

CAPÍTULO 2 - AGENTES EXTINTORES

2 - AGENTES EXTINTORES

Agentes extintores são produtos químicos usados na prevenção e extinção de incêndios e na prevenção ou supressão de explosões. Habitualmente são utilizados através de equipamentos especializados, móveis ou fixos, com a finalidade de projetar os mesmos contra o fogo ou no ambiente a fim de prevenir, combater ou suprimir incêndios ou explosões.

Os agentes extinguem o fogo física ou quimicamente, podendo, às vezes, combinar estas duas ações. São armazenados e utilizados nos estados: sólido, líquido ou gasoso. Existem aqueles que executam a extinção nos estados líquido e gasoso, outros são aplicados líquidos, entretanto sua ação só é efetivada quando no estado gasoso, ou vaporizado. Os sólidos, mesmo atuando neste estado, geralmente recebem tratamentos para que se comportem como fluidos, com a finalidade de serem empregados através dos equipamentos e instalações de combate ao fogo.

Os agentes extintores mais conhecidos e utilizados para a prevenção, combate ou supressão de incêndio ou explosão, são os seguintes:

- a) Água;
- b) Espuma;
- c) Dióxido de carbono (CO₂);
- d) Hidrocarbonetos halogenados; e
- e) Pós químicos.

2.1 - ÁGUA

A água é o agente extintor de incêndios mais antigo e mais utilizado através dos tempos, sendo a substância mais difundida na natureza e de valor financeiro irrelevante em relação aos outros agentes existentes. Portanto, é de grande importância a quem cabe prevenir, controlar e extinguir os incêndios; para tanto, é necessário conhecer suas propriedades para um bom emprego como principal ferramenta nos trabalhos de combate a incêndio.

2.1.1 – Propriedades físicas e químicas da água

A água pode ser encontrada na natureza sob os três estados físicos fundamentais da matéria, ou seja, sólido, líquido ou gasoso. Seja qual for o seu estado físico, a sua constituição química é invariável, possuindo a seguinte fórmula molecular: H₂O.

Em condições normais de temperatura e pressão, a água é líquida, solidificando-se a temperatura de 0°C e vaporizando-se a 100°C. As temperaturas citadas variam de acordo com a pressão e esta em conformidade com a altitude. Nos três estados apresenta-se incolor (sem cor), insípida (sem gosto) e inodora (sem cheiro).



Fig. 23 - Estados físicos da água

No estado gasoso mantém-se incolor e transparente até o início do processo de sua condensação, quando se apresenta como uma nuvem branca e visível devido a perda de calor. Sua vaporização é na proporção de 1 litro de líquido para a produção de 1700 litros de vapor.

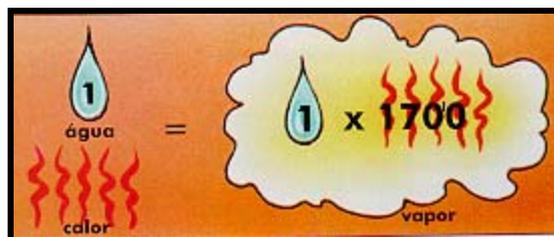


Fig. 24 - Passagem do estado líquido para o gasoso

A água é um dos principais solventes da natureza, possui uma excelente estabilidade química, porém pode ser decomposta em seus componentes pela ação da corrente elétrica, e por temperaturas acima de 1200°C, produzindo o perigoso gás hidrogênio (combustível) e o comburente oxigênio.

2.1.2 – Formas de emprego

Nos serviços de prevenção e combate a incêndios se faz necessário conhecer as formas de emprego da água, objetivando uma utilização criteriosa e eficiente por parte dos elementos que encontram-se envolvidos diretamente no combate ao fogo.

A água pode ser aplicada no estado líquido através de jato compacto, de neblina, nebulizada ou pulverizada, e no estado gasoso na forma de vapor.

No estado sólido a água pode causar transtorno para os equipamentos de combate a incêndio, destruindo-os ou impedindo o seu uso devido, pois há um aumento em cerca de 10% no seu volume inicial. Por este motivo, nos locais sujeitos a temperaturas que implicam no congelamento da água, raros no Brasil, empregam-se ante-congelantes para proteção e funcionamento do equipamento.

a) Jato Compacto

É empregado com a água no seu estado líquido, sendo sua ação extintora por resfriamento. Constitui uma boa opção quando se pretende atingir maiores distâncias e um maior volume de água a ser empregado.

Recomenda-se sua utilização em incêndios de classe A, porém deve-se verificar as condições de segurança do operador, uma vez que o jato compacto não protege com eficiência o operador contra o calor e a fumaça.



Fig. 25

b) Neblina



Fig. 26

É empregada com a água no seu estado líquido. Sua utilização surgiu com o avanço da tecnologia dos equipamentos de combate a incêndio, principalmente dos esguichos e “sprinklers” (chuveiros automáticos). Sua ação extintora se dá por resfriamento e emulsificação nas classes A e B respectivamente, e um pouco por abafamento. É uma ótima opção quando se pretende atingir uma maior área com quantidade menor de água.

Ao contrário do jato sólido, a neblina protege o operador maior eficiência contra o calor e a fumaça, permitindo sua aproximação ao fogo. Pode também ser utilizada na retirada de fumaça em ambientes fechados.

c) Vapor

É empregado com a água no seu estado gasoso. Extingue incêndios através da exclusão do ar ou redução do conteúdo do oxigênio do ar atmosférico, chamado processo de abafamento, de maneira similar ao gás carbônico (dióxido de carbono – CO₂) ou outros gases inertes.

É difícil extinguir incêndio em combustíveis cuja combustão forme brasas, em virtude do seu baixo poder resfriador. Em alguns tipos de incêndios, como por exemplo em nitrato de amônia e materiais oxidantes similares, o vapor é completamente ineficaz.

