

ESTUDO DE CASO DE UM INCÊNDIO EM SILO DE SERRAGEM: CAUSAS DO SINISTRO E CONSEQUÊNCIAS PARA A ATIVIDADE DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS

Polliana Müller Giacomini¹

Vanderlei Vanderlino Vidal²

RESUMO

A explosão de pó em suspensão é um grande risco para os funcionários que trabalham em empresas que utilizam silos com a finalidade de armazenar os mais diversos materiais e resulta normalmente em situações muito mais perigosas que os incêndios comuns, porque se propagam consideravelmente mais rápido. Os funcionários e os próprios bombeiros que realizam o combate a incêndio nessas ocorrências muitas vezes não têm consciência dos perigos da poeira combustível. Outro fenômeno passível de ocorrer se deve às misturas híbridas, que são compostas por gás inflamável ou vapor e poeira combustível suspensa no ar. As misturas híbridas podem ser explosivas abaixo do limite inferior de inflamabilidade para caso do gás e vapor ou da concentração mínima para o risco de explosão de pó. De uma forma geral, a adição de um gás combustível a uma mistura de ar e pó torna a explosão ainda mais severa. Por esse motivo, para a realização do presente estudo foram exploradas as causas de um incêndio ocorrido no dia 14 de julho de 2015, na empresa Abrilar Indústria de Esquadrias LTDA, na cidade de Lontras – SC, envolvendo o silo de armazenagem de serragem. Na ocasião, após o combate a incêndio realizado pela guarnição do Corpo de Bombeiros Militar de Rio do Sul, dois funcionários que faziam a limpeza do silo foram atingidos por chamas provenientes de uma explosão na parte interior daquele. A partir do estudo das causas deste incêndio, foram averiguados os fenômenos da combustão que influenciaram a evolução da ocorrência, de modo a possibilitar a verificação das medidas operacionais e de segurança que devem ser tomadas, além de propor recomendações para a atividade de combate a incêndio em ocupações semelhantes.

Palavras-chave: explosão de pó; silo; combate a incêndio.

1 1º Tenente Bombeiro Militar do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina; Perita em Incêndio e Explosão; Bacharel em Fisioterapia pela UDESC; Especialista em Fisioterapia Dermatofuncional pela UENP; e-mail: polliana@cbm.sc.gov.br

2 Tenente-Coronel Bombeiro Militar do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina; Perito em Incêndio e Explosão; Bacharel em Administração pela UFSC; Especialista em Gestão Pública pela ESAG – UDESC; e-mail: vanderlino@cbm.sc.gov.br

1. INTRODUÇÃO

A deficiência de informações sobre as ocorrências que acontecem em silos resultam numa desinformação geral dos trabalhadores sobre as causas e as consequências desastrosas desses sinistros. Os dados obtidos em artigos especializados demonstram que o investimento voltado para a prevenção contra incêndio proporciona uma economia muito superior àquelas voltadas para a recuperação dos danos causados por uma explosão nessas edificações. (FLORENÇA, 2014)

A explosão de pó em suspensão é um grande risco para funcionários que trabalham em empresas que utilizam silos com a finalidade de armazenar os mais diversos materiais. Quando o pó combustível, que se apresenta disperso no ar em uma concentração adequada, sofre ignição, um incêndio instantâneo ocorre. Resultando em uma situação muito mais perigosa que os incêndios comuns, porque se propaga de modo mais rápido. Fala-se em deflagração, que é forte o suficiente para causar danos aos equipamentos e estruturas. Porém, quando esse incêndio instantâneo acontece em um local confinado, a pressão envolvida pode causar uma explosão e danificar, ou até mesmo destruir, o ambiente de confinamento. Nas indústrias, essa estrutura de confinamento pode ser um equipamento de processamento, um transportador, um coletor de pó, uma sala ou até mesmo um prédio inteiro. A pressão resultante da explosão primária pode dispersar o pó combustível que estava acumulado em outros locais, alimentando uma ou mais explosões subsequentes – as quais são, muitas vezes, mais destrutivas do que as primeiras. Além disso, as explosões secundárias podem continuar em sequência, atingindo assim toda a edificação. (OSHA, 2013)

