

Regimento de Sapadores Bombeiros

Manual do Sapador Bombeiro

Manual do Curso

Controlo de *Flashover*

(nível I)



MANUAL DO CURSO
CONTROLO DE *FLASHOVER*
(NÍVEL I)

Lisboa, 2013

FICHA TÉCNICA

Edição

Câmara Municipal de Lisboa
Regimento de Sapadores Bombeiros
Escola do Regimento de Sapadores Bombeiros de Lisboa

Ano 2013

Local Lisboa

Título Manual do Curso Controlo de *Flashover* (nível I)

Coleção Manual do Sapador Bombeiro, n.º 8

Textos

Almerindo José Gonçalves Ferreira | Subchefe Principal
José Miguel Maximiano Gonçalves Ferreira | Subchefe de 2.º Classe
Mário Jorge Figueiredo Ferreira | Subchefe de 2.º Classe
Rui Miguel Ventura dos Santos | Subchefe de 2.º Classe
Maria Margarida A. Eça Ferreira de Almeida | Eng.º Química

Coordenação Editorial e Executiva

Mónica da Anunciata Duarte de Almeida

Fotografias

Almerindo José Gonçalves Ferreira

Conceção de imagem e paginação

Isilda Marcelino

Revisão Gráfica

Carlos Vilela

Impressão e Acabamento

Imprensa Municipal

ISBN

978-972-99427-2-3

Tiragem

1000 ex.

Depósito Legal

356351/13

Preço de capa conforme tabela de preços em vigor

Os autores agradecem, reconhecidos, a colaboração empenhada e atenta que receberam da parte de Ana Rita Jorge Matias (RSB), Karla Marina Gomes Lamballais, Pierre-Louis Lamballais e do “Groupement International de Formateurs Flashover – Tantad”.

© **Regimento de Sapadores Bombeiros | 2013**

É expressamente proibida a reprodução da presente obra, no todo ou em parte, sem autorização do Regimento de Sapadores Bombeiros, de harmonia com a lei em vigor.

Regimento de Sapadores Bombeiros

MANUAL DO CURSO CONTROLO DE *FLASHOVER* (NÍVEL I)





PREFÁCIO

O combate a incêndios urbanos exige amplos conhecimentos das equipas de intervenção. Nas últimas décadas, embora muito se tenha evoluído na área da prevenção e nas capacidades e qualidades dos materiais de combate e dos equipamentos de proteção individual, o Bombeiro continua a ser o elemento fundamental na minimização dos efeitos, sempre que ocorre algum sinistro.

A Escola do Regimento de Sapadores Bombeiros de Lisboa (ERSBL), atenta a toda esta problemática e à necessidade de proporcionar uma formação cada vez mais exigente, continua a afirmar-se como entidade formadora de excelência, no cumprimento do seu dever de facultar aos seus profissionais o adequado fortalecimento doutrinário no âmbito da sua atuação de proteção e socorro.

A qualidade e a excelência da formação ministrada, bem reconhecida tanto a nível nacional como internacional, é patente no presente *Manual do Curso Controlo de Flashover (nível I)*, que incorpora um conjunto de técnicas e protocolos de atuação no combate a incêndios urbanos. Apraz-nos registar que todas estas técnicas estão já a ser implementadas, quer na formação da ERSBL, quer na resposta operacional do RSB.

Louva-se, por isso, o aparecimento deste título, que evidencia a importância, a competência e as potencialidades do trabalho desenvolvido na ERSBL, dando o merecido destaque ao RSB enquanto entidade doutrinária, mormente na área da Prevenção e Socorro.

Termino com um voto de reconhecimento a todos os que tornaram possível este manual, estando certo que projetos de semelhante importância dignificam o nosso Regimento e a cidade que servimos.

Joaquim de Sousa Pereira Leitão
Coronel de Infantaria . Comandante do RSB



INTRODUÇÃO

O combate a incêndios urbanos requer das equipas de intervenção conhecimentos alargados sobre o comportamento do fogo, encontrando-se sempre a evolução daqueles condicionada pela quantidade de combustível e de comburente em presença, ainda que este último seja particularmente relevante.

Igualmente, quando o incêndio ocorre no interior de uma estrutura, os riscos inerentes aos fenómenos do fogo são elevados de forma significativa, potenciando por isso o seu comportamento extremo. As equipas de intervenção deverão, portanto, saber ler os sinais de perigo e ter a atitude adequada para cada situação. No entanto, por vezes, a forma como se atua neste tipo de sinistros nem sempre é a mais correta, o que coloca em perigo as equipas que prosseguem o seu combate.

Com o objetivo de melhorar as ações de combate aos incêndios urbanos que os profissionais do Regimento de Sapadores Bombeiros (RSB) enfrentam no seu dia-a-dia, a Escola do Regimento de Sapadores Bombeiros (ERSBL), entidade credenciada para ministrar o Curso Controlo de Flashover (nível I) pelo Corpo de Bombeiros Militares do Distrito Federal – Centro de Treinamento Operacional – Brasília, Brasil, e pelo “Groupement International de Formateurs Flashover – Tantad”, elaborou este Manual de apoio, teórico-prático, complementando assim o referido Curso.



O TRIÂNGULO DO FOGO

Cfr. RSB, ERSBL, 1993

Para estarmos na presença de “fogo” temos que ter três elementos essenciais, que, esquematicamente, desenharam um triângulo conhecido pelo triângulo do fogo. O triângulo do fogo, adotado durante décadas, exemplifica os três componentes necessários para a existência de fogo:

- ▶ **Combustível** – material que se queima
- ▶ **Comburente** – substância que reage com o material combustível (mais especificamente o oxigênio)
- ▶ **Energia de ativação** – energia suficiente para iniciar a combustão (normalmente o calor)



Atendendo à figura, para se obter fogo, os três componentes constitutivos de cada um dos lados do triângulo devem estar presentes ao mesmo tempo. Assim, existirá fogo até que um ou mais componentes sejam removidos.

Pelos métodos tradicionais, a sua extinção envolvia a remoção do combustível, do calor ou do comburente. Nos últimos anos, um quarto componente – a **reação em cadeia** – veio explicar mais corretamente o fogo. Estudos científicos mostraram, portanto, existir uma reação química contínua entre o combustível e o comburente que no decorrer da reação, com o aumento de libertação de calor, mantém a combustão num processo sustentável.

Alguns autores consideram o processo da reação em cadeia como um quarto elemento do processo da combustão e esquematizam-no em nova figura – o **tetraedro do fogo**. Outros autores consideram que para se dar início à combustão são necessários apenas os três elementos, constituindo a reação em cadeia somente o processo químico pelo qual se dá a reação de combustão.

1.1. COMBUSTÍVEL

O combustível é o elemento do triângulo do fogo definido como responsável pela propagação do fogo.

Uma substância combustível é aquela que é suscetível, sob determinadas condições e na presença de uma substância comburente, de dar início à reação de combustão. Pode encontrar-se nos três estados físicos – sólido, líquido ou gasoso –, conforme alguns exemplos assinalados de seguida:

- ▶ sólido (madeira, papel, tecido, borracha)
- ▶ líquido (diesel, gasolina, álcool, querosene)
- ▶ gasoso (GPL, acetileno, gás natural)

Devido ao seu estado físico, a combustão dos combustíveis gasosos é mais rápida do que a dos combustíveis líquidos, sendo esta, por sua vez, mais rápida do que a dos combustíveis sólidos.

No presente texto apenas se fará referência aos combustíveis sólidos e gasosos.

1.1.1. COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS

Quando falamos de combustíveis sólidos devemos atender à sua heterogeneidade. Podemos querer designar os sólidos orgânicos (polímeros de celulose, pvc), os metais pesados (ferro) ou os metais reativos (magnésio).

Neste tipo de combustíveis, a divisibilidade da matéria é um fator preponderante na velocidade da combustão. Quanto mais dividido estiver o material (poeiras), mais rapidamente arde.

Os sólidos (orgânicos), ao contrário dos outros, antes de entrarem em combustão sofrem uma reação química que os decompõe termicamente, libertando gases que depois entrarão em combustão. Esta reação prévia à reação de combustão tem o nome de **pirólise**. Num processo de combustão, após a fase inicial (eclosão), estas duas reações ocorrem em simultâneo.

1.1.1.1. REAÇÃO DE PIRÓLISE

Para que um combustível sólido se inflame e se dê início ao processo de combustão é necessária uma fonte de calor. Ao fazer-se incidir uma chama nesse material, ele começa lentamente a emitir vapores, em geral de cor branca (desumidificação do material). Tomando a madeira como exemplo, verificamos que é porosa, tendendo a reter água no seu interior, pelo que o fumo de cor branca, que é comum observar, corresponde ao vapor de água libertado, água essa que se encontra na estrutura do material.

Com o aumento de calor, constatamos que o fumo branco libertado começa a ficar mais denso. Nesta fase, o material já não está a libertar a água nele contida pois se encontra seco, mas sofre uma decomposição química por aumento da sua temperatura, libertando gases combustíveis. São os gases resultantes da reação de **pirólise**. Esta reação química do material, característica dos materiais sólidos, ocorre na presença de calor, provocando no material uma decomposição térmica.





Quanto mais lenta é a pirólise, mais ricos em carbono são os gases libertados por esta reação. A pirólise não consome oxigénio.

Se observarmos com atenção, verificamos que, sequencialmente, a temperatura aumenta, implicando o acréscimo da produção de gases inflamáveis, e começam a aparecer no fumo algumas línguas de fogo pequenas (reação dos gases combustíveis com o oxigénio – reação de combustão).

1.1.2. COMBUSTÍVEIS GASOSOS

Os combustíveis gasosos são importantes pelo seu número e pela facilidade de combustão. Devido às suas características físicas, apresentam sem dúvida um elevado grau de perigosidade, estando-lhes associado, além da combustão, o perigo de explosão provocado por um aumento rápido de pressão.

Outro perigo associado a estes combustíveis é o seu grau de expansão, ocupando rapidamente todo o espaço em que se encontram contidos.

1.2. COMBURENTE

O comburente é o elemento primordial na reação com os gases e os vapores combustíveis. Os gases surgem a partir da reação de pirólise dos combustíveis sólidos e os vapores surgem a partir da tensão de vapor dos líquidos que resulta do seu aumento de temperatura.

COMPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA DO AR

Elementos	Concentração
Nitrogénio	78 %
Oxigénio	21 %
Outros	1 %



O oxigénio, como qualquer comburente, intensifica a combustão.

Na grande maioria das vezes, o comburente é o oxigénio, elemento presente na atmosfera terrestre. A concentração de oxigénio normalmente presente no ar corresponde a cerca de 21 %, sendo esta percentagem suficiente para que os combustíveis ardam com a ocorrência de chama. A concentração de oxigénio determina a velocidade da reação e conseqüentemente da respetiva chama.

À medida que a combustão se processa, a quantidade de comburente é determinante para a propagação ou para a extinção do fogo. Se houver diminuição de oxigénio, ainda que por ação do incêndio, a combustão será mais lenta. Se, pelo contrário, a concentração de oxigénio aumentar, a reação química será acelerada, intensificando as chamas. No entanto, havendo num dado ambiente valores de oxigénio inferiores a 14 %, verificar-se-á, para a maioria dos combustíveis, o desaparecimento das chamas, podendo ocorrer somente a reação de pirólise. Entretanto, o ambiente continua aquecido, bastando apenas uma inserção de ar no mesmo para que se inflame novamente. Isso pode acontecer, por exemplo, com a entrada dos bombeiros para o combate.



O oxigénio é um indicador importante do desenvolvimento de um incêndio.

Um incêndio em espaços confinados requer maior cuidado e atenção da parte dos bombeiros uma vez que nesses ambientes as reações de combustão são controladas pela ventilação existente.

1.3. ENERGIA DE ATIVAÇÃO

A energia de ativação é a responsável pelo desencadear do processo de combustão. É ela que “ativa” as moléculas do combustível e do comburente para

que se iniciem os primeiros radicais, originando a reação em cadeia e deste modo a combustão. Uma vez iniciada a combustão, o processo torna-se autossuficiente em termos energéticos pois a reação de combustão é exotérmica, fornecendo energia suficiente aos outros combustíveis virgens e assim sucessivamente.

Esta energia de ativação é geralmente obtida através de um aumento localizado da temperatura no combustível pela ação de diversas fontes (faísca elétrica, chama piloto, eletricidade estática, etc.).

A maior ou menor facilidade com que um material pode arder depende da quantidade de energia de ativação. Ela varia em função da temperatura do combustível e conseqüentemente da temperatura da mistura (comburente-combustível), diminuindo com o aumento desta. A auto-inflamação é, assim, uma consequência do mesmo processo de aquecimento, podendo ocorrer uma inflamação espontânea destas substâncias quando atingem a sua temperatura de auto-inflamação.



Um combustível é tanto mais perigoso quanto menor for a energia de ativação requerida para desencadear a combustão.

1.4. REAÇÃO EM CADEIA

É o processo químico pelo qual ocorre a reação de combustão. Uma vez iniciada a reação de combustão, a mesma combustão torna-se autossuficiente, quer pela energia libertada (reação exotérmica), quer pela formação de radicais, que devido à sua grande instabilidade prolongam a reação.

Esta reação em cadeia torna a combustão autossustentável. O calor irradiado da chama conduz ao aumento da temperatura dos combustíveis envolventes, provocando a combustão dos mesmos pelo processo radicalar e o correspon-

dente fornecimento de calor aos combustíveis virgens, assim desencadeando e mantendo a combustão.

A reação em cadeia, originada pelas sucessivas reações dos radicais com a respetiva libertação de energia, tem, deste modo, um papel preponderante no “fogo”, sendo responsável por mantê-lo e propagá-lo.





PROPAGAÇÃO E PERCEÇÃO DO CALOR

O processo de propagação de um incêndio em locais confinados está intimamente ligado com os processos de transmissão de calor. A transferência de calor é extremamente importante e, com frequência, é o fator determinante na ignição e extinção da maior parte dos incêndios. Essa transmissão pode efetivar-se de três maneiras diferentes: por **condução**, **convecção** e **radiação**. No presente contexto serão abordadas somente a convecção e a radiação.

2.1. CONVECÇÃO

As correntes de convecção consistem no movimento de um fluido (gás ou líquido) que ocorre devido à sua diferença de temperatura, provocando uma alteração de densidades e originando correntes ascendentes e descendentes no respectivo fluido. Estas correntes são provocadas pelos gases mais quentes e menos densos que ascendem e pelos gases mais frios, com maior densidade, obrigados a ter movimentos descendentes.



Teto = Perigo!

2.2. RADIAÇÃO

A radiação é a transferência de calor por meio de ondas eletromagnéticas (radiação térmica da zona do infravermelho) que se deslocam em todas as direções, em linha reta e à velocidade da luz, a partir de um corpo em equilíbrio térmico causado pela temperatura do mesmo. Quanto maior a temperatura, maior é a frequência da radiação emitida. A radiação é a única forma de transferência de calor que não depende de um meio material para se propagar e pode aquecer mesmo objetos que se encontram a distâncias elevadas.

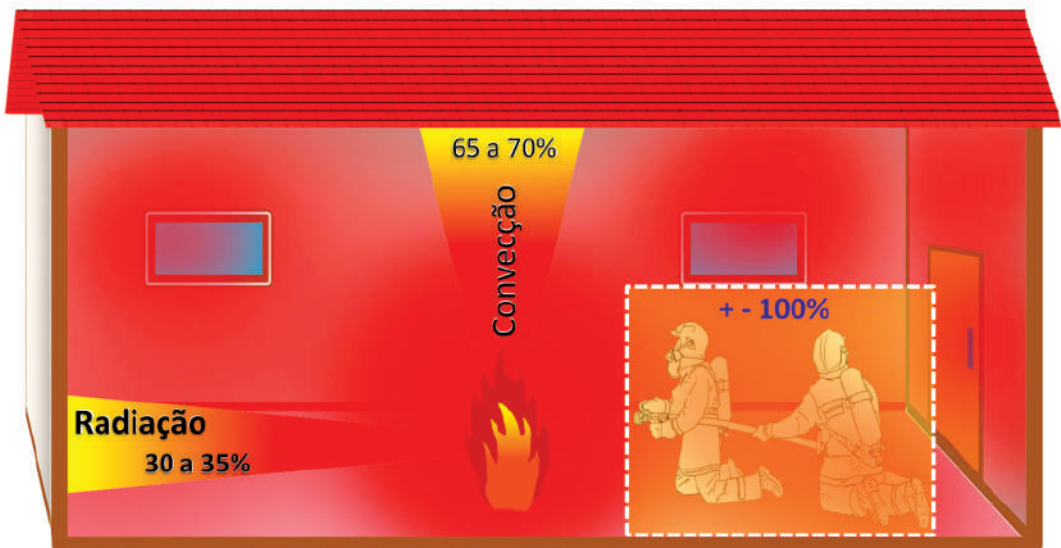
2.3. PERCEÇÃO DA ENERGIA TÉRMICA

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

A percepção da energia térmica pelas equipas de intervenção dependerá do local e do posicionamento face ao incêndio. Se este for ao ar livre, por exemplo num automóvel, a equipa de ataque não ficará exposta ao calor transmitido por convecção pois o mesmo vai para a atmosfera.

