NÍVEL

É utilizada para embutir as mangueiras que se encontram vias com tráfego de veículos, protegendo-as do impacto com rodas e a conseqüente interrupção do fluxo de água quando sob pressão.



nas

as

JUNTAS DE UNIÃO

São peças metálicas empregadas que se possibilite a união de seções de mangueiras entre si. processo mecânico que instala esses acessórios chama-se empatação. Os tipos existentes os de rosca americana utilizadas principalmente em mangotes e as alemãs denominadas STORZ, usadas nas mangueiras. Os tamanhos são correspondentes diâmetros dos condutores, acima descritos.



para
o
são
aos



REDUÇÕES

Peças metálicas utilizadas para correção do diâmetro da junta de união, quando houver diferença que impossibilite o acoplamento.

ADAPTADORES

Acessórios metálicos que possibilitam o acoplamento de juntas de união diferentes, como, exemplo, o acoplamento de uma junta de união de rosca fêmea ou macho com uma junta de união do STORZ.



por
tipo

RALO COM VÁLVULA DE RETENÇÃO

Acessório utilizado para impedir a entrada de corpos estranhos que possam danificar as bombas e demais acessórios hidráulicos quando é feita a sucção por meio de mangotes. As grades do ralo impedem que pedras e galhos maiores sejam sugados com a água e a válvula de retenção impede que a água retorne ao manancial e segura a coluna d'água nos casos de Viaturas que não possuem bombas de escorva para sucção.



CESTO

Material utilizado como complemento adicional ao ralo, pois, suas malhas impedem a entrada de corpos estranhos menores no interior das bombas.

6.6 HIDRANTES

São dispositivos existentes em redes hidráulicas que possibilitam a captação de água para emprego nos serviços de bombeiros, principalmente no combate a incêndio. Esse tipo de material hidráulico depende da presença do homem para utilização final da água no combate ao fogo. É a principal instalação fixa de água, de funcionamento manual.

HIDRANTE DE COLUNA DO TIPO BARBARÁ

Esse tipo de hidrante é o mais comumente encontrado pelas ruas e avenidas do Estado, destinando-se ao abastecimento de água dos centros urbanos, nos combates a incêndios. Sua abertura é feita através de um registro de gaveta, cujo comando é colocado ao seu lado.

Esse tipo de hidrante é utilizado no lado externo das edificações ligado à rede pública de abastecimento própria.



HIDRANTE INDUSTRIAL

É um dispositivo existente em redes hidráulicas, no interior de indústrias, que possibilitam a captação de água, para emprego no serviço de bombeiro. Esse tipo de hidrante é utilizado com água da Reserva Técnica de Incêndio (RTI¹¹) da empresa.



HIDRANTE DE PAREDE

É um hidrante adaptado ao Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) das edificações, para proteção contra incêndio. É encontrado embutido ou encostado à parede, podendo ser disposto em abrigo especial onde de encontram também os lances de mangueiras, esguicho e chave de mangueira.



HIDRANTE DE RECALQUE

É um hidrante adaptado ao Sistema Hidráulico Preventivo (SHP) normalmente localizado em frente às edificações. Utilizado pelos bombeiros para pressurizar e abastecer o sistema hidráulico, possibilitando, assim, que todos os hidrantes de parede da edificação tenham pressão e água para o combate a incêndios. É utilizado em caso de extrema necessidade como manancial para abastecer as viaturas do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo em locais onde não haja outro disponível.

¹¹ Quantidade de água reservada para o uso em combate a incêndio.

7. ÁGUA e ESPUMA

Apesar da grande variedade de agentes extintores, os mais utilizados pelos bombeiros são a água e a espuma. Pelo menos, salvo as viaturas especializadas para combate a incêndio em aeródromos que possuem grandes baterias de PQS, as viaturas regulares de combate a incêndio permitem o combate com água do tanque e Espuma (bombonas de LGE).

Em virtude disso, dedicamos neste capítulo uma atenção especial a esses agentes extintores aprofundando um pouco acerca do seu uso nas operações de combate a incêndio.

7.1 PROPRIEDADES EXTINTORAS DA ÁGUA

A água é capaz de absorver grandes quantidades de calor e quanto maior a sua fragmentação mais rápida a absorção de calor.

A transformação da água em vapor é outro fator que influencia na extinção de incêndios. Seu volume aumenta 1.700 vezes, na passagem do estado líquido para o gasoso. Este grande volume de vapor d'água desloca um volume igual de ar ao redor do fogo, reduzindo, deste modo, a quantidade de oxigênio disponível para sustentar a combustão.

Para um melhor entendimento, imaginar um esguicho descarregando 300 lpm (litros por minuto) de água, em um local com temperatura maior que 100°C. A essa temperatura, a água transformar-se á em vapor. Durante um minuto de operação, 300 litros de água serão vaporizados, expandindo-se para cerca de 510.000 litros (300 x 1.700) de vapor. Esse vapor é suficiente para ocupar um compartimento medindo 17m de comprimento por 10m de largura e 3m de altura. Em atmosferas extremamente aquecidas, o vapor se expande em volumes ainda maiores. Essa expansão é rápida, e se o local estiver tomado por fumaça e gases, o vapor, ali gerado, expulsará esses gases.

O correto entendimento e aproveitamento desse potencial da água são indispensáveis no combate a incêndio de qualidade.

7.2 PRESSÃO

Pressão é a ação de uma força sobre uma área. Em termos práticos, isto é, no serviço de bombeiros, a pressão é a força que se aplica na água para esta fluir através de mangueiras, tubulações e esguichos, de uma extremidade a outra. É importante notar que o fluxo em si não caracteriza a pressão, pois se a outra extremidade do tubo estiver fechada por uma tampa, a água estará “empurrando” a tampa, apesar de não estar fluindo.

Pressão Dinâmica - É a pressão de descarga, medida na expedição, enquanto a água está fluindo.

Pressão Estática - É a pressão sobre um líquido que não está fluindo, por exemplo, uma mangueira com esguicho fechado, sendo pressurizada por uma bomba. A ação da

gravidade pode, também, produzir pressão estática. Por exemplo, no fundo de um tanque haverá pressão, resultante do peso da água sobre a área do fundo do tanque.

Perda de Carga - A água sob pressão tende a se distribuir em todas as direções, como quando se enche uma bexiga de borracha com ar. Contudo, as paredes internas de mangueiras, tubulações, esguichos, etc. impedem a expansão da água em todas as direções, conduzindo-a numa única direção. Ao evitar a expansão da água, direcionando-a, as paredes absorvem parte da força aplicada na água, “roubando” energia. Isto explica por que a força aplicada diminui de intensidade à medida que a água vai caminhando pelas tubulações. A isto chamamos **perda de carga**.



A força da gravidade é um outro fator que acarreta **perda de carga**. Quando a água é recalçada de um nível inferior para um nível superior, a força da gravidade “puxa” a água para baixo, o que diminui a pressão. A força da gravidade também poderá ser utilizada no aumento da pressão, ao se fazer a água fluir de um nível superior para um nível inferior.

Se considerarmos o pé-direito¹² de um pavimento medindo 3 metros e arredondando a soma da altura de 3 pavimentos para 10m (o metro a mais será contado para que seja considerada a perda de carga por atrito na tubulação), então temos que em 3 pavimentos perde-se, por gravidade 10 m.c.a. o que corresponde a, aproximadamente, 1Kgf/cm² ou 15 Lb/pol² (PSI – Pound Square Inch).

, Devido aos arredondamentos desfavoráveis que consideram a perda por atrito, Se dividirmos por 3, temos que a perda de carga por gravidade pode ser considerada em termos práticos da seguinte forma:

1 pavimento = perda de 0,3 kgf/cm² ou 5 Lb/pol².

Pressão Residual - Conhecida como “pressão no esguicho”, é a pressão da bomba de incêndio menos a perda de carga com a variação de altura.

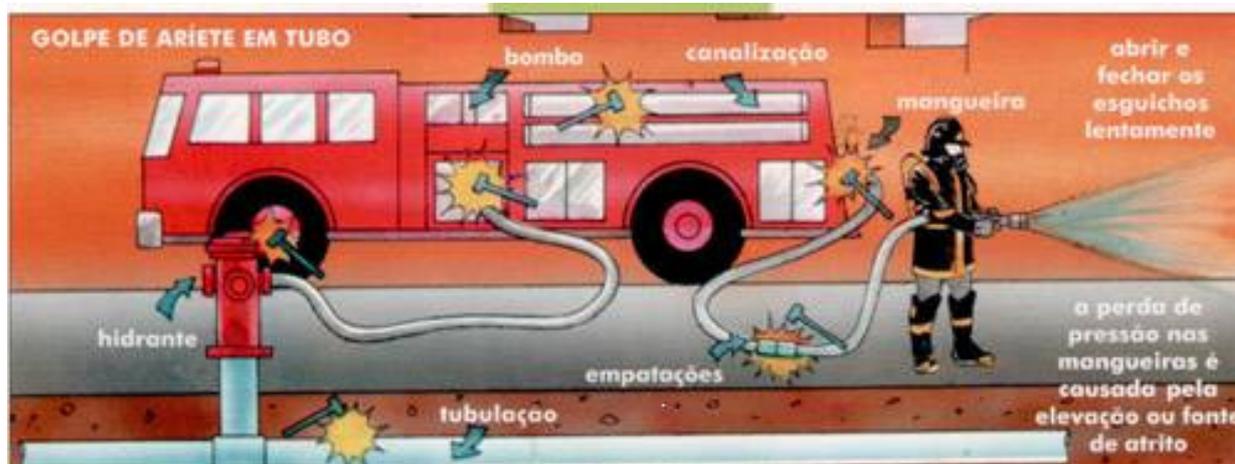


Golpe de Aríete - Quando o fluxo de água, através de uma tubulação ou mangueira, é interrompido de súbito, surge uma força resultante que é chamada “golpe de aríete”. A

¹² Medida do piso ao teto

súbita interrupção do fluxo determina a mudança de sentido da pressão (da bomba ao esguicho, para do esguicho à bomba), sendo esta instantaneamente multiplicada. Esse excesso de pressão causa danos aos equipamentos hidráulicos e às bombas de incêndio.

Os esguichos, hidrantes, válvulas e estranguladores de mangueira devem ser fechados lentamente, de forma a prevenir e evitar o golpe de aríete.

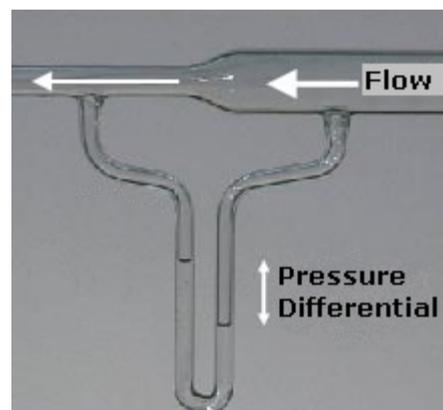


EFEITO BERNOULLI

Para entender o funcionamento da aplicação da espuma e da ventilação hidráulica (tópicos que serão vistos adiante) é necessário que se entenda o efeito Bernoulli. O efeito Bernoulli ocorre na movimentação dos fluídos, por isso, aplica-se à água e também ao ar, como aos demais fluídos.

O princípio de Bernoulli indica que um fluído, ao passar por um estreitamento, como o de um tubo Venturi, ganha velocidade, energia cinética, às custas da pressão do fluído. É o que se pode ver figura ao lado com um fluxo de ar (flow) fazendo com que a água (no tubo estreito inferior) penda para o lado esquerdo devido à diferença de pressão fluído nas duas partes do tubo maior.

Esse princípio tem vasta aplicação na atividade de bombeiros. Como visto anteriormente, ele explica e permite o funcionamento do aparelho entrelinhas e esguicho produtor de espuma. Além disso, verificamos o princípio também no emprego das variadas técnicas de manejo do esguicho.



JATOS D'ÁGUA

Para a aplicação de água e aproveitamento de seu potencial como agente extintor, os bombeiros valem-se de equipamentos hidráulicos que se destinam a armazenar, conduzir e lançar água. Tanques armazenam água, hidrantes a fornecem, tubulações e mangueiras a conduzem, bombas a impulsionam (daqui que se origina o nome *bombeiro* – operador de bomba) e esguichos dão “forma” ao jato d`água.

Muito cedo na história dos equipamentos de bombeiro percebeu-se que se alterando a extremidade por onde a água é lançada, altera-se o jato. Fazemos isso, por exemplo, com uma mangueira de jardim. Obstruímos parte do furo obrigando a água a se deslocar com maior velocidade a fim de manter a vazão e, com isso, ganha-se pressão dinâmica e alcance do jato.

Assim nasceu a concepção dos esguichos. Inicialmente, cada esguicho prestava-se a um tipo de jato e apenas dava forma. Como o tempo, regulagens foram acrescentadas e as funções passaram a ser mais variadas.

Um esguicho ainda antigo, chamado de “universal” permitia o emprego de um jato compacto pela passagem livre de água por um duto, e um jato pulverizado (chuveiro) forçando a passagem da água por um crivo que “quebrava” o jato.

Outro esguicho, foi o regulável, amplamente utilizado no Brasil até os dias de hoje. Ele permitia o fechamento da água, além de regular o jato desde um estreito cilindro a um cone amplo, bastando, para isso, o giro do bocal.

Um esguicho interessante, foi o de vazão regulável. Além da regulagem do jato, ele permitia a regulagem de vazão e a abertura e fechamento da passagem de água em mecanismos independentes. Esse esguicho foi pouco utilizado pelo desconhecimento acerca das técnicas de emprego e pelo peso que apresentava em sua modelagem inicial, já que era feito em pesadas peças de uma liga metálica.

Com o desenvolvimento dos materiais, o esguicho de vazão regulável evoluiu para o esguicho combinado. Feito de polímero e modelado por computador, o esguicho combinado permite, por meio de mecanismos independentes, a regulagem de jato, a regulagem de vazão e a abertura e fechamento rápidos. Isso permite o emprego de variadas técnicas de manejo que resultam em diferentes aplicações de água.

O esguicho usado pelo CBMES foi desenvolvido para trabalhar com uma pressão residual de 100 PSI e possui regulagem de vazão de 30, 60, 95 e 125 gpm¹³ o que equivale a cerca de 115 a 470 lpm⁽¹⁴⁾. Opera com uma alavanca ligada a uma válvula tipo globo que permite a abertura e o fechamento rápido independentemente das regulagens de jato e vazão.

Esse esguicho permite o emprego das técnicas apresentadas mais adiante.

Uma das mais importantes variações na aplicação da água é a respeito do JATO.

Os jatos podem ser classificados em:

- Jato “sólido” (ou compacto)
- Jato compacto
- Jato neblinado amplo
- Jato neblinado estreito

¹³ Galões por minuto

¹⁴ Litros por minuto

- Jato neblina

O uso do esguicho agulheta ou de um *smooth-bore* permite apenas o emprego do jato “sólido”, que veremos a seguir.

JATO “SÓLIDO”

Sólido não é um termo correto para se designar um jato de água, uma vez que o agente é lançado na forma líquida, mas, na falta de outro termo cunhado para designar esse jato, empregaremos o termo consagrado oriundo da designação em inglês *solid stream*.

Sólido, obviamente, não se trata do estado físico da água, mas refere-se à plenitude do agente no jato. O jato sólido é produzido pelo esguicho agulheta ou por esguichos de jato sólido¹⁵ (um tipo agulheta com mecanismo de abertura e fechamento).

Eles nada mais são do que um mero estreitamento, ou seja, a água é lançada preenchendo todo o cilindro do jato, inclusive o interior, daí o termo “sólido”, uma vez que o jato é completamente preenchido.

Esse tipo de jato tem grande alcance e pode ser usado com pressões relativamente baixas (50 a 80 psi), dependendo do desenho do esguicho.



O “**ponto de quebra**” é o ponto a partir do qual o jato perde a configuração de jato contínuo e passa a se fragmentar em grandes gotas que cairão ao solo, não penetrando no material como se desejava, e, muitas vezes, nem alcançando o material.



Por não estar fragmentado, o jato compacto chegará ao ponto desejado com maior impacto, atingindo camadas mais profundas do material em chamas, o que pode ser observado em materiais fibrosos.

Devido ao seu maior alcance, ele é apropriado para emprego no combate em modo defensivo (externo) e/ou para atingir focos no interior de cômodos com dimensões amplas.

¹⁵ Em inglês, o equipamento é chamado de *smooth-bore nozzle* ou *solid-bore nozzle*

Muitos corpos de bombeiros americanos baseiam suas técnicas de combate apenas no emprego do jato sólido e, por isso, usam apenas esguichos manuais do tipo *smooth-bore*.