No Brasil não foram encontradas estatísticas sobre as explosões de pó. Porém, nos Estados Unidos essas explosões são um problema sério para o setor industrial. Em 2006, a CSB (*U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board*) publicou um documento informando que nos 25 anos anteriores ao estudo pelo menos 281 incidentes envolvendo pó combustível foram relatados nos Estados Unidos, resultando em 119 trabalhadores mortos e 718 feridos, além da destruição de muitas instalações industriais. (CSB, 2006)

A CSB descobriu que a indústria e os profissionais de segurança americanos muitas vezes não têm consciência dos perigos da poeira combustível. Além disso, encontrou uma série de fatores comuns para os incidentes envolvendo poeira; entre estes, a não conformidade

com as normas da NFPA. Como resultado, as instalações não implementaram controles apropriados de engenharia, manutenção e organização que poderiam evitar as explosões. Ademais, a maioria dos estados americanos adota um dos dois códigos nacionais de incêndio, o IFC (*International Fire Code*) ou UFC (*Uniform Fire Code California Division of Occupational Safety and Health*), que incorporam, por meio das normas NFPA, princípios e práticas que podem ajudar a prevenir e mitigar as explosões de pó combustível. A orientação técnica nas normas NFPA é considerada amplamente eficaz, mas como o código de incêndios dos EUA permite que os estados adotem apenas partes de tal norma e as jurisdições locais podem aplicar códigos diferentes para cada Estado, a execução de mudanças abrangentes ou melhorias efetivas para resolver o problema das explosões de pó em escala nacional é difícil. A CSB também descobriu que, mesmo quando os códigos foram adotados, as autoridades de incêndio estaduais e locais raramente inspecionavam as instalações industriais para garantir a conformidade, somando-se a isso ainda o fato de os inspetores serem muitas vezes inadequadamente treinados para reconhecer os perigos de uma explosão de pó. O estudo da CSB concluiu que esses sistemas de códigos de incêndio sozinhos não podem servir como um mecanismo viável para reduzir os riscos de explosão de pó na indústria geral em todo o país. (CSB, 2006)

No Brasil as perícias de incêndio, e conseqüentemente os dados estatísticos, ainda são muito incipientes, de modo que não é possível apresentar números concretos relacionados à quantidade de ocorrências envolvendo acidentes dessa natureza. A mesma situação é encontrada no estado de Santa Catarina.

Nesse sentido, pode-se supor que a falta de dados estatísticos que apontem para o número de ocorrências envolvendo as explosões de pós combustíveis inviabiliza o aperfeiçoamento das táticas e técnicas de combate a incêndio, resultando em riscos elevados para a equipe que realiza o combate.

Por esse motivo, para a realização do presente estudo foram exploradas as causas de um incêndio ocorrido no dia 14 de julho de 2015, na empresa Abrilar Indústria de Esquadrias LTDA, na cidade de Lontras – SC, envolvendo o silo de armazenagem de serragem.

A partir do estudo das causas desse incêndio, foram averiguados os fenômenos da combustão que influenciaram na evolução da ocorrência, de modo a possibilitar a verificação das medidas operacionais e de segurança que devem ser tomadas, além de propor

recomendações para a atividade de combate a incêndio em ocupações semelhantes.

Dessa forma, este artigo pretende encontrar uma resposta para a seguinte problemática: o estudo dos fenômenos da combustão é capaz de nortear mudanças no atendimento operacional realizado pelas guarnições de combate a incêndio do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina?

O presente estudo teve como objetivo inquirir as causas do incêndio ocorrido no silo de serragem da empresa Abrilar Indústria de Esquadrias LTDA, na cidade de Lontras – SC, ocorrido no dia 14 de julho de 2015, e a partir deste definir as consequências para o atendimento das guarnições de combate a incêndio do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Para tanto foi realizada uma revisão do atendimento dessa ocorrência mediante um Estudo de Caso, bem como foram verificados os fenômenos da combustão ocorridos no incêndio, para assim propor recomendações para a atividade de combate a incêndio em ocupações semelhantes.