A equipa irá sofrer o efeito do calor por radiação, mas de um modo parcial, devido ao seu posicionamento em relação ao automóvel.

Se o incêndio for no interior de um compartimento, a equipa de ataque ficará exposta aos efeitos do calor por convecção, já que o teto funciona como um tampão. De reter que 65 a 70% do calor da combustão é libertado por via da convecção, pelo que a equipa também ficará exposta à radiação, responsável por cerca de 30 a 35 % do calor libertado pela combustão. Neste caso, os elementos intervenientes suportarão praticamente 100 % do calor libertado pela combustão.



Podemos concluir, portanto, que num incêndio em espaço confinado, elementos de compartimentação como as paredes, e principalmente o teto, irão por certo causar um aumento significativo da temperatura no espaço, condicionando negativamente as equipas de intervenção.



DOMÍNIO DE INFLAMABILIDADE DE UM COMBUSTÍVEL

Cfr. RSB, ERSBL, 1993

Para qualquer combustível entrar em combustão é necessário que exista uma concentração de combustível e de comburente que permita essa reação. Sendo de uma forma geral constante a concentração de comburente, será a concentração do combustível que irá variar, por sua vez também com diferentes valores para cada combustível. A estes valores de concentração específicos para cada gás ou vapor chamamos **limites de inflamabilidade**.

Quando a concentração de combustível e de comburente são tais que permitem uma oxidação completa do combustível dizemos que estamos em presença de uma combustão “ideal”. Quaisquer que sejam as circunstâncias em que ocorra a combustão de um gás ou vapor, a probabilidade dessa combustão se dar na concentração estequiométrica (combustão ideal) é extremamente diminuta, existindo sempre misturas, mais ricas em combustível ou mais ricas em comburente.

Como já foi referido, o facto de não haver concentração estequiométrica entre o combustível e o comburente não é fator impeditivo para a ocorrência de combustão, uma vez que esta se efetiva em proporções bastante diferentes da ideal.

3.1. LIMITES DE INFLAMABILIDADE

Para que a combustão possa ocorrer é necessário que o combustível e o oxigénio estejam na presença um do outro numa proporção que variará, de combustível para combustível, entre um valor mínimo e máximo de combustível em relação ao volume de mistura considerado (gás ou vapor combustível – oxigénio).

Os pontos que definem esses valores mínimos e máximos da percentagem de combustível em relação a um determinado volume de mistura (gás ou vapor combustível – oxigénio) chamam-se **limites de inflamabilidade** e são valores característicos de cada combustível.

3.1.1. LIMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDADE (LII)

A percentagem mínima de gases ou vapores combustíveis em relação a um determinado volume de mistura (gás ou vapor combustível – oxigénio), abaixo da qual não é possível a ocorrência de uma combustão pelo facto de a mistura ser demasiado pobre (em combustível), corresponde ao **limite inferior de inflamabilidade**.

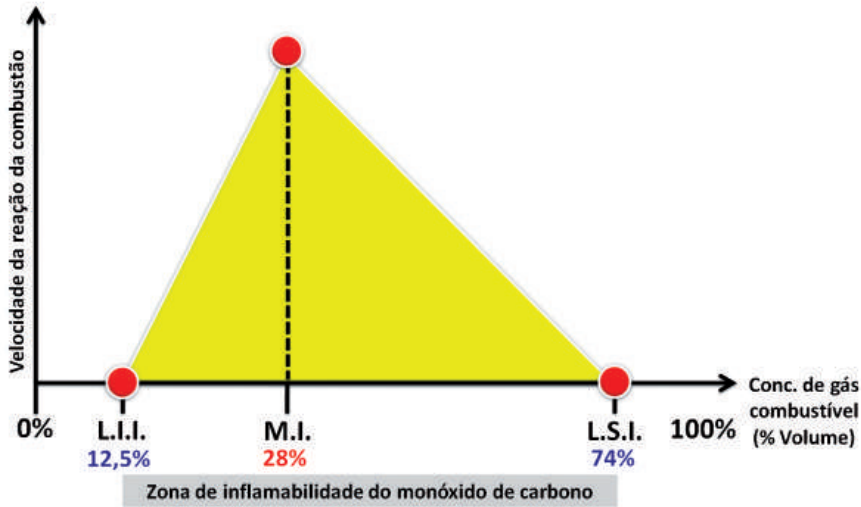
A título ilustrativo, consideremos uma habitação em que na cozinha alguém abre a garrafa de gás em saída livre, e, no outro extremo da habitação, por exemplo num quarto de dormir, alguém acende um isqueiro. O resultado é que não há qualquer efeito sobre o gás que sai da cozinha, ou seja, não há inflamação. Porém, se continuar a libertação de gás e mantivermos a chama do isqueiro, ao fim de certo tempo é atingida a percentagem mínima de volume de gás suficiente (2% no caso do propano) para que ocorra a inflamação. É esta percentagem de combustível que se denomina LII, abaixo do qual nunca obteremos inflamação.

3.1.2. LIMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDADE (LSI)

Limite superior de inflamabilidade é a percentagem máxima de gases ou vapores combustíveis, em relação a um determinado volume de mistura, acima da qual não é possível a ocorrência de uma combustão por aquela ser demasiado rica (em combustível).

Voltemos à experiência anterior, mas desta vez deixando que a cozinha fique cheia de gás propano, sem que exista qualquer chama ou fonte de ignição presente. Se, passado certo tempo, acendêssemos um isqueiro, curiosamente não ocorreria nenhum tipo de efeito. Isto verifica-se porque a concentração de gás propano ultrapassa o limite superior de inflamabilidade da mistura, que no caso específico do gás propano corresponde ao valor de 10% do volume total da habitação. Estaríamos agora na presença de uma mistura rica em combustível em relação a um determinado volume de ar (volume de oxigénio) presente na habitação, não havendo inflamabilidade com esta percentagem de mistura.

3.1.3. ZONA DE INFLAMABILIDADE



Entre os dois limites, ou seja, os que definimos como percentagens mínima e máxima de combustível (*volume da mistura*), fica situada a zona de combustão, conhecida por **zona de inflamabilidade** ou **domínio de inflamabilidade** de um dado combustível. Tal significa que dentro dessa zona qualquer percentagem de combustível é suficiente para que ocorra inflamabilidade.

O **intervalo de inflamabilidade** situa-se entre o valor máximo e mínimo de combustível (LSI e LII), conforme representado na figura. Verifica-se que dentro da zona de inflamabilidade de um dado combustível, neste caso o propano, a intensidade com que se dá a reação é diferente para determinadas concentrações de combustível.

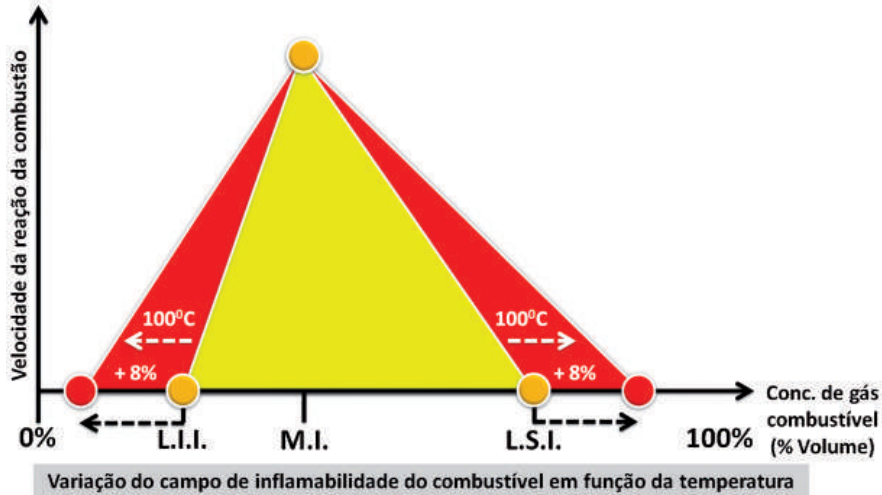
Pela análise do gráfico, podemos dizer que é a 4% da mistura em volume que a reação ocorre com maior intensidade, ou seja, as proporções de ambos os reagentes estão mais próximas da estequiometria. Diz-se que então se está no ponto da **mistura ideal** (MI).

Na maioria dos combustíveis, a zona de inflamabilidade é estreita. No entanto, existem exceções como os gases acetileno, hidrogénio e "**monóxido de carbono**", em que a sua zona é comparativamente mais larga, colocando assim estes gases num grau de perigosidade muito superior ao exemplo do propano.

3.2. FATORES INFLUENTES NO CAMPO DE INFLAMABILIDADE

Cfr. Cabo Goikouria, Barrenetxea Azpiroz, García Larragan, 2003

3.2.1. TEMPERATURA E PRESSÃO



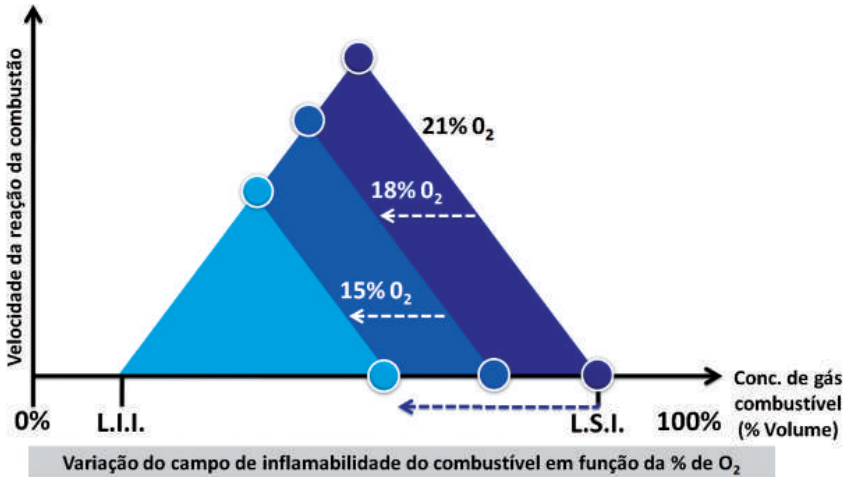
Um aumento de temperatura ou de pressão provoca o alargamento do domínio de inflamabilidade, elevando deste modo a sensibilidade do combustível, e, por conseguinte, também o seu grau de perigosidade. O aumento da temperatura favorece o desenrolar da combustão, conduzindo ao aumento de pressão em resultado da concentração dos gases resultantes da combustão. Por outro lado, a diminuição destes fatores contribui para o efeito inverso. Estes dois fatores são fundamentais no desenvolvimento de um incêndio, pois favorecem a transmissão de calor para o combustível, que, elevando a sua temperatura, se aproxima do seu campo de inflamação. Assim, a subida da temperatura, e consequentemente da pressão, altera os valores do campo de inflamabilidade: o valor do LII do combustível tende a baixar, permitindo a inflamabilidade do combustível em concentrações mais baixas de percentagem, da mesma forma que o valor do LSI aumenta para valores mais elevados de percentagem, possibilitando a inflamabilidade do combustível até em concentrações muito elevadas.

Estima-se que um aumento de temperatura de 100°C é capaz de fazer diminuir o LII em 8% e elevar o LSI na mesma proporção.



O acréscimo de temperatura e pressão
faz aumentar o campo de explosividade!

3.2.2. CONCENTRAÇÃO DE OXIGÉNIO



A variação da concentração de oxigênio no ar tem também consequências nos limites de inflamabilidade, ainda que o limite superior seja o mais sensível a essa variação.

Um decréscimo da concentração de oxigênio no ar dos 21 % para valores inferiores a 14 % é, em geral, suficiente para alguns combustíveis diminuírem a sua zona de inflamabilidade, pela aproximação do limite superior para valores próximos do limite inferior, impossibilitando deste modo a combustão (situação idêntica à inertização de um determinado espaço, pela extinção com gás inerte). No entanto, com gases de características mais perigosas de inflamabilidade (acetileno, hidrogênio...), para se poder garantir total segurança, coincidindo o LSI com o LII, é necessário que os valores de oxigênio se situem abaixo dos 5% do limite inferior, impossibilitando assim a combustão (situação idêntica à inertização de um determinado espaço, pela extinção com gás inerte).



A redução de comburente
faz diminuir o campo de explosividade.



TIPOS DE CHAMAS

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

A chama é a manifestação mais visível da combustão. Corresponde a uma zona de gases incandescentes visível em redor da superfície do material em combustão. As chamas não são mais do que a combustão de um gás. A sua temperatura é variável, dependendo de fatores como o tipo e a concentração de combustível, assim como a concentração de comburente.

Quando um gás combustível se combina com uma certa quantidade de oxigénio, próxima da mistura ideal, a chama fica mais quente e mais luminosa. Observando o comportamento do combustível em relação ao comburente, falamos de dois tipos de chamas: **chamas de difusão** e **chamas de pré-mistura**.

4.1. CHAMAS DE DIFUSÃO



Trata-se do tipo de chamas mais comum num incêndio. Durante um incêndio, os gases quentes vão-se encaminhando na direção do oxigénio (zona mais fria), formando aí a mistura inflamável. Eis porque lhes damos o nome de chamas de difusão, já que se deslocam, tal como os gases combustíveis, na direção do oxigénio.

Estas chamas são condicionadas pelas diferenças de pressão existentes num dado meio, responsáveis pela deslocação dos gases combustíveis (pressões elevadas) na direção do oxigénio (pressões baixas). São, portanto, chamas afetadas pelo ambiente.

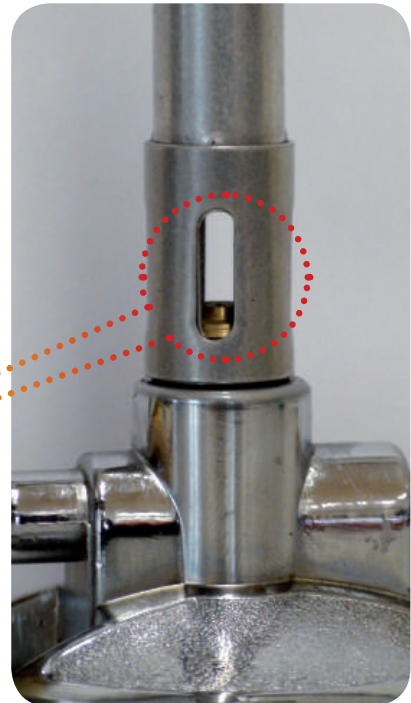
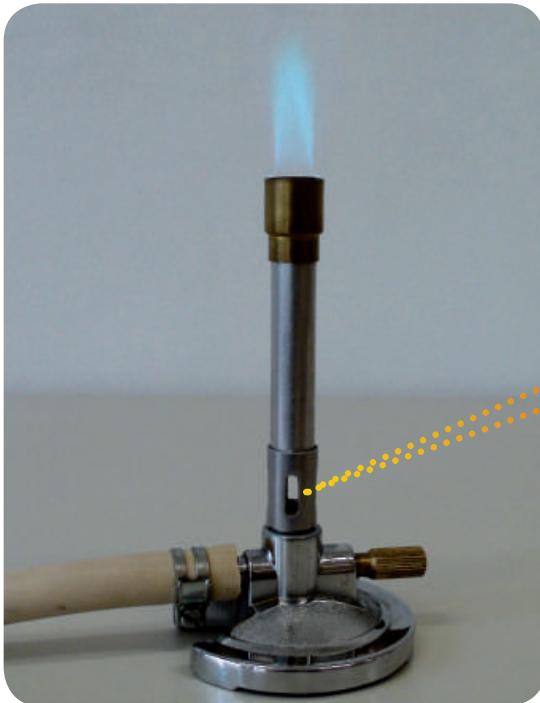


A chama difusa
é afetada pelo ambiente.

4.2. CHAMAS DE PRÉ-MISTURA

Este tipo de chamas, ao contrário das anteriores, necessita que haja mistura do comburente e do combustível antes de haver contacto com a fonte de ignição. A mistura de gases só se inflamará se a concentração de combustível e a de oxigénio estiverem dentro do seu campo de inflamabilidade.