O vapor é utilizado como agente extintor em estabelecimentos com finalidades industriais, com emprego ininterrupto, como, por exemplo, em navios e inúmeras indústrias que se utilizam de caldeiras.

Onde for possível o seu aproveitamento, deverá ser estudado um sistema de distribuição do vapor sobre os locais mais perigosos, principalmente em compartimentos fechados, pois, precisam ser tomadas providências para que o vapor não atinja pessoas. Há, também, determinados processos industriais que trabalham a quente, onde o vapor é único meio seguro de extinção de incêndio.

d) Nebulizada

O conhecimento técnico da água nebulizada ou pulverizada na proteção de incêndios é recente, as primeiras experiências datam dos anos 50 nos Estados Unidos.

A eficiência extintora da água nebulizada fundamenta-se na pulverização da água utilizada, o que otimiza os efeitos de resfriamento, atenuação do calor irradiante e deslocamento do oxigênio na base do fogo. Contudo, para se poder aproveitar estes efeitos é preciso que a água nebulizada penetre nas chamas, alcançando sua base.

2.1.3 – Propriedades extintoras

As propriedades extintoras da água são: resfriamento, abafamento, diluição e emulsificação. Estas propriedades estão relacionadas direta ou indiretamente com a forma a qual a água é empregada.

A extinção somente é obtida quando o efeito do agente extintor alcança o ponto onde a combustão ocorre. Por centenas de anos, o principal método de extinção se limitava ao uso de jatos sólidos dirigidos à base do fogo e aplicados de uma distância segura. Este mesmo método, com a utilização de jatos através de esguichos, continua ainda hoje como o mais convencional de extinção de incêndio, entretanto, modernamente verificou-se a melhor eficiência da água na forma de neblina e adotou-se esguichos combinados para os jatos compactos e neblina. Outros equipamentos têm sido descobertos para aplicação da água em várias formas de neblina, chuveiros e “sprays”, os quais têm sido cada vez mais utilizados em aparelhos e instalações de combate a incêndios.

a) Extinção por Resfriamento

O fogo é extinto, normalmente, quando a superfície de material em combustão é resfriada a fim de que sua temperatura caia abaixo do ponto de combustão. O resfriamento superficial, em geral, não é eficiente na extinção de incêndios em gases e em líquidos inflamáveis, com ponto de fulgor abaixo da temperatura da água aplicada, portanto, não é recomendada para líquidos inflamáveis com ponto de fulgor abaixo de 38°C.

A quantidade de água necessária à extinção dependerá da quantidade de calor a ser absorvido. A velocidade de extinção dependerá da proporção de aplicação de água em relação à quantidade de calor produzido, do grau de cobertura possível e da forma e característica de aplicação da água. A melhor maneira é aplicar a água no fogo de tal modo que consiga o máximo efeito de resfriamento pela absorção de calor. Para isto, é necessário que a água aplicada seja aquecida até a temperatura de ebulição (100°C), e seja transformada em vapor. Este efeito é obtido com maior facilidade quando a água é aplicada em forma de neblina ou nebulizada ou pulverizada, em vez de jato compacto.

Os principais efeitos de resfriamento, pela utilização de água na forma de neblina ou nebulizada, são os seguintes:

a) A quantidade de calor transferido é proporcional à superfície exposta da água. Para uma dada quantidade de água, sua superfície será aumentada de acordo com sua conversão em gotículas;

b) A quantidade de calor transferido, depende da diferença de temperatura entre a água e o ar atmosférico que envolve o fogo, como também do material em combustão;

c) A quantidade de calor transferido, depende da quantidade de vapor contido no ar (estado higrométrico), particularmente no que se refere à propagação do fogo;

d) A capacidade de absorção de calor, depende da distância e da velocidade com que a água é projetada na zona de combustão. Este fator exige que uma considerável quantidade de água seja dirigida para as partes em combustão.

A gotícula precisa ter tamanho suficiente para que atinja a energia necessária para o ponto certo da combustão, vencendo a oposição da gravidade e o movimento inverso do ar causado pelas correntes térmicas ascendentes ou outras correntes de ar.

Determinados materiais decompõem-se quimicamente com a elevação da temperatura, nestes casos a água pode ser normalmente utilizada para resfriá-los abaixo da sua temperatura de decomposição, a menos que o material que queime reaja quimicamente com a água. Em um número limitado de casos, a água acelera a combustão, isto, às vezes, também é desejável para redução do tempo de queima destes materiais.

Um método de prevenção da combustão bastante empregado é a utilização da umidificação de materiais combustíveis em áreas ainda não atingidas pelo fogo. A absorção da água pelos combustíveis retarda a ignição destes, pois a água precisa ser evaporada antes que a temperatura de ignição destes combustíveis seja alcançada.

b) Extinção por Abafamento

A extinção realizada pela água por meio do abafamento é feita quando esta encontra-se vaporizada. Quando o vapor é gerado em quantidade suficiente, o ar pode ser deslocado ou mesmo excluído da zona de combustão. Incêndios de classe B podem ser extintos pela ação de abafamento, a qual é facilitada pelo confinamento do vapor gerado na zona da combustão. O processo de absorção de calor só terminará quando o vapor começar a condensar. Esta situação é evidenciada pela formação de nuvens de vapor de água (fumaça branca).

A condensação ocorrendo acima da zona de combustão, não tem efeito de resfriamento no material que queima, entretanto, o vapor leva o calor para fora da referida zona, que é inofensivamente dissipado nas nuvens de vapor de água que se deslocam na área do fogo.

Incêndios em materiais comuns, classe A, são extintos normalmente por resfriamento da água e não por abafamento criado pela geração do vapor de água, embora este tenha ação de supressão das chamas, mas não a de combater completamente o fogo em profundidade destes materiais.