Quanto ao método de abordagem, este estudo utilizou o método dedutivo, que apresenta uma conexão descendente, partindo de teorias e leis mais abrangentes para fenômenos particulares. (MARCONI; LAKATOS, 2011)

Quanto à finalidade, foi utilizada a pesquisa aplicada, que é aquela voltada à aquisição de conhecimento para a utilização em uma situação específica. E, quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, elaborada com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis. (GIL, 2010)

O estudo utilizou-se da técnica de documentação indireta, incluindo uma pesquisa bibliográfica acerca do material já existente sobre o assunto. A pesquisa bibliográfica é exigida em quase todos os estudos e é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. (GIL, 2009)

2. ESTUDO DE CASO

No dia 14 de julho de 2015, a guarnição de serviço do Corpo de Bombeiros Militar de Rio do Sul – SC foi acionada para o atendimento de um incêndio em um silo de serragem (Figura 1a) na empresa Abrilar Indústria de Esquadrias LTDA, na cidade de Lontras – SC. O incêndio foi combatido mediante o acesso por uma escotilha localizada na parte superior do

siló, utilizando-se uma linha de ataque oriunda do sistema hidráulico preventivo da própria empresa, com pressão aproximada de 15 m.c.a., tendo conectado na extremidade um esguicho agulheta. O combate foi realizado em aproximadamente 45 a 60 minutos. Após o controle das chamas e da fumaça, a guarnição deixou o local.

Logo depois do combate, dois funcionários da empresa iniciaram a limpeza do siló, que seria feita com a retirada de todo o material armazenado dentro dele. Para a limpeza foi utilizada uma caixa de madeira, levantada por uma empilhadeira (Figuras 2a e 2b), para dar acesso às escotilhas (Figura 1b). De dentro da caixa de madeira os dois funcionários efetuavam a limpeza do siló utilizando um gadanho para retirar o material.

Figura 1 – Siló da empresa Abrilar Indústria de Esquadrias LTDA.



1a) Vista frontal.
Fonte: da autora



1b) Vista inferior – escotilhas.

Figura 2 – Empilhadeira e caixa de madeira



a) Empilhadeira utilizada na limpeza do silo.



b) Caixa de madeira içada pela empilhadeira para aproximar os funcionários das escotilhas.

Fonte: da autora

Aproximadamente 6 (seis) minutos após a guarnição de serviço do Corpo de Bombeiros Militar de Rio do Sul ter deixado o local houve uma explosão que acabou vitimando os dois funcionários que efetuavam a limpeza do silo – em decorrência das queimaduras um deles veio a óbito no dia seguinte à ocorrência e o outro, 18 (dezoito) dias depois.

A situação descrita mostra que existe uma urgente necessidade de se estudar os fenômenos da combustão envolvidos nas ocorrências de combate a incêndio em silo de serragem e em situações semelhantes, de modo que seja possível determinar as causas que levaram à explosão e, por fim, retroalimentar o Ciclo Operacional de Bombeiro, em especial na sua fase Ativa /Combate.

3. ESTUDO DOS FENÔMENOS DA COMBUSTÃO RELACIONADOS COM O EVENTO

A *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) fez uma breve investigação sobre os fenômenos da combustão envolvidos em algumas ocorrências em que a presença de pó combustível foi determinante para acarretar lesões e mortes de bombeiros e funcionários que estavam relacionados com esses atendimentos. Entre os fenômenos

envolvidos pode-se destacar, além de pó combustível, gases inflamáveis, vapor ou a combinação desses fatores, bem como a súbita entrada de ar nos locais confinados e que continham pó combustível. (OSHA, 2013)

3.1. EXPLOSÃO

Em geral, uma explosão pode ser definida como a conversão súbita do potencial de energia química em energia física na forma de pressão, calor, luz e, por vezes, são gerados ou liberados gases a partir da reação química. Essa conversão assume uma variedade de formas, e a energia liberada pode exibir uma gama de efeitos. Os processos envolvidos e a velocidade com a qual a reação progride dependem não só da química dos materiais existentes, mas também da sua forma física e do ambiente em que se encontram. (DEHAAN, 2007)

Segundo Oliveira (2005), as explosões podem ser do tipo químico, mecânico, atômico ou térmico.