Tal situação pode ser visível quando acontece um **backdraft**. Neste caso, a mistura existe, mesmo havendo pouco oxigénio. Estas chamas, azuladas, não são afetadas pelo ambiente, pois a mistura combustível-comburente não depende nem da temperatura nem da diferença de pressão existente no meio.





Numa combustão com chama de pré-mistura, o combustível e o comburente formam uma mistura antes do contacto com a fonte de calor e de se inflamarem.

CHAMA DE DIFUSÃO	CHAMA DE PRÉ-MISTURA
Gases <i>não</i> misturados antes da ignição	Gases misturados antes da ignição
A chama <i>não</i> arde de forma limpa	A chama arde de forma limpa
Chama mais fria, distinguindo-se: <ul style="list-style-type: none">▸ chama de cor alaranjada▸ menor ruído▸ menor velocidade de deflagração▸ perfil da chama indefinido▸ menor eficácia da combustão	Chama mais quente, distinguindo-se: <ul style="list-style-type: none">▸ chama de cor azulada▸ maior ruído▸ maior velocidade de deflagração▸ chama mais estável▸ combustão mais eficaz



O FUMO

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

O **fumo** é composto por partículas sólidas em suspensão (carbono), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e outros gases, que variam de acordo com a natureza do combustível, tais como o gás sulfuroso, o ácido fosfórico e outros. O fumo negro é composto por partículas sólidas em suspensão (carbono) e combustíveis orgânicos que não sofreram a sua completa oxidação. O fumo pode ser inflamado quando a temperatura do ambiente é elevada e a concentração de oxigénio seja suficiente.



O fumo contém dois elementos do triângulo do fogo: calor e combustível.

5.1. RISCOS DO FUMO

Num ambiente fechado, como um compartimento, o fumo tende a subir. Ao atingir o teto, espalha-se horizontalmente até ser limitado pelas paredes, acumulando-se na área. Quando a zona superior estiver repleta de fumo, ele começa a descer na direção do piso do compartimento. Em todo o processo, qualquer rota de saída pode fazer com que o fumo se movimente através dela, podendo sair tanto por uma janela quanto por um ducto de ar condicionado, uma escada, ou mesmo um fosso de elevador. Se no compartimento não houver qualquer possibilidade de escape do fumo, este vai ocupando todo o espaço disponível.

As siglas QOMIT representam os cinco riscos do fumo:

Q	Quente , devido ao calor libertado pela combustão, que vai ser responsável pela rápida propagação às áreas envolventes.
O	Opaco , devido às partículas de carbono e misturas de gases no ar, que dificultam a visibilidade, tanto para bombeiros quanto para as vítimas. Também interfere na audição.
M	Móvel , já que sendo um fluido quente, é também leve, expansível e por isso sensível às diferenças de pressão.
I	Inflamável , porque é constituído por partículas e gases resultantes de oxidações incompletas.
T	Tóxico , porque contém elementos asfixiantes e irritantes, podendo ter alguns efeitos fisiológicos graves no organismo, além dos danos no aparelho respiratório, provocados pela insuficiência de oxigénio.

5.2. PRODUÇÃO DE FUMO EM LOCAL CONFINADO

Para compreendermos o aparecimento de fumo num local confinado, analisemos um foco de incêndio localizado no centro de um compartimento. No início da combustão, o fogo é controlado pelo combustível, já que o comburente existe em maior quantidade. A reação nesta fase ocorre rapidamente, visualizando-se as chamas amarelas características de uma boa oxigenação. Os gases libertados, como o CO_2 e o CO , vão preencher toda a zona superior do compartimento, mantendo-se na sua zona inferior uma boa oxigenação, de forma que as reações de combustão continuam. Com o evoluir do incêndio, os gases quentes libertados vão-se acumulando na parte superior do compartimento, provocando assim uma camada mais extensa de gases.



Na zona inferior, a oxigenação mantém a reação de combustão, as chamas desenvolvem-se e acabam por colidir com a ampla zona de gases que se encontram na parte superior do compartimento. Neste local com deficiente oxigenação, as chamas são perturbadas e começam a libertar fumo. Porém, na parte inferior do compartimento, desde que a zona permaneça oxigenada, a combustão progride. Verifica-se então um aumento considerável de fumo negro e de temperatura. Tal facto é explicado pela falta de oxigenação da chama, que quando é perturbada pelo contacto com os gases ou com qualquer objeto, provoca a libertação de partículas de carbono.



Depressa o compartimento fica cheio de fumo. O tempo que medeia entre o momento em que a chama atinge o teto e o rápido aparecimento de fumo no compartimento, a 1 metro do solo, é de cerca de 1 a 2 minutos.

Se visualizarmos o mesmo foco de incêndio, não já no centro do compartimento mas numa esquina ou junto a uma parede, as chamas são perturbadas desde o início pelas paredes, começando a libertação de carbono muito mais rapidamente. A perturbação da chama e a sua consequente falta de oxidação são responsáveis pelo aparecimento do fumo.



A chama difusa liberta fumo quando é perturbada.



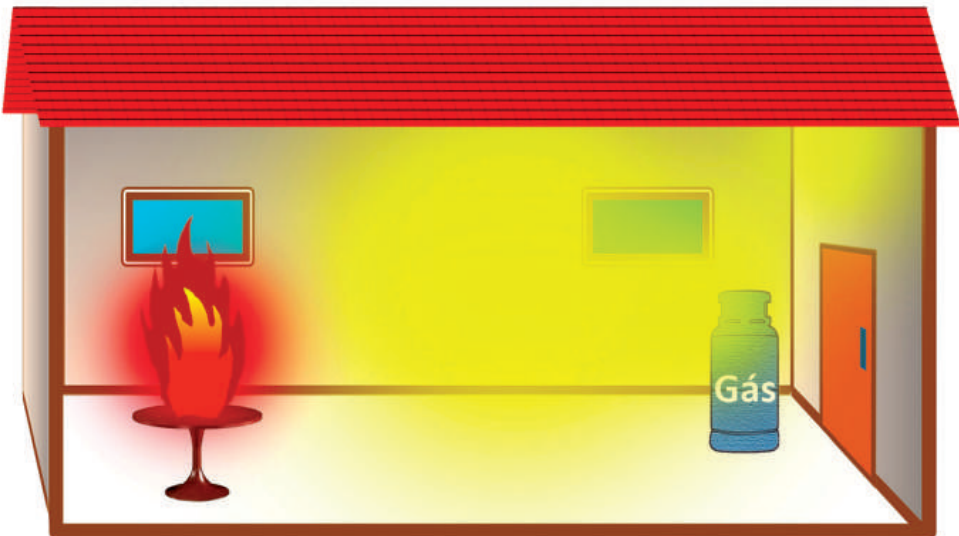
6.1. FONTES DE IGNIÇÃO

As fontes de ignição têm um papel muito importante na eclosão do incêndio. Dependendo do tipo de fonte, o efeito alcançará uma maior ou menor magnitude. A forma e o tempo em que a fonte de ignição atua serão determinantes na importância do seu efeito. Podemos distinguir três classes de fontes:

- ▶ Abertas;
- ▶ Ocultas;
- ▶ Intermitentes.

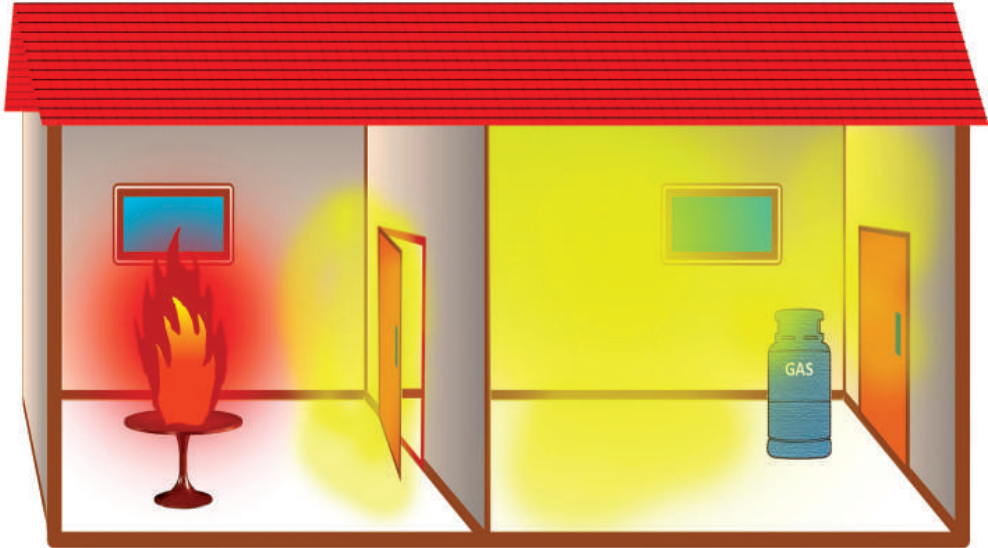
6.1.1. FONTES DE IGNIÇÃO ABERTAS

São aquelas que permanecem constantemente ativas em presença de uma fuga de gás ou da mistura de gases, como pode ser o caso do próprio foco de incêndio durante a sua evolução. A mistura de gases e a fonte de ignição estão em contacto direto, não existindo nada a separá-los. Por exemplo, num



incêndio numa habitação, o foco inicial origina a inflamação dos gases da pirólise. Com este tipo de fontes, a ignição ocorre sempre no LII.

6.1.2. FONTES DE IGNIÇÃO OCULTAS

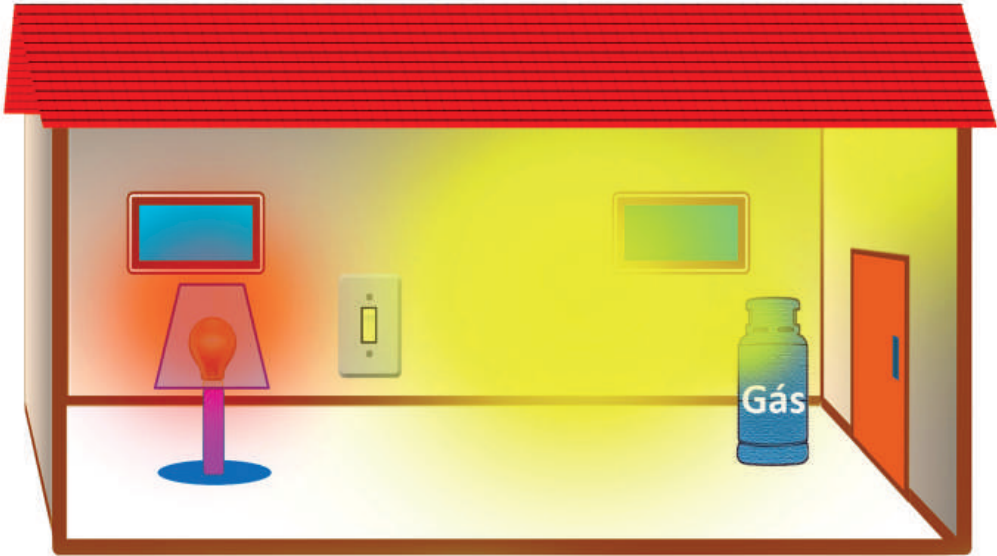


São aquelas que permanecem sempre ativas, não atuando diretamente sobre os gases. Por exemplo, dá-se uma fuga de gás na cozinha e num compartimento encontra-se uma vela acesa. A porta do compartimento está semifechada, existindo uma pequena abertura na mesma. A fonte de ignição encontra-se distante da concentração dos gases. A mistura de gases e a fonte de ignição não têm contacto direto, existe um elemento a separá-las. Este tipo de fonte retarda a inflamação dos gases, tendo como consequência, aquando da sua inflamação, um efeito mais ou menos violento. A ignição ocorre no LII, no interior do compartimento onde está a fonte.

6.1.3. FONTES DE IGNIÇÃO INTERMITENTES

São aquelas que se ativam de forma esporádica, como pode ser o acionar de um interruptor elétrico. À semelhança do caso anterior, o tipo de efeito será em função da concentração de gases no momento da ativação do interruptor.

A explosão provocada tem maior possibilidade de estar próxima da mistura ideal e, por isso, será mais violenta do que a anterior.

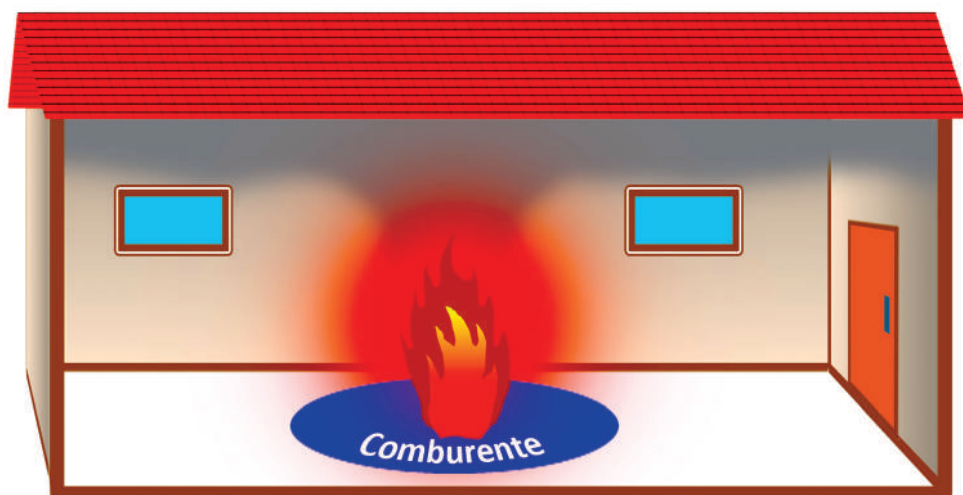


6.2. FATORES INFLUENTES

Num incêndio de interiores, existem alguns fatores que afetam o seu comportamento e progresso, desde a fase de eclosão até à fase de declínio das chamas, dos quais se salienta:

6.2.1. LOCALIZAÇÃO DO FOCO DE INCÊNDIO INICIAL

A localização do foco de incêndio no interior da habitação pode influenciar o desenvolvimento do incêndio. Se o foco de incêndio se situar no **centro do compartimento**, o fumo e os gases quentes libertados pela combustão estão limitados pelo teto, aquecendo-o. O teto aumenta de temperatura e o calor absorvido será irradiado de volta ao compartimento, aquecendo todo o material combustível aí existente. Se o incêndio continuar a sua progressão, mais gases



quentes serão libertados e mais calor será irradiado de volta ao teto, e daqui para o material combustível existente no compartimento.

Esta transferência de calor e o aumento de fumo e de gases quentes faz com que o plano neutro baixe, e o material combustível existente no compartimento comece a pirolisar. Os gases libertados pela pirólise sobem em direção ao teto e envolvem-se na combustão acelerando todo o processo. As chamas libertadas por fontes de combustível no centro do compartimento consomem mais quantidade de oxigénio e arrefecem mais rapidamente do que aquelas que se encontram junto às paredes e esquinas do compartimento.

Se o foco de incêndio for localizado numa **esquina do compartimento**, o desenvolvimento do incêndio será idêntico à situação antes descrita. Aqui, porém, o calor irradiado para o material combustível existente no compartimento será efetuado pelo teto, mas também pelas duas paredes, aumentando assim todo o processo de pirólise.

Neste caso, por conta da barreira formada pelas paredes, menos oxigénio está disponível em redor do foco de incêndio. As chamas de difusão são perturbadas pelas paredes, começando a libertar carbono logo na fase inicial.

Assim, o incêndio desenvolver-se-á mais rapidamente do que na situação anterior devido a uma maior proximidade das estruturas (paredes), que provocam uma também maior acumulação de calor no foco de incêndio, quer pela quantidade de calor irradiado, quer pelos gases quentes da combustão, que rapidamente são espalhados pelo compartimento por haver uma diferença de pressão acentuada.



6.2.2. VENTILAÇÃO DO COMPARTIMENTO

O tamanho e a quantidade de entradas de ar existentes no compartimento determinam se o incêndio se desenvolve ou não no interior do compartimento.

6.2.3. CAPACIDADE DA ESTRUTURA PARA TRANSMITIR CALOR

O material que compõe a compartimentação de um determinado espaço (paredes e teto) é fator determinante na velocidade de propagação de um incêndio.

O aumento de temperatura num espaço fechado depende da capacidade de absorção e irradiação dos respetivos materiais.