Dentre as vantagens do uso de jatos sólidos, destacamos:

- Produz pouco vapor de água quando usado em operações ofensivas;
- Tem o maior alcance, permitindo combate à distância;
- Opera com pressões baixas, reduzindo o recuo da mangueira;
- Permite mais fácil mobilidade da linha devido à menor pressão e ao menor recuo;
- Tem maior poder de penetração;

Há, entretanto, desvantagens, dentre as quais citamos:

- O uso do esguicho de jato sólido não permite o emprego de muitas técnicas;
- O jato promove uma menor absorção de calor por litro de água que outros jatos mais fragmentados;

O uso de esguichos com regulagem de jato, notadamente o esguicho combinado, permite o emprego de mais de um tipo de jato, os quais veremos adiante:

JATO COMPACTO

Por muito tempo no Brasil designou-se o jato mais “fechado” produzido pelo esguicho regulável da mesma maneira que o jato produzido pelos esguichos de jato sólido. Entretanto, os dois jatos são fundamentalmente diferentes.

Enquanto que o jato de um esguicho tipo *smooth-bore* é completamente preenchido de água, o jato mais compacto produzido por um esguicho com regulagem de jato é “oco”. O “miolo” do jato é vazio. Isso se deve ao mecanismo de regulagem de jato que é um anteparo móvel que força a água ao redor dele deixando o interior do cone vazio.

No idioma americano a diferenciação já começa no termo. Enquanto que o jato produzido por um esguicho de jato sólido é chamado de ***solid stream*** o jato parecido produzido por um esguicho de jato regulável é chamado de ***straight stream*** (jato direto ou reto). O último termo destaca que, apesar da forma ser parecida, o segundo jato não é preenchido, não é “sólido”.

A falta de diferenciação dos termos em português em muito contribuiu para confusão entre os dois.

Para diferenciar, adotaremos o seguinte: chamaremos o jato produzido pelo esguicho agulheta ou similar de **jato sólido** e o jato mais fechado produzido pelo esguicho com regulagem de jato de **jato compacto**.

O emprego de ambos é semelhante, porém, o jato compacto não tem o mesmo alcance devido à fragmentação da água provocada pelo anteparo que dá forma ao jato. Isso, por outro lado, aumenta um pouco a capacidade de absorção de calor. Apesar de ter um alcance menor, como o jato compacto pode ser usado em um esguicho com regulagem de jato, ele acaba por se tornar mais versátil, já que o uso de esguichos com regulagem de jatos permitem o emprego de variadas técnicas de combate.

JATO NEBLINADO

Neste tipo de jato, a água fragmenta-se em gotas. É usado quando a absorção de calor pretere o alcance. A fragmentação da água oferece uma maior área de contato o que permite absorver maior quantidade de calor que os jatos sólido ou compacto.

Devido ao alcance reduzido e à grande influência que sofre do vento, o jato neblinado encaixa-se melhor em táticas de combate ofensivas.

O jato neblinado assume a forma de um cone cuja parede é formada por gotas de água. Conforme a abertura do cone, o jato é dividido em **neblinado estreito** e **neblinado amplo**.





A abertura do cone influencia na aplicação do jato, uma vez que, quanto mais aberto, maior a fragmentação da água e conseqüentemente, menor a velocidade, menor o alcance e maior a absorção de calor.

Há esguichos que produzem um cone vazio e outros, que produzem um cone “cheio”. O cone cheio, na verdade, não é cheio, mas possui outro cone mais estreito em seu interior.

Outra característica do jato neblinado é que oferece muito menor dificuldade de guarnecimento da mangueira, pois o recuo provocado por esse jato é muitíssimo menor.

Devido à velocidade da água e área de contato com o ar, por causa do princípio de Bernoulli, o jato neblinado provoca um grande arrasto dos gases ao redor, seja ar ou fumaça. Essa característica possibilita o emprego desse jato para ventilação (ver capítulo específico).

O neblinado estrito, devido às suas características, é muito útil para a proteção contra calor irradiado podendo ser usado para proteger os bombeiros de uma linha ou até mesmo material não queimado.

A fragmentação da água, faz com que ela absorva calor muito mais rapidamente que nos jatos compacto e sólido devido a isso e à própria fragmentação, o jato neblinado produz uma quantidade maior de vapor e o faz mais rapidamente.

Para que a fragmentação seja eficiente, a pressão residual deve ser elevada, caso contrário as gotas produzidas serão grandes demais, destruindo as características vantajosas desse jato. O esguicho combinado utilizado pelo CBMES foi desenhado para ser eficiente com uma pressão residual de 100 psi (aproximadamente 7 kgf/cm²).

JATO NEBLINA

Ampliando mais a abertura da regulagem do jato nos esguichos, chega-se a um ponto no qual, dependendo da pressão aplicada, o cone se desfaz, perde a forma e não há mais verdadeiramente um “jato”, mas uma névoa de gotículas de água sai do esguicho.

Devido ao tamanho das gotículas e da baixa velocidade do jato neblina, ele sofre grande influência do vento e tem pouco alcance.



Em virtude da maior fragmentação (as gotículas são menores), a água se vaporiza mais rapidamente que nos jatos compacto e neblinado, absorvendo o calor com maior rapidez. Isso provoca uma geração rápida e grande de vapor de água.

Geralmente a neblina é obtida pelo uso do aplicador de neblina acoplado ao esguicho universal. Alguns esguichos combinados, quando aplicadas pressões elevadas, podem produzir um jato quase tão pulverizado quanto o obtido pelo aplicador de neblina.

Com esses tipos de jato e com as demais regulagens que mecanismos nos equipamentos hidráulicos permitem, podemos empregar variadas técnicas para aplicação de água no combate a incêndios.

TÉCNICAS DE MANEJO DO ESGUICHO E APLICAÇÃO DE ÁGUA

A aplicação de água por uma linha de mangueira pode ser muito diversificada. A forma e eficiência com que a água é lançada varia conforme vários fatores:

Pressão – quanto maior a pressão imprimida pela bomba, maior pode ser a velocidade com que flui a água ao deixar o esguicho. Em consequência disso, em um esguicho com a regulagem mantida, a pura variação da pressão acarretará mudanças no jato como alcance, dispersão, fragmentação, etc...

Vazão – quanto maior a vazão, maior a quantidade de água que flui, o que é óbvio. Menos óbvio é que a vazão interfere na fragmentação do jato e, principalmente, é o fator que mais influi no “recuo” da mangueira. Quanto maior a vazão, maior a força que o jato d’água faz empurrando a mangueira para trás e maior também será o golpe de aríete provocado pela interrupção brusca no fluxo de água.

Velocidade – a velocidade com que a água sai interfere no formato, na fragmentação e no alcance do jato d’água. Interfere também no recuo, mas menos que a vazão. Ela é

diretamente influenciada pela pressão imprimida pela bomba, mas pode ser alterada por outros meios como fechamento parcial do esguicho e a posição do anteparo do esguicho.

Regulagem do jato – a regulagem de jato possibilitada pelo esguicho permite uma variação no jato afetando principalmente o formato do jato, além disso, a fragmentação e a velocidade da água (conforme já visto).

Abertura – a abertura do esguicho interfere no jato. A quantidade de água lançada e, até certo ponto, a velocidade da água, são grandemente influenciadas pelo manejo do mecanismo de abertura

Combinando as regulagens possíveis, temos várias técnicas de combate a incêndio baseadas no manejo do esguicho e na aplicação de água.

Não importa a técnica utilizada, não podemos deixar de lembrar o seguinte:

- Qualquer jato de água sobre um mesmo ponto por mais de 3 segundos é ineficiente. Se nesse tempo o jato não for capaz de sobrepujar as chamas (taxa de absorção de calor < taxa de liberação de calor) é sinal que é necessário aumentar a capacidade de resfriamento pelo aumento da quantidade de água (maior vazão ou mais linhas) ou pela otimização de seu emprego (maior fragmentação).
- Excesso de vapor de água é prejudicial ao combate, pois:
 - Perturba o balanço térmico trazendo aos níveis mais baixos o excesso de calor dos níveis superiores
 - Com a descida do plano neutro, perde-se visibilidade;
 - O vapor penetra na capa de aproximação queimando os bombeiros;
- Água que escorre é água desperdiçada, pois ela absorve muito mais calor para evaporar e como vapor do que para aquecer no estado líquido.

7.3 ESPUMA

A espuma é uma das formas de aplicação de água. É constituída por um aglomerado de bolhas de ar, ou gás, formada por solução aquosa. Flutua sobre os líquidos, devido à sua baixa densidade.

A espuma apaga o fogo por abafamento, mas, devido à presença de água em sua constituição, age, secundariamente, por resfriamento.

ATUAÇÃO DA ESPUMA

A espuma atua sobre os líquidos inflamáveis de três formas:

Isolando o combustível do ar: A espuma flutua sobre os líquidos, produzindo uma cobertura que impede o contato com o ar (oxigênio), extinguindo o incêndio por abafamento.

Resfriando o combustível:

A água na espuma, ao drenar, resfria o líquido e, portanto, auxilia na extinção do fogo.

Isolando os gases inflamáveis: Os líquidos podem liberar vapores inflamáveis. A espuma impede a passagem desses vapores, evitando incêndios.



FORMAÇÃO DA ESPUMA

A espuma pode ser formada por reação química ou processo mecânico, daí as denominações espuma química ou espuma mecânica.

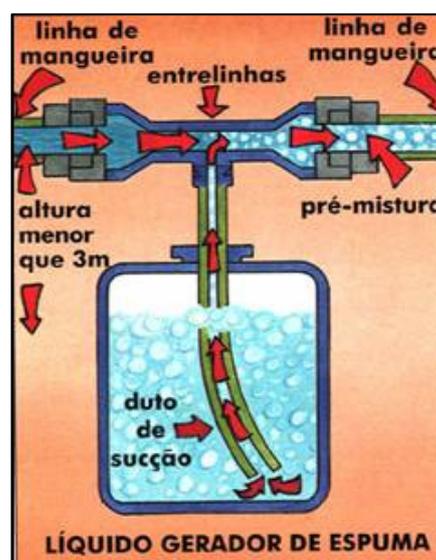
Espuma química - É formada pela reação do bicarbonato de sódio e sulfato de alumínio.

Devido às desvantagens que apresenta, vem se tornando obsoleta, uma vez que a espuma mecânica é mais econômica, mais eficiente e de fácil utilização na proteção e combate ao fogo.

Espuma mecânica - É formada pela mistura de água, líquido gerador de espuma (ou extrato formador de espuma) e ar.

O líquido gerador de espuma é adicionado à água através de um aparelho (proporcionador), formando a pré-mistura (água e LGE). Ao passar pelo esguicho, a pré-mistura sofre batimento e o ar é, dessa forma, a ela acrescentado, formando a espuma. As características do extrato definirão sua proporção na pré-mistura (de 1% até 6%).

Dentro do entrelinhas há um estreitamento, chamado de tubo Venturi. O estreitamento provoca a aceleração da água que, pelo efeito Bernoulli, provoca uma queda de pressão. Isso arrasta o LGE para o fluxo de água.



A espuma mecânica é classificada, de acordo com sua taxa de expansão, em três categorias:

- **Baixa expansão:** quando um 1 litro de pré-mistura produz até 20 litros de espuma (espuma pesada);
- **Média expansão:** quando 1 litro de pré-mistura produz de 20 a 200 litros de espuma (espuma média);
- **Alta expansão:** quando 1 litro de pré-mistura produz de 200 a 1.000 litros de espuma (espuma leve).

LÍQUIDO GERADOR DE ESPUMA (LGE)

É classificado, conforme sua composição química, em protéico ou sintético.

LGE protéico (ou protéico) - É produzido a partir de proteínas animais e vegetais, às quais são adicionados (dependendo do tipo de extrato) outros produtos. A partir desta mistura, são obtidos os vários tipos de extratos:

- **Protéico comum:** é utilizado em combate a incêndio envolvendo líquidos combustíveis que não se misturam com água (líquidos não polares). Possui razoável resistência a temperaturas elevadas e proporciona boa cobertura. Não se presta ao combate a incêndio em solventes polares (álcool, acetona) porque é dissolvido por eles. Solventes polares são aqueles que se misturam com a água, conseqüentemente, destruindo a espuma;
- **Flúor protéico:** é derivado do protéico comum, ao qual foi acrescentado um aditivo fluorado, que o torna mais resistente ao fogo e à reiguição, além de dar maior fluidez à espuma. Proporciona uma extinção bem mais rápida do fogo que o LGE protéico comum. Também não deve ser utilizado no combate a incêndios envolvendo solventes polares;
- **Protéico resistente a solventes polares:** é obtido a partir de proteínas que são misturadas a produtos especiais que aumentam a estabilidade da espuma contra solventes polares. Pode ser usado tanto em incêndios em líquidos polares como não polares. Por este motivo é chamado de “polivalente”.

Todos os LGE protéicos somente se prestam a produzir espuma de baixa expansão.

LGE sintético - É produzido a partir de substâncias sintéticas.

As espumas sintéticas dividem-se nos tipos: comum, “água molhada”, “água leve” e espuma resistente a solventes polares.

- **Espuma sintética comum:** pode ser usada em baixa expansão, média expansão, alta expansão e também como água molhada.

Baixa expansão: espuma pesada e resistente, para incêndios intensos e para locais não confinados. É a maneira de aplicação mais rápida e eficiente da espuma sintética comum.

Média expansão: mais leve que a baixa expansão e mais resistente que a espuma de alta expansão.

Alta expansão: caracteriza-se por sua grande expansão, por causar um mínimo de danos, não ser tóxica e necessitar de pouca água e pressão para ser formada. É ideal para inundação de ambientes confinados (porões, navios, hangares). Nestes locais, deve haver ventilação para que a espuma se distribua de forma adequada. Sem ventilação, a espuma não avança no ambiente.

O uso da espuma de alta expansão em espaços abertos é eficiente, mas depende muito da velocidade do vento no local.

A espuma não é tóxica, mas a entrada do bombeiro dentro dela é perigosa, pela falta total de visibilidade. Não se deve esquecer que a espuma produzida próxima ao local do fogo pode estar com ar contaminado pelas substâncias tóxicas geradas pela combustão. Assim, o bombeiro deve usar aparelhos de respiração autônoma para entrar na espuma, bem como um cabo guia.

Quanto maior a taxa de expansão, mais leve será a espuma e menor será sua capacidade de resfriamento.

- **AFFF – AQUOUS FILME FORMING FOAM** (Espuma Formadora de Filme Aquoso) é uma espuma sintética, à base de substâncias fluoretadas, que forma uma película aquosa que permanecerá sobre a superfície do combustível, apagando o fogo e impedindo a reignição.

Pode ser aplicado com qualquer tipo de esguicho, embora seja recomendada sua utilização com esguicho gerador (ou produtor de espuma), e é compatível com o pó químico, isto é, pode haver ataque a incêndio utilizando os dois agentes extintores ao mesmo tempo. O AFFF não se presta à alta ou média expansão.

Água molhada: trata-se da utilização do AFFF “6%” em proporção menores, de 0,1 a 1% na pré-mistura, aplicado com esguicho regulável ou universal. É um agente umectante. Nesta proporção, há baixa tensão superficial (menor distância entre as moléculas da água), permitindo maior penetração em incêndios tipo classe A. Outra aplicação para a “água molhada” se dá como agente emulsificador, para remoção de graxas e óleos (lavagem de pista, por exemplo);

- **Sintética resistente a solventes polares**: é uma espuma sintética à qual são acrescentados aditivos que a tornam resistente a solventes polares. Presta-se para o combate a incêndio envolvendo líquidos polares e não polares

APLICAÇÃO DE ESPUMA

A melhor maneira de aplicar espuma é lançá-la contra uma superfície sólida (anteparo, borda do tanque, parede oposta ou outro obstáculo) de maneira que a espuma escorra, cobrindo o líquido em chamas.

Se o líquido está derramado no solo (poças), deve-se, inicialmente, fazer uma camada de espuma à frente do fogo, empurrando-a em seguida. O jato deve atingir toda a extensão da largura do fogo, em movimentos laterais suaves e contínuos.

Não se deve jogar “espuma contra espuma”, porque a cobertura será destruída.

A espuma não deve ser jogada diretamente contra a superfície de um líquido em chamas, porque o calor e o fogo irão destruí-la. Para se aplicar a espuma eficientemente, deve-se formar uma camada com pelo menos 8cm de altura sobre o líquido inflamado.

Para uma boa formação e utilização da espuma, algumas regras básicas devem ser obedecidas:

- Usar o LGE adequado ao combustível que está queimando.
- Quanto mais suave for a aplicação da espuma, mais rápida será a extinção e menor a quantidade de LGE necessária.
- As faixas de pressão de trabalho dos dispositivos de dosagem e formação deverão ser observadas. Normalmente os esguichos trabalham a uma pressão de 5 kg/cm².
- A espuma deve ser considerada idêntica à água quando usada em incêndios em equipamentos energizados e em substâncias que reajam violentamente com a água.
- A espuma deve cobrir toda a superfície do combustível, fazendo uma vedação perfeita, especialmente nos combustíveis altamente voláteis e nos solventes polares.
- A dosagem da pré-mistura (proporção água-LGE) deve obedecer às especificações do LGE.
- O esguicho utilizado deve ser compatível com o proporcionador. A vazão nominal do proporcionador não pode ser maior que a do esguicho e nem menor.
- Antes de iniciar o trabalho, deve-se ter certeza de que há LGE e água suficientes.