A água pode ser utilizada para abafar incêndios em líquidos inflamáveis que têm o ponto de fulgor acima de 38°C (100°F), peso específico igual ou acima de 1,1 e não seja solúvel em água.

c) Extinção por Emulsificação

A emulsificação ocorre toda vez que líquidos imiscíveis são agitados juntos, e um dos líquidos se dispersa através do outro em forma de pequenas gotículas. Pode-se obter, pela aplicação da água, a extinção de incêndios em líquidos inflamáveis viscosos, pois o efeito de resfriamento que será proporcionado na superfície de tais líquidos, impedirá a liberação dos vapores inflamáveis.

Normalmente na emulsificação, gotas de inflamáveis ficam envolvidas individualmente por gotas de água, ficando, no caso dos óleos, com aspecto leitoso. Em alguns líquidos viscosos, a emulsificação apresenta-se na forma de uma espumação que retarda a liberação dos vapores inflamáveis. É necessário cuidados redobrados na utilização deste método em líquidos com grande profundidades, pois o efeito de espumação pode ser violento a ponto de derramar líquido para fora do recipiente que o contém.

O efeito de emulsificação é obtido por meio de neblina de alta velocidade com partículas pesadas, devendo os jatos compactos serem evitados nos líquidos inflamáveis viscosos, pois podem provocar violenta efervescência com grande espumação (superebulição).

d) Extinção por Diluição

A diluição pode ser utilizada, em alguns casos, para a extinção de incêndios em materiais solúveis em água. A porcentagem de diluição necessária à extinção varia de acordo com o volume de água e o tempo necessário a extinção. Por exemplo, a diluição técnica pode ser usada com sucesso em incêndios envolvendo álcool etílico ou metílico, derramado e espalhado no solo, onde for possível estabelecer-se uma adequada mistura de água e álcool, não inflamável.

A adição de água para alcançar a diluição não deve ser considerada uma técnica a ser utilizada em incêndios envolvendo tanques, pois existe o risco de transbordamento e derramamento de material ainda inflamado, devido a grande quantidade de água necessária para se obter a extinção por diluição. Existe ainda o risco da espumação, se a mistura estiver aquecida acima do ponto de ebulição da água, que poderia causar derramamento de material ainda inflamado. Estes fatores tornam este método, na prática, bastante difícil e perigoso, sendo indicado somente após consulta a técnicos especializados.

2.1.4 – Condutividade elétrica da água

Desde o aparecimento da eletricidade, considera-se inadequado o uso da água como agente extintor para incêndios de Classe C, devido a condutividade elétrica que a água apresenta, tendo em vista as substâncias usadas em seu processo de potabilidade, causando danos à segurança do operador.

O meio mais comum de combate a incêndios desta classe, é a eliminação da fonte de corrente elétrica para, só depois, promover a extinção utilizando água, ou simplesmente, utilizar um outro agente extintor que não seja condutor de corrente elétrica.

2.1.5 – Água molhada

A tensão superficial da água é relativamente alta, causando a diminuição de sua capacidade de penetração nos combustíveis incendiados, impedindo que ela se espalhe no interior das embalagens, fardos ou materiais empilhados. A solução deste problema seria a imersão do material que queima na água, o que na prática raramente se consegue. Quando um incêndio tem origem no interior de uma massa combustível, para extingui-lo é necessário abrir e desmontar a massa combustível, atingindo assim, os focos no interior da mesma, ou então empregar-se um aditivo humectante (água molhada), que diminui a tensão superficial da água, fazendo-a penetrar na massa combustível e facilitando a extinção.

O uso da água molhada é de grande valor para o combate a incêndios em materiais da Classe A, penetrando através da superfície porosa e, como também, permitindo que a solução alcance áreas ocultas dos materiais, que encontram-se fortemente prensados, como fardos de algodão, pilhas de capim, papel, madeira, etc., evitando a reigniçãõ de incêndios. Quando utilizada, propicia grande economia de água, inclusive em rescaldos, sendo indicada para o combate a incêndios florestais. Possui ação de penetração também em corpos que repelem a água como a lã virgem e outros materiais hidrófogos.

2.1.6 – Água viscosa

A água apresenta uma baixa viscosidade, isto limita sua capacidade de penetração na massa do material incendiado, fazendo com que escorra rapidamente das superfícies em que é aplicada, diminuindo a possibilidade de se fazer uma cobertura nas superfícies dos combustíveis na forma de uma barreira. Foram desenvolvidos aditivos, denominados água viscosa, com a finalidade de tornar a água mais grossa ou viscosa, os quais a tornam mais eficiente no combate de determinados tipos de incêndios .

Estudos preliminares em sistemas fixos revelaram que com a utilização de água viscosa o domínio do fogo é mais rápido e utiliza-se menor quantidade de água. Também foi verificado que as áreas destruídas diminuem em relação aos sistemas com água pura. Durante os testes os sistemas fixos sofreram várias modificações para acomodar aditivos.

Atualmente o maior emprego da água viscosa é no combate de incêndios florestais e incêndios em grandes estruturas onde se produz muita energia calorífica e muito calor de irradiação.

2.1.7 – Água rápida

Água rápida é o nome dado aos aditivos utilizados na alteração das características do fluxo da água. A perda de carga por fricção é um problema sempre presente nos equipamentos de combate a incêndio. Influenciam na perda de carga o comprimento das canalizações e mangueiras e a quantidade de água bombeada. O combate a incêndio exige jatos de alta velocidade que geram turbulências, resultando, em troca, na fricção entre as partículas de água. Esta fricção contribui com cerca de 90 % da perda de pressão nas mangueiras e canalizações de boa qualidade. A perda de pressão por fricção entre as paredes das mangueiras e tubos e a água que flui no seu interior contribui com apenas 5 a 10 % da perda.