6.2.4. VOLUME DO COMPARTIMENTO, ALTURA DO TETO

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

Quanto menor é o compartimento mais rapidamente é aquecido. A altura dos tetos de um compartimento tem um papel importante na velocidade de propagação de um incêndio. Os tetos baixos favorecem uma propagação mais rápida do que os tetos altos. Num compartimento com teto baixo, as chamas depressa alcançam o teto, libertando carbono e espalhando-se pela sua superfície, transmitindo dessa forma a sua energia, por irradiação, a todos os elementos combustíveis existentes no local. Assim, esses combustíveis atingem, em pouco tempo, a energia de ativação necessária, o que irá contribuir para a rápida evolução do incêndio.

Num compartimento com teto alto, as chamas demoram mais tempo a chegar ao teto, pelo que a quantidade de calor irradiado será menor. Deste modo, a evolução do incêndio está condicionada pela proximidade dos materiais combustíveis do foco de ignição.

Fazendo uma leitura das duas situações, podemos chegar à conclusão que a altura do teto, tal como a proximidade das paredes, ambos são fatores importantes no desenvolvimento do incêndio. O momento crítico ou de transição do incêndio é precisamente quando as chamas alcançam o teto. Neste ponto, a energia irradiante aumenta de uma forma considerável.

6.3. INDICADORES DA EVOLUÇÃO DO INCÊNDIO

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

Durante uma operação de combate a um incêndio de interiores existem alguns indicadores que podem informar da sua evolução. A observação do fumo e chamas, e a perceção do calor, podem dar informações sobre qual a fase em que se encontra o incêndio naquele momento, bem como indicações sobre possíveis mudanças, com reflexos para a segurança das equipas de ataque. Aspetos a considerar:

► Fumos ► Pulsações ► Calor ► Chamas

6.3.1. FUMOS

Relativamente aos fumos libertados durante o incêndio, a equipa de ataque deve observar os seguintes aspetos:

► Cor e densidade

A cor dos fumos varia de acordo com o combustível que está a ser consumido no momento. Assim, o **fumo escuro** indica uma grande libertação de carbono; já o **fumo claro** remete para um aumento de temperatura no local do incêndio, havendo pirólise do combustível presente.



► Altura do plano neutro

À medida que o incêndio se desenvolve, o plano neutro irá descer e a densidade dos gases inflamáveis aumentará. Por conseguinte:

- um plano neutro muito elevado:
indica que o incêndio está na sua fase inicial;
- um plano neutro muito baixo:
indica uma forte possibilidade de ocorrer um **backdraft**;
- um levantamento rápido do plano neutro:
indica a existência de ventilação;
- uma descida gradual do plano neutro:
indica uma acumulação de gases inflamáveis que pode desencadear um **flashover**;
- uma descida brusca do plano neutro:
indica uma rápida intensificação do incêndio.



6.3.2. PULSAÇÕES

O facto de o fumo “pulsar” pelas pequenas aberturas, pode indicar a presença de um incêndio controlado pela ventilação. As pulsações revelam a existência de variações de pressão no interior do compartimento, resultantes da pouca disponibilidade de oxigénio. Quando o oxigénio do compartimento é consumido pela combustão, ela diminui de intensidade e os gases existentes no interior arrefecem. Esta sobrepressão “aspira” o ar do exterior pelos pequenos orifícios e brechas (portas, janelas, etc.). O ar aspirado é direcionado para o fogo, que assim retoma a sua amplitude, ou seja, a combustão inicia-se novamente. A temperatura aumenta, os gases aquecem e expandem-se e os fumos são expelidos para o exterior. Com a diminuição de oxigénio, o arrefecimento dos gases e a entrada de mais oxigénio, inicia-se um novo ciclo. Em certos casos, estes ciclos podem desencadear um potente **backdraft**.

6.3.3. CALOR

► Vidros enegrecidos ou rachados

Os vidros enegrecidos indicam que no interior do compartimento estão a desenvolver-se condições favoráveis para que possa ocorrer um **backdraft**.
O vidro rachado é sinónimo de altas temperaturas.

► Aumento brusco da temperatura

Também o aumento brusco da temperatura remete para a iminência de um **backdraft** ou de um **flashover**. Quando se dá esse aumento brusco de temperatura é porque já começou a combustão dos gases na zona de pressão positiva, ao nível do teto. Nessa circunstância, deve ser efetuado um teste de temperatura e iniciar-se rapidamente o arrefecimento dos gases quentes.

6.3.4. CHAMAS

A cor da chama é um indicador importante sobre desenvolvimento de um fogo. A quantidade e a qualidade de oxigenação influenciam a cor das chamas, o que, por sua vez, nos permite avaliar a intensidade do fogo.

O aparecimento de chamas azuis junto ao plano neutro deve-se à presença de bolsas de CO que se misturaram com o oxigénio e se inflamaram espontaneamente. A chama é pois um fator indicativo de que o processo de oxidação dos elementos presentes no combustível se está a fazer de uma forma próxima da ideal (oxidação completa). No entanto, há fogos latentes em que, pelo facto de a combustão ser de tal modo lenta que regista um consumo de oxigénio muito baixo, não existe chama, ocorrendo apenas a libertação de calor, fumos e gases. A chama é também um fator indicativo da velocidade da combustão.



Cor da chama	Temperatura de ref. ^o
Vermelho (visível à luz do dia)	500°C
Vermelho pálido	1000°C
Vermelho alaranjado	1100°C
Amarelo alaranjado	1200°C
Amarelo esbranquiçado	1300°C
Branco brilhante	1500°C

CHAMAS AMARELAS: quando são bem oxigenadas

CHAMAS LARANJAS: quando são oxigenadas apenas o suficiente

CHAMAS VERMELHAS: quando começam a ter falta de oxigénio

6.4. INCÊNDIO CONTROLADO PELO COMBUSTÍVEL E PELO COMBURENTE

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

O desenvolvimento de um incêndio em espaço fechado é muito mais complexo do que em espaço aberto. Para que se desenvolva é necessário que o calor libertado seja transmitido a outros combustíveis.

Na sua fase inicial, dá-se um aumento da temperatura dos combustíveis sólidos, iniciando-se o processo de desumidificação (vapor de água); numa segunda fase, a libertação de gases combustíveis, como o monóxido de carbono e outros, depende do material existente no compartimento (madeira, plásticos, têxteis, etc.).

A progressão de um incêndio deste tipo está sujeita à disponibilidade de combustível e de comburente. Diz-se que um incêndio é controlado pelo combustível quando a quantidade de combustível para ser queimado é limitada, ou seja, existe suficiente comburente mas a velocidade de crescimento do incêndio é condicionada pelo combustível. Contrariamente, quando a quantidade de comburente é limitada num determinado espaço, o incêndio é controlado pelo comburente.

Nos incêndios em interiores, a fase de propagação é geralmente controlada pelo combustível. A sua queima aumenta a quantidade de calor libertada e, deste modo, a transferência por convecção e radiação vai dominando o ambiente e elevando a temperatura dos combustíveis, que são queimados rapidamente com elevado consumo de comburente. Quando num incêndio se atinge esta fase, a combustão é rápida e o consumo de oxigénio dá-se a uma velocidade elevada.

A partir daqui, o desenvolvimento do incêndio é controlado pela quantidade de oxigénio existente. A sua renovação vai depender da existência de aberturas no compartimento e da sua dimensão, as quais, vão permitir, ou não, o desenrolar do incêndio.

Na maioria das situações, as aberturas não conseguem compensar o consumo de comburente pelo fogo e, nestes casos, o incêndio começa a entrar numa

fase descendente, por limitação de oxigénio. O incêndio passa agora a ser controlado pela quantidade de oxigénio, isto é, existe quantidade de combustível mas não se dispõe de comburente para que a combustão se mantenha.



Quando o incêndio está controlado pelo comburente, é gasoso o estado físico do combustível.

6.5. INCÊNDIO EM LOCAL VENTILADO (FLASHOVER)

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

Como já foi descrito anteriormente, todo o combustível sólido, para entrar em combustão, tem que passar por um processo de pirólise. Pelo fornecimento de calor, o material aumenta a sua temperatura, começando por libertar a acumulação de água sob a forma de vapor de água (fumo branco). Por efeito do aumento de temperatura, inicia-se a libertação de gases de pirólise (de cor branca e mais densos), resultantes da decomposição térmica do combustível. Estes gases vão inflamar-se rapidamente em contacto com o oxigénio e a energia. A quantidade de calor libertada pela combustão permite que a pirólise continue, o que vai originar maior libertação de gases inflamáveis e, conseqüentemente, o desenvolvimento da combustão.



Com a evolução da combustão, as chamas desenvolvem-se, ficando com uma forma alongada. Perturbadas pelos objetos existentes, como móveis, cadeiras, etc., as chamas têm cada vez mais dificuldade no processo de difusão.

O fumo negro (resultante de uma má oxidação) começa a surgir no compartimento, indo acumular-se, juntamente com os gases de pirólise, na zona alta do compartimento (zona de pressão positiva).

A combustão continua e mais calor é irradiado da zona alta do compartimento (zona de acumulação de gases). Isto acontece porque cerca de 65 a 70 % da energia térmica libertada pelo fogo é acumulada junto ao teto. A quantidade de gases acumulados nesta zona vai sendo cada vez maior, gradualmente provocando um aumento de temperatura nas zonas inferiores do compartimento.

Entretanto, as chamas atingem o teto do compartimento. Este é o momento crítico do incêndio. O ambiente é insustentável, quer relativamente à temperatura, quer quanto à toxicidade dos gases e fumos. Uma camada de fumo denso forma-se rapidamente ao nível do teto e espalha-se com a mesma velocidade por todo o compartimento, dificultando a intervenção.

A combustão continua e consome mais e mais comburente, mesmo que ele exista em quantidade reduzida. A perturbação das chamas e a diminuição da quantidade de oxigénio disponível provocam fumo mais negro (partículas de carbono) e aumento de temperatura. O fumo sai abundantemente pelas aberturas devido às diferenças de pressão existentes entre o interior e o exterior do compartimento. A saída do fumo faz-se rapidamente através das aberturas, dificultando a entrada de ar (oxigenação do espaço). O fluxo de ar fresco que entra no compartimento dirige-se para a zona de chamas, subindo ao longo da mesma.

O fumo na zona superior é cada vez mais quente e espesso (carregado de partículas de carbono). O calor é esmagador e começa a irradiar para baixo. É o que se chama de **feedback radiativo**. Aquecidos pelo **feedback radiativo**, os combustíveis virgens começam a pirrolisar, libertando assim gases de pirólise que

se vão misturar com o fumo existente na zona superior e aumentam o volume de gases inflamáveis. Neste momento, deixa de haver uma zona de fogo mas passa a existir vários focos de incêndio que vão consumir mais comburente e libertar mais gases e fumo.

Na zona superior do compartimento, os gases muito quentes misturados de vez em quando com o comburente inflamam-se espontaneamente com formas diferentes e em locais diferentes. É um sinal de que a situação está no limite.

O aparecimento destas chamas (**rollover**) dispersas pelo compartimento indica que a temperatura local está acima dos 600°C e que, conseqüentemente, alguns gases se encontram no seu campo de inflamabilidade. Os vários focos que alimentam a combustão em determinados pontos (zonas inflamáveis) provocam também picos de temperatura. A distribuição não é por igual, as pressões mudam, a concentração de gases e a sua composição também.

A camada de fumo junto ao teto vai aumentando a sua espessura, aproximando-se do chão a uma velocidade elevada, chegando aos 10 cm por segundo. O incêndio parece não poder respirar. Ao sair para o exterior, o fumo ocupa a totalidade das aberturas durante alguns segundos, e a aspiração do comburente é efetuada logo de seguida. Depois de alguns ciclos acontece o **flashover**.

Durante a fase de **flashover**, as condições no compartimento modificam-se rapidamente. O incêndio deixa de estar controlado pelas reações de pirólise e da combustão dos respetivos materiais, responsáveis pela transmissão de calor aos combustíveis existentes. Todos os combustíveis ardem no compartimento. Esta inflamação generalizada passa a ser controlada pela quantidade de comburente disponível.

O **flashover** ocorre quando a radiação térmica do fumo (**feedback** radiativo) se situa na ordem dos 12 a 20 Kw/m². O **flashover** pode sobrevir em diversas situações, as quais determinam o seu maior ou menor grau de potencialidade. Para que se dê a ignição dos gases, as suas concentrações têm que estar dentro do campo de inflamabilidade. No entanto, num incêndio em espaços



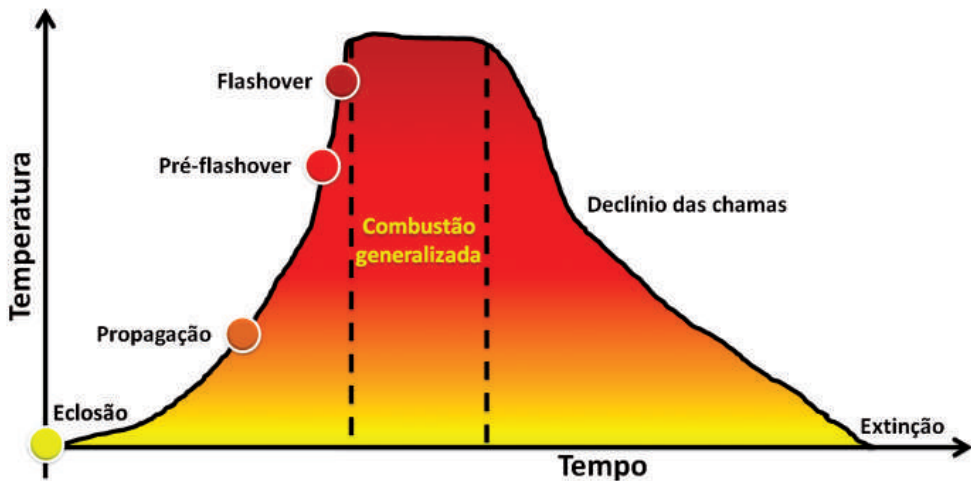
confinados, fatores como a temperatura e a pressão, ocasionados durante o processo de pirólise e da combustão dos materiais sólidos, alteram os limites desse campo de inflamabilidade. Nestas situações, os gases chegam a inflamar-se a temperaturas inferiores ao seu limite inferior de inflamabilidade normal.

Quando os gases se encontram próximo do seu limite superior de inflamabilidade, a combustão tende a diminuir porque a concentração de oxigénio passa a ser escassa para a quantidade de combustível presente. Observa-se o ondular das chamas de um lado para o outro, como que à procura do pouco oxigénio presente.

O **flashover** acontece quando os gases resultantes da decomposição térmica e ainda alguns gases da combustão dos materiais envolventes desse espaço (como o CO e outros) estiverem dentro do campo de inflamabilidade.

O conteúdo energético dos gases da combustão define a intensidade do **flashover** e também a rapidez com que se inicia.

Desencadeado o **flashover**, podemos dizer que todos os materiais combustíveis num dado compartimento estão em combustão, as velocidades de reação



são muito elevadas e contínuas, com libertação de grande quantidade de calor e gases, e ocorre um elevado consumo de oxigénio. A duração desta fase é controlada pela quantidade de ar que entra no compartimento. Não havendo entradas de ar, o incêndio entra na fase de declínio das chamas. Porém, se no compartimento houver entrada de oxigénio, a combustão é avivada e o incêndio volta à fase de desenvolvimento (propagação).

► **Fatores condicionantes da ocorrência de *flashover*:**

- campo de inflamabilidade;
- poder energético dos gases;
- temperatura de inflamação dos gases da combustão;
- quantidade de aberturas estruturais existentes no compartimento para a entrada de ar.



Flashover
O triângulo do fogo está completo.

► Sinais indicativos de desenvolvimento de um **flashover**:

Cfr. Cabo Goikouria, Barrenetxea Azpiroz, García Larragan, 2003

● Sinais externos (compartimento ventilado):

Alta temperatura na entrada do compartimento

Dependendo da evolução do incêndio, um indicador prévio de **flashover** é o nível elevado de temperatura na entrada do compartimento.

Fumo denso e escuro com pequenas línguas de fogo

Podemos observar pequenas línguas de fogo (**rollover**) na zona de pressão positiva, assim como na saída para o exterior do compartimento, pelas portas e janelas.

● Sinais internos (compartimento ventilado):

Chamas visíveis entre os gases da combustão

Consoante o incêndio vai evoluindo, existe maior libertação de gases inflamáveis, por conta de uma combustão incompleta e/ou de pirólise, e as chamas tomam o sentido longitudinal à medida que necessitam de mais oxigénio.