CUIDADOS NA UTILIZAÇÃO DA ESPUMA

- Não utilizar espuma em incêndio de classe C e nem em materiais que reajam violentamente com a água.
- LGEs diferentes não devem ser misturados, pois a mistura prejudica a formação da espuma.
- Alguns pós-químicos são incompatíveis com espuma. Se forem usados simultaneamente, pode ocorrer a destruição da espuma (certificar-se de quais são os pós-químicos compatíveis, antes de atacar o fogo, combinando ESPUMA + PQS).
- Os equipamentos devem ser inteiramente limpos com água, após o uso.
- Os equipamentos devem ser testados periodicamente. O LGE deve ser armazenado em recipientes hermeticamente fechados, em ambientes que não excedam a temperatura de 45°C e não recebam raios solares diretamente.
- Os recipientes de LGE protéicos, quando armazenados, devem ser inspecionados visualmente a cada 6 meses, e, a cada inspeção, invertidos, a fim de evitar sedimentação.

8. FASES DO SOCORRO

O atendimento a uma ocorrência de incêndio urbano é denominado de **socorro**. Daí o prefixo rádio das viaturas de combate a incêndio ser, em muitos locais, *socorro*. As viaturas são designadas de Primeiro Socorro, Segundo Socorro e assim por diante.

Para um melhor estudo do atendimento às ocorrências de incêndio, dividiram-se os procedimentos em fases, denominadas: **fases do socorro**.

O ciclo de uma ocorrência de incêndio inicia-se antes do atendimento, portanto, antes das fases do socorro.

O ciclo de uma ocorrência de incêndio é o seguinte:

- Eclosão do incêndio
- Detecção do incêndio
- Acionamento do Corpo de Bombeiros
- **Atendimento**
- Pedido de perícia
- Trabalhos periciais

Dentro desse ciclo, o que nos interessa é o **atendimento**, cujas fases são o objeto do presente capítulo. Tais fases são:

- Aviso
- Composição do trem de socorro (Partida)
- Deslocamento
- Reconhecimento
- Estabelecimento
- Combate
- Salvamento
- Rescaldo
- Relatório

AVISO

Aviso constitui a recepção do pedido de atendimento por parte do Centro de Operações ou do Quartel de onde partirá o Socorro.

O aviso da ocorrência pode acontecer via rádio, quando é passado pelo Centro de Operações a uma Unidade BM; via telefone, passado pelo solicitante, que pode ser outra Corporação como a PM, por exemplo, que, por estar na rua, pode tomar conhecimento do sinistro antes dos bombeiros; ou via pessoal, quando alguém se desloca até o quartel e avisa verbalmente do sinistro.

Esta fase é tão importante quanto qualquer outra. Nela o Operador de comunicações em contato com o solicitante deve levantar o maior número de informações possíveis sobre a ocorrência.

Em um primeiro momento, o operador de comunicações deverá coletar as informações essenciais para a composição do trem de socorro e para o deslocamento.

Para a composição do trem de socorro é necessário que se saiba a natureza da ocorrência para que se possa equipar a viatura com o material necessário ao atendimento caso o equipamento básico da viatura não seja suficiente.

Para que o deslocamento seja iniciado é necessário o endereço em linhas gerais (município e bairro principalmente).

Outras informações devem ser coletadas durante o deslocamento do trem de socorro para que a guarnição possa preparar-se mentalmente para a ocorrência e possa ir traçando um plano e tomando providências.

Quanto mais informações sobre a ocorrência melhor, mas eis alguns exemplos de elemento de informação de grande valia para o atendimento:

- Local exato do sinistro;
- Pontos de referência e melhores vias de acesso;
- Quantidade de pavimentos da edificação sinistrada;
- Pavimento(s) onde há foco(s);
- Existência de vítimas e quantidade;
- Se as vítimas estão dentro do incêndio;
- Se há pessoas no local ou está desabitado;
- Existência de SHP e se está funcionando;
- Hidrantes próximos;
- Tempo decorrido até o aviso;
- Existência e cor da fumaça;
- Existência e intensidade das chamas;
- Quantidade de cômodos tomados pelo fogo;
- Se há brigada de incêndio ou responsável pela edificação no local;
- Se há viaturas deslocadas em reforço ou se há viaturas que podem ser deslocadas em reforço;
- Etc.

Dependendo da situação e mediante determinação do responsável pela operação o Operador de comunicação pode ainda nesta fase tomar outras providências tais como:

- Acionar reforço de outra unidade;
- Acionar prefeituras para auxílio com carros-pipa;
- Acionar a concessionária de energia para desligamento de rede elétrica;
- Acionar a Polícia Militar para isolamento da área e controle do trânsito;
- No caso de locais difíceis de serem encontrados, solicitar a populares que se posicionem em locais estratégicos e guiem as viaturas ao local do sinistro;
- Etc.

COMPOSIÇÃO DO TREM DE SOCORRO (partida)

Essa fase consiste tanto em compor o trem de socorro, ou seja, escolher quais viaturas deslocar-se-ão para o atendimento à ocorrência bem como em providenciar os equipamentos necessários e que não constem na carga básica da(s) viatura(s).

Conforme o caso, as seguintes viaturas podem compor o trem de socorro:

- Necessariamente, um Auto Bomba Tanque (ABT);
- Viatura do Chefe de Operações, caso decida comandar a ocorrência no local;
- Resgate, para o atendimento a vítimas do incêndio;
- Auto Busca e Salvamento (ABS) para operações de arrombamento e salvamento que possam fazer-se necessárias;
- Auto Escada (AE) e/ou Auto Plataforma Hidráulica (APH), para armação de torre d'água e para operações de salvamento no caso de incêndios verticalizados;
- Outras viaturas para transporte de material e pessoal em apoio.

Os equipamentos que não constem na carga básica da viatura serão providenciados de acordo com a demanda determinada pela natureza da ocorrência, por isso é importante que o operador de comunicações na fase de aviso consiga delinear as peculiaridades da ocorrência antes de repassar o atendimento à guarnição.

DESLOCAMENTO

Consiste no deslocamento do trem de socorro até o local da ocorrência. Este deslocamento deve ser feito atentando para a segurança dos bombeiros e das viaturas. Os sinais luminosos e sonoros devem estar acionados e o cuidado deve ser extremo nos cruzamentos e curvas.

Convém lembrar que o Corpo de Bombeiros trabalha sobre rodas e de nada adianta possuir as mais avançadas viaturas e equipamentos se estes não chegarem ao local do sinistro. Um acidente pode transformar os bombeiros em vítimas e demandarem uma operação para seu atendimento além de retardar ou impossibilitar o atendimento à ocorrência para a qual se deslocavam.

O deslocamento deve ser feito preferencialmente em comboio e deve seguir a velocidade compatível com a via na qual se desloca.

O deslocamento deve ocorrer priorizando a segurança, pois, por melhores que sejam os equipamentos, de nada valem caso um acidente impeça a viatura de chegar à ocorrência. Por isso, deve-se tomar todo o cuidado no deslocamento para que se consiga chegar à ocorrência. São cuidados básicos o acionamento dos sinais luminosos e sonoros.

Esta etapa remete à importância que deve ser dada aos Condutores e Operadores de Viaturas (COVs). Os COVs devem ser bem selecionados e treinados.

Cumprir lembrar nesta fase também da importância que deve ser dada à manutenção das viaturas, pois, já foi dito que “o bombeiro trabalha sobre rodas”. Caso as viaturas não funcionem não há como chegar à ocorrência de maneira adequada.

RECONHECIMENTO

Chegando ao local do sinistro a primeira providência a ser tomada por parte do responsável pela operação é o reconhecimento. Ao aproximar-se do local sinistrado o responsável já deve estudar rapidamente um local seguro para o estabelecimento das viaturas. Este local deve estar isento de riscos tais como desmoronamento, propagação do incêndio, acidentes automobilísticos e outros.

Depois de estabelecida a Vtr, antes do início das operações de combate, recomenda-se que se confirmem as informações levantadas e repassadas pelo operador de comunicações ou que se levante estas informações na impossibilidade de haverem sido levantadas anteriormente. O Responsável pela operação deve, se for o caso, adentrar à edificação sinistrada acompanhado de mais um ou dois auxiliares, equipados com aparelhos de respiração autônoma e cabo guia. No interior da edificação devem:

- Localizar os focos;
- Levantar risco de propagação;
- Material combustível que está incendiando;
- Material combustível que pode ser atingido;
- Reconhecer vias de acesso ao foco e fuga;
- Levantar cômodos sinistrados;
- Determinar riscos à operação;
- Providenciar desligamento da rede elétrica caso ainda não haja sido feito;
- Determinar a armação inicial das linhas de combate definindo estratégias de combate;
- Verificar riscos na estrutura física da edificação;
- Outros conforme a situação peculiar.

Há uma observação a ser feita a respeito dessa fase. Se se considerar que reconhecimento trata-se da coleta de informações para o combate, ver-se-á que, na verdade, essa fase se inicia no aviso com o operador de comunicações e durará enquanto durar os trabalhos de atendimento, seja, até durante o rescaldo.

O POP do CBMES para o reconhecimento prevê o seguinte:

1. Ainda em deslocamento em contato com a central de operações:

- Verificar dimensões do incêndio, solicitando o reforço se já julgar necessário;
- Verificar quantidade de pavimentos na edificação e quais pavimentos estão sinistrados;
- Confirmar endereço e colher pontos de referência;
- Solicitar posicionamento de solicitante em via de maior movimento para indicar localização;
- Informar-se sobre localização de hidrante próximo;
- Informar-se sobre SHP na edificação ou próximo;
- Informar-se se há brigada de incêndio na edificação;
- Informar-se se o responsável pela edificação está no local, se não estiver, solicitar que se tente contatá-lo;

- Informar-se se há suspeita ou confirmação da presença de vítima;
 - Informar-se se há vítimas ainda presas na edificação;
 - Solicitar apoio de outros órgãos (PM, trânsito, carros-pipa) SFC;
2. Aproximando-se do local, iniciar Rec visual dimensionando a cena, solicitando reforço, se julgar necessário, e escolhendo local para posicionamento da Vtr considerando:
- Segurança do local, mesmo em prejuízo dos demais itens;
 - Proximidade do sinistro;
 - Proximidade de pontos de abastecimento;
 - Espaço para manobras da Vtr e do possível reforço;
3. No local:
- Colher informações junto aos populares, solicitante e/ou responsável pela edificação;
 - Confirmar existência, quantidade, provável localização e situação das vítimas;
 - Certificar-se do desligamento da energia elétrica;
 - Conhecer a dimensão do local atingido pelas chamas;
 - Observar as vias de acesso , de escape e de ventilação;
 - Avaliar os riscos de propagação na edificação sinistrada e para as edificações vizinhas;
 - Avaliar risco de ocorrência de fenômenos de pseudo-explosão ambiental;
 - Avaliar as condições do fogo e da fumaça, verificando a direção do vento.
 - Avaliar o risco de explosão ou colapso da estrutura.
 - Conhecer as possíveis fontes de abastecimento.
 - Avaliar outros riscos possíveis.
 - Solicitar apoio (pessoal, material e viaturas), se necessário.
3. No local, em edificações de pequeno porte (sem SHP):
- Realizar o fechamento do registro do GLP e retirada de botijões preservados.
4. No local, em edificações de maior porte (que requerem SHP):
- Verificar a existência de vítimas na fachada externa e no terraço.
 - Fazer com que os elevadores desçam ao térreo e aí permaneçam.
 - Certificar-se do desligamento do sistema central de ar condicionado, caso exista.
 - Realizar o fechamento do registro da central de GLP e a retirada de botijões, caso existam.
 - Promover a evacuação.
 - Solicitar apoio (pessoal, material e viaturas), se necessário.

Deve-se observar o seguinte quanto ao reconhecimento:

- A operação de reconhecimento inicia-se ainda no deslocamento.
- Toda a guarnição deve atentar para o reconhecimento fazendo fluir para o Ch as informações.
- Reconhecimento é um processo dinâmico. Deve ser constantemente refeito até o fim da ocorrência.

ESTABELECIMENTO

Essa fase consiste no posicionamento tático dos meios materiais para o combate a incêndio. Compreende desde o posicionamento da(s) viatura(s) até à montagem do estabelecimento de mangueiras.

O posicionamento das viaturas deve ser feito em local adequado, livre de riscos, que impeça o mínimo possível o trânsito de veículos nas vias públicas e que facilite as manobras de combate e de abastecimento.

A fase de estabelecimento ocorre em duas etapas: uma inicial, após um reconhecimento prévio e outra após o reconhecimento completo e definição do local para o estabelecimento e da disposição das viaturas. Nesta disposição as viaturas de Resgate devem ter saída facilitada e deve haver possibilidade de estabelecimento de viaturas de apoio como carros-pipa, AE, e APH.

No estabelecimento devemos observar, dentre outros aspectos, o seguinte:

- Cálculo para o número de mangueiras, tanto na ligação como nas linhas;
- Cuidado com as linhas quanto se tratar do plano vertical; amarrar as mangueiras pelas juntas;
- Observar possibilidade e espaço suficiente para qualquer manobra com as viaturas;
- Observar se há possibilidade de um desabamento sobre as viaturas estabelecidas ;
- Determinar que seja feito um isolamento da área para que facilite o trabalho dos Bombeiros;
- Estabelecer as viaturas em local seguro para evitar a propagação do incêndio para as mesmas;
- Verificar se o terreno suporta o peso das viaturas ou se a inclinação é muito acentuada.

A montagem do material hidráulico será vista detalhadamente mais adiante.

COMBATE

Esta fase compreende o combate a incêndio propriamente dito que é composto por:

- Isolamento;
- Confinamento;
- Ataque ou extinção e
- Rescaldo.

Veja-se que combate é diferente de extinção sendo mais amplo que esta, haja vista que combater o incêndio envolve muito mais do que apenas extinguir as chamas.

Veremos cada uma das ações de combate detalhadamente adiante, mas, para clarear a lição ora tratada, apresentam-se a seguir breves definições de cada uma das ações que podem compor a fase conhecida como combate.

Isolamento – consiste nos esforços efetuados com o intuito de impedir que o incêndio propague-se para sistemas vizinhos. O objetivo não é apagar as chamas, mas limitar sua progressão salvaguardando sistemas inatingidos. Por exemplo, são os esforços para impedir que o fogo se espalhe para uma casa vizinha à sinistrada, para impedir que o fogo passe de um carro para outro, de um tanque de material para outro, etc.

Confinamento – são os esforços despendidos para evitar que o fogo espalhe-se dentro de um mesmo sistema. Em um incêndio em edificação, o confinamento visa impedir que o fogo se espalhe atingindo mais cômodos. Não são ações que visam extinguir as chamas.

Extinção – são as ações que visam apagar as chamas. As ações de extinção empregam recursos objetivando a extinção do fogo.

O **rescaldo** será tratado mais adiante, já que é tratado como uma fase própria nas operações de socorro, apesar de constituir-se como parte do combate.

Há ainda as técnicas de ventilação, mas estas podem ser entendidas como técnicas com o objetivo de realizar uma das operações acima à exceção do rescaldo.

Os trabalhos de rescaldo impedem a reignição e eliminam focos menores, ou seja, o rescaldo é parte da fase de combate, mas acontece após o trabalho de extinção mais pesado, por isso ele foi colocado como fase do socorro após o salvamento.

As técnicas de combate serão tratadas em capítulo à parte pelo seu extenso conteúdo.

SALVAMENTO

Consiste no desenvolvimento dos trabalhos de busca das vítimas, bem como a retirada dessas vítimas do incêndio.

Almeja-se que as ações de salvamento ocorram concomitantemente com a etapa de combate. Taticamente convém que sejam equipes separadas para cada uma das missões: salvamento e combate. No entanto as duas equipes devem trabalhar em total coordenação, pois as equipes de salvamento constantemente demandarão proteção de linhas de combate. Devem ser duas equipes separadas para que cada uma possa envidar todos os esforços em sua missão específica contribuindo assim para o sucesso da operação como um todo.

O salvamento de vidas é sempre o objetivo maior em um atendimento uma operação de combate a incêndio, porém, a depender das condições ele nem sempre será o primeiro objetivo tático.

Pode ocorrer que seja necessário primeiro extinguir parte do incêndio para que se tenha acesso às vítimas, como pode ocorrer que, por haver um efetivo reduzido na guarnição, primeiro se busque a localização e retirada das vítimas para depois enfatizar-se o combate.

Cabe ao responsável pela operação decidir o que ocorrerá primeiro ou se simultaneamente. Cabe ainda coordenar os esforços das equipes (se houver mais de uma) e zelar pela harmonia dos trabalhos.

RESCALDO

Extinto o incêndio o Cmt do socorro deverá proceder a uma rigorosa inspeção em todas as dependências do prédio sinistrado, estendendo tal vistoria aos prédios vizinhos, a fim de verificar se há possibilidade de uma nova irrupção do fogo.

Uma inspeção mal feita e incompleta poderá dar motivo para uma nova chamada ao mesmo local.

Depois de feita a inspeção, sendo constatado que não há mais fogo e que o mesmo manda que o socorro se desarme.