Pesquisas realizadas a partir do ano de 1948 revelaram que polímeros lineares (polímeros que formam uma cadeia reta sem braços) são os aditivos mais eficientes para a redução da perda de fricção nestes casos.

2.1.8 – Água no combate a incêndios em líquidos inflamáveis e combustíveis derivados do petróleo

Os líquidos derivados do petróleo (óleos pesados combustíveis, óleos lubrificantes, e outros) de alto ponto de fulgor, não produzem vapores inflamáveis a menos que sejam previamente aquecidos. Uma vez aquecidos e incendiados, o calor do fogo proporcionará suficiente vaporização para continuação da combustão. Com a aplicação de água em forma de neblina na superfície destes líquidos, o resfriamento provocará a queda da vaporização e, se a aplicação for continuada, haverá suficiente resfriamento para a extinção do fogo.

A água tem sua capacidade extintora limitada em líquidos inflamáveis derivados do petróleo de baixo ponto de fulgor. A água aplicada na superfície de um destes líquidos acondicionado em um tanque, incorrerá em riscos, onde poderão existir a ocorrência do “slip-over”, fenômeno que se caracteriza pela formação de uma espécie de espuma e possível vaporização da água em contato com as camadas superiores do líquido inflamado, podendo ainda ocorrer o “boil-over”, devido ao acúmulo de água nas camadas mais profundas do líquido, quando este estiver aquecido a mais de 100°C, causando a vaporização instantânea da água, a expansão violenta dos vapores formados (aumento de 1700 vezes) e uma saída em forma de erupção, arrastando consigo o líquido em combustão.

Em função do “boil-over”, nunca se deve utilizar jato compacto nestes tipos de ocorrências e a água em forma de neblina somente poderá ser usada na superfície do líquido em combustão, no início do incêndio onde as camadas inferiores ainda não foram aquecidas. A água na forma nebulizada (pulverizada) pode extinguir incêndios em pequenas extensões de líquidos inflamáveis, tendo como princípio de extinção o resfriamento das chamas abaixo da temperatura mínima de combustão.

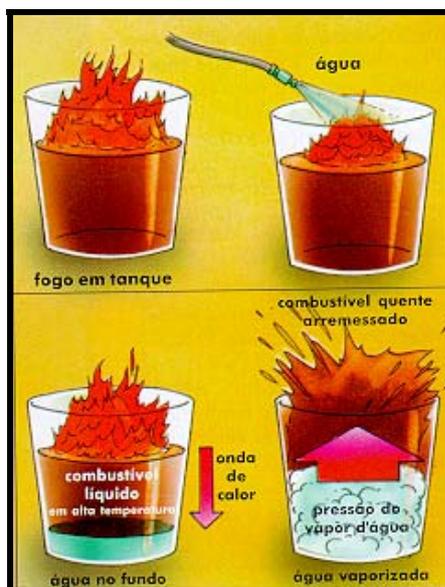


Fig. 27 - Processo que resulta no fenômeno “boil over”

2.1.9 – Água em metais combustíveis

Quando se combate incêndio em metais combustíveis, deve-se evitar o uso de água, pois a reação pode gerar riscos para o Bombeiro.

Contudo, como a água é o agente extintor com maior poder de resfriamento e também o mais fácil de ser obtido em grande quantidade, veremos alguns tipos de metais combustíveis, sua possibilidade de uso e a maneira de se empregar a água como agente extintor, de modo que se obtenha a redução da temperatura do metal abaixo do seu ponto de fulgor.

a) Sódio, Potássio, Lítio, Cálcio, Estrôncio e Titânio

Não se deve usar a água nos metais citados, pois haverá uma reação química que produzirá reigência e/ou uma explosão.

b) Zircônio

Não se deve aplicar pequenas quantidades de água ou jatos compactos em zircônio incendiado, pois há risco de violentas reações, visto que, quando pulverizado e umedecido, o zircônio queima mais violentamente. A imersão da parte incandescente em água é a melhor opção.

c) Metais radioativos (plutônio, urânio e tório).

O combate a incêndios em metais radioativos encontrados em condições naturais (sem enriquecimento) é idêntico ao do zircônio, pois em pequenas quantidades de água, eles também reagem. Porém, existe também o risco da contaminação. Em combates a incêndios nestes materiais, deve-se evitar a contaminação dos Bombeiros, através de EPI (roupas impermeáveis, luvas, protetores de face, etc.), e do meio ambiente, com a deposição do material incandescente em tambores com água usando-se pás de cabo longo.

d) Magnésio

As características do magnésio são iguais às do zircônio, mas também pode ser extinto com a água neblinada ou nebulizada (pulverizada) sobre pequenas quantidades de magnésio. A aplicação da água em incêndios de magnésio onde haja a presença de metal fundido deve ser evitado, pois a formação de vapor de água e a possível reação do metal com a água, pode ser explosiva.

2.2 - ESPUMA

2.2.1 - Definição

Em termos de combate a incêndios, a espuma é definida como um sistema físico-químico constituído de três elementos fundamentais: água, ar ou CO₂ e agente formador de espuma.

A espuma formada por estes elementos possui densidade bem baixa, flutuando sobre líquidos inflamados, contornando obstáculos e, desta forma, formando um lençol compacto. O lençol formado impede a passagem de gases aquecidos, isolando o combustível do contato com o ar.

2.2.2 – Princípio de extinção

Como se pode deduzir da definição, a espuma apaga o fogo primariamente por abafamento ou isolamento e, secundariamente, por resfriamento causado pela água resultante da decomposição da espuma.

As espumas são especialmente indicadas para extinção de incêndios em combustíveis ou inflamáveis líquidos, isto é, pertencentes à Classe B, onde, cobrindo totalmente a superfície do líquido inflamado, isola-o do oxigênio extinguindo o fogo. As



Fig. 28

espumas também podem ser usadas para extinção de incêndios em materiais de Classe A, tais como madeira, pano, etc., pois, cobrindo estes materiais, os isolam do oxigênio, havendo extinção do incêndio. Entretanto, será sempre necessário resfriar estes materiais com água após sua extinção com espuma, para que sua temperatura seja levada abaixo do seu ponto de ignição.