Materiais combustíveis a libertarem gás inflamável resultante do processo de pirólise

Com o desenvolvimento do incêndio no compartimento, a temperatura sobe aumentando a transmissão de calor por radiação e o calor irradiado passa a incidir sobre o combustível existente, fazendo com que liberte gás por pirólise.

Temperaturas altas e velocidade de combustão

Com o aumento das chamas, e quando estas atingem o teto do compartimento, há um aumento significativo da temperatura que, quanto mais elevada for, maior velocidade imprimirá à combustão e ao incêndio, rapidamente atingindo outros locais da habitação.

Diminuição do plano neutro

À medida que o incêndio aumenta de intensidade, se liberta maiores quantidades de gases e com maior rapidez, comparativamente com os que são libertados pelas aberturas estruturais do compartimento, o plano neutro tende a descer.

Aumento repentino do incêndio

Quando o incêndio se aproxima da fase de **flashover**, recebe um aumento repentino de velocidade resultante da grande quantidade de calor existente em todo o compartimento (produzida pela inflamação rápida de gases), devido à radiação e convecção.

Pirólise ao nível do solo num espaço fechado

Quando o incêndio se aproxima da fase de **flashover**, a concentração de gases ao nível do teto é bastante elevada, predominando o calor radiante que aumenta a temperatura dos combustíveis e favorece mais rápidas reações de pirólise e de combustão, que ao nível do solo continuam a ser alimentadas pelas entradas de ar das aberturas existentes.

Durante o desenvolvimento do incêndio, alguns sinais anteriormente referenciados podem não ser visíveis por razões como:

- ▶ **má visibilidade das chamas nos gases da combustão**, por estes serem muito densos;
- ▶ **má visibilidade dos gases libertados pelo processo de pirólise**, resultante da diminuição da intensidade de luz no compartimento, da acumulação de gases, da estrutura do próprio compartimento, etc.

6.5.1. O FLASHOVER INDUZIDO PELA VENTILAÇÃO

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

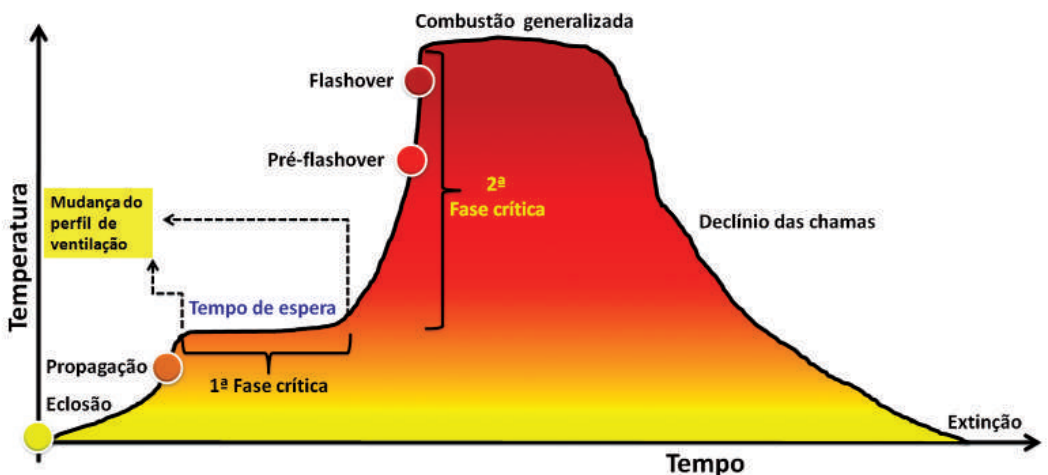
Para que ocorra o **flashover** é forçoso que no local do incêndio a radiação térmica atinja os 12 a 20 Kw/m². Esta circunstância requer, por sua vez, a presença de combustível em quantidade suficiente ao aumento da potência do fogo, uma capa de fumos que permita a radiação térmica, e uma boa ventilação de modo a que o fogo se desenvolva e liberte a potência que a camada de fumos necessita para atingir os valores acima referidos. Se as três condições agora sublinhadas estiverem presentes, o **flashover** acontece, no máximo, 10 minutos após a eclosão do incêndio, geralmente antes da chegada das equipas de intervenção.

Porém, pode suceder que durante a fase de propagação esta seja interrompida por conta da diminuição da ventilação. Quando tal ocorre, o fogo entra numa

fase de “espera”. O incêndio mantém-se mas a sua potência não é já suficiente para desencadear o **flashover**.

Neste estágio do incêndio, três situações poderão acontecer: o incêndio extingue-se por falta de combustível; o incêndio extingue-se por falta de comburente; o incêndio retoma o seu desenvolvimento devido ao fornecimento adicional de oxigénio.

É na última das três situações que nos vamos referir. Quando as equipas de intervenção chegam ao local da ocorrência, o incêndio encontra-se no seu estágio de “espera”. A ventilação existente é suficiente para que o incêndio se mantenha mas insuficiente para que consiga aumentar a sua potência. A entrada desorganizada das equipas de ataque na habitação, ou a abertura de portas e janelas de forma incorreta, leva a que se altere o perfil de ventilação do incêndio. Com a entrada de comburente, o incêndio retoma o seu desenvolvimento aumentando rapidamente a sua potência e em breves minutos atinge-se o **flashover**. É este **flashover** induzido pela ventilação, correspondendo a uma ventilação provocada pelas equipas de intervenção.



6.5.2. FIRE GAS IGNITION

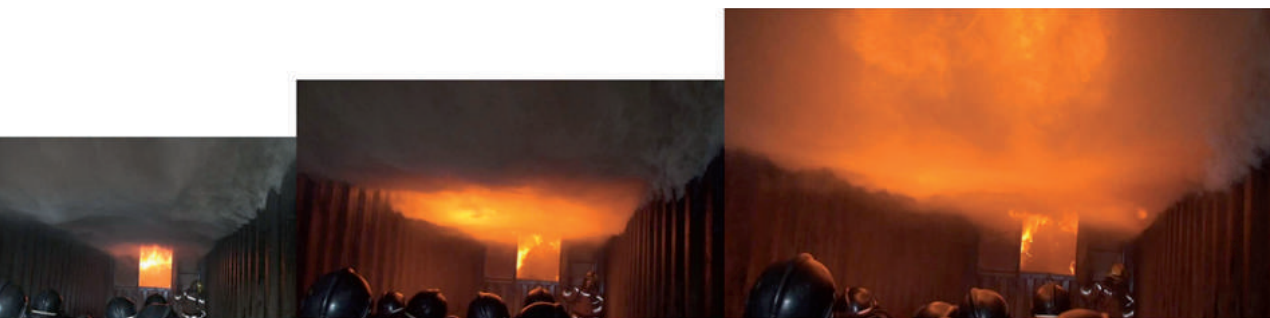
Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

Analisemos um incêndio num compartimento estando fechada a porta que dá acesso à restante habitação. Ao fim de um curto espaço de tempo o calor libertado pelo incêndio espalha-se por todo o compartimento. A transferência de calor para espaços adjacentes inicia-se de forma rápida. Como consequência dessa transferência pode existir material combustível noutra local (compartimento adjacente, corredor, etc.) que, em contacto com o calor libertado, comece a pirólisar. O fumo e os gases libertados pela pirólise escapam pelas brechas da porta do compartimento do fogo e espalham-se pelas restantes áreas da habitação. Nesta situação, o elemento do triângulo do fogo em falta para que se dê a inflamação dos gases nos espaços adjacentes é o calor.



Ao abrir a porta de acesso ao compartimento do fogo, pode acontecer uma de duas situações:

- a) O fumo e os gases quentes existentes na parte superior do compartimento do fogo escapam para o compartimento adjacente. Estes dois elementos do triângulo do fogo, o combustível e a energia, misturam-se então com o elemento em falta, o comburente contido no compartimento adjacente, e inflamam-se. A energia libertada por esta inflamação faz com que os gases de pirólise e o fumo presentes no compartimento adjacente também se inflamem, espalhando-se pela habitação.



b) As chamas existentes no compartimento do fogo saem para o compartimento adjacente, entrando em contacto com o combustível gasoso aí existente, inflamando-o.

Em ambas as situações, é uma energia exterior que faz com que o combustível gasoso existente no compartimento adjacente se inflame. Se esta inflamação não for explosiva, trata-se de um **flashfire**. Mas, se for explosiva, então estamos perante um **smoke explosion**.



Flashfire – Smoke explosion
Elemento ativante: energia.

6.6. INCÊNDIO EM LOCAL MAL VENTILADO (BACKDRAFT)

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

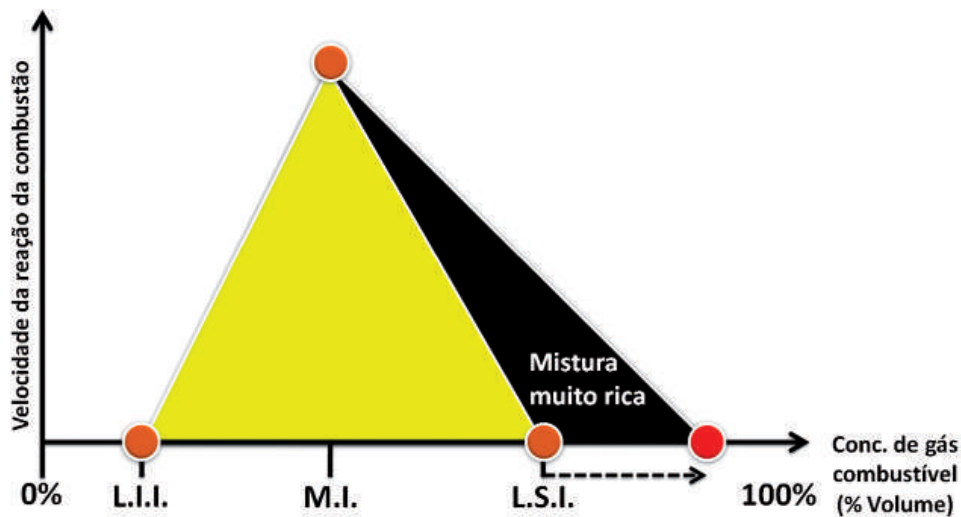
O início do desenvolvimento de um incêndio num local mal ventilado é idêntico a qualquer outro em local bem ventilado. A situação altera-se quando o comburente existente no compartimento diminui de forma considerável, sendo insuficiente para sustentar a combustão.

Se a ventilação se mantiver limitada no compartimento, o incêndio consumirá o restante oxigénio que ainda possa existir, diminuindo a intensidade da combustão e entrando numa fase de **combustão latente**. As chamas desaparecerão e o compartimento passará a ter uma mistura de gases inflamáveis muito rica.



O fumo vai-se expandindo por todo o compartimento. Lentamente, o processo de combustão dá origem ao processo de pirólise, que se manterá, uma vez que a temperatura no interior é extremamente elevada e não necessita de oxigénio para sustentar a sua reação. Estes gases irão misturar-se com o fumo, tornando-o mais combustível.

A temperatura é bastante elevada no interior do compartimento, provocando uma sobrepressão e saída do fumo para o exterior, mesmo pelas mais pequenas frechas existentes.



Lufadas de fumo saem e entram por baixo das portas de um modo cíclico. Este fenómeno acontece porque a saída de fumo do compartimento provoca uma depressão, por sua vez aproveitada para uma aspiração de ar fresco que logo vai dar lugar a outra sobrepressão, e assim por diante.

Quando a equipa de ataque abre a porta, acontece uma saída de fumo, seguida de uma brusca aspiração de ar. Esta situação é típica de um **backdraft**. A aspiração na parte inferior por vezes é bastante violenta. É sinal iminente de uma explosão. A entrada de ar fresco (e a sua mistura com os gases quentes da combustão) formará uma mistura explosiva.

6.6.1. DESENVOLVIMENTO DO BACKDRAFT

Há dois modos de desencadeamento do fenómeno **backdraft**: por auto-inflamação dos gases dispersos no compartimento ou por retorno das chamas sobre as brasas. No primeiro caso, o ar fresco entra no compartimento e no momento em que encontra uma zona de gases muito quente (combustível e calor) dará lugar a uma inflamação do fumo. Esta inflamação propagar-se-á ao restante compartimento.

Se o combustível gasoso existente no compartimento não tiver a temperatura necessária para a ignição, o desencadeamento do **backdraft** far-se-á por retorno das chamas sobre as brasas. As brasas somente não são suficientes para que se dê a ignição. A entrada de oxigénio vai avivar a combustão lenta (brasas), provocando o aumento da velocidade da reação, com o reapareci-



mento de chamas e consequente aumento de temperatura, o que provocará uma inflamação rápida dos gases presentes no compartimento (explosão de fumos). Em ambos os casos, é o comburente o elemento do triângulo do fogo que estava em falta.



Backdraft **Elemento ativante: comburente.**

▮ Sinais externos (compartimento sem ventilação ou com ventilação limitada):

- **Os gases da combustão são expulsos pelas ranhuras das portas e janelas**
Se o plano neutro está posicionado junto ao solo e o processo de pirólise se mantém devido ao imenso calor, a sobrepressão no compartimento aumenta e expulsa os gases para o exterior por qualquer ranhura ou espaço existente (ex: janelas, portas, telhados, etc.).

- **Gases da combustão expulsos de forma intervalada (pulsações)**

Se existir uma mistura muito rica no compartimento e se o incêndio diminuir de intensidade, também diminui a temperatura interior. Quando baixa a temperatura, os gases contraem-se, reduzindo a sobrepressão e levando à entrada de ar fresco através de qualquer ranhura existente. Ao entrar, esta massa de ar fresco faz com que alguns gases quentes da combustão se diluam e alcancem o seu campo de inflamabilidade, produzindo uma mistura explosiva, localizada, que poderá inflamar-se (mini-**backdraft**). Se existir inflamação destes gases, a sobrepressão aumenta expulsando mais gases por qualquer ranhura, voltando-se ao ciclo inicial.

- **Janelas enegrecidas sem sinais visíveis de chamas**

O fumo é carregado de partículas de carbono. Estas partículas vão sendo depositadas nas superfícies do interior do compartimento.

▮ Sinais internos (compartimento sem ventilação ou com ventilação limitada):

- **Plano neutro baixo**

Quando o plano neutro se situa ao nível do solo, pode ser um fator indicativo de que o oxigénio existente no compartimento foi consumido na sua totali-

dade. Tal facto não invalida que o processo de pirólise continue e que a mistura no compartimento se torne mais rica.

- **Calor generalizado**

A inexistente ou deficiente ventilação no interior do compartimento provoca um aumento de calor que facilmente se espalha por todo o espaço envolvente.

- **Sons abafados**

Devido à grande acumulação de gases no compartimento, os sons são menos audíveis.

6.6.2. TEMPOS E POTÊNCIA DO BACKDRAFT

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

A ocorrência de um **backdraft** poderá ou não ser rápida, assim como a sua potência poderá ou não ser significativa. Tudo dependerá do limite em que se encontrar a mistura combustível (fumo e gases) e comburente quando, de novo, aparecerem chamas sobre as brasas, ou da auto-inflamação. Como referido previamente, a pirólise por si só não tem potência térmica para ativar a inflamação da mistura.

Analisemos duas situações distintas. Antes da abertura da porta, a mistura combustível/comburente no interior da habitação encontra-se no **limite superior de inflamabilidade** (LSI). A temperatura dos gases é elevada, mas insuficiente para que haja uma auto-inflamação na ocasião da mistura com o ar. Após a abertura da porta, o ar que entra na habitação vai transformar a mistura aí existente, fazendo com que se altere o seu limite de inflamabilidade. Durante o seu percurso o ar vai ativar as chamas sobre as brasas. Como mencionado, o aparecimento destas chamas há-de definir o momento da inflamação da mistura e a potência deste **backdraft** dependerá do ponto em que se encontrar a referida mistura. Se estiver ainda próxima do LSI, será fraca. Se, pelo contrário, estiver próxima da **mistura ideal**, então será explosiva.

Numa segunda situação, a mistura combustível/comburente no interior da habitação encontra-se no LSI e a temperatura dos gases é extraordinariamente elevada. Aqui, a entrada de ar para a habitação altera os limites

da mistura, mas, ao misturar-se com os gases extremamente quentes, origina a sua auto-inflamação. Geralmente, o desencadear do **backdraft** por via da auto-inflamação demora apenas alguns segundos após a abertura da porta. A sua potência vai depender, como no caso anterior, de qual for o limite de inflamabilidade dos gases no momento da auto-inflamação.

6.7. DIFERENÇAS ENTRE FLASHOVER E BACKDRAFT

Cfr. Basset Blesa, s. d.