Nesta fase é que se determina se há necessidade ou não do rescaldo.

Ainda nesta fase o Cmt do socorro dependendo do desgaste da equipe durante os trabalhos, determina a substituição de sua equipe por outra descansada para realização do rescaldo.

Chama-se de rescaldo às iniciativas tomadas na fase final dos incêndios, visando evitar a reignição, garantindo extinção plena e o estado de segurança local.

São operações demoradas e cansativas, exigindo remoção e ação resfriadora nos escombros e braseiros.

Os procedimentos de rescaldo têm por objetivo confirmar a extinção completa do incêndio e deixar o local sinistrado nas melhores condições possíveis de segurança e habitabilidade, **sem destruir evidências de incêndio**.

Como toda operação de bombeiro, o rescaldo deve ser precedido de um planejamento adequado à situação.

REGRESSO

No encerramento dos trabalhos, o Cmt do socorro determina que os chefes de Guarnições se reúnam, determinando que seja recolhido todo o material utilizado e conferência dos mesmos e das guarnições, logo após estas recomendações, determina o retorno ao Quartel de origem.

Convém que antes do deslocamento em retorno, as viaturas que dispõem de tanque de água sejam abastecidas, pois, em caso de novo acionamento, já estão em condições para o combate.

No regresso as viaturas devem seguir a corrente normal do trânsito, obedecendo as normas de trânsito e viajando em comboio.

Ao chegar ao quartel de origem, as guarnições devem reunir-se e conversarem sobre a atuação na ocorrência fazendo uma crítica das ações apontando erros e acertos, o que funcionou e o que não funcionou.

Esta reunião de análise posterior (o que os americanos chamam de *debriefing*) é de suma importância para o desenvolvimento técnico da equipe e da doutrina de uma corporação, pois nela se descobre o que está adequado e o que deve ser mudado.

É de salutar importância que nessa reunião a postura dos integrantes da guarnição seja o mais madura possível e que se tenha em mente que o objetivo não é criticar negativamente os colegas de serviço, mas a atuação da guarnição.

Se um bombeiro cometeu uma falha, ela deve ser apontada, mas o colega que apontar a falha deve ter em mente que poderia ter sido ele a falhar caso estivesse executando o mesmo serviço e deve ter em mente que, no próximo serviço, talvez seja ele a falhar. Com isso em mente a falha é apontada de forma construtiva, para que seja corrigida, afinal, esse é o objetivo da crítica e não o que falhou ser humilhado pelo erro cometido. A humilhação do que errou não contribui para a melhora.

Caso se verifique nessa reunião que um procedimento padrão não atendeu, suas falhas devem ser comunicadas para que a doutrina seja revista.

No regresso também, o Chefe de Guarnição ordena que seja feita toda a conferência do material (estado físico de cada um), caso seja necessário, efetuar substituição. Os motoristas ficam responsáveis pelo abastecimento tanto de água como de combustível de suas viaturas.

RELATÓRIO

O objetivo principal do Corpo de Bombeiros é evitar incêndios. Para isso, é necessário que os bombeiros tenham instrução adequada e a comunidade esteja educada sobre o assunto. Estas duas etapas só poderão ser alcançadas através de estatísticas confiáveis que indiquem causas prováveis de incêndio. Estas estatísticas são produzidas através dos relatórios, que são a única fonte de informação sobre ocorrências de incêndio. Os relatórios são a retroalimentação do ciclo operacional dos serviços de bombeiros suprimindo o sistema de informações preciosas acerca de prevenção e combate.

O relatório é o fundamento da evolução dos serviços de bombeiros, pois registra uma experiência que permite avaliações e correções. É também a base para certidões que tramitarão no Poder Judiciário, nas companhias seguradoras, nos cartórios, etc. Portanto, o relatório deve ser o mais completo possível, observando-se o seguinte:

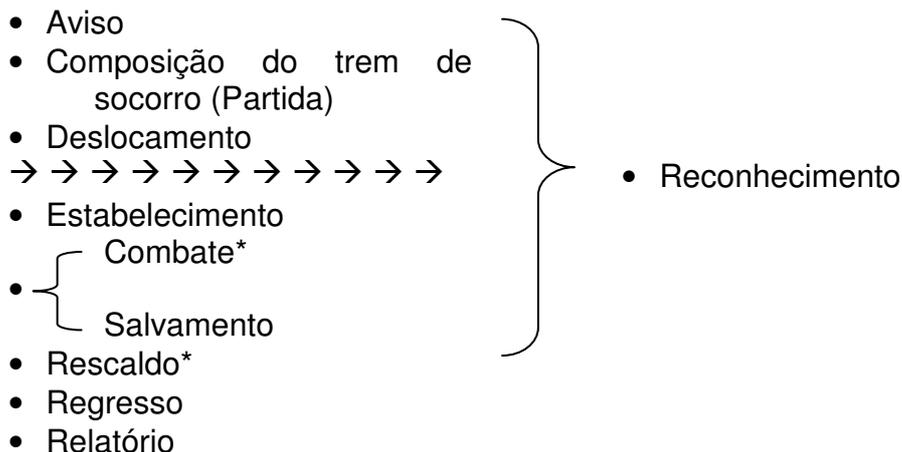
- Redação: correção no escrever;
- Não inserir no relatório opiniões particulares, mas somente o que for visto;

- Especificar os danos materiais;
- Usar termos técnicos;
- Ser claro, preciso e conciso (quem confecciona o histórico não é poeta ou escritor);
- Não culpar ninguém;
- Procurar causa provável na codificação do manual de preenchimento, evitando, quando possível, o uso do código para a causa provável desconhecida;
- Elaborar croquis, ilustrando o local e o que foi utilizado (material humano e maquinário);
- Constar entradas forçadas, especificando se foram realizadas por bombeiros ou não;
- Constar situação do incêndio na chegada dos bombeiros;
- Relatar como foram os trabalhos de extinção e rescaldo, constando, inclusive, o que foi mexido pelos bombeiros na extinção ou não.

ESQUEMA DIDÁTICO

Como foi visto, as fases do socorro não acontecem linearmente, pois o reconhecimento se estende desde o aviso até o rescaldo, o salvamento e combate acontecem em ordem não determinada ou simultaneamente e o rescaldo, na verdade é parte dos esforços de combate uma vez que objetiva a extinção do incêndio.

Isto posto, elaboramos o esquema didático abaixo conforme essas considerações. De acordo com o estudado, as fases do socorro ficariam assim:



9. TÉCNICAS DE COMBATE A INCÊNDIO

COMBATE OFENSIVO E DEFENSIVO

Antes de falarmos sobre as técnicas de combate propriamente ditas, necessário que falemos dos modos de ataque ou táticas.

As operações de combate a incêndio estrutural (os que ocorrem em edificações) podem ser conduzidas por duas linhas diferentes de ação: ofensiva e defensiva.

As operações ofensivas consistem na penetração na edificação e combate ao incêndio no interior da edificação. As operações defensivas consistem no combate externo, feito do lado de fora da edificação, concentrando esforços também no isolamento do incêndio.

Os dois modos de atuação requerem o emprego de técnicas diferentes para o combate e extinção das chamas, as quais veremos adiante. Agora, o que define se o combate se dará no modo ofensivo ou defensivo?

Muito embora não caiba aos soldados definirem a tática, é bom que tenham uma noção para poderem auxiliar no planejamento e entenderem seu papel em uma operação de combate.

De modo geral, algumas coisas remetem o combate a incêndio estrutural ao modo defensivo:

- Edificação completamente tomada pelas chamas;
- Risco de colapso da estrutura.

Mesmo os riscos de fenômenos de comportamento extremo do fogo não impedem a operação ofensiva. Pode ser que se atue defensivamente até que os riscos de fenômenos de ignição rápida dos gases sejam contornados e, então, a operação passa a ser ofensiva.

Todos em uma operação devem saber o modo de atuação, pois, como uma edificação tem geralmente no mínimo 4 lados, não é possível que o responsável vigie todas as frentes de combate. E isso quer dizer que uma linha pode não saber o que a outra está fazendo e isso pode ser um problema caso não se saiba do modo de atuação.

Digamos que uma linha inicie um combate defensivo de um lado enquanto outra linha em um lado adjacente resolva penetrar na edificação. A atuação da primeira linha pode gerar um fenômeno de comportamento extremo do fogo que nem sequer será anunciado se não se souber que alguém adentrou mudando a operação para defensiva. Por isso todos devem saber o modo de atuação e a decisão sobre qual será adotado cabe ao responsável pela operação, ou chefe de guarnição mais antigo ou o chefe de operações.

Os bombeiros devem estar aptos a executar com rapidez e eficiência as evoluções determinadas pelo comandante da guarnição. Este nível de profissionalização é alcançado quando há empenho no treinamento por parte das guarnições que trabalham juntas. A familiaridade com os equipamentos de combate a incêndios e com as técnicas é obtida através de instrução constante.

A guarnição deve trabalhar como uma equipe, onde cada bombeiro tem sua missão definida conforme o protocolo de procedimentos para as situações.

Os brigadistas, por geralmente não disporem de EPI capaz de permiti-los realizar um combate ofensivo, devem proceder apenas o combate no modo defensivo.

Feitas as considerações que permitem entender o combate ofensivo e defensivo, passemos às técnicas de combate.

Técnicas de combate a incêndio são formas de utilização dos meios disponíveis para combater incêndios com maior segurança e com um mínimo de danos durante o combate. Como já mencionado anteriormente, combater não é sinônimo de “apagar o fogo”. Combater é combater. Importante frisar isso, por mais redundante que isso pareça. Muitas ações de combate não tem o objetivo de apagar o fogo, de extinguir as chamas. Muitas vezes o combate requer ações que focam outros objetivos.

Em um combate a incêndio há conjuntos de ações que não dizem respeito ao ataque ao fogo em si, ou seja, não se tratam de extinção, mas que compõem as operações que visam o término do incêndio. Por isso, chamamos tais ações de operações de combate e não de extinção.

No combate a incêndio, muitas vezes faz-se necessário o emprego de tais ações antes, durante ou após os trabalhos de extinção propriamente ditos.

9.1 ISOLAMENTO E CONFINAMENTO

Em um grande número de casos, ou a situação não permite ou a tática não recomenda o combate direto e imediato ao foco. Por vezes é necessário, antes disso, ou concomitantemente, “cercar” o incêndio e “domá-lo” antes de finalmente extingui-lo. O isolamento e o confinamento constituem-se de ações nesse sentido.

O **ISOLAMENTO** abrange as ações de bombeiro que tem por objetivo impedir a propagação de calor e fogo para outros locais na vizinhança de incêndio. É a tentativa de impedir que o incêndio alcance outro sistema¹⁶ além do que já está sinistrado.

O próprio ataque ao incêndio em princípio, procedido com rapidez, adequação e suficiência de meios constitui uma iniciativa isoladora, uma vez que restringe a produção e propagação de calor.

A decisão quanto ao emprego desta ação envolve a consideração de alguns fatores, uma vez que o isolamento sempre desvia linhas de ataque ao fogo e consome agente extintor, a saber:

- Teor de calor emanado no incêndio (acima de 150º C é considerado calor excessivo)
- Proximidade do combustível vizinho ao incêndio;
- Natureza e volume do combustível exposto ao calor propagado (alvenaria,

¹⁶ Por *sistema*, compreendemos estruturas que podem ser sinistradas como um edifício, um reservatório, um galpão, uma planta industrial, um veículo, etc. São estruturas que podem ser individualmente consideradas em si mesmas e que, quando sinistradas isoladamente já se pode considerar um incêndio e não um foco.

vidraçaria, etc);

- Esvoaçamento de fagulhas para o combustível vizinho (considerar janelas abertas e outras aberturas);
- Risco de desabamento ou queda de materiais incendiados;
- Impetuosidade e direcionamento da corrente de vorto.

Toda iniciativa isoladora exige visão futura de:

- 1) Duração provável da ação
- 2) Consumo aproximado de água;
- 3) Número de linhas (ou guarnições) envolvidas;
- 4) Pessoal e material afastado do ataque efetivo às chamas.

O isolamento pode ser feito resfriando os sistemas com risco de serem atingidos por meio da aplicação de água. Tal medida visa diminuir o efeito da radiação de calor. Essa forma é muito usada em incêndios em tanques de combustíveis para resfriar o tanque vizinho.

Pode ainda ser feito com o uso de jatos neblinados ou neblina direcionados para o sistema sinistrado, pois, assim, além de bloquear a radiação pode o combate ser feito simultaneamente.

Há ainda a possibilidade de direcionamento da fumaça que escapa de um sistema pelo uso de jato neblinado desviando-a. A fumaça, além de conduzir calor, quando se incendeia libera uma enorme quantidade de calor que se propaga por irradiação.

Outras medidas mais simples podem ser adotadas dependendo da forma como se verifica que o incêndio pode se propagar para o sistema vizinho. Por exemplo, pode ser uma medida eficaz o mero fechamento das janelas para evitar a penetração de fagulhas trazidas pelo vento ou evitar a penetração de fumaça superaquecida.

CONFINAMENTO é o conjunto de ações que visam impedir a propagação de fogo e calor a compartimentos ainda não atingidos pelo incêndio, em uma edificação.

A tendência dos gases aquecidos é subir, o que torna urgente o confinamento em incêndios verticais tanto mais quanto mais baixo for o andar onde se localiza e sinistro.

Nos Incêndios a propagação ocorre lateralmente, de cima para baixo e de baixo para cima, merecendo ação preventiva dos bombeiros os seguintes meios:

- 1) Aberturas que possam ser alcançadas por chamas ou ar quente;
- 2) Explosões;
- 3) queima de paredes e portas internas;
- 4) Chamas e fagulhas vindas de janelas ou outras aberturas
- 5) Condução de calor através de dutos metálicos, etc, de cômodo para cômodo.

- 6) Queda de tetos ou pisos;
- 7) Circulação interna de massas gasosas extremamente aquecidas.

Os Sistemas de ventilação forçada (ar condicionado) devem Ter seu funcionamento suspenso, pois poderiam contribuir para a extensão do incêndio conduzindo fumaça e calor para locais não atingidos pelas chamas.

As ações de confinamento devem ser somadas aos dispositivos de proteção permanente da edificação, quais sejam. Paredes resistentes ao fogo, portas corta-fogo, sistemas automáticos de “sprinklers”, etc. também deve ser preocupação tática fornecer a estas estruturas proteção permanente, visando garantir pleno funcionamento continuado.

O ataque indireto (visto adiante) constitui um método adequado de retirada de calor excessivo de ambientes confinados. Isso pode ser feito, muitas vezes, não com o intuito de apagar o fogo, mas de impedir que ele se espalhe.

A descoloração da pintura e desprendimento do reboco acusam a propagação de calor naqueles espaços. Pelo tato podemos detectar também tal propagação em paredes e forros, devendo ser abertos tais espaços e submetidos à ação extintora ou resfriadora.

9.2 TÉCNICAS DE EXTINÇÃO

Vistas outras técnicas de combate, passaremos a seguir a apresentar as técnicas de extinção, as que visam apagar as chamas.

Para organizar o estudo, dividiremos as técnicas de acordo com a classe dominante do incêndio que se está combatendo. Isso não significa que as técnicas não se entrelaçam.

9.2.1 INCÊNDIOS CLASSE – A - (incêndios estruturais)

Em geral, os incêndios estruturais (os que envolvem edificações) são basicamente, ou predominantemente, da Classe A. Para combatê-los, temos as técnicas a seguir apresentadas, sem excluir outras existentes.

ATAQUE DIRETO

Consiste no emprego de um jato sólido ou compacto dirigido à base do fogo sobre a fase sólida do combustível visando resfriá-lo abaixo do ponto de combustão.

Devido ao alcance do jato, pode ser usado tanto de fora do cômodo sinistrado como de fora da edificação (modo defensivo).

Em um combate em modo defensivo, a pressão nominal e a vazão regulada no esguicho podem ser reduzidas para a economia de água. Ambas devem ser aumentadas se se verificar que os jatos não estão absorvendo mais calor do que o fogo produz.

Se for usado em combate ofensivo, deve-se cuidar para não empregar água em demasia para não causar danos pelo excesso de água e, também, para não gerar excesso de vapor de água.

ATAQUE DIRETO MODIFICADO

O ataque direto modificado consiste no ataque à fase sólida do combustível quando este se encontra escudado por algum obstáculo. O jato é direcionado ao teto para ser defletido e cair sobre o foco atingindo-o.

Apesar de não ser dirigido diretamente ao foco, ele é considerado uma forma de ataque direto, pois com ele se pretende combater as chamas em si, o foco queimando sobre a fase sólida dos combustíveis.

ATAQUE INDIRETO

Também se usa o jato sólido ou compacto, entretanto, o objetivo não é extinguir o fogo combatendo diretamente a fase sólida. No ataque indireto, o objetivo é produzir uma grande quantidade de vapor de água para resfriar a capa térmica (gases combustíveis provenientes da combustão e da termólise) e o cômodo e, indiretamente, apagar o fogo.