As espumas jamais deverão ser usadas na extinção de materiais Classe C (equipamentos energizados), por serem condutoras de eletricidade, existindo, entretanto, aplicação de espumas em Classe C através de sistemas automáticos de alta expansão sem a presença humana.

2.2.3 – Vantagens sobre outros agentes extintores

- a) É o único agente extintor que flutua sobre os combustíveis inflamados;
- b) É o único agente extintor que, em ambiente aberto, permanece isolando o combustível por períodos prolongados; e
- c) Pelas características anteriores, é o único agente extintor capaz de extinguir incêndios de Classe B em grandes áreas abertas.

2.2.4 – Tipos de espuma

Quanto ao processo de formação, as espumas podem ser tipificadas em **química** e **mecânica**.

a) **Espuma Química**

É aquela formada a partir da reação química entre bicarbonato de sódio e sulfato de alumínio, obtendo-se uma proteína hidrolisada que funciona como agente estabilizador da espuma, e dióxido de carbono que permanece dentro das bolhas. Em extintores portáteis, a pressão para a expulsão da espuma (gás propelente) é gerada pela própria reação química.

A partir de 1904 e durante muitos anos, utilizou-se a espuma química em larga escala, para o combate a incêndios em inflamáveis líquidos, entretanto, seu emprego hoje encontra-se em desuso, razão pela qual deixaremos de abordá-la de forma mais significativa.

b) **Espuma Mecânica**

As espumas mecânicas se baseiam em líquidos geradores de espuma (LGE), tensoativos de origem protéica ou sintética, contendo, no interior de suas bolhas, ar atmosférico ao invés de gás carbônico como na espuma química.

São aplicadas como representado esquematicamente abaixo:

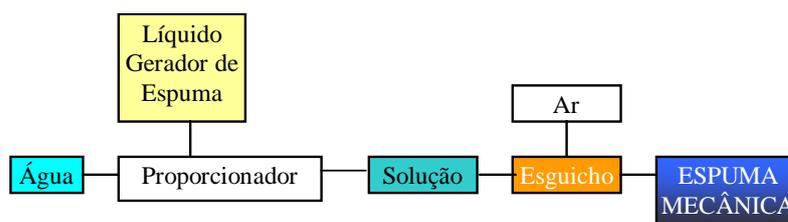


Fig. 29- Esquema de formação da espuma mecânica

O proporcionador de espuma é constituído de um tubo do tipo venturi que aspira o líquido gerador de espuma, misturando-o com o fluxo de água. Pelo mesmo princípio, no esguicho, o ar é arrastado misturando-se com a solução gerando a espuma mecânica.

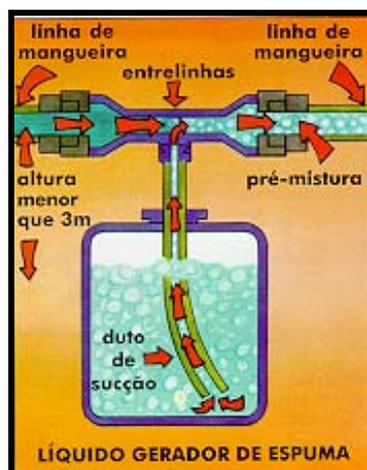


Fig. 30 - Princípio de formação

→ Tipos de Espuma Mecânica

Com relação à sua composição química a espuma mecânica divide-se em: proteínica e sintética.

▪ Espuma Proteínica

É obtida a partir de líquidos geradores de espuma, compostos basicamente de proteína hidrolizada (origem animal). A espuma proteínica divide-se em três tipos segundo a sua formulação: sendo proteínica regular, proteínica resistente a solventes polares (anti-álcool) e fluorproteínica. Estes tipos de espumas encontram-se em desuso.

▪ Espuma Sintética

- Espuma de Alta Expansão

A espuma de alta expansão é aquela cujo LGE foi obtido a partir da sintetização de álcoois graxos, estabilizados para altas temperaturas. Foram desenvolvidas em 1950, na Inglaterra, para extinção de incêndios em minas de carvão. A dificuldade de levar os agentes extintores às profundas galerias, ensejou o desenvolvimento do método de entupir as galerias com espuma de alta expansão, bloqueando, desta maneira, o acesso do oxigênio à zona de combustão, abafando o incêndio.

Hoje é utilizada em áreas confinadas de difícil acesso, onde a formação de gases venenosos impede o acesso do bombeiro, como incêndios em minas de carvão, dentro de galerias, túneis, corredores longos, porões de navios, etc.

Este LGE pode ser aplicado também em baixa e média expansão.

- Espuma AFFF (Aqueous Forming Film Foam)

Esta espuma apresenta líquidos geradores baseados em tensoativos sintéticos, semelhantes àqueles utilizados no LGE da espuma de alta expansão e aos quais são adicionadas pequenas quantidades de “Fluortensid” (tensoativos fluoretados).

A espuma formada por este LGE tem a propriedade de formar um filme aquoso que sobrenada o combustível, possuindo fluidez que proporciona grande velocidade de extinção.

O LGE desta espuma é, entretanto, específico para hidrocarbonetos (derivados do petróleo) e a espuma formada pode ser aplicada pelo processo de injeção subsuperficial.

- Espuma AFFF Resistente a Solventes Polares

A espuma sintética resistente a solventes polares (não derivados do petróleo) é formada a partir de extratos AFFF, com adição de um tensoativo especial para a formação de uma membrana polimérica que isola os vapores do líquido inflamável e dá sustentação às bolhas de espuma. Esta camada polimérica é formada pela destruição das bolhas de espuma em contato com o álcool. Sabendo-se disto, a espuma deve ser aplicada com suavidade,



Fig. 31

senão grande parte será destruída pelo próprio álcool.