As explosões químicas são reações de combustão muito rápidas e classificam-se em detonações e deflagrações. Nas detonações, a propagação das chamas se dá na velocidade do som ou superior; nas deflagrações, a propagação ocorre na velocidade inferior à velocidade do som, porém ambas resultam em ondas de pressão consideráveis. Um exemplo de detonação é uma explosão de dinamite, já os casos de deflagração acontecem em explosões de nuvens de gases ou pós combustíveis. As explosões químicas ocorrem com menos de 25% do volume do ambiente ocupado por mistura inflamável e somente mediante uma fonte de ignição. (OLIVEIRA, 2005)

As explosões mecânicas costumam ocorrer em caldeiras ou vasos de pressão e normalmente se dão por fadiga das paredes dos recipientes sob pressão, falhas de manutenção e falta ou falha dos dispositivos de alívio dessa pressão. (OLIVEIRA, 2005)

As explosões atômicas ou nucleares ocorrem como resultado da fissão ou fusão nuclear. E as explosões térmicas são geradas quando um material instável se decompõe, produzindo gases e calor em grande velocidade. (OLIVEIRA, 2005)

3.2. EXPLOSÃO DE PÓ

As poeiras foram tradicionalmente definidas como materiais de 420 μ m ou menores, contudo, por razões de coerência com outras normas, o tamanho de 500 μ m é atualmente mais aceito. As partículas combustíveis sólidas com dimensões superiores a 500 μ m geralmente oferecem um risco menor de deflagração. Muitas partículas acumulam carga eletrostática durante o manuseamento, atraindo-se umas às outras e formando aglomerados, os quais se assemelham a partículas maiores, mas quando estão dispersos eles apresentam um risco significativo de explosão. (NFPA, 2013)

A maior parte dos materiais sólidos orgânicos, bem como muitos metais e alguns materiais inorgânicos não metálicos, podem queimar ou explodir quando finamente divididos e dispersos em concentrações suficientes para tal. É possível fabricar intencionalmente o pó combustível ou gerá-lo através do manuseio e processamento de materiais combustíveis sólidos, tais como madeira e plástico. Por exemplo, ao polir, moer, transportar e moldar, muitos desses materiais são capazes de produzir partículas extremamente pequenas, que facilmente se espalham pelo ar e acumulam sobre superfícies, fendas, coletores de pó ou outros equipamentos, e, quando movimentadas, podem gerar nuvens de poeira potencialmente explosivas. (CSB, 2006)

Para que uma explosão de pó ocorra, é necessária a presença simultânea de dois elementos adicionais ao conhecido triângulo do fogo (combustível, fonte de calor e comburente), a saber, o pó em suspensão e o confinamento. O pó em suspensão queima mais rapidamente, e o confinamento permite o acúmulo de pressão. A remoção do pó em suspensão ou do confinamento impede uma explosão, apesar de ainda ser possível haver um incêndio. (CSB, 2006)

Para uma explosão ocorrer, a concentração de pó em suspensão deve estar dentro de um limite explosível. Essa condição é análoga ao limite de inflamabilidade utilizado para os gases ou vapores (tais como gás natural e propano). As explosões de pó podem ser bastante enérgicas, criando poderosas ondas de pressão capazes de destruir edifícios e arremessar pessoas em uma sala. As pessoas atingidas em explosões de pó costumam sofrer queimaduras pelo calor intenso ou podem ser feridas por objetos arremessados. (CSB, 2006)