O alvo no ataque indireto são as paredes e o teto superaquecidos para que, na fragmentação do jato pelo impacto, a água absorva o calor dessas superfícies e transforme-se em vapor resfriando o ambiente.

Não se pode jogar água em demasia para não resfriar demais as superfícies. Isso impede a formação de vapor. Também é preciso cuidar para não se produzir vapor em excesso.

ATAQUE COMBINADO

Consiste no emprego alternado das técnicas de ataque indireto e direto. Com movimentos circulares (para que o jato atinja paredes e teto) busca-se a geração de vapor para resfriar os gases aquecidos e, alternadamente, lançam-se jatos à fase sólida do combustível próxima ao solo.



SATURAÇÃO COM NEBLINA

Quando um ambiente está na fase de decaimento pela baixa concentração de oxigênio, ou seja, em queima lenta e sob o risco de ocorrência de um backdraft diante da abertura de acessos pelos bombeiros, recomenda-se a saturação do cômodo com neblina.

O técnica consiste na injeção de água em pulsos de 2-3 segundos de jato neblina por uma pequena abertura na parte superior da parede ou teto, com intervalos de 12-15 segundos para permitir a troca de calor entre neblina e gases aquecidos no ambiente.

A neblina age resfriando e diluindo a fumaça, diminuindo sua combustibilidade e o risco de um backdraft, e também atrapalha a concentração com o oxigênio.

A grande geração de vapor, como dito, pode ser um problema. Pode decretar a morte de vítimas no interior do cômodo. Por isso, essa técnica só deve ser usada em cômodos em que se verifique a queima lenta (fase de decaimento pela depleção de oxigênio). Em havendo vítimas nesse ambiente, certamente estarão mortas pela baixíssima concentração de oxigênio e pelo elevado calor previamente atingido.

A saturação com neblina é mais eficiente quando associada a uma ventilação vertical (ver capítulo próprio).

3DWF – TRIDIMENSIONAL WATER FOG (neblina tridimensional)

Estudos oriundos na Suécia em meados da década de 1980, originaram o uso de pulsos de jato neblinado. Foi quando se demonstrou a combustibilidade da fumaça e os riscos decorrentes de sua ignição, que se traduz em um comportamento extremo do fogo. Pensando no combate “volumétrico”, (tridimensional) e não apenas na superfície do sólido em queima, desenvolveram-se técnicas de combate baseadas no lançamento de curtas rajadas de jato neblinado.

Usa-se a regulação de jato neblinado em um esguicho combinado e faz-se uma rápida abertura e fechamento lançando um “pulso” de neblina que fica suspensa no ar por algum tempo. Para que seja eficiente, calculou-se que uma linha de 38mm deve ser suprida com **7 a 9 Kgf/cm²** de pressão **residual**, ou seja, a pressão imprimida na bomba (nominal) deve ser maior.

Como o jato é neblinado, o alcance é curto, assim, o que mais importa é a fragmentação da água para aumentar seu poder de resfriamento e o tempo de suspensão no ar. Por isso a pressão deve ser elevada.

A fim de não gerar vapor em excesso, deve-se cuidar para não aplicar pulsos em excesso e não varrer a aplicação de cada pulso. Se se pretende atingir uma área maior, usa-se mais pulsos (dois alvos, dois pulsos). Também limita-se a quantidade de água disparada trabalhando com uma vazão mínima no esguicho (**30gpm ou cerca de 125lpm**).

Usando-se a vazão mínima, a abertura e fechamento brusco não gera um golpe de aríete capaz de danificar a canalização, haja vista que a massa de água deslocada a cada pulso é muito pequena.

Conforme a mudança no padrão do jato e no tempo de abertura, a 3DWF apresenta suas próprias variações.

Pulso Neblinado Curto

O pulso curto consiste na abertura total do fluxo de água com o imediato fechamento (pulso de cerca de 0.2s) de um jato neblinado amplo.

O neblinado amplo tem o alcance muito reduzido, mas tem uma maior capacidade de resfriamento e gera vapor com grande velocidade quando atinge a capa térmica.

O pulso neblinado curto pode ser empregado tanto ofensivamente quanto defensivamente¹⁷

OFENSIVO – tem por objetivo extinguir chamas volumétricas (chamas na fase gasosa do combustível, na fumaça, na capa térmica) e resfriar a própria capa térmica evitando a ocorrência de um **flashover**.

Vê-se assim que a técnica é recomendada para combate no modo ofensivo com o incêndio na fase de desenvolvimento (pré-flashover).

Devido ao curto alcance do neblinado amplo, a técnica é recomendada para ambientes pequenos, como quartos de uma residência de classe média, ou no deslocamento da entrada até o cômodo sinistrado quando o teto for baixo (pé direito normal de 2,5 a 3m).

DEFENSIVO – a técnica pode ser usada preventivamente (defensivamente) para resfriar gases superaquecidos na capa térmica, antes que venham a queimar.

Tanto ofensivo quanto defensivo, o pulso neblinado curto, se aplicado corretamente, provoca a contração da fumaça. Com a perda de calor da fumaça para aquecer a água lançada, ocorre o inverso da dilatação e a fumaça contrai-se.

Pulso Neblinado Médio

Quando o cômodo tem dimensões maiores (salão ou pequeno depósito) ou quando o teto é muito alto, o pulso curto de neblinado amplo não atingirá a região mais aquecida da capa térmica. Emprega-se então um pulso médio (de 1 a 2s) de um jato neblinado estreito, que tem maior alcance. Vazão e pressão permanecem.

Essa técnica também pode ser usada tanto ofensivamente quanto defensivamente¹⁸ da mesma forma que o pulso neblinado curto, porém, para cômodos com médias dimensões ou com teto alto.

Pode ser usado em cômodos menores quando, após usar o pulso neblinado curto, verifica-se a ineficiência deste face à quantidade de calor produzido.

“JATO MOLE” – Resfriamento preventivo de superfícies

Enquanto progredindo no interior da edificação, os bombeiros podem se deparar com materiais liberando vapores combustíveis (fumaça clara e branca) em razão da termólise.

¹⁷ Não confundir com modo ofensivo e defensivo de combate.

¹⁸ Não confundir com modo ofensivo e defensivo de combate.

Para prevenir a ignição desses materiais, emprega-se a técnica do resfriamento preventivo.

A técnica consiste em ajustar a regulação de jato para compacto (estando a pressão em 7-9Kgf/cm² e a vazão ajustada em 30gpm) e efetuar a abertura parcial do esguicho permitindo apenas o escape de água sem velocidade pelo bocal (daí o nome de “jato mole”) deixando a água escorrer gentilmente sobre a superfície do material que estava pirolizando.

“PENCILING”

O penciling¹⁹ assemelha-se ao “jato mole”, entretanto, consiste em pulsos com abertura um pouco maior do fluxo de água permitindo lançar “porções” de água sobre a fase sólida em queima.

Estando dentro da edificação e não tendo a necessidade de disparar um ataque direto ao foco pelas suas dimensões e para evitar o dano ocasionado pelo jato, usa-se o *penciling* que pode ser casado com pulsos neblinados para resfriar a capa térmica no que se chama de abordagem *pulse-penciling*.

“ZOTI” – PULSO LONGO DE ALTA VAZÃO

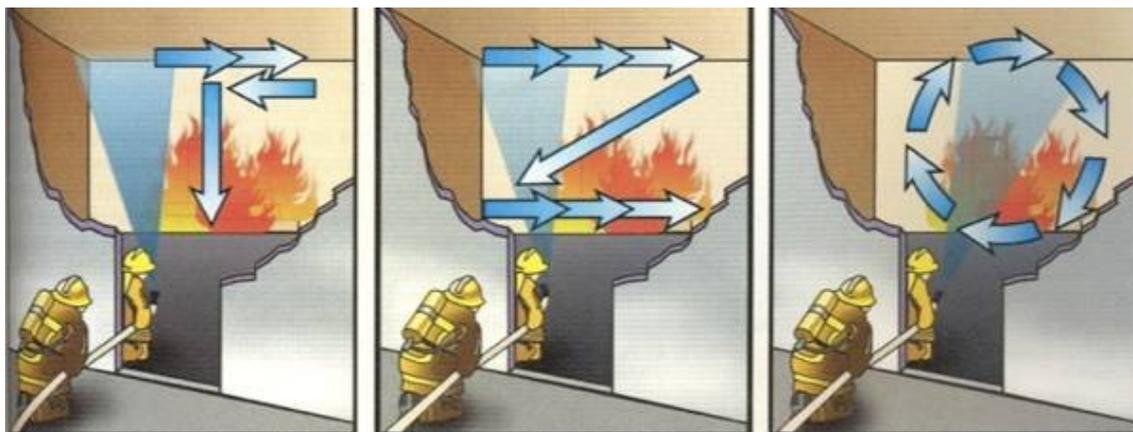
Atuando externamente à edificação ou mesmo dentro da edificação, mas se deparando com um cômodo em fase de desenvolvimento completo, verifica-se que para debelar as chamas é necessário absorver uma enorme quantidade de calor. Para isso emprega-se a técnica do pulso longo de alta vazão ou “ZOTI”.

Com a pressão entre 7-9Kgf/cm², ajusta-se a vazão para 125gpm (470lpm)²⁰ e o jato para neblinado estreito. Mirando o ponto mais distante do cômodo, abre-se o fluxo de água pintando, entre a linha do teto e do piso, uma das letras Z,O,T ou I conforme as dimensões do cômodo.

- Para cômodos com 30m² – Z
- Para cômodos com 20m² – O
- Para cômodos com 10m² – T
- Para corredores – I

¹⁹ Usamos o nome em inglês pela falta de um em termo em português que exprimisse a idéia em uma ou duas ou três palavras

²⁰ Por isso é importante que a vazão da viatura seja de, pelo menos, 500lpm para uma linha de ataque.



www.flashover.fr

As letras são um meio prático de determinar o tempo de abertura do esguicho para, na regulação indicada, lançar água em quantidade suficiente para absorver o calor gerado no cômodo.

Após uns 30 segundos, repete-se o procedimento até que sejam debeladas as chamas.

Devido à alta vazão, no emprego dessa técnica deve-se cuidar para fechar lentamente o fluxo de água a fim de evitar a ruptura de mangueiras pelo golpe de aríete.

Caso o ambiente sinistrado seja muito grande, mais linhas podem efetuar o procedimento combinadamente ou ele pode ser usado em sessões do ambiente.

Importantíssimo atentar para o posicionamento da linha em relação ao incêndio para que a técnica não “sobre” o fogo para cômodos e combustíveis ainda não afetados. O posicionamento correto no combate é entre a parte não queimada e o fogo, atacando-o de forma a “empurrá-lo” para fora.

ABORDAGEM DE AMBIENTE E PASSAGEM DE PORTA

Entendemos abordagem como as ações de aproximação, abertura de acesso(s) e penetração em um ambiente sinistrado.

Ao se chegar a uma porta fechada dentro de uma edificação sinistrada, os bombeiros na linha de ataque devem proceder com cautela, haja vista que toda ventilação provoca aceleração da queima e aumento da taxa de liberação de calor além de poder acarretar em fenômenos de comportamento extremo do fogo.

Diante disso, os bombeiros devem proceder uma verificação perimetral da porta procurando por sinais que indiquem a condição do interior do cômodo. É necessário que se verifique em qual fase de desenvolvimento o fogo está, em qual regime de queima o foco está (se limitado pelo combustível o pela ventilação). A temperatura da porta deve ser checada à procura de indícios que demonstrem a presença e altura da capa térmica. A coloração, densidade, opacidade e velocidade da fumaça devem ser cheçadas.

Sempre que os bombeiros se depararem com uma porta pirolizando pelo lado externo, devem resfriá-la com jato mole a fim de preservá-la. A perda da porta significa perda do controle sobre a ventilação do foco que está por trás dela.

Para a confirmação das suspeitas é necessário efetuar a abertura de uma porta para confirmação visual da condição no interior do cômodo. Para isso, procede-se da seguinte forma:

1. O jato deve ser regulado para neblinado estreito, para que passe na pequena abertura da porta;
2. O operador do esguicho lança dois pulsos neblinados curtos sobre a porta visando deixar em suspensão uma neblina de água na região superior próxima à porta.

Ao se proceder a abertura, os gases aquecidos que escapem tenham menos chance de se inflamarem, já que se misturarão à neblina e perderão calor ao mesmo tempo em que a neblina transforma-se em vapor diluindo os gases;

3. O auxiliar da linha, posicionado para a abertura da porta de modo protegido, abre a porta deixando à mostra uma pequena fresta;
4. Pela fresta o operador do esguicho lança um pulso neblinado médio na parte superior da abertura enquanto visualiza as condições no interior

Conforme as condições confirmadas, a abordagem prossegue de modo diferente.

FOCOS EM FASE INICIAL

A fase inicial de queima de um foco não apresenta grande potencial de risco iminente e, exatamente por isso, merece que sejam tecidas algumas considerações.

Devido ao aspecto menos alarmante que um foco em fase inicial apresenta, o grande risco para os bombeiros é a negligência com aspectos básicos relativos à segurança.

Apenas por que um foco não apresenta dimensões ou aspecto alarmantes, não significa que no ambiente não haja calor ou concentração de gases tóxicos suficientes a causar lesões.

Por isso, um ambiente em fase inicial deve ser abordado com toda a tenção e cautela e com os bombeiros adequadamente equipados.

Outro problema que pode ocorrer é o super-dimensionamento do foco. Um pequeno foco é capaz de inundar um ambiente grande com fumaça e calor e, por isso, algumas vezes bombeiros inexperientes ou afoitos podem afobar-se e exagerar no uso de água no combate por um dimensionamento equivocado das proporções do foco. É comum ocorrer prejuízos materiais significantes pelo uso indevido e excessivo de água no combate.

Lembrando que a água que escorre ou se acumula no chão não absorveu calor suficiente para evaporar, ou seja, não foi aproveitada naquilo que tem de melhor: sua capacidade de resfriamento.

O combate ao foco em si deve ser feito de modo a tentar preservar o material que ainda não queimou. Sugere-se pulsos neblinados para resfriar a fumaça, se for o caso, e *penciling* para extinguir o foco.

FOCOS EM DESENVOLVIMENTO

Como já vimos anteriormente, na fase de desenvolvimento, a concentração de oxigênio no ambiente permite a ocorrência de vivas chamas.

Em decorrência disso, não há, normalmente, problemas na abertura de acessos. Como essa é a regra geral, ainda assim a abordagem deve ser cautelosa devido às exceções. Toda ventilação irá acelerar a queima e aumentar a taxa de liberação de calor.

Como se sabe, para que gases queimem, ou mesmo partículas líquidas e sólidas em suspensão, devem estar na concentração adequada (entre os limites inferior e superior de inflamabilidade) com o oxigênio.

Como não temos meios práticos de saber a composição exata ou mesmo a concentração necessária para a queima dos gases no ambiente, a abertura de acesso deve ser feita com cautela, devendo os bombeiros posicionarem-se fora da zona de abertura para que uma possível ignição dos gases não os afete.

Para abrir ou quebrar uma janela, o bombeiro deve posicionar-se abaixo do peitoril. Para a abertura de uma porta, deve posicionar-se atrás da porta, caso abra em sua direção, ou atrás da parede, caso abra para o interior do ambiente.

Já estudamos que em um foco na fase de queima livre pode ocorrer o fenômeno conhecido como *flashover*.

Reconhecendo a queima livre e verificando os sinais indicativos de *flashover* a abordagem deve considerar esse risco.

Os sinais indicativos de *flashover* muito se confundem com os sinais que indicam a própria queima livre: barulho e luminosidade de chamas, fumaça aquecida e chamas subindo pela coluna de fumaça acima do foco. Outros são mais específicos do fenômeno citado:

- Fumaça muito densa, muito opaca e muito escura;
- Calor excessivo sendo irradiado da fumaça;
- Chamas muito vivas e subindo pela coluna de fumaça que se ergue do foco;
- Desprendimento de vapores dos materiais ainda não incendiados;
- Fumaça mostrando alterações de padrão (revoluções rápidas e abaixamento do plano neutro);
- Ocorrência de fenômenos como *flameover* e *rollover*, este último sendo um claríssimo sinal da iminência de um *flashover*;

Diante desses sinais, a porta deve ser aberta com cautela, como dito acima, e a abordagem do ambiente deve ser enérgica. Não deve o bombeiro penetrar no ambiente enquanto o risco de explosão ambiental não tenha sido reduzido.

Em um ambiente assim o combate deve priorizar o ataque à capa térmica, à camada de fumaça que se acumula a partir do teto. Você talvez se pergunte a razão disso e talvez esteja pensando que um ataque direto ao fogo eliminaria a fonte de calor que é o

causador do *flashover*. Ocorre que, a queima dos combustíveis presentes na fumaça, irradia muito, mas muito mais calor que a queima do material que alimenta o foco (normalmente sólidos em um incêndio urbano).

Deve o Bombeiro utilizar pulsos neblinados curtos. Os jatos devem ser disparados em rajadas curtas para aproveitar uma maior superfície de resfriamento

Os pulsos devem ser distribuídos pela capa térmica e, na medida em que forem disparados, deve o bombeiro aguardar alguns instantes e observar o efeito que a expansão do vapor de água provocará para continuar no combate à fumaça ou não. Enquanto aguarda, jatos curtos (*penciling*) podem ser direcionados ao foco.