Esta espuma é considerada polivalente, porque tanto pode ser usada na extinção de solventes polares a uma concentração de 6%, como em derivados de petróleo a 3%.

2.2.5 – Classificação das espumas quanto à expansão

Em função da taxa de expansão, as espumas se classificam em:

- a) Baixa expansão: taxa de expansão até 20 vezes;
- b) Média expansão: taxa de expansão de 20 a 200 vezes;
- c) Alta expansão: taxa de expansão acima de 200 vezes.

A taxa de expansão é definida como volume de espuma obtido a partir de um litro da mistura água e líquido gerador de espuma. Por exemplo: tendo-se uma espuma com taxa de expansão de 100, isto quer dizer que obtém-se 100 litros de espuma pela incorporação de 99 litros de ar à um litro da mistura água mais LGE.

A expansão de um LGE é conseguida através de duas características: a primeira a partir da estabilidade atingida pelas bolhas no nível de expansão, que é decorrente das características físico-químicas do extrato, e a segunda diz respeito à capacidade do equipamento de incorporar ar à mistura LGE-água.

2.2.6 – Classificação das espumas quanto à aplicação

- a) Convencionais: são aquelas que os LGE podem ser aplicados pelos processos convencionais de baixa expansão, isto é, através de esguichos de espuma, câmaras de espuma, etc.;
- b) Injeção sub-superficiais: somente as espumas com os LGE Fluoroprotéínicos e o AFFF podem ser utilizadas através deste processo de aplicação; e
- c) Alta expansão: somente espuma sintética de alta expansão.

2.3 - DIÓXIDO DE CARBONO

2.3.1 - Definição

O dióxido de carbono (CO₂) é um agente extintor de grande eficiência no combate a incêndios classes B e C. Para utilizá-lo, deve-se armazená-lo em cilindros especiais de aço, liquefazendo-se a uma pressão de aproximadamente 60 atm. Ao ser aliviado da compressão, ocorre uma rápida vaporização, e expansão acompanhada de uma violenta queda de temperatura, até cerca de -78° C, solidificando parte do gás em pequenas partículas, formando na superfície do combustível uma neve carbônica (gelo seco).

2.3.2 – Propriedades físicas e químicas

O dióxido de carbono, também conhecido por bióxido de carbono, anidrido carbônico e gás carbônico, é um gás inerte, inodoro e incolor.

O dióxido de carbono apresenta as seguintes características:

- a) Composição: uma molécula de carbono e duas moléculas de oxigênio (CO₂);
- b) Densidade: 28,783Kg/0,0283m² à uma temperatura de -16,60°C e 9,15Kg/0,0283m² à temperatura de 26,6 C;

OBS.: comparado com o ar a 0° C e a 1,0 atm, a densidade relativa do gás carbônico é de 1,529, ou seja, 1,5 vezes maior que a do ar.

- c) Toxicidade: a partir de uma concentração de 9%, o gás carbônico causa inconsciência e até a morte por sufocação, não podendo, assim, ser considerado um gás tóxico; e
- d) Produtividade: 1,0 Kg de CO₂ liquefeito produz 500 litros do gás.

2.3.3 – Métodos de extinção

a) Abafamento

Ao ser liberado de seu reservatório, o gás carbônico envolve o combustível incendiado e dilui a concentração de oxigênio ou reduz os produtos gasosos do mesmo na atmosfera a níveis que impedem a combustão.

b) Resfriamento

Este efeito é obtido pela neve carbônica, que cobre a superfície do combustível com um calor latente de 246,4 BTU por libra. Em virtude de apenas parte do gás carbônico se converter em neve (à 26,6°C apenas 25% é convertido em neve), seu poder de resfriamento é bem menor que o da água, 1 (uma) libra de gás produz gelo seco para absorver 100 BTU, e a mesma quantidade de água, se totalmente evaporada, poderá absorver até 1000 BTU.

2.3.4 – Eficiência do gás carbônico

a) Incêndios de classe A

Apesar de ser efetivo na extinção das chamas por abafamento, o gás carbônico torna-se ineficiente para incêndios Classe A, em função de sua falta de penetração e do pouco poder de resfriamento na superfície do combustível, permitindo sua reignição. Para contornar este problema, é necessária uma concentração de CO₂ capaz de reduzir a concentração de O₂ no ambiente para níveis abaixo de 6%, até o resfriamento total do combustível.

b) Incêndios de classe B

Em virtude do CO₂ ser eficiente na ação de abafamento e ter razoável poder de resfriamento superficial, ele se transforma em um agente extintor eficaz em incêndios de Classe B. O único problema é cobrir a superfície do líquido combustível com gás em incêndios com grande área superficial e ambientes abertos.

c) Incêndios de classe C

O CO₂ é o mais eficiente agente extintor para incêndio Classe C, pois não é condutor de corrente elétrica e não deixa resíduos que danificam equipamentos elétricos e eletrônicos.

d) Materiais que Contém Oxigênio

Os agentes oxidantes (nitrato de celulose, permanganato de potássio, etc) que contém oxigênio em sua estrutura, quando incendiados, não podem ser extintos por CO₂, pois têm seu próprio suprimento de comburente.

e) Produtos Químicos Reagentes

Os produtos químicos reagentes (sódio, potássio, magnésio, titânio, zircônio e hidretos metálicos) têm a característica de decompor o dióxido de carbono, fazendo com que seu uso como agente extintor seja ineficaz.