	<i>Flashover</i>	<i>Backdraft</i>
Fase do incêndio	Fase inicial	Fase de arder sem chama
Espaço	Compartimento ventilado	Compartimento não ventilado
Agente indutor	Temperatura	Ventilação
Calor	Chamas	Energia mínima de ignição
Tipo de cenário	Estático	Dinâmico
Tipo de chamas	Chamas de difusão	Chamas de pré-mistura
Onda de choque	Não	Frequentemente
Incêndio posterior	Generalizado	Não necessariamente



7.1. UTILIZAÇÃO DA ÁGUA COMO AGENTE EXTINTOR

Quando ocorre um incêndio, é geralmente a água o agente extintor mais utilizado na sua extinção pelas equipas de bombeiros. As necessidades de água para o combate a um incêndio estão diretamente relacionadas com a fase em que o incêndio se encontra mas também com o tipo e a localização do mesmo. É na fase de ataque que é necessária a existência do fluxo de água adequado para se proceder eficazmente à extinção. Inversamente, na fase final da extinção, porque a dimensão do incêndio é reduzida, também é menor a quantidade de água utilizada.

As equipas de ataque não podem descurar o facto de a utilização correta da água, além do papel de extinção que tem, contribuir para a melhoria da segurança e progressão da equipa no interior da habitação, já que permite a diminuição da temperatura e o aumento da visibilidade.

A água é, então, o agente extintor mais eficiente para o combate a um incêndio. Acresce que também se pode encontrar com facilidade e a baixo custo. Quando utilizada no combate a incêndios interfere em todos os lados do triângulo do fogo:

► Reduz o combustível:

- diminuiu a libertação de mais gases inflamáveis a partir da pirólise, reduzindo a temperatura dos combustíveis;
- a rápida conversão da água em vapor, com a sua grande expansão, inertiza os gases inflamáveis;
- ao passar ao estado de vapor, expulsa para o exterior os gases da combustão.

► Reduz o comburente:

- o vapor limita a quantidade de oxigénio que chega à combustão;

- quando a água passa ao estado de vapor (100°C), expande-se num volume de 1:1700, ou seja, à temperatura de 100°C, por cada litro de água aplicado, obtêm-se 1 700 litros de vapor.

■ Reduz a temperatura:

- ao passar ao estado de vapor, absorve o calor (calor latente de vaporização);
- pelo efeito de arrefecimento direto (calor específico).

7.1.1. USO EFETIVO DA ÁGUA

Cfr. Senlanne, 2007

Quando a água se transforma em vapor, expande o seu volume à razão de 1:1700 vezes a 100°C. Se a temperatura aumentar para 450°C, o vapor duplicará a sua expansão, ou seja, 1:3500 vezes. Logo, cerca de 80% da energia dos incêndios será absorvida pela transformação da água do estado líquido em estado de vapor. Uma intervenção bem conduzida supõe, além da rápida extinção do incêndio com um mínimo de danos produzidos, a prevenção do surgimento de fenómenos do tipo ignição súbita generalizada (**flashover**) e ignição explosiva (**backdraft**), que deve ser o principal objetivo das equipas de ataque.

Para tal, haverá que atuar de forma a baixar a temperatura dos gases resultantes da combustão, nomeadamente com a aplicação de água em forma de neblina na zona de pressão positiva. Desta forma, efetua-se a inertização dos gases da combustão com o vapor de água gerado, evitando que as concentrações de gás, quando combinadas com o oxigénio, se tornem inflamáveis.

Para se conseguir o efeito descrito e extinguir o fogo, é necessário, teoricamente, cerca de 200 milhões de gotas de água por metro cúbico de chama. Se as gotas de água se moverem rapidamente entre as chamas, acabarão por arrefecer um volume maior, começando o efeito a ser eficaz quando as gotas de água tiverem um diâmetro igual ou inferior a 0,3 milímetros ou 300 microns.

Se for aplicado um grande volume de água num compartimento com ventilação limitada, a quantidade de vapor de água produzido fará baixar o plano neutro e aumentar a temperatura, alterando de forma significativa as condições de trabalho para as equipas de ataque.

7.2. UTILIZAÇÃO DE AGULHETAS

Cfr. Senlanne, 2007

Um dos maiores desafios das agulhetas é que elas consigam alguma margem de projeção para garantir uma adequada distância de proteção e, em simultâneo, que consigam efetuar um bom arrefecimento da camada de gases no interior da habitação. O porta-agulheta deve ter a capacidade de escolher o tipo, a direção e a duração da aplicação do jato, uma vez que estes são fatores essenciais para a eficácia do combate ao incêndio.

É fundamental, por isso, que o porta-agulheta tenha sempre presentes os seguintes fatores:

- ▶ tipos de jato;
- ▶ débitos a aplicar;
- ▶ tempos de aplicação do jato;
- ▶ técnicas de aplicação do jato.

7.2.1. TIPOS DE JATO

O jato criado por uma agulheta é influenciado pelos fatores:

- ▶ abertura do orifício de saída;
- ▶ pressão;
- ▶ velocidade da água;
- ▶ velocidade e direção do vento;
- ▶ gravidade.

Um jato deve permitir absorver o máximo de calor do incêndio e proteger os utilizadores ou uma estrutura. Existem vários tipos de jato, mas os mais utilizados são o jato direto e o jato difuso.

7.2.1.1. JATO DIRETO

Neste tipo de jato, a água, ao sair da agulheta, toma uma forma cilíndrica e concentrada, adquirindo assim maior alcance e concentração, com um efeito mínimo de pulverização.



Quando se efetua um jato direto, ele é projetado até certa distância e a partir de determinado ponto começa a dividir-se. Este ponto é denominado por **ponto de difusão**, o qual determina o local onde o jato passa a ser facilmente influenciado pela direção e velocidade do vento.

► Vantagens do jato direto:

- grande alcance, permitindo um ataque ao incêndio a partir de local mais distante, pelo que as equipas de ataque não ficam tão expostas aos produtos resultantes da combustão (temperatura, fumo e gases tóxicos);
- elevado poder de penetração graças ao efeito mecânico provocado pelo jato;
- precisão na direção do jato, sendo mais fácil fazer incidir o jato no local desejado.

► Desvantagens do jato direto:

- menor capacidade para absorver calor do incêndio se comparada com a aplicação do jato difuso;
- poder causar danos em pessoas e bens;
- poder provocar o alastramento do incêndio.

7.2.1.2. JATO DIFUSO

Neste tipo de jato, a água, ao sair da agulheta, forma um conjunto de gotículas com maior ou menor diâmetro, dependendo do tipo de abertura do cone de ataque. Tem como objetivo permitir uma maior absorção de calor.

► Vantagens do jato difuso:

- absorção de calor e produção de quantidades significativas de vapor de água que irão provocar a asfixia do incêndio;
- arrefecimento e proteção de materiais ou estruturas;
- proteção da equipa de ataque face à radiação;
- estabilidade na manipulação dos estabelecimentos de mangueiras, pois o jato difuso não provoca um grande efeito de reação.

► Desvantagens do jato difuso:

- ser facilmente removido por correntes de ar e de convecção;
- ter um alcance inferior ao jato direto;
- poder originar queimaduras nas equipas de ataque pela grande quantidade de vapor de água que provoca;
- poder alterar o equilíbrio térmico no interior da estrutura.

Basicamente, existem três tipos de jato difuso, que podem ser utilizados no combate:

- jato difuso de ataque;
- jato difuso de proteção;
- jato difuso de controlo de *flashover*.

JATO DIFUSO DE ATAQUE

Este tipo de jato tem um cone de ataque de abertura compreendida entre os 15° e os 45°, o que possibilita a conjugação do ataque com a proteção, auxiliando a progressão das equipas de combate no interior da habitação.



O cone de ataque tem uma boa relação entre a distância e a eficácia de absorção de calor, já que permite projetar água a uma distância razoável e ao mesmo tempo pulverizá-la para absorver a maior quantidade de calor.

JATO DIFUSO DE PROTEÇÃO

Este tipo de jato permite efetuar a proteção da equipa de ataque se a temperatura for muito elevada. Deve ser utilizado quando a equipa necessitar de proteção, quer devido à temperatura no local, quer em situações de pré-**flashover**. A eficácia da sua aplicação deve-se ao grande ângulo de abertura da agulheta, que faz proteção desde os pés até à cabeça.



Outra característica importante deste tipo de jato é possibilitar uma boa dispersão da água no cone da agulheta e uma conseqüente absorção de calor. A circulação do ar, vindo de trás para a frente, dá azo a uma corrente de ar fresco junto da equipa de ataque, tornando o ambiente mais refrescante.

JATO DIFUSO DE CONTROLO DE **FLASHOVER**

Este jato é utilizado no interior de estruturas, tendo como principal finalidade o arrefecimento dos gases quentes libertados pela combustão. A abertura máxima do cone deve ser de 60°, pois assim se consegue uma grande absorção de calor e arrefecimento da camada de gases de modo a evitar a ocorrência de um possível **flashover**.



	Principais características	Circunstâncias de utilização
Jato direto	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Longo alcance ▶ Bom poder de penetração ▶ Pouco contacto superficial 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Incêndios ao ar livre ▶ Ataque a grandes distâncias (risco de colapso) ▶ Grande espessura de combustível ▶ Vento forte ▶ Grande área de chamas ▶ Incêndios com muita intensidade
Jato difuso de ataque	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Médio alcance ▶ Algum poder de penetração ▶ Grande superfície de contacto ▶ Boa capacidade de arrefecimento 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Interiores de estruturas ▶ Ataque a incêndios em hidrocarbonetos ▶ Criação de vapor de água
Jato difuso de proteção	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reduzido alcance ▶ Nenhum poder de penetração ▶ Grande superfície de contacto ▶ Excelente capacidade de arrefecimento 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Proteção da equipa de ataque no caso de ocorrer um <i>flashover</i>
Jato difuso de controlo de <i>flashover</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reduzido alcance ▶ Nenhum poder de penetração ▶ Grande superfície de contacto ▶ Boa capacidade de arrefecimento 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Arrefecimento da camada de gases

7.2.2. DÉBITOS

No interior de uma estrutura fechada ou com pouca ventilação em que o combate ao incêndio incida, numa primeira fase, sobre o combustível gasoso, de forma a baixar a sua temperatura, e posteriormente sobre o combustível sólido, o débito a aplicar deve situar-se entre os 100 l/minuto a 150 l/minuto. Deste modo

garante-se o arrefecimento dos gases quentes da combustão e também o equilíbrio térmico no interior do compartimento. Na técnica de ataque combinado e na posição de proteção, o débito deve ser o máximo da agulheta (o ideal é de 500 l/minuto).

7.2.3. TEMPOS DE APLICAÇÃO DO JATO

O porta-agulheta pode recorrer a três tempos diferentes de aplicação do jato:

- ▶ por pulsação;
- ▶ de curta duração;
- ▶ contínuo.

7.2.3.1. POR PULSAÇÃO

A aplicação desta técnica tem como finalidade a projeção de pequenos volumes de água sobre a camada de gases, através de curtas aberturas e fechos do manípulo da agulheta, com a duração de sensivelmente um segundo.

Num incêndio que se desenvolva numa estrutura, ao projetar-se a água com a técnica de pulsação, a água sai da agulheta de modo bastante disperso e com um volume reduzido, permitindo absorver o máximo de calor do incêndio e diminuir a possibilidade de ocorrência de *flashover*.

Este método é bastante utilizado quando se está na presença de um espaço fechado ou com pouca ventilação, já que viabiliza a absorção de calor, provocando o arrefecimento da camada de gases, mantendo o equilíbrio térmico existente no interior da habitação.

7.2.3.2. DE CURTA DURAÇÃO

Nesta técnica é efetuado o mesmo procedimento descrito para o método anterior, ou seja, a abertura e fecho rápido do manípulo de fecho de água. No entanto, a duração das aberturas é relativamente superior. Assim, é possível limitar

os danos provocados pela água no combate ao incêndio e, essencialmente, observar os efeitos da projeção da água sobre o incêndio.

7.2.3.3. CONTÍNUO

Com este método, o porta-agulheta mantém a agulheta na posição “aberta”. É uma técnica ideal para incêndios em que sejam requeridas grandes quantidades de água ou quando há necessidade de cobrir uma grande área.

7.3. TÉCNICAS DE ATAQUE NO INTERIOR DA HABITAÇÃO

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

Quando um incêndio deflagra no interior de um compartimento surgem duas camadas separadas: uma camada superior que contém o fumo e os gases quentes libertados pela combustão; uma camada inferior que contém o oxigénio (ar) existente no compartimento.

À medida que o incêndio se desenvolve, a pressão na camada superior aumenta devido à subida da temperatura e à libertação de gases da combustão e da pirólise. Na camada inferior, em virtude do consumo do ar existente no compartimento pela combustão, a pressão baixa.

Uma intervenção eficaz deve evitar a ocorrência de um possível **flashover** ou de um **backdraft**. Para isso, o primeiro objetivo da equipa de ataque deverá ser:

- ▶ baixar a temperatura dos gases quentes libertados pela combustão, utilizando a técnica adequada de aplicação de água;
- ▶ baixar a inflamabilidade da mistura de gases, por inertização dos mesmos com o vapor de água gerado, e posteriormente extinguir o incêndio.

Podemos estabelecer quatro técnicas de ataque no interior da habitação:

- ▶ ataque direto;
- ▶ ataque indireto;
- ▶ ataque combinado;
- ▶ ataque por arrefecimento dos gases da combustão.

7.3.1. ATAQUE DIRETO



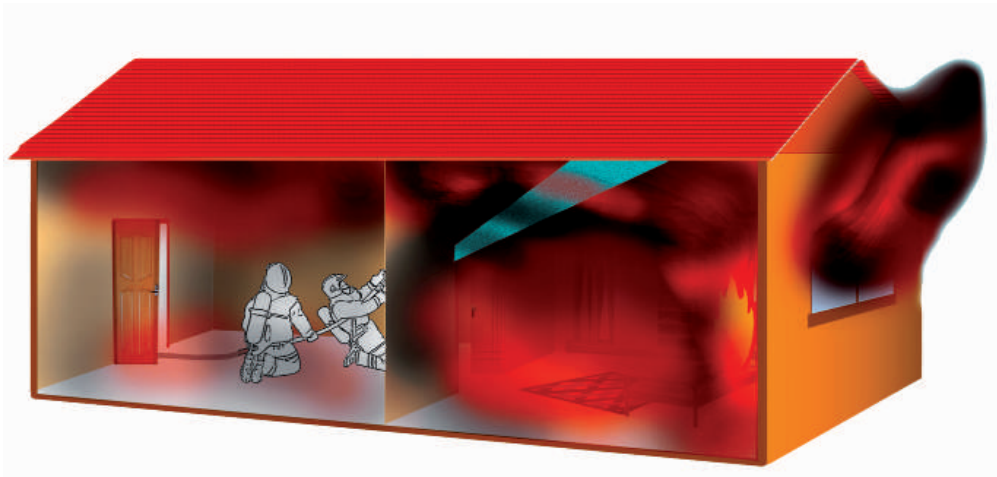
Esta técnica deve ser aplicada na fase inicial do incêndio. Projeta-se a água diretamente sobre o foco de incêndio, regulando a agulheta para um cone mínimo. O resultado obtido é a extinção do fogo.

► Pontos negativos a considerar:

- possíveis danos causados pela água;
- condições bastante severas para as equipas de ataque e vítimas.

7.3.2. ATAQUE INDIRETO

Este método somente pode ser utilizado a partir do exterior do compartimento e desde que não existam vítimas no interior.



Ao ser dirigida para o interior do compartimento, a água produzirá vapor, criando uma sobrepressão que atuará sobre o foco de incêndio pelo efeito de abafamento. A água deve ser pulverizada com o jato difuso de ataque e dirigida à parte superior do compartimento (teto). As grandes quantidades de vapor produzidas irão atuar por abafamento sobre as chamas.

► **Pontos negativos a considerar:**

- redução do plano neutro;
- redução da visibilidade;
- alteração radical e redução das condições de segurança para as equipas de ataque e vítimas devido às grandes quantidades de vapor produzidas e ao aumento da temperatura no compartimento.

7.3.3. ATAQUE COMBINADO

O ataque combinado deve ser efetuado em locais bem ventilados, quando o incêndio progride rapidamente. O objetivo é atingir em simultâneo o combustível gasoso e o combustível sólido. O débito a aplicar deverá ser o máximo, geralmente entre os 400 l/minuto a 500 l/minuto, dependendo do modelo da agulheta, com utilização do jato difuso de ataque (30°), de curta duração.