Deve-se tomar o cuidado para não jogar água em excesso, tanto para não provocar danos materiais como também para não abaixar o nível da capa de fumaça pela expansão do vapor d'água. O objetivo não é abaixar a fumaça. Isso provocará a diminuição da visibilidade. A meta é tão somente o resfriamento dos combustíveis da fumaça para que não entrem em ignição. Outro risco de jogar água em excesso é que se a capa de fumaça abaixar demais pode sufocar possíveis vítimas que se encontrem no ambiente ou nos ambientes anexos.

Uma vez estabilizado o ambiente ele pode ser penetrado para a extinção do foco por *penciling* ou até jato mole.

FOCOS INCUBADOS²¹

Um ambiente em queima lenta apresenta uma série de riscos. O primeiro deles é o subdimensionamento da potencialidade lesiva que apresenta. Por haver poucas chamas ou nenhuma, o ambiente parece estar controlado, o que é um grande equívoco. Na verdade, o ambiente está quieto como uma bomba antes da ignição. Uma abordagem errada pode detoná-la. Assim, o que era um ambiente queimando lentamente, apenas com brasas, pode se tornar um ambiente completamente tomado pelas chamas após uma deflagração violenta da fumaça.

Nunca se deve esquecer que, mesmo que não haja oxigênio para a queima viva, a termólise ocorre até com 0% de O₂. Isso significa que, enquanto estiver quente, o ambiente acumulará vapores combustíveis.

Além desse, há outros riscos tais como a baixa visibilidade, alta concentração de gases tóxicos e baixa concentração de oxigênio. Para a abordagem do ambiente, o risco de *backdraft* é o principal problema.

Conforme estudamos, no decaimento, os combustíveis (gases, vapores, partículas líquidas e sólidas) presentes na fumaça podem estar com temperatura acima da temperatura de ignição, mas, devido ao confinamento do ambiente, ultrapassam o limite superior de inflamabilidade, ou seja, há combustível em excesso para a escassa quantidade de oxigênio nesses ambientes e, por isso, não queimam. Quando um acesso é aberto e o ar entra ofertando oxigênio, tão logo a concentração atinja um patamar adequado, a fumaça deflagra-se. A queima violenta que ocorre é o *backdraft*.

²¹ Focos na fase de decaimento pela depleção de oxigênio e com fumaça acima da temperatura de ignição.

São indicativos da queima lenta com risco de explosão da fumaça (*backdraft*):

- Fumaça sob pressão, num ambiente fechado;
- Fumaça mudando de cor (cinza e amarelada / cáqui) e saindo do ambiente em forma de lufadas;
- Calor excessivo (nota-se pela temperatura na porta);
- Pequenas chamas ou inexistência destas;
- Fuligem e óleo impregnando o vidro das janelas;
- Pouco ruído (não se ouve o crepitar de chamas);
- Movimento de ar para o interior do ambiente quando alguma abertura é feita (em alguns casos ouve-se o ar assoviando ao passar pelas frestas);
- Chamas aparecendo na fumaça assim que esta escapa do ambiente²².

Ao perceber os sinais, a equipe de bombeiros deve abordar o ambiente com toda a cautela para que não provoque uma explosão ambiental que pode lesionar ou até matar integrantes da equipe ou, na melhor das hipóteses, tornará o combate muito mais difícil, pois, muitas vezes é seguida da ignição completa do ambiente.

Nesse ambiente, por sua dinâmica e características, vê-se que os combustíveis na fumaça precisam apenas atingir a concentração adequada para uma queima violenta. Ao se abrir uma porta ou janela, inevitavelmente o ar estará entrando no ambiente e, conseqüentemente, carregando O₂, fornecendo exatamente o que os gases precisam para se deflagrarem. Como é necessária uma abertura para que se entre no ambiente, ao oferecer o comburente os bombeiros devem retirar algo para que os requisitos da combustão não estejam presentes.

A abertura da porta dá-se como nos passos 1 a 4 no início do tópico. Por meio da checagem visual no interior do ambiente, é possível confirmar as suspeitas da condição no interior do cômodo.

O auxiliar deve efetuar a abertura da porta abaixado e protegido pela porta firmando-a para que não se abra de repente por causa da força da explosão, caso ocorra. Se a porta tiver a abertura para dentro do cômodo, a operação da porta deve ser feita com o auxílio de um cabo preso à maçaneta possibilitando que o auxiliar a opere sem que fique na linha de abertura da porta.

Os passos 1 a 4 devem repetidos até que o aspecto da fumaça esteja indicando uma menor combustibilidade. Verifica-se isso pela fumaça mais clara (cinza), menos densa, menos opaca e movendo-se de forma menos turbulenta.

Em seguida, caso necessário, deve ser utilizada a técnica de saturação com neblina pela parte superior da porta, até que o ambiente permita a entrada dos bombeiros.

²² Significando que a fumaça já está em condição de queimar, faltando apenas o comburente, por isso ela queima assim que alcança o exterior.

Assim que os sinais de risco diminuïrem a porta deve começar a ser aberta lentamente enquanto o operador do esguicho procura saturar a região superior do cômodo nas imediações da porta na parte interna com pulso neblinado médio.

A intenção dessa neblina é diminuir a combustibilidade da fumaça próxima à porta, que vai ter contato com o oxigênio, e o resfriamento para abaixar a temperatura aquêm do ponto de ignição.

Uma vez que o ambiente foi abordado, ele deve ser dominado. Em um ambiente em queima lenta o calor e a fumaça devem ser dissipados para prevenir novas ignições e isso deve ser feito por meio de uma das técnicas de ventilação. Os possíveis focos devem ser resfriados para que não entrem em ignição à medida que a fumaça for expulsa.

Técnica	Jato	Vazão	Pressão	Objetivo	Situação	Posicionamento	Forma de emprego	Cuidados
Ataque Direto	Compacto	30 gpm	3 – 7 Bar	Resfriar o combustível na fase sólida	Fase crescente em estágio avançado	EXTERNO (fora do cômodo)	À distância, usar o jato compacto tendo por alvo o encontro do combustível sólido com as chamas	Não permitir excesso de vapor de água
Ataque Direto Modificado	Compacto	30 gpm	3 – 7 Bar	Resfriar o combustível na fase sólida	Fase crescente em estágio avançado e linha direta ao foco bloqueada.	EXTERNO (fora do cômodo)	À distância, usar o jato compacto tendo por alvo o teto para defletir o jato e fazer cair água sobre as chamas	Não permitir excesso de vapor de água
Ataque indireto	Compacto	30 gpm	3 – 7 Bar	Produzir VAPOR para resfriar o cômodo	Fase Crescente em estágio avançado - paredes e tetos devem estar superaquecidos - CÔMODO DEVE SER BEM VEDADO	EXTERNO (fora do cômodo)	Lançar a água sobre paredes e teto para que absorva o calor e forme vapor que resfrie o ambiente	Não permitir excesso de vapor de água. Não usar em cômodos ventilados
Ataque combinado	Compacto	30 gpm	3 – 7 Bar	Resfriar o combustível na fase sólida e Produzir VAPOR para resfriar o cômodo	Fase Crescente em estágio avançado - paredes e tetos devem estar superaquecidos - CÔMODO DEVE SER BEM VEDADO	EXTERNO (fora do cômodo)	Lançar a água sobre paredes e teto para que absorva o calor e forme vapor que resfrie o ambiente em movimentos circulares alternando com jato dirigido à base das chamas sobre os materiais sólidos	Não permitir excesso de vapor de água. Não usar em cômodos ventilados
Saturação com neblina	Neblina	30 gpm	7 – 9 Bar	Inundar o cômodo com neblina para resfriar, diluir e abafar a fumaça	Foco INCUBADO (cômodo fechado e queima lenta)	EXTERNO (fora do cômodo)	Por uma pequena abertura na parte superior, injetar 2-3s de jato neblina e esperar fazer efeito por 12-15s	Certificar-se da queima lenta
Pulso Neblinado Curto Ofensivo	Neblinado Amplo	30 gpm	7 – 9 Bar	Extinguir chamas na capa térmica e impedir flashover	Estado pré-flashover (chamas isoladas ou rollover) em cômodos pequenos	INTERNO	Pulsos <1s repetitivos variando região na fumaça	Não gerar vapor em excesso Vigiar descida do plano neutro Não pulsar sobre superfícies pouco aquecidas
Pulso Neblinado Curto Defensivo	Neblinado Amplo	30 gpm	7 – 9 Bar	Resfriar a fumaça Prevenir flashover (cômodo pequeno)	Capa térmica em cômodo pequeno ou médio Progredindo no interior da edificação deparando-se com gases aquecidos	INTERNO	Pulsos <1s dirigidos à capa térmica. Pulsos devem ser curtos e o alvo não deve mudar durante um pulso (dois alvos = dois pulsos)	Não gerar vapor em excesso Não pulsar sobre superfícies frias
Técnica	Jato	Vazão	Pressão	Objetivo	Situação	Posicionamento	Forma de emprego	Cuidados
Pulso Neblinado Médio Ofensivo	Neblinado Estreito	30 gpm	7 – 9 Bar	Extinguir chamas na capa térmica e impedir flashover	Estado pré-flashover (chamas isoladas ou rollover) em cômodos médios	INTERNO	Pulsos de 1-2 s com pausa de 1-2s se a temperatura não estiver muito alta.	Não gerar vapor em excesso Vigiar descida do plano neutro Não pulsar sobre superfícies

								pouco aquecidas
Pulso Neblinado Médio Defensivo	Neblinado Estreito	30 gpm	7 – 9 Bar	Resfriar a fumaça Prevenir flashover (cômodo médio ou teto alto)	Capa térmica em cômodo médio ou grande e/ou de teto alto Progredindo no interior da edificação deparando-se com gases aquecidos	INTERNO	Pulsos de 1-2 s com pausa de 1-2s se a temperatura não estiver muito alta.	Não gerar vapor em excesso Não pulsar sobre superfícies pouco aquecidas
“Jato mole”	Compacto	30 gpm	7 – 9 Bar	Acabar com termólise	Combustível em termólise liberando vapores (sem queima)	INTERNO	Abertura parcial do esguicho permitindo a passagem de pouca água sem velocidade	Não abrir demais
“Penciling”	Compacto	30 gpm	7 – 9 Bar	Resfriar o combustível na fase sólida	Fase sólida queimando + combustível sólido não queimado e não danificado	INTERNO	Pulsos com abertura parcial do esguicho lançando pequenas porções de água gentilmente sobre a fase sólida.	Não abrir demais para não espalhar brasas ou danificar os demais materiais
Pulso Longo de alta vazão (ZOTI)	Neblinado estreito	125 gpm	7 – 9 Bar	Extinguir foco generalizado	Foco em fase de pleno desenvolvimento	EXTERNO (fora do cômodo)	Desenhar a letra correspondente a partir da linha do teto no fim do cômodo fechando o esguicho devagar Z – áreas de 30 m ² O – áreas de 20 m ² T – áreas de 10 m ² I – corredores	Não fechar bruscamente (golpe de aríete) Posicionar-se entre o fogo e a área intacta

9.2.2 INCÊNDIOS "CLASSE B"

Os incêndios Classe B são incêndios em líquidos inflamáveis que, por terem características próprias, possuem métodos de extinção distintos.

O melhor método de extinção para a maioria dos incêndios em líquidos inflamáveis é o abafamento, podendo ser utilizado também a quebra da reação em cadeia, a retirada do material e o resfriamento.

O controle de incêndios em líquidos inflamáveis pode ser efetuado "com água", que atuará por abafamento e resfriamento. Na extinção por abafamento, a água deverá ser aplicada como neblina, de forma a ocupar o lugar do oxigênio, que está suprindo a combustão nos líquidos.

A técnica de resfriamento somente resultará em sucesso se o combustível tiver ponto de combustão acima da temperatura normal da água (20°C). Ao se optar pelo uso de água deve-se, sempre, usar o jato chuva ou jato neblina. O jato contínuo não deve ser utilizado, pois não permitirá o abafamento e poderá esparramar o líquido em chamas, aumentando o incêndio.

Para se combater este tipo de incêndio em segurança, deve-se conhecer as propriedades e características dos líquidos inflamáveis, que, em sua maioria:

- Geram vapores inflamáveis à temperatura ambiente (voláteis);
- Flutuam na água;
- Geram eletricidade estática quando fluindo;
- Queimam rapidamente por sobre a superfície exposta ao calor;
- Liberam durante a queima grande quantidade de calor.

Eis a seguir as técnicas de combate a incêndio em líquidos inflamáveis.

RESFRIAMENTO COM ÁGUA

Enquanto a água sem extratos de espuma é pouco eficaz em líquidos voláteis (como gasolina ou diesel), incêndios em óleos mais pesados (não voláteis) podem ser extintos pela aplicação de água em forma de neblina, em quantidades suficientes para absorver o calor produzido. Deve-se estar atento para que não haja transbordamento do líquido e para que não ocorra o fenômeno conhecido como boil over.



As técnicas de manejo do esguicho e aplicação de água aplicam-se normalmente. Para evitar o fenômeno do **Boil Over** (tratado adiante), recomenda-se o uso de água neblinada, haja vista que o que se pretende é saturar a região próxima à superfície atrapalhando a reação por abafamento, bem como se quer a evaporação da água para

absorção de calor. Caso se queira mais alcance, a abertura do cone deve ser fechada, caso se queira maior fragmentação, o cone de água deve ser aberto.

Outra forma de resfriar com água é usando o aplicador de neblina para estender o alcance da neblina de água sobre a superfície do líquido.

Embora citado como técnica, o resfriamento com água mostra-se difícil nos combates a incêndios em líquidos. Isso deve-se ao fato de que os incêndios classe B geram, em média, 5 vezes mais calor que os incêndios classe A.

“BOIL-OVER”

O *Boil-over* é um fenômeno que pode ocorrer nos combates a incêndios em líquidos inflamáveis. Ocorre nos líquidos menos densos que a água.

O *boil-over* pode ser explicado da seguinte maneira:

- Quando se joga água em líquidos de pequena densidade, a água tende a depositar-se no fundo do recipiente.
- Se a água no fundo do recipiente for submetida a altas temperaturas, pode vaporizar-se. Na vaporização da água há grande aumento de volume (1 litro de água transforma-se em 1.700 litros de vapor).
- Com o aumento de volume, a água age como êmbolo numa seringa, empurrando o combustível quente para cima, espalhando-o e arremessando-o a grandes distâncias.



Antes de ocorrer o *boil-over*, pode-se identificar alguns sinais característicos:

- Através da constatação da onda de calor: dirigindo um jato d'água na lateral do tanque incendiado, abaixo do nível do líquido, pode-se localizar a extensão da onda de calor, observando-se onde a água vaporiza-se imediatamente;
- Através do som (chiado) peculiar: pouco antes de ocorrer a “explosão”, pode-se ouvir um “chiado” semelhante ao de um vazamento de vapor de uma chaleira fervendo.

Ao identificar esses sinais, o bombeiro deve se comunicar imediatamente com o comandante. Recebendo ordem de abandonar o local, todos devem se afastar rapidamente.

O *boil-over* tem mais probabilidades de ocorrer em casos de líquidos combustíveis de maior densidade como óleo cru e pode ser seguido de uma explosão que liberará enormes quantidades de calor por radiação. Esse efeito pode ser fatal dada a energia liberada.

Previne-se o *boil-over* fazendo a drenagem da água que se acumular no fundo do tanque de combustível, resfriando o tanque externamente e evitando o uso excessivo de água.

SLOP OVER

O *Slop Over* é semelhante ao *boil over*, porém ocorre de maneira imediata e na superfície do líquido.

O *slop over* acontece quando um jato penetrante (sólido ou compacto) é atirado na superfície de um líquido combustível de alta viscosidade em chamas. Se a quantidade de calor gerado for suficiente para ferver a água atirada, isso ocorrerá bem abaixo da superfície do líquido assim que o jato de água penetrá-la. Isso provocará a expansão da água arremessando pequenas quantidades de líquido inflamável superaquecido e em chamas para fora do recipiente que o contém.

VARREDURA COM ÁGUA

A água pode ser utilizada para deslocar combustíveis, que estejam queimando ou não, para locais onde possam queimar com segurança, ou onde as causas da ignição possam ser mais facilmente controladas. Evitar que combustíveis possam ir para esgotos, drenos ou locais onde não seja possível a contenção dos mesmos.

O jato contínuo será projetado de um lado a outro (varredura), empurrando o combustível para onde se deseja.