2.4 - HIDROCARBONETOS HALOGENADOS

Os hidrocarbonetos halogenados são compostos resultantes de reações químicas de substituição entre hidrocarbonetos altamente inflamáveis, preferencialmente o metano (CH₄) ou o etano (C₂H₆), e os elementos químicos da família dos Halogênios, como geralmente: o cloro (Cl), o bromo (Br), o flúor (F) e o iodo (I). Apresenta como resultado uma nova família química denominada de Hidrocarbonetos Halogenados, mais conhecida como halon, abreviatura da denominação inglesa de “Halogenated Hydrocarbon”, a qual possui excelentes qualidades extintoras de incêndios. Porém nem todo halon é agente extintor, existindo a necessidade de investigação da capacidade extintora do halon criado.

Pelo que foi exposto acima, percebe-se que, para chegar a um halon ideal como agente extintor, é necessário saber equilibrar e distinguir as propriedades de cada elemento da família dos halogênios. É importante salientar que os compostos que apresentam iodo não são utilizados em virtude de suas características tóxicas e de instabilidade.

Os halons, devido às características de suas ligações moleculares covalentes, não possuem tendência a se ionizar ou a tornar-se eletricamente condutivos, portanto, são recomendados para uso em incêndios elétricos, visto sua baixa condutividade elétrica.

2.4.1 - Nomenclatura

É representada por um número composto normalmente por quatro dígitos. Cada dígito representa um elemento da fórmula química do halon. Os halons com três dígitos, são os que não possuem em sua composição química o elemento bromo e os com cinco dígitos são os que possuem em sua composição química o elemento iodo.

Segue abaixo duas tabelas, onde a primeira mostra a representação do número de halons, e a segunda exemplos de nomes químicos com suas respectivas fórmulas e números.

1º dígito	2º dígito	3º dígito	4º dígito	Exemplos de Halons
Carbono	Flúor	Cloro	Bromo	
1	3	0	1	Bromotrifluormetano (CF ₃ Br)
1	2	1	1	Bromoclorodifluormetano (CF ₂ ClBr)

Nome químico	Fórmula	Nº do halon
Brometo de metila	CH ₃ Br	1001
Iodeto de metila	CH ₃ I	10001
Bromoclorometano	BrCH ₂ Cl	1011
Dibromodifluormetano	Br ₂ CF ₂	1202
Bromoclorodifluormetano	BrCClF ₂	1211
Bromotrifluormetano	BrCF ₃	1301
Tetracloro de carbono	CCl ₄	104
Dibromotetrafluoreto	BrF ₂ COBrF ₂	2402

2.4.2- Mecanismo de Extinção do Fogo

O mecanismo pelo qual o halon extingui o fogo não é completamente conhecido, contudo, acredita-se que se trata de uma inibição físico-química da reação de combustão, ou seja, atribuí-se as qualidades de um agente “quebra cadeia”, pois atua interrompendo a reação em cadeia do processo de combustão (extinção química).

2.4.3- Risco às Pessoas

No ambiente em que for usado na forma de uma descarga para extinção de incêndio, o halon, como regra geral, pode criar um risco às pessoas presentes, devido ao próprio gás e aos produtos de sua decomposição, resultantes de seu contato com o fogo e superfícies aquecidas. A exposição ao gás é, geralmente, de menor consequência que a exposição aos produtos de sua decomposição, devendo ambos serem evitados.

Como regra geral, as pessoas não devem permanecer nos locais em que houver descarga de halon em concentrações acima de 7%, e nos locais em que a concentração for abaixo de 7% não devem permanecer por mais de quatro a cinco minutos. Dentro dos primeiros trinta segundos de exposição, mesmo que as concentrações inaladas sejam de 10 a 15%, os efeitos notados são pequenos, embora, a estes níveis e neste tempo, o corpo humano já pode absorver suficiente quantidade de gás para iniciar o ataque e produzir vertigens, diminuição na coordenação motora e redução da acuidade mental. Em altas concentrações o ataque é imediato e os sintomas podem ocorrer dentro de alguns segundos. O indivíduo pode ser rapidamente incapacitado por estes altos níveis de concentração, os quais não devem superar a 15% nos locais onde houver qualquer possibilidade de exposição.

Os efeitos conseqüentes de uma exposição ao halon podem persistir por algum tempo, mas a recuperação deverá ser rápida e completa. Este agente não se acumula no corpo humano mesmo com repetidas exposições. As vítimas dos vapores do gás devem ser imediatamente removidas para locais de ar fresco.

2.4.4- Agentes extintores alternativos ao Halon

Devido ao Protocolo de Montreal, foram produzidos alguns novos agentes extintores, os quais encontram-se abaixo discriminados:

a) Agentes sintéticos: são aqueles obtidos a partir de reações químicas. Os principais fabricantes e seus agentes alternativos enquadrados nesta categoria são:

- “E. I. Du Pont” com o produto FE-13, indicado para uso em áreas normalmente ocupadas e o produto FE-25 indicado para uso em áreas não ocupadas;

- “Great Lakes Chemical” com o produto FM-200, indicado para uso em áreas ocupadas ou não;

- 3M com o produto CEA-410, indicado para uso em áreas normalmente ocupadas ou não, tendo uso restrito a situações especiais;

- “North American Fire Guardian” com o produto NSF-S-III indicado para uso em áreas normalmente ocupadas ou não. O fim da produção deste agente foi antecipado de 2030 para 2014, na última revisão do Protocolo de Montreal.

b) Agentes naturais: são resultado de processo onde reações químicas não ocorrem, sendo normalmente a mistura de produtos na forma em que ocorrem na natureza. Tendo como exemplo o produto Inergen, patenteado pela “Ansul Fire Protection”, produzido no Brasil sob licença, sendo indicado para uso em áreas normalmente ocupadas ou não.