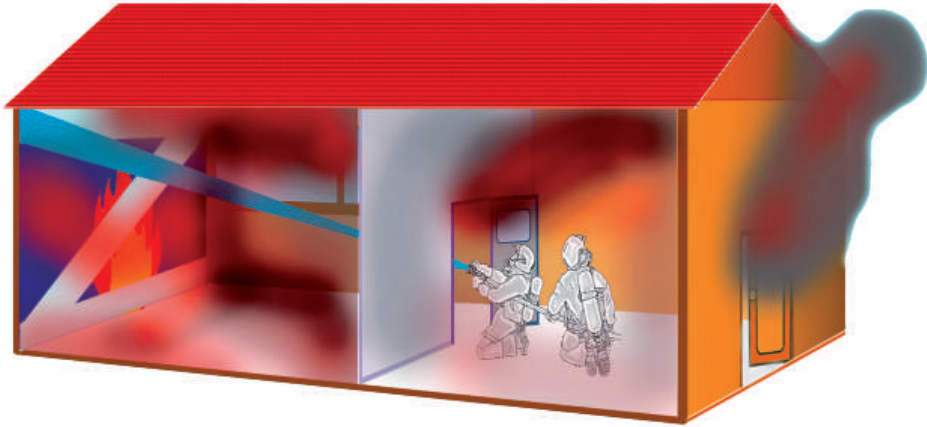
Com este tipo de ataque será produzida uma quantidade significativa de vapor de água, pelo que o mesmo só deve ser concretizado se houver aberturas na estrutura para a saída do vapor.

Para realizar o ataque combinado, o porta-agulheta dispõe de diferentes técnicas de aplicação do jato. Cada técnica é composta pelo desenhar de uma letra (Z-O-T), com o jato de água a ser projetado contra a parede que se situa à frente do porta-agulheta, estando este à entrada do compartimento. A escolha da técnica correta depende da dimensão do compartimento.

Assim, as técnicas possíveis são as seguintes:

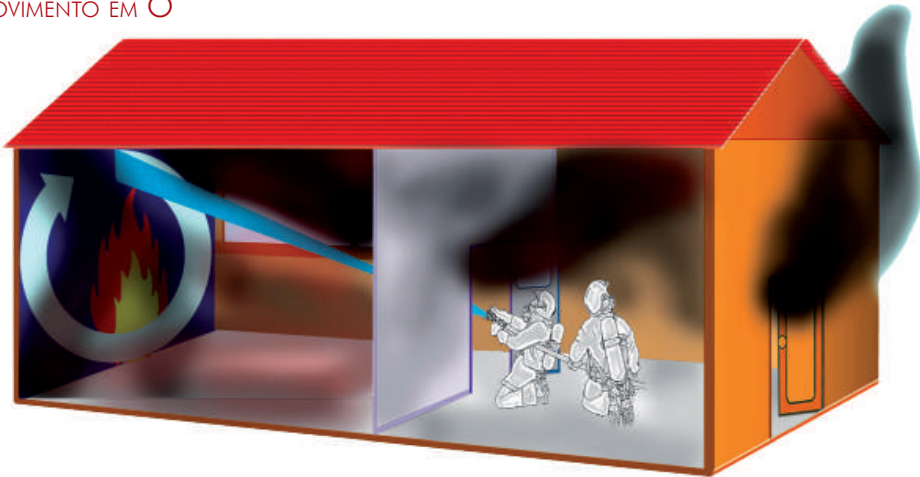
- movimento em Z;
- movimento em O;
- movimento em T.

MOVIMENTO EM Z

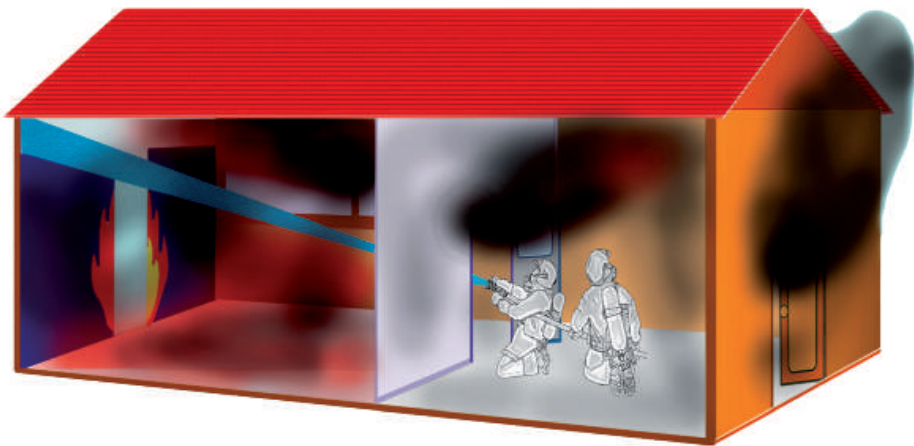


Esta técnica consiste em descrever a letra Z com a agulheta, sendo que o movimento começa a partir da parte superior esquerda do compartimento e termina junto do piso, à direita, fechando-se por fim a agulheta. É uma técnica muito utilizada em compartimentos com áreas entre os 20 a 30 m².

MOVIMENTO EM O



Esta técnica consiste em descrever a letra O com a agulheta, sendo que o movimento começa a partir da parte superior, a meio compartimento, efetuando-se uma rotação no sentido dos ponteiros do relógio e terminando no ponto inicial, fechando-se por fim a agulheta. É uma técnica muito utilizada em compartimentos com áreas entre os 10 a 20 m².



Esta técnica consiste em descrever a letra T com a agulheta, sendo que o movimento começa a partir da parte superior esquerda do compartimento e termina junto do piso, ao centro, fechando-se de seguida a agulheta. É uma técnica muito utilizada em compartimentos com uma área até 10 m².



A utilização destas técnicas requer uma abertura estrutural no compartimento para a saída do vapor de água que se irá formar.

Sempre que se aplica uma das técnicas anteriores, depois de se efetuar o fecho da agulheta, a porta do compartimento deve ser fechada e esperar-se algum tempo para avaliar o efeito da projeção da água. Caso este não tenha resolvido a situação, o porta-agulheta deve repetir o procedimento tantas vezes quantas forem necessárias.

7.3.4. ATAQUE POR ARREFECIMENTO DOS GASES DA COMBUSTÃO

Esta técnica é executada, não para a extinção do incêndio mas para garantir uma via de entrada segura no compartimento do fogo e reduzir ao máximo a possibilidade de ocorrência de um **flashover**, **backdraft** ou de explosões de gases da combustão.

A técnica consiste em aplicar água em baixo débito, 100 l/minuto a 150 l/minuto, diretamente nos gases quentes da combustão, efetuando aberturas curtas e rápidas (pulsação) na agulheta, para assim colocar a mínima quantidade de água na zona de sobrepressão. Estas pequenas gotas de água, à medida que atravessam os gases quentes, arrefecem-nos rapidamente, produzindo a mínima quantidade de vapor de água e assegurando, assim, condições de trabalho mais favoráveis no interior da habitação.

Não deve haver contacto com as superfícies quentes (tetos e paredes), evitando-se desta forma a produção excessiva de vapor. O efeito de arrefecimento é superior ao produzido pela inertização do vapor de água. Como resultado, dar-se-á um aumento da zona de pressão negativa no compartimento. Deste modo se obsta a que as equipas de ataque sejam afetadas pelas queimaduras provocadas pela expansão dos vapores, aumentando ainda as possibilidades de sobrevivência das vítimas.

7.4. PREPARAÇÃO DA EQUIPA DE ATAQUE

Cfr. Senlanne, 2007

7.4.1. INSPEÇÃO CRUZADA

Antes de entrar na estrutura, os elementos da equipa de ataque devem efetuar a avaliação do EPI. Esta avaliação consiste numa rápida vistoria ao EPI de ambos de forma a verificar se está bem colocado. Para facilitar essa verificação, um elemento observa o outro e vice-versa. Caso seja detetada alguma incorreção, ela deve ser retificada de imediato e só posteriormente se avança para o interior da estrutura.



Se o EPI estiver molhado, os bombeiros estão proibidos de entrar na estrutura afetada pelo incêndio. Isto porque o EPI molhado não garante segurança ao utilizador, que em contacto com atmosferas de temperatura elevada corre o risco de sofrer queimaduras graves.

7.4.2. POSIÇÃO DE PROGRESSÃO E ATAQUE

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)



Para efetuar a progressão no interior da habitação, assim como o ataque ao incêndio, os elementos da equipa de ataque devem tomar uma posição que garanta:

- ▶ equilíbrio;
- ▶ observação do desenvolvimento do incêndio;
- ▶ boa movimentação;
- ▶ proteção durante a progressão.

No interior da estrutura, devem deslocar-se sempre de joelhos. Esta posição permite que a equipa consiga, permanentemente:

- ▶ boa observação do desenvolvimento do incêndio;
- ▶ posicionamento na zona de pressão negativa, onde a temperatura e a visibilidade são mais favoráveis;
- ▶ utilização da agulheta fazendo incidir o jato na parte superior do compartimento.

7.4.3. ATITUDE DA EQUIPA DE ATAQUE

A segurança da equipa é fundamental para o sucesso das operações. A equipa de ataque deve ter conhecimentos sobre a evolução do incêndio, a ação que provoca, os tipos de jato e as suas aplicações. Para a segurança da equipa e para o sucesso no ataque ao incêndio é igualmente essencial a capacidade de avaliar. A equipa não deve avançar sem primeiro efetuar uma observação sistematizada da situação. Só assim conseguirá garantir a sua proteção e tornar o ataque mais eficaz. Esse posicionamento preliminar passa por:

- 1 identificar a situação;
- 2 avaliar a situação;
- 3 agir de acordo com a situação.

Numa situação em que a equipa está a proceder ao ataque com a utilização de água, a sua atuação deve ser a de:

- 1 agir de acordo com a situação;
- 2 avaliar a sua atuação;
- 3 reagir de acordo com a situação.

7.5. PROTOCOLOS DE ATUAÇÃO DA EQUIPA DE ATAQUE

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

A prestação da equipa reparte-se essencialmente por três fases distintas, a que correspondem técnicas específicas, adequadas a cada momento do combate:

- ▶ preparação;
- ▶ entrada;
- ▶ atuação no interior da habitação.

7.5.1. PREPARAÇÃO

Para efetuar a abertura da porta de entrada na habitação, os elementos da equipa de ataque deverão ficar lado a lado, de frente para a porta. Se a porta abrir para dentro, o porta-agulheta deverá posicionar-se do lado das dobradiças; se abrir para fora ficará do lado da fechadura. O ajudante mantém-se posicionado do lado contrário ao do porta-agulheta e compete-lhe abrir a porta. Deste modo se garante a proteção da equipa. O ajudante deverá evitar expor o corpo durante o ato, limitando-se a ter o braço na zona da porta.

Assim, o primeiro momento crítico do combate é a entrada na habitação, correndo então a equipa de ataque diversos perigos se não atuar de modo correto. No entanto, e mesmo por isso, previamente à abertura da porta é imprescindível a realização de três procedimentos de segurança, sintetizados no acrónimo ORTR (observação rotativa, tocar, reforçar), conforme se especifica de seguida.

7.5.1.1. OBSERVAÇÃO ROTATIVA



Antes de efetuar a abertura da porta, a equipa de ataque deverá detetar eventuais sinais de perigo, observando a saída de fumo pelas brechas da porta.

7.5.1.2. TOCAR NA PORTA

Os elementos da equipa de ataque devem tocar na porta, não para aferir do calor mas para saber se a sua pintura se está a degradar. Para tal, passam a mão pela porta, de baixo para cima, sem tirar a luva. O local onde existir uma certa resistência no deslizar da mão (colar da luva) indica o nível provável onde se situa o plano neutro.

À primeira vista, a ausência de elementos indicativos de perigo não significa que o mesmo não exista. Por exemplo, uma porta quente indica que o compartimento está quente. Porém, uma porta fria não significa necessariamente que o compartimento esteja frio, isto porque a porta pode estar isolada. Da mesma maneira, a saída de fumo pela parte inferior da porta é um indicador de que a pressão interna é bastante elevada e que poderá ocorrer um **backdraft**, mas, se a porta estiver calafetada, o fumo não será visível.



Como regra, podemos dizer que a ausência de sinais não é um bom sinal, pelo que, **a ausência de sinais é sinónimo de grande perigo.**

7.5.1.3. REFORÇAR A PORTA

Uma vez que a porta está em contacto com o calor, após a deteção dos sinais de perigo a mesma porta é molhada de forma a conseguir-se reforçar a sua resistência. Nesse sentido, o porta-agulheta deverá regular o difusor da agulheta para jato direto, com débito baixo (100/150 l/minuto). O objetivo é regar a porta de cima para baixo, arrefecendo-a e conferindo-lhe assim mais resistência. Parte dessa água transformar-se-á em vapor, que começa a entrar na habitação e vai arrefecendo os gases mais próximos da porta.



7.5.2. ABERTURA DA PORTA

Quando se abre uma porta de acesso à habitação onde há um incêndio, o aumento de ventilação causado pela abertura pode alterar rapidamente o desenvolvimento do incêndio, ao ponto de progredir até mesmo na direção de um *flashover* ou de um *backdraft*.

Uma porta é uma zona de turbulência. Na parte superior da porta, a potência térmica é maior do que a existente no centro do compartimento. Quanto à sua perigosidade, a porta corresponde ao ponto de partida do cone de expansão de uma eventual explosão. A porta é um elemento de separação entre o interior da habitação, que contém fumos e gases quentes, e o exterior, que contém o comburente.

No compartimento do fogo, ainda que o ar fresco entre por uma janela, é consumido pela combustão. Na zona de pressão positiva existem fumos e gases combustíveis que podem estar acima da sua temperatura de inflamação. Não se inflamam por falta de comburente, pois o que entra no compartimento é consumido pela combustão.

Quando a equipa de ataque abre a porta de acesso à habitação, os fumos e gases quentes da combustão saem para o exterior, entram em contacto com o comburente e eventualmente inflamam-se. Esta situação pode conduzir ao fenómeno seguinte:

■ os gases que se inflamam no exterior recuam para o interior da habitação e provocam a inflamação de fumos e gases nele existentes.

Assim, de modo a garantir um risco mínimo para a equipa de ataque, alguns procedimentos devem por ela ser efetuados antes da abertura da porta, como se descreve abaixo:

1 Os dois elementos deverão estar posicionados de joelhos, com o porta-agulheta numa posição lateral relativamente à porta e de frente para o seu ajudante, e este de frente para a parede que antecede a porta.

2 O porta-agulheta deverá regular a agulheta para jato difuso de ataque (30°) mantendo o débito anterior. Como os dois elementos estão junto da porta,

é fundamental que o cone de ataque seja estreito. Caso contrário, a água vai embater na porta e, além disso, cair sobre os dois elementos.

3 O porta-agulheta efetua duas aberturas rápidas (pulsação) na agulheta e na vertical. A primeira deverá ser feita tendo como ponto de referência



o posicionamento do próprio, enquanto a segunda abertura o posicionamento do ajudante. O objetivo não é molhar a porta, mas suspender gotas de água na zona da porta para formar uma zona fresca de arrefecimento dos fumos e gases quentes que não-de libertar-se do interior da habitação quando a porta for aberta.



4 Após o segundo impulso, o ajudante entreabre a porta cerca de 15cm e o porta-agulheta efetua, pela abertura da porta e para cima, uma abertura ligeiramente mais longa (curta duração) na agulheta. Depois desta manobra, o ajudante fecha imediatamente a porta. A operação não demora mais do que um segundo.

5 Espera-se alguns segundos e efetua-se nova operação. No fim de cada ciclo, os dois elementos dialogam entre si sobre o que observaram no interior da habitação.

Este procedimento pode prolongar-se por muito tempo. No caso de uma simples estratificação de fumos, o ciclo é realizado geralmente duas a três vezes.

7.5.3. ENTRADA NA HABITAÇÃO

Quando a equipa de ataque decidir entrar, os dois elementos informam-se mutuamente. A comunicação é fundamental. O gesto efetuado pelo porta-agulheta, que aponta com a mão para a porta como ponto de entrada, e depois confirmado pelo segundo elemento com um aceno afirmativo da cabeça, é o sinal para a efetiva entrada na habitação. Realiza-se, então, um novo ciclo de três aberturas rápidas na agulheta. Logo que termina a abertura para o interior da habitação, a equipa entra rapidamente e fecha de imediato a porta, ficando apenas aberto o espaço que é ocupado pela mangueira. Um terceiro elemento, o auxiliar, mantém-se no exterior, cuidando que a porta fica semifechada, e auxilia na deslocação da linha de ataque.