Derramamento de líquidos combustíveis em via pública também pode causar desastres, inclusive acidentes de trânsito. O líquido combustível poderá ser removido através de

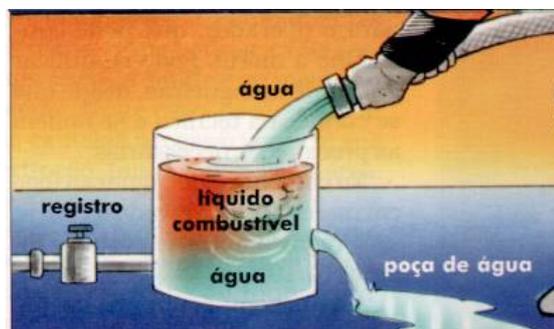
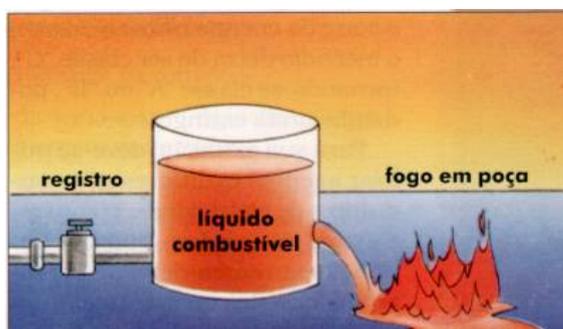


varredura, adicionando-se um agente emulsificador (LGE sintético ou detergente comum, por exemplo) à água e evitando, ao mesmo tempo, que o líquido se dirija para o esgoto ou rede pluvial. Pode-se também utilizar areia e cal. Essas substâncias absorvem o líquido combustível, removendo-o da via pública e impedindo que alcance a rede de esgoto ou pluvial.

SUBSTITUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS POR ÁGUA

A água pode ser empregada para remover combustíveis de encanamentos ou tanques com vazamentos. Incêndios que são alimentados por vazamentos podem ser extintos pelo bombeamento de água no próprio encanamento ou por enchimento do tanque com água a um ponto acima do nível do vazamento. Este deslocamento faz com que o produto combustível flutue sobre a água (enquanto a aplicação de água for igual ou superior ao vazamento do produto). O emprego desta técnica se restringe aos líquidos que não se misturam com água e que flutuam sobre ela.

Esta técnica pode ser usada, por exemplo, no caso de um acidente automobilístico onde houve ruptura de um dos tanques e o combustível vaza pelo fundo. Inundando-o com água faz-se com que a água vaze no fundo.



**APLI
CAÇ
ÃO
DE
ESP
UMA**

Outr
a

técnica de combate a incêndios em líquidos inflamáveis é a aplicação de espuma. O uso da espuma possui grande eficiência no abafamento dos líquidos inflamáveis.

A aplicação da espuma pode se dar de 3 maneiras:

- Escorrimento – a espuma é lançada em um anteparo, normalmente a parede do recipiente que contém o líquido, de modo que escorra suavemente sobre a superfície do líquido;
- Empurramento – quando o líquido está derramado no solo e não é possível valer-se de anteparos para aplicar a espuma por escorrimento, deve-se lançá-la ao solo margeando a poça de combustível e depois o volume de espuma formado deve ser empurrado pelo lançamento de mais espuma forçando-o a avançar sobre a poça;
- Precipitação – outra forma de aplicar a espuma sobre líquidos inflamáveis é lançando-a ao ar sobre o líquido para que precipite por gravidade sobre ele.

EXTINÇÃO QUÍMICA

Um método moderno e interessante de extinção de incêndios em líquidos inflamáveis é a aplicação de agentes extintores especiais que interrompem a reação de combustão quimicamente.

Um exemplo é o composto FN200, um agente encapsulador desenvolvido para combate a incêndios. Ele atua quimicamente envolvendo as moléculas dos hidrocarbonetos de modo estável, impedindo-as de reagir com o oxigênio. Isso interrompe a reação.

ATENDIMENTO A VAZAMENTOS DE GASES INFLAMÁVEIS

O único método seguro de se solucionar a ocorrência de vazamento de gás ou líquido sob pressão, com ou sem fogo, é a retirada do material.

Como quase todas as edificações utilizam o GLP ou gás natural, é importante que todo o bombeiro conheça os riscos e as técnicas no atendimento de ocorrências envolvendo estes gases.

Gás natural

O gás natural (gás encanado) é formado principalmente por metano, com pequenas quantidades de etano, propano, butano e pentano. Este gás é mais leve do que o ar. Assim, tende a subir e difundir-se na atmosfera; não é tóxico, mas é classificado como asfixiante, porque **em ambientes fechados** pode tomar o lugar do ar atmosférico, conduzindo assim à asfixia (asfixia mecânica). A companhia concessionária local deve ser acionada quando alguma emergência ocorrer.

Incidentes envolvendo o sistema de distribuição de gás natural são freqüentemente causados por escavação nas proximidades da canalização subterrânea. Neste caso, as viaturas não devem estacionar próximas ao local, por causa da possibilidade de ignição. A guarnição deve estar preparada para o evento de uma explosão e incêndio subsequente. A primeira preocupação deve ser a evacuação da área vizinha e eliminação de possíveis fontes de ignição no local.

GLP engarrafado

O gás liquefeito de petróleo (**GLP**) ou gás engarrafado, como é um combustível armazenado sob pressão, é usado principalmente em residências, em botijões de 13 kg. Sua utilização comercial e industrial é feita com cilindros de maior capacidade, de 20, 45 e 90 kg.

Este gás é composto principalmente de propano, com pequenas quantidades de butano, etano propileno e iso-butano. O **GLP** não tem cheiro natural. Por isso, uma substância odorífica, denominada **mercaptana**, lhe é adicionada. O gás não é tóxico, mas é classificado como asfixiante porque pode deslocar o ar, tomando seu lugar no ambiente, e conduzir à asfixia.

O **GLP** é cerca de 1,5 vez mais pesado que o ar, de forma que, normalmente, ocupa os níveis mais baixos. Todos os recipientes de **GLP** estão sujeitos a **BLEVE** quando expostos a chamas diretas. O **GLP** é freqüentemente armazenado em um ou mais cilindros (bateria). O suprimento de gás para uma estrutura pode ser interrompido pelo fechamento de uma válvula de canalização. Se a válvula estiver inoperante, o fluxo pode ser interrompido retirando-se a válvula acoplada ao cilindro.

Ao se deparar com fogo em gás inflamável, e não podendo conter o fluxo, o bombeiro não deverá extinguir o incêndio. Um vazamento será mais grave que a situação anterior, por reunir condições propícias para uma explosão. Neste caso, o bombeiro deverá apenas controlar o incêndio.

O gás que vazou e está depositado no ambiente pode ser dissipado por ventilação, ou por um jato d'água em chuveiro, de no mínimo 360 lpm (esguicho de 38mm com

aproximadamente 5,5 kg/cm² de pressão), com 60o de abertura, da mesma maneira com que se realiza a ventilação de um ambiente, usando esguicho.

B.L.E.V.E.

Um fenômeno que pode ocorrer em recipiente com gases inflamáveis pressurizados, ou até mesmo com líquidos inflamáveis, embora com menor intensidade, é o **BLEVE**. (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*).

Quando ocorre a exposição de um recipiente pressurizado contendo gás inflamável liquefeito a uma chama intensa, o calor é transmitido por condução através da parede do tanque aquecendo o líquido no interior. O aquecimento do líquido provoca uma corrente de convecção que constantemente “rouba” calor da parede do tanque protegendo-a da ação das chamas.

Com o aquecimento do líquido, ele ferve. A liberação de gases pela fervura aumenta a pressão no tanque. O líquido não se transforma todo em gás. Assim que o espaço acima dele fica saturado com o gás, ele deixa de ferver. Contudo, o aumento da pressão aciona válvulas de alívio que liberam o gás para a atmosfera para impedir a explosão do tanque pelo acúmulo da pressão. Isso resolve o problema momentaneamente, porém, com o escape de gases, abre-se espaço para a vaporização de mais líquido. Isso vai, aos poucos, abaixando o nível de líquido. A parte do tanque acima do nível de líquido não tem a proteção que a convecção do líquido oferece e, se exposta às chamas, o metal começa a enfraquecer e amolecer. A pressão interna o empurra tornando-o fino e diminuindo sua resistência. Quando a resistência for menor que a pressão interna, o tanque se rompe.

Nesse instante ocorrerá uma enorme liberação de energia proveniente das seguintes fontes:

- Toda a pressão dentro do tanque será aliviada instantaneamente com a expansão imediata do gás ali contido;
- Quase toda a fase líquida será vaporizada instantaneamente e, ao fazer isso, o material se expande algumas centenas de vezes. O GLP, por exemplo, ao vaporizar-se expande-se cerca de 400 vezes. Isso significa que, caso houvesse 1.000 litros de GLP ainda líquido, eles se transformariam em 400.000 litros de gás. Essa expansão instantânea também contribui para o poder do BLEVE;
- O material, ao escapar, não vai apenas expandir-se. Ao se misturar com o oxigênio alcançando a concentração para queima, o que ocorre rapidamente, o combustível queima gerando gases que ocupam um volume maior que o inicial, aumentando a força de expansão do BLEVE.

Os gases expandindo-se tão rapidamente provocam um onda de choque capaz de matar seres vivos e destruir edificações em um raio de centenas de metros. A queima do combustível gera uma onda de calor capaz de incendiar outros materiais nas proximidades.

Outro dos grandes perigos do BLEVE é o arremesso de pedaços do recipiente em todas as direções, com grande deslocamento de ar. Para se evitar o BLEVE é necessário resfriar exaustivamente os recipientes que estejam sendo aquecidos por exposição direta

ao fogo, ou por calor irradiado. Este resfriamento deve ser preferencialmente com jato d'água em forma de neblina.

Diante do risco iminente de BLEVE, pode ser que a melhor opção seja a evacuação da área e esta área é relativamente grande. Para se ter uma idéia um tanque de combustível transportado por composição ferroviária pode gerar uma explosão que afete centenas de metros. A zona de queima pode ter uma centena de metros de diâmetro. A onda de choque pode ser fatal a 300 ou mais metros do ponto inicial e a irradiação é lesiva a várias centenas de metros.



Ao lidar com o BLEVE, os bombeiros devem estar atentos para o seguinte:

- Resfriar o tanque, principalmente em sua parte superior, acima da fase líquida;
- Evacuar a área próxima expondo o mínimo de pessoal possível;
- Usar EPI completo;
- Combater abaixados e à maior distância possível

Recomenda-se ainda o uso de canhões monitores para eliminar a necessidade de presença humana nas proximidades.

9.2.3 INCÊNDIOS CLASSE "C"

A dificuldade na identificação de materiais energizados é um dos grandes perigos enfrentados pela guarnição no atendimento de ocorrência.

Este tipo de incêndio pode ser extinto, com maior facilidade após o corte da energia elétrica. Assim, o incêndio deixa de ser classe "C", tornando-se classe "A" ou "B", podendo ainda extinguir-se.

Para sua extinção, deve-se utilizar agentes extintores não condutores de eletricidade, como **PQS**, e **HALON**. Não se deve utilizar aparelhos extintores de água ou espuma (química ou mecânica), devido ao perigo de choque elétrico para o operador, que pode causar-lhe a morte. Pode-se utilizar linhas de mangueiras, desde que se conheça a técnica e se tomem as precauções necessárias.

A água contém impurezas que a tornam condutora; daí, na sua aplicação em incêndios em materiais energizados, deve-se considerar todos os riscos de o bombeiro levar um choque elétrico.

No combate (com água) ao fogo em materiais eletrificados, usa-se uma regra simples, exposta na figura abaixo.

APLICAÇÃO DE ÁGUA		Distância em Metros	Memorização
Jato em Neblina		1	B 1-5
Jato Contínuo		5	
Jato Neblina		5	A 5-10
Jato Contínuo		10	

O Comandante da Operação determinará o uso de água, considerando os fatores:

- Voltagem da corrente;
- Distância entre o esguicho e o equipamento energizado;
- Isolamento elétrico oferecido ao bombeiro, entre os quais luvas de isolamento e botas de borracha isolante.

Outro problema é a presença de produtos químicos perigosos em instalações e equipamentos elétricos, o que pode acarretar sérios riscos à saúde e ao meio ambiente. Neste caso, deve-se tomar as cautelas necessárias para sua extinção, tais como: isolar a área, conhecer as características e os efeitos do produto e usar **EPI** (roupas, luvas, proteção respiratória, capacetes e capa ou roupa apropriada). Incêndio em transformador elétrico que utiliza como líquido refrigerante o “**ASKAREL**” (cancerígeno) é exemplo típico. Como medida de segurança, linhas energizadas não devem ser cortadas; apenas técnicos especializados deverão fazê-lo. O Corpo de Bombeiros somente desligará a eletricidade pela abertura de chave, remoção de fusível ou desacionamento de disjuntor quando necessário.

Contatos e cooperação com as concessionárias de fornecimento de energia são vitais no combate a incêndios classe “C”, para reduzir o risco à vida e à propriedade.

Instalações Elétricas

Nas residências, a instalação elétrica é normalmente de baixa tensão (110 e 220 volts). O método mais simples de interromper o fornecimento da energia é desligar a chave geral da instalação.



Chave Geral Residencial



Instalações Industriais

Deve-se ter cuidado com o fornecimento de energia à edificação através de instalação clandestina, pois, mesmo após desligar os dispositivos de entrada de eletricidade, pode haver energia no local.

Muitas indústrias, edificações comerciais, prédios elevados e complexos de apartamentos têm equipamentos elétricos que utilizam mais de 600 volts.

Nas portas dos compartimentos que abrigam estes equipamentos (como transformadores e grandes motores), deve haver uma placa de identificação com a inscrição “**alta voltagem**”.

Pode-se ainda encontrar instalações elétricas subterrâneas, isto é, galerias com cabos elétricos abaixo da superfície. Os riscos mais freqüentes são as explosões, que podem arremessar tampas de bueiros a grandes distâncias, devido ao acúmulo de gases inflamáveis de centelha de fusíveis, relês ou curto circuito. Não se deve entrar em bueiros, exceto para efetuar um salvamento. O combate deve ser efetuado desde a superfície, com o uso de gás carbônico ou **PQS**.

A água não deve ser aplicada em galerias, em razão da proximidade com o equipamento elétrico.

Emergências com Eletricidade

Em emergência envolvendo eletricidade, alguns procedimentos devem ser seguidos para manter um ambiente seguro ao serviço de bombeiros:

- Quando forem encontrados fios caídos, a área ao redor deve ser isolada;
- Deve-se tratar todos os fios como energizados e de alta voltagem;

- Quando existir o risco de choque elétrico, deve-se usar EPI adequado e ferramentas isoladas;
- Deve-se tomar cuidado ao manusear escadas, mangueiras ou equipamentos próximos a fios elétricos.
- Não se deve tocar em qualquer veículo ou viatura que esteja com fios elétricos, pois esse procedimento pode resultar em choque elétrico.

9.3.4 INCÊNDIOS CLASSE “D”

Incêndios em metais combustíveis (magnésio, selênio, antimônio, lítio, cádmio, potássio, alumínio, zinco, titânio, sódio, zircônio) exigem, para a sua extinção, agentes que se fundam em contato com o material ou que retirem o calor destes. Metais combustíveis queimam em temperaturas extremamente altas e reagem com a água, arremessando partículas. A reação será tanto maior quanto mais fragmentado estiver o metal.

Estes incêndios podem ser reconhecidos pela cor branca das chamas. Uma camada cinza poderá cobrir o material, dando a impressão de que não há fogo.

Quando o material estiver em forma de limalha (fragmentado), deve-se isolar a parte que está queimando do resto por processo mecânico (retirada do material) e utilizar o agente extintor próprio, cobrindo todo o material em chama.

O maior problema do bombeiro numa emergência com combustíveis classe "D" é a obtenção de agentes extintores adequados à situação específica. Isso porque os metais combustíveis não apresentam um comportamento padrão para um determinado agente extintor. Portanto, deve-se agir com extrema cautela nestes casos. O melhor método de extinção é a quebra da reação em cadeia com uso de agente extintor específico que reaja com o combustível e/ou radicais livres impedindo a reação.

Quando não se dispõe do agente específico, o método a ser usado é o abafamento.

Exemplos de agentes que podem ser usados são grafite seco, cloreto de sódio, areia seca e nitrogênio.

Em certas circunstâncias, a água pode ser usada como agente extintor (nas situações específicas de ligas de magnésio usadas em indústria). Neste caso, a água deve ser utilizada em grandes quantidades, pois a temperatura deste tipo de fogo é muito alta e a técnica de extinção utilizada é o resfriamento. A água deve ser em quantidade tal que o resfriamento suplante a reação dela com o combustível.

É importante que se obtenha o máximo de informação sobre o produto em chamas, bem como se há no local o agente extintor apropriado.

10. VENTILAÇÃO

Em se tratando de combate a incêndio, ventilação consiste na sistemática retirada de fumaça, ar e gases aquecidos da edificação, substituindo-os por ar fresco.