2.5 - PÓ QUÍMICO SECO (PQS)

2.5.1 – Definição e histórico

O pó químico seco (PQS) é um material finamente pulverizado, não condutor de eletricidade, com característica de fluido, tratado para ser repelente a água, resistente a aglomeração, resistente à vibração e com propriedades extintoras variadas de acordo com o tipo e a classificação.

Embora conhecido desde antes da 1ª Guerra Mundial, o PQS só passou a ser usado eficientemente na década de cinquenta, quando os equipamentos para utilizá-los foram implementados. Antes o seu uso era manual, fato que dificultava o emprego.

Os primeiros PQS foram à base de bórax e bicarbonato de sódio, evoluindo, na década de sessenta, para os de fosfato de magnésio (ABC ou multipurpose), bicarbonato de potássio (Purple K), cloreto (Super K), e uréia-bicarbonato de potássio.

2.5.2 – Propriedades físicas e químicas

a) Composição

O PQS pode ser composto por bicarbonato de sódio (NaHCO_3), bicarbonato de potássio (KHCO_3), cloreto de potássio (KCl), uréia-bicarbonato de potássio ($\text{KC}_2\text{N}_2\text{H}_3\text{O}_3$) e fosfato de amônia ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) misturados com aditivos (esteratos metálicos, triclorato de fosfato e polímero de silicone) que lhe dão as características necessárias para o acondicionamento e o emprego.

b) Estabilidade

O PQS é um produto estável a temperaturas de até 60°C, acima desta margem dissocia-se, exercendo sua função extintora.

c) Toxicidade

O PQS não é tóxico para o ser humano, porém em grandes quantidades e/ou áreas fechadas pode causar dificuldade respiratória momentânea e irritação nos olhos e na pele.

d) Tamanho da partícula

Varia de 10 a 75 micras, mostrando-se mais eficiente na ordem de 20 a 25 micras.

2.5.3 – Classificação do PQS

Pode-se classificar de acordo com o combustível, em:

a) Pó Químico Regular (Comum): empregado em incêndios Classe B e C;

b) Pó Químico para Múltiplos Propósitos: empregado em incêndios Classes A, B e C; e

c) Pó Químico Especial: empregado em incêndios de metais combustível.

2.5.4 – Propriedades extintoras

Suas várias propriedades extintoras, devidamente combinadas, transformam o PQS em um eficiente agente extintor para quase todas as classes de incêndios.

a) Abafamento

Quando aquecido, o bicarbonato libera dióxido de carbono e vapor de água, auxiliando na ação extintora do PQS (se completamente decomposto, o PQS produzirá apenas 26% de seu peso em CO₂).

O pó apresenta a característica, quando aquecido, de criar um resíduo fundido e pegajoso formando uma camada selante na superfície do combustível, isolando-o do comburente.

b) Resfriamento

A capacidade de extinção por resfriamento é menor no PQS.

Estudos comprovam que o PQS com 95% ou mais de bicarbonato de sódio absorve 259 calorias por grama, e o bórax com 2% de estearato de zinco absorve 463 calorias por grama.

c) Proteção Contra Radiação

O PQS possui pouca eficiência quanto à proteção contra radiação. Sua descarga de pó produz uma nuvem entre a chama e o combustível, protegendo o mesmo por algum tempo do calor.

d) Quebra da Cadeia de Reação

A principal e mais importante propriedade extintora do PQS é a sua capacidade de quebrar a cadeia de reação da combustão, impedindo que os radicais livres reajam entre si, dando continuidade à reação.

A presença de PQS interfere nos radicais livres (CH₃, OH, O e H) produzidos no início da cadeia, impedindo as reações da propagação.

A interferência do PQS nas reações dos radicais livres se faz de duas maneiras:

a) Pela combinação dos radicais livres com as partículas do PQS, através da diminuição do seu tamanho médio e, conseqüentemente, o aumento de sua superfície ativa.

b) Pela formação de espécies químicas capazes de reagir com os radicais livres.

2.5.5 – Tipos de PQS

a) À Base de Bicarbonato de Sódio

Os pós a base de bicarbonato de sódio são eficientes na extinção de incêndios Classe B e C, especialmente em óleos e gorduras, pois ele reage formando uma espécie de sabão na superfície do combustível. Apesar de eficiente em Classe C, o pó em maquinários pode provocar danos nos equipamentos devendo ser evitado o seu emprego.

Para incêndios Classe A possui ação eficiente nas chamas, mas o seu pouco poder de resfriamento o torna não recomendado.

b) À Base de Sais de Potássio

Utilizados em incêndios Classe B, são duas vezes mais eficientes no combate a incêndios em líquidos inflamáveis, exceção a óleos e gorduras, que os sais de sódio, apesar de ter um fluxo no esguicho 10% menor.

Para incêndios de Classes A e C os sais de potássio apresentam as vantagens e as mesmas contra-indicações que os pós a base de bicarbonato de sódio.

Sua composição pode ser à base de bicarbonato de potássio, cloreto de potássio ou uréia-bicarbonato de potássio.

c) Tipo ABC

A base de monofosfato de amônia, e também conhecido por “multipurpose”, age com as mesmas características do pó a base de sais de potássio em incêndios Classes B e C, com as mesmas vantagens e contra-indicações.

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

Os pós tipo ABC e a base de bicarbonato, quando acondicionados, não podem ser misturados, pois reagem entre si formando o CO_2 e, conseqüentemente, elevando perigosamente a pressão interna do recipiente.

d) Para incêndios Classe D

Nos incêndios Classe D, também conhecidos como incêndios em materiais pirofóricos ou metais combustíveis, não é recomendável a utilização dos pós químicos comuns usados nas Classes A, B e C, mas sim os chamados pós químicos especiais.

O pó químico especial é normalmente encontrado em instalações industriais, que utilizam estes tipos de metais ou em seus depósitos. Tendo em vista a peculiaridade dos diferentes materiais pirofóricos, agentes extintores específicos devem ser pesquisados para cada caso.