7.5.4. POSICIONAMENTO NO INTERIOR DA HABITAÇÃO

Cfr. Senlanne, 2007

Dentro da habitação a equipa de ataque deverá considerar uma de três opções:

- ▶ manter a posição;
- ▶ avançar;
- ▶ retirar.

► A equipa deverá manter a posição:

- se as condições no interior da habitação não oferecerem segurança para avançar.

► A equipa deverá avançar:

- se a rota de fuga, entre a equipa e o exterior, estiver em condições de ser utilizada a qualquer momento, com todos os sinais de incêndio extintos e os gases da combustão arrefecidos;
- se não existirem na habitação sinais de iminência de um **flashover** ou de um **backdraft**;
- se o incêndio não se estiver a desenvolver por cima (zona de pressão positiva);
- se a equipa estiver a controlar o incêndio;
- se a equipa não estiver sujeita aos efeitos do calor.

► A equipa deverá retirar:

- se a equipa não estiver a controlar o incêndio;
- se a equipa estiver sujeita aos efeitos do calor;
- se o incêndio se estiver a desenvolver por cima (zona de pressão positiva);
- se existirem na habitação sinais de iminência de um possível **flashover** ou **backdraft**.

7.5.5. OBSERVAÇÃO DOS GASES QUENTES NO INTERIOR DA HABITAÇÃO

Estando a equipa de ataque num espaço fechado, deverá observar constantemente todo o espaço que a rodeia, em particular os gases libertados pela combustão ao nível do teto, para se assegurar das seguintes situações:

- que o incêndio se desenvolve em redor ou atrás da equipa, tomando medidas rápidas (retirar ou combater o incêndio de forma adequada);
- que as condições no interior da habitação se estão a alterar e o incêndio está a aumentar rapidamente, e, neste caso, devendo a equipa de ataque agir de imediato e tomar as medidas mais apropriadas (retirar ou combater de forma eficaz);
- que está numa posição segura e a rota de fuga se mantém inalterada.

Ambos os elementos da equipa têm que estar atentos: o porta-agulheta deverá comprovar as condições de segurança ao nível superior e adiante; o ajudante deverá comprovar as condições por cima, pelos lados e na retaguarda.

7.5.6. PROGRESSÃO NO INTERIOR DA HABITAÇÃO

Cfr. Lamballais (<http://www.tantad.com>)

No interior da habitação, a equipa de ataque é confrontada com dois tipos de combustíveis:

► Combustível sólido:

- está na zona onde são visíveis as chamas e onde há libertação de fumos e gases.

► Combustível gasoso:

- espalha-se pela habitação e deve ser combatido durante a progressão da forma como se descreve a seguir.

Após entrar na habitação, o porta-agulheta deve regular de imediato o difusor da agulheta para jato difuso de controlo de **flashover** e aplicar uma ou duas aberturas rápidas na agulheta (pulsações) dirigidas para a zona de pressão positiva. A aplicação correta requer um ângulo de 45° em relação ao solo. Se as condições de segurança estiverem garantidas, a equipa de ataque deverá avançar na habitação cerca de 1,5 m. O porta-agulheta deve, então, efetuar novo arrefecimento dos gases na zona de pressão positiva, procedendo a uma abertura rápida na agulheta (pulsação).



Se tiver que efetuar duas aberturas, elas não devem ser feitas para o mesmo local, mas uma ao lado da outra. Deste modo, evita-se que a segunda abertura atinja a zona da primeira, zona já arrefecida, sem o risco de a água alcançar o teto e paredes e formar vapor de água. A realização de mais do que duas aberturas apenas é adequada se o local corresponder a uma área grande.

É errado qualquer movimento de varrimento da agulheta uma vez que afetaria o equilíbrio térmico no compartimento, fazendo com que o calor descesse para a zona mais baixa (zona de pressão negativa), com repercussões para a equipa de ataque. O porta-agulheta tem que conseguir manter um equilíbrio entre as aplicações corretas e o excesso de água, fazendo uma leitura constante das condições do ambiente.

Após este procedimento, a equipa deverá avançar no compartimento mantendo as aplicações e tendo em consideração que as aplicações contínuas com mais de um segundo poderão causar o efeito “pistão”, com o eventual transporte do fogo para zonas não atingidas.

Se existir uma zona com visibilidade abaixo do plano neutro (zona de pressão negativa), haverá que procurar mantê-la já que a mesma vai ser útil para localizar o foco de incêndio ou possíveis vítimas. Mantendo o equilíbrio térmico e arrefecendo a camada de gases, o interior da habitação tornar-se-á mais fresco, sendo ainda reduzida a possibilidade de ocorrência de inflamação de gases.

Após a aplicação da ou das pulsações, a equipa deverá avaliar rapidamente a segurança. Se a situação evoluir positivamente, encontra-se em condições de avançar mais um pouco na habitação e atuar como referido antes. Caso contrário, mantém-se no local e continua com o arrefecimento. Se a situação estiver a degradar-se deve retirar-se.

7.5.7. ENTRADA NO COMPARTIMENTO DO INCÊNDIO

Se a porta do compartimento do incêndio estiver fechada, antes de efetuar a abertura da mesma, a equipa de ataque terá que assegurar-se de que o local

onde está não ficará envolto pelo incêndio após a abertura da porta. Para tal deve agir da seguinte forma:

▶ efetuar a técnica de abertura de porta como descrito anteriormente, mas eliminando a “ORTR”. Como a equipa está posicionada num local quente e de reduzida visibilidade, somente efetua as duas pulsações para o arrefecimento dos gases que vão sair do compartimento e a pulsação para o interior do mesmo.

7.5.8. ATUAÇÃO NO COMPARTIMENTO DO INCÊNDIO

No compartimento do incêndio, a equipa de ataque deve atuar sobre o combustível gasoso e sólido. O problema que se coloca é a produção de vapor de água. Um litro de água a 100°C produz 1700 litros de vapor. Porém, o problema é muito mais complexo.

O vapor é um gás e, como tal, quando quente ocupa um volume maior. Durante um incêndio é pouco provável que o vapor seja produzido apenas a 100°C. Se, por exemplo, a temperatura for de 400°C, um litro de água produzirá perto de 3000 litros de vapor, ou seja, 3 m³. Donde, deve inferir-se que, com uma pequena quantidade de água, o compartimento do fogo pode ficar com uma enorme sobrepressão. Acrescenta-se ainda o facto de a humidade aumentar a perceção do calor. Conclui-se então que as equipas de ataque correm sérios riscos de sofrerem queimaduras pela ação do vapor. Para resolver esta situação existem duas soluções:

- ▶ libertar o vapor produzido durante o combate sem que passe sobre a equipa de ataque;
- ▶ produzir menos vapor durante a atuação se a expulsão do mesmo não for possível.

Para aplicar a primeira solução, é necessário que o incêndio se localize num compartimento com aberturas suficientes, e que a equipa não esteja posicionada no seu trajeto.

Quando não existem saídas estruturais, deve ser aplicado um método de ataque que produza o mínimo de vapor possível. É sobre este método que nos iremos debruçar seguidamente.

7.5.8.1. APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ATAQUE G/S (GASES/SÓLIDO)

Esta técnica tem dois objetivos:

► Arrefecimento do combustível gasoso

Para conseguir este efeito, a técnica a aplicar é idêntica à utilizada durante a progressão, ou seja:

- jato difuso de controlo de **flashover**;
- pulsação com duração de 1/4 de segundo;
- débito mínimo para produzir pequenas gotas de água, assegurando deste modo um maior tempo de suspensão.

Estando a equipa de ataque a trabalhar num compartimento com maior área do que um corredor, poderá efetuar duas ou mais pulsações seguidas, para sítios diferentes. Estas aplicações colocam nuvens de gotas de água na camada gasosa, que irá arrefecer, dando tempo para a equipa atuar na fase seguinte (arrefecimento do combustível sólido).



► Arrefecimento do combustível sólido

Depois de efetuada a última aplicação de água na camada gasosa, o difusor da agulheta deve ser colocado de imediato na posição de jato direto (girar tudo à direita). Deve-se, então, baixar a agulheta e orientá-la para o combustível sólido. Finalmente, aplicar água no combustível sólido, utilizando uma de duas técnicas:

- efetuar aberturas rápidas na agulheta colocando a água em 1/3 do combustível;
- efetuar uma só abertura, não muito longa, colocando a água em 1/3 do combustível.

A água deve ser projetada em pequenas quantidades e em baixo débito. Com pouca superfície de contacto, a água projetada atravessa a radiação emitida pelo combustível em combustão e atua sobre o mesmo extinguindo as chamas e encharcando-o, diminuindo assim a pirólise.



Após esta aplicação regula novamente o difusor para jato difuso de controlo de **flashover**, atuando de imediato nos gases quentes libertados pela combustão. O número de impulsos na parte superior, e de pequenas projeções na parte inferior, vai depender da intensidade térmica.

Numa primeira fase, serão necessários vários impulsos na parte superior (zona dos combustíveis gasosos) para apenas um ou dois na parte inferior (zona dos combustíveis sólidos). Com o evoluir do combate, a situação tende a modificar-se, ou seja, mais impulsos na zona inferior do que na superior.

Porém, convém chamar a atenção para o seguinte: quando as chamas desaparecem da zona de pressão positiva e os gases quentes deixam de ser um problema, a equipa de ataque geralmente foca a sua atenção na parte inferior, no combustível sólido, descurando o combustível gasoso, o que é um grande erro que pode colocar em risco a própria segurança da mesma equipa.

7.5.9. POSIÇÃO DE PROTEÇÃO



Quando a equipa de ataque se encontra em combate no interior da habitação e, por vários motivos, perde o controlo da situação, deve de imediato adotar a posição de proteção para garantir a sua sobrevivência.

Necessita de uma agulheta que ofereça um débito próximo dos 500 l/min. Quando a equipa adota a posição de proteção, o porta-agulheta está a pulsar. Os elementos da equipa deitam-se para a frente, colocando a face rente ao piso. A agulheta continua o trabalho. Neste momento, o débito ainda se encontra entre os 100 l/min. e os 150 l/min. O porta-agulheta orienta rapidamente a agulheta para cima, na vertical, em direção ao teto do compartimento. Regula o difusor para jato difuso de proteção (roda tudo à esquerda). Regula o débito para o máximo possível – os 500 l/min (roda tudo à esquerda). Deste modo se forma uma cortina de proteção. O segundo elemento deve colocar-se rapidamente ao nível do porta-agulheta.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSET BLESA, José Miguel, s.d.. *Flashover: Desarrollo y control*. s.l.: RIB, Decision Support System, Swedish Rescue Services Agency [documento digital, em www.kume.cl, pesquisa de outubro de 2012].

CABO GOIKOURIA, Eusebio, BARRENETXEA AZPIROZ, Koldo, GARCÍA LARRAGAN, Jesús, 2003. *Desarrollo y Control de Incendios en Interiores*. Las Arenas, Bizkaia: Asociación Profesional de Técnicos de Bomberos.

GRIMWOOD, Paul, 2002. *Flashover and nozzle techniques*. s.l. (Destelbergen): Crisis and Emergency Management Centre [documento digital, versão 1.0, em www.firetactics.com, pesquisa de outubro de 2012].

GRIMWOOD, Paul, 2003. «FLASHOVER – a firefighter’s worst nightmare!», [documento digital, em www.firetactics.com, pesquisa de outubro de 2012].

GRIMWOOD, Paul, 2008. *Euro Firefighter*. West Yorkshire: Jeremy Mills Publishing.

LAMBALLAIS, Pierre-Louis, Tantad [Groupement International de Formateurs Flashover – CFBT] [<http://www.tantad.com>].

RAFFEL, Shan, 2004. *La Lecture du Feu* [documento digital, na tradução de Pierre-Louis Lamballais, versão 1.10, de 18.12.2004 [em www.flashover.fr, pesquisa de outubro de 2012].

REGIMENTO DE SAPADORES BOMBEIROS, ESCOLA DO REGIMENTO DE SAPADORES BOMBEIROS DE LISBOA, 1993. *Curso de Formação de Sapadores Bombeiros*, vol. I [texto policopiado].

SENLANNE, E., 2007. *Guide national de référence. Équipes en binômes: utilisations de lances à eau à main*. s.l.: Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles [documento digital, em www.flashover.fr, pesquisa de outubro de 2012].

<http://www.flashover.fr/>

<http://www.kume.cl>

<http://www.firetactics.com>

<http://www.tantad.com>



Prefácio	5
Introdução	7
1. O triângulo do fogo	9
1.1. Combustível.....	10
1.1.1. Combustíveis sólidos.....	10
1.1.1.1. Reação de pirólise	11
1.1.2. Combustíveis gasosos	12
1.2. Comburente.....	12
1.3. Energia de ativação	13
1.4. Reação em cadeia	14
2. Propagação e perceção do calor	17
2.1. Convecção	17
2.2. Radiação	17
2.3. Perceção da energia térmica	18
3. Domínio de inflamabilidade de um combustível	21
3.1. Limites de inflamabilidade	21
3.1.1. Limite inferior de inflamabilidade (LII)	22
3.1.2. Limite superior de inflamabilidade (LSI)	22
3.1.3. Zona de inflamabilidade	23
3.2. Fatores influentes no campo de inflamabilidade	24
3.2.1. Temperatura e pressão	24
3.2.2. Concentração de oxigénio	25
4. Tipos de chamas	27
4.1. Chamas de difusão	27
4.2. Chamas de pré-mistura	28
5. O fumo	31
5.1. Riscos do fumo	31
5.2. Produção de fumo em local confinado	32
6. Incêndios de interiores	35
6.1. Fontes de ignição	35

6.1.1. Fontes de ignição abertas	35
6.1.2. Fontes de ignição ocultas	36
6.1.3. Fontes de ignição intermitentes	36
6.2. Fatores influentes	37
6.2.1. Localização do foco de incêndio inicial	37
6.2.2. Ventilação do compartimento	39
6.2.3. Capacidade da estrutura para transmitir calor	39
6.2.4. Volume do compartimento, altura do teto	40
6.3. Indicadores da evolução do incêndio	40
6.3.1. Fumos	41
6.3.2. Pulsações	42
6.3.3. Calor	42
6.3.4. Chamas	42
6.4. Incêndio controlado pelo combustível e pelo comburente	44
6.5. Incêndio em local ventilado (<i>flashover</i>)	45
6.5.1. O flashover induzido pela ventilação	51
6.5.2. <i>Fire gas ignition</i>	53
6.6. Incêndio em local mal ventilado (<i>backdraft</i>)	54
6.6.1. Desenvolvimento do <i>backdraft</i>	56
6.6.2. Tempos e potência do <i>backdraft</i>	58
6.7. Diferenças entre <i>flashover</i> e <i>backdraft</i>	59
7. O combate aos incêndios	61
7.1. Utilização da água como agente extintor	61
7.1.1. Uso efetivo da água	62
7.2. Utilização de agulhetas	63
7.2.1. Tipos de jato	63
7.2.1.1. Jato direto	63
7.2.1.2. Jato difuso	65
7.2.2. Débitos	67
7.2.3. Tempos de aplicação do jato	68
7.2.3.1. Por pulsação	68

7.2.3.2. De curta duração	68
7.2.3.3. Contínuo	69
7.3. Técnicas de ataque no interior da habitação	69
7.3.1. Ataque direto	70
7.3.2. Ataque indireto	70
7.3.3. Ataque combinado	71
7.3.4. Ataque por arrefecimento dos gases da combustão	73
7.4. Preparação da equipa de ataque	74
7.4.1. Inspeção cruzada	74
7.4.2. Posição de progressão e ataque	75
7.4.3. Atitude da equipa de ataque	76
7.5. Protocolos de atuação da equipa de ataque	76
7.5.1. Preparação	76
7.5.1.1. Observação rotativa	77
7.5.1.2. Tocar na porta	77
7.5.1.3. Reforçar a porta	78
7.5.2. Abertura da porta	79
7.5.3. Entrada na habitação	81
7.5.4. Posicionamento no interior da habitação	81
7.5.5. Observação dos gases quentes no interior da habitação	82
7.5.6. Progressão no interior da habitação	83
7.5.7. Entrada no compartimento do incêndio	84
7.5.8. Atuação no compartimento do incêndio	85
7.5.8.1. Aplicação da técnica de ataque G/S (Gases/Sólido)	86
7.5.9. Posição de proteção	88
Referências Bibliográficas	91
Índice	93