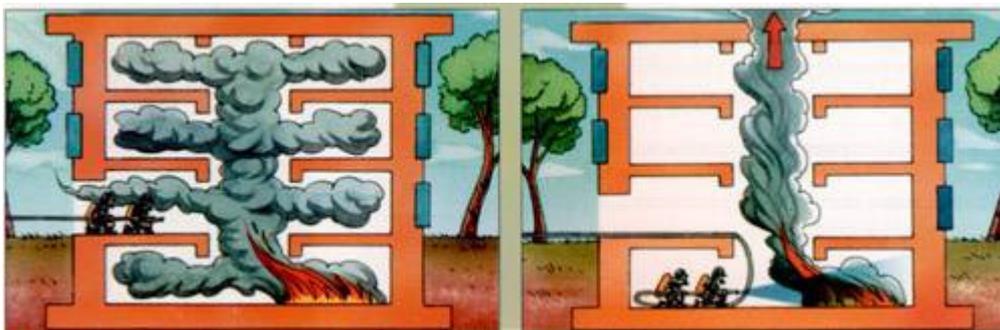
A ventilação, quanto ao momento em que é realizada, pode ser: **antes do combate** (antes das linhas de ataque iniciarem a aplicar água), **durante o combate** (simultaneamente ao trabalho das linhas de ataque) ou **após o combate**, para retirar a fumaça e calor apenas.

Em relação ao plano da abertura de saída da fumaça, a ventilação pode ser **vertical** ou **horizontal**.

VENTILAÇÃO VERTICAL

É aquela em que os produtos da combustão caminham verticalmente pelo ambiente, através de aberturas verticais existentes (poços de elevadores, caixas de escadas), ou aberturas feitas pelo bombeiro (retirada de telhas).

Para a ventilação, o bombeiro deve aproveitar as aberturas existentes na edificação, como as portas, janelas e alçapões, só efetuando aberturas em paredes e telhados se inexistirem aberturas ou se as existentes não puderem ser usadas para a ventilação natural ou forçada. Efetuar entrada forçada em paredes e telhados, quando já existem aberturas no ambiente, acarreta prejuízos ao proprietário, além de significar perda de tempo.



VENTILAÇÃO HORIZONTAL

É aquela em que os produtos da combustão caminham horizontalmente pelo ambiente. Este tipo de ventilação se processa pelo deslocamento dos produtos da combustão através de corredores, janelas, portas e aberturas em paredes no mesmo plano.



No que diz respeito à ação humana para acelerar a movimentação dos gases, a ventilação pode ser **natural** ou **forçada**.

VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação natural consiste em abrir acessos existentes (portas, janelas, clarabóias) ou criando acesso (quebrando parte da estrutura de paredes, teto ou destelhando telhado) permitindo a entrada natural de ar e saída de fumaça pela diferença de pressão. Aproveita-se a própria tendência da fumaça em se deslocar para fora devido à diferença de densidade e devido às diferenças de pressão.

Como já visto, o fogo produzindo e aquecendo gases, faz com que eles subam. A acumulação deles no teto e a expansão provocada pelo aquecimento geram um aumento de pressão que é maior rente ao teto acima do fogo. De igual modo, a tendência dos gases aquecidos em subir gera uma zona de baixa pressão imediatamente acima do fogo (ao redor e acima das chamas).



Adaptado de figura extraída do sítio <www.flashover.fr>

Em se fazendo aberturas, o ar frio tende a entrar e ir em direção à zona de baixa pressão enquanto que a fumaça busca o exterior do cômodo para aliviar a pressão. Isso provoca a ventilação.

A ventilação ocorrerá por qualquer abertura existente ou feita, intencionalmente ou não. Ainda que exista uma abertura só, como na figura anterior, o ar entrará por baixo e fumaça sairá por cima. Se a ventilação será eficiente ou não, isso depende do tamanho da abertura em relação ao cômodo e ao foco.

A ventilação natural será mais eficiente caso seja cruzada, ou seja, caso acessos sejam abertos em lados opostos do cômodo permitindo a saída da fumaça por um lado e a entrada de ar pelo outro, renovando a atmosfera do ambiente.

Ao se efetuar uma ventilação natural devemos considerar alguns aspectos:

- A direção do vento deve ser aproveitada para soprar ar fresco para dentro da edificação;
- O acesso de saída deve ser aberto primeiro, pois, abrir a entrada primeiro significa dar comburente ao foco sem lhe retirar nada;
- Se possível, a área de saída de fumaça deve ser maior que a área de entrada de ar fresco;
- O caminho que a fumaça vai fazer dentro da edificação: a fumaça aquecida não deve vagar por cômodos não afetados.

VENTILAÇÃO FORÇADA

A ventilação forçada consiste no emprego de meios artificiais para acelerar a movimentação dos gases no ambiente sinistrado.

Além da mera abertura de acessos, que se dá quase como na ventilação natural, a ventilação forçada conta com equipamentos para acelerar o deslocamento dos gases.

Quanto ao tipo de equipamento utilizado, a ventilação forçada divide-se em: **mecânica e hidráulica**.

Ventilação Forçada MECÂNICA – consiste no emprego de ventiladores ou exaustores com funcionamento elétrico, a combustão ou hidráulico²³.

Ventilação Forçada HIDRÁULICA – consiste no emprego de jato neblinado para, aproveitando o princípio de Bernoulli, arrastar gases junto com o cone quer seja a fumaça para fora ou o ar fresco para dentro.

A ventilação forçada pode ser de pressão negativa ou por pressão positiva, caso se force a entrada o deslocamento de gases pela entrada ou pela saída dos gases.

O jato deve ser usado com vazão mínima possível e o esguicho deve ficar entre 0,5 a 1 m de distância do acesso. Nenhuma parte do cone de água pode sobrar para fora do

²³ ligado à bomba da viatura, a água impulsionada pela bomba faz girar as pás

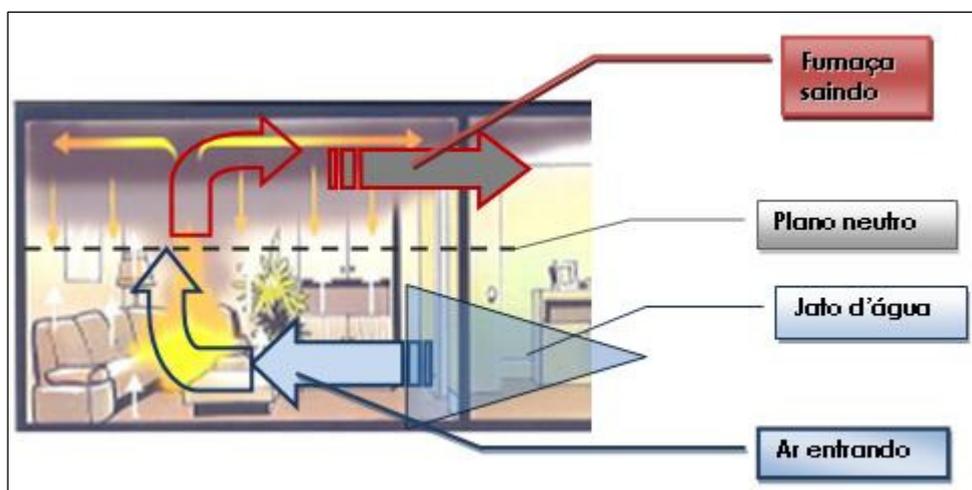
acesso. Todo o cone deve ser encaixado dentro da abertura próximo à beirada, seja uma porta, janela ou acesso forçado.

Ventilação por Pressão Positiva (VPP) – a ventilação forçada, quer seja ela mecânica ou hidráulica, pode ser feita com o jato neblinado soprando no acesso de entrada jogando água para dentro do ambiente e arrastando junto ar fresco. Como o ar é forçado para dentro a pressão fica maior no interior na zona próxima à abertura, por isso a denominação de *ventilação por pressão positiva*.

Como se pode perceber ela é feita **de fora para dentro** do ambiente sinistrado.

A VPP pode ser feita com uma ou duas aberturas.

Com uma abertura, o ar deve ser “soprado” pela parte inferior, haja vista a tendência da fumaça em “flutuar” sobre a camada de ar frio que entra.

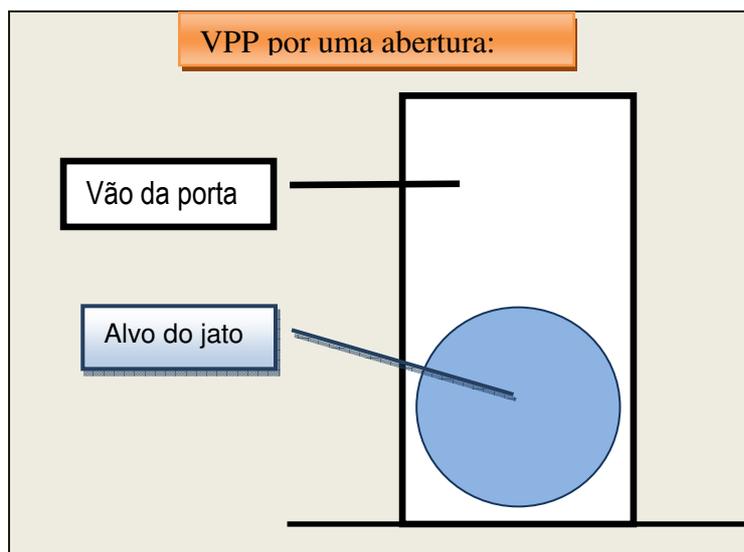


Em se tratando de uma abertura e sendo ela uma porta, o jato deve ser posicionado de modo que preencha o Máximo possível da metade inferior da porta como esquematizado ao lado.

Semelhantemente ocorrerá se o único acesso for uma janela. A metade superior deve ser deixada livre para a saída de fumaça.

Como a saída de fumaça se dará muito próximo aos bombeiros, a técnica de VPP por uma abertura deve ser feita preferencialmente após o fogo ser debelado e caso não haja outra forma de efetuar a ventilação.

O mero fato de haver outra abertura para a saída de fumaça já torna mais segura a operação para os bombeiros na linha de ventilação. Isso não elimina a necessidade de coordenação entre a equipe de ventilação e a equipe de ataque, pois a ventilação alterará a dinâmica do incêndio.

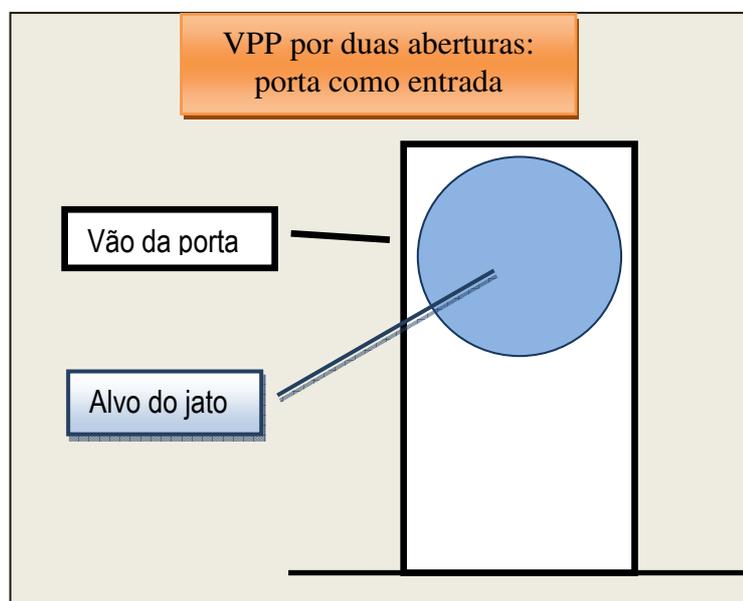


Com duas aberturas, uma para a entrada do ar fresco e outra oposta para a saída de fumaça, o jato deve ter outro alvo. Em se tratando de uma porta, deve atingi-la na metade superior. Isso se deve ao fato de que na parte superior estão concentrados os gases mais aquecidos e a ventilação por ali será mais eficiente.

Como há outra abertura para saída de fumaça, não há necessidade de reservar a parte superior do vão da porta para a saída de fumaça.

Se a abertura de entrada for uma janela, deve o jato ocupar o máximo dela possível pela mesma razão.

Se a queima ainda estiver considerável, ou seja, se a ventilação for prévia ou concomitante ao combate, é imperativo que o acesso para saída de fumaça seja próximo ao foco e que direcione a fumaça para fora da edificação. A fumaça aquecida pelo foco não pode percorrer o interior da edificação, pois, se assim fosse, a fumaça estaria irradiando calor para materiais ainda não afetados e poderia provocar a ignição de novos focos.



A ventilação por pressão positiva auxilia no resfriamento do ambiente pela impulsão de neblina de água que ajuda no resfriamento. Infelizmente, aumentam também os danos causados pela água e pelo excesso de vapor que se acumulará caso a ventilação não seja bem efetuada.

Ventilação por Pressão Negativa (VPN) – a ventilação forçada, quer seja ela mecânica ou hidráulica, pode ser feita com o jato neblinado soprando no acesso de saída jogando água para fora do ambiente e arrastando junto ar fresco. Como o ar é forçado para fora, a pressão no interior próximo à abertura fica menor gerando uma zona de baixa pressão, por isso a denominação de *ventilação por pressão negativa*.

A água é jogada para fora do ambiente, evitando os danos à propriedade pela água, mas diminuindo a capacidade de resfriamento da operação de ventilação, o que é facilmente contornado se a ventilação for bem feita.

Com a fumaça empurrada para fora, o ar frio entra para substituir o vazio que ficaria, substituindo a atmosfera quente e inflamável do ambiente.

A VPN também pode ser feita por uma ou duas aberturas, mas em qualquer dos casos, o jato deve ser direcionado à metade superior nas portas e englobando o máximo do espaço nas janelas.

A abertura de entrada de ar é menos importante, uma vez que o ar buscará entrar por qualquer fresta para ocupar o espaço deixado pela fumaça arrastada para fora.

Como a VPP, a VPN deve ser feita com a saída de fumaça próxima ao foco e pode ser imediatamente posterior à extinção do foco com emprego da técnica *penciling*, ou mesmo ataque direto.

A VPN é feita de **dentro para fora**.

Obs.: mencionamos o alvo dos jatos de água, considerando a VPP e VPN hidráulicas, mas o emprego de ventiladores é bem semelhante no que tange aos alvos a serem escolhidos nas aberturas.



CUIDADOS NA VENTILAÇÃO

Para a ventilação, o bombeiro deve aproveitar as aberturas existentes na edificação, como as portas, janelas e alçapões, só efetuando aberturas em paredes e telhados se inexisterem aberturas ou se as existentes não puderem ser usadas para a ventilação natural ou forçada. Efetuar entrada forçada em paredes e telhados, quando já existem aberturas no ambiente, acarreta prejuízos ao proprietário, além de significar perda de tempo.

Sabemos que qualquer ventilação altera a intensidade da queima e a TLC. A nós não interessa a ventilação que alimente as chamas apenas. Buscamos resfriar o ambiente melhorando as condições de conforto, visibilidade e de sobrevivência às vítimas no interior, assim, ao realizar uma ventilação, ela será eficiente se retirar mais calor com os gases aquecidos do que é produzido pelo foco.

Devemos cuidar para que a fumaça seja deslocada para fora da edificação evitando que transmita calor para outros materiais termolizando-os e até mesmo provocando sua ignição.

Para evitar o espalhamento da fumaça para outros cômodos não afetados, é possível abri-los para o exterior e fechá-los para o interior. Abrem-se as janelas para fora e fecham-se as portas para dentro.

A fumaça, mesmo ao sair da edificação, não deve ter seu caminho ignorado, pois se ela deixar uma edificação para penetrar em outra vizinha, estará transportando calor que pode ser suficiente para eclodir novos focos nessa outra edificação.

Já foi afirmado, mas não é inconveniente lembrar que a saída de fumaça, seja a ventilação por pressão positiva ou por pressão negativa, seja forçada ou natural, horizontal ou vertical, **a abertura de saída de fumaça deve ser próxima ao foco!**

O uso de ventiladores-exaustores com mangas de direcionamento de ar altera a dinâmica apresentada. Com as mangas, é possível coletar a fumaça do cômodo sinistrado e a conduzir até o exterior da edificação sem expor os materiais pelo caminho.

11. REFERÊNCIAS

International Fire Service Training Association. **Essentials of firefighting and fire department operations**. 5ª Ed. Oklahoma: Fire Protection Publications, 2008.

GRIMWOOD, Paul. **Euro Firefighter**. Inglaterra: Jeremy Mills Publishing. 2008

GRIMWOOD, Paul. et alii. **3D Firefighting: techniques, tips, and tactics**. Stillwater, OK: Fire Protection Publications. 2005.

GRIMWOOD, Paul; DESMET, Koen. **Tactical Firefighting: a comprehensive guide to compartment firefighting and live fire training**. Londres: CEMAC, jan, 2003.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndio estrutural**. Florianópolis: Editograf, 2005.

SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. **Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros**, Títulos 1, 23, 32, 42. São Paulo: 2006.

CURSO DE FORMAÇÃO DE BOMBEIRO PROFISSIONAL CIVIL

Secretaria
de Segurança Pública
e Defesa Social



Governo do Estado do Espírito Santo

Corpo de Bombeiros Militar

“Vidas alheias e riquezas salvar”

Rua 1B, s/nº, lote 09, quadra 03, CIVIT II, Serra-ES
CEP 29168-033

www.cb.es.gov.br