A explosividade de um pó é normalmente caracterizada pela sua pressão máxima de

explosão, pela velocidade máxima de aumento de pressão e pela concentração mínima de explosão. Esses parâmetros são obtidos a partir de ensaios de explosão realizados em reatores fechados sob uma vasta gama de concentrações, com a fonte de ignição colocada no centro do reator. (PILÃO, 2002)

As explosões de pó podem ser primárias ou secundárias. Uma explosão de pó primária ocorre quando a poeira em suspensão, confinada dentro de um recipiente, sala, ou peça de equipamento, é inflamada e explode. Já a explosão secundária acontece quando a poeira acumulada no chão ou em outras superfícies é inflamada por uma explosão primária. A onda de choque da explosão secundária pode acumular poeira em outros locais e, se estiver em suspensão no ar, gerar explosões de pó adicionais. Dependendo da extensão dos depósitos de pó, uma explosão primária fraca é capaz de ocasionar poderosas explosões secundárias. (CSB, 2006)

Explosão é a liberação rápida e abrupta de energia, podendo acarretar uma deflagração ou uma detonação, dependendo da velocidade de reação e consoante a velocidade de propagação da frente de chama resultante seja subsônica ou supersônica. (GLASSMAN, 1996 apud PILÃO, 2002) A maioria das explosões de pós resulta em deflagrações. A energia liberada durante a explosão eleva a temperatura do sistema tão rapidamente que existe um aumento proporcional da pressão do sistema. (HERTZBERG; CASHDOLLAR, 1987 apud PILÃO, 2002)

Sá (2014 apud Florença, 2014) esclarece que quando do acontecimento de uma detonação, a energia calorífica produzida será dissipada fazendo com que mais pó depositado em outros ambientes entre em suspensão e, ao encontrar no percurso o foco calorífico, gera imediatamente uma combustão, vindo a estabelecer uma série de outras detonações (explosões secundárias) que se espalham para outros locais da edificação através de condutos dos elementos de comunicação.

Nesse caso, as partículas, apresentando uma superfície específica grande em relação ao seu volume e à sua massa, rapidamente passam pela oxidação, o que acaba por contribuir com o aumento do volume gasoso do ambiente, sendo que esse volume, estando concentrado em um local exíguo, não consegue aliviar as pressões geradas e produz então explosões finais e catastróficas em razão da resistência do recinto, podendo chegar a elementos que interligam os mais diversos setores da linha de produção, tais como um elevador, uma rosca

transportadora, uma rede de dutos de ventilação, o que faz com que as áreas vizinhas sejam agitadas pelas vibrações subsequentes. (FLORENÇA, 2014)

A melhor maneira de prevenir explosões de poeiras secundárias é minimizar o acúmulo de pó, impedindo os vazamentos de poeira, utilizando coletores de pó, eliminando o pó das superfícies onde se acumula e selando as áreas de difícil limpeza. No entanto, devem ser usados equipamentos e técnicas apropriados para limpar o pó acumulado. Cuidados precisam ser tomados para minimizar as nuvens de poeira, e apenas aspiradores especiais para locais com a presença de pó combustível podem ser usados. (CSB, 2006)

Nos incêndios, é utilizada a água como agente extintor, porém resulta em um processo de limpeza posterior que é demorado e, em alguns casos, com perdas de patrimônios que serão inutilizados de forma irreversível. (FLORENÇA, 2014)

3.3. MISTURAS HÍBRIDAS

As misturas híbridas são compostas por gás inflamável ou vapor e poeira combustível suspensa no ar e podem ser explosivas abaixo do limite inferior de inflamabilidade para caso do gás/vapor ou da concentração mínima para o risco de explosão de pó. Potenciais fontes de gás e vapor inflamáveis incluem tubos de combustível para equipamento de aquecimento, tanques de combustível em equipamentos de manuseio de materiais e recipientes com líquidos inflamáveis. O gás inflamável ainda pode surgir como produto da combustão em um incêndio misturado com o pó em suspensão. Por exemplo, o monóxido de carbono é um produto da combustão incompleta e é um gás tóxico e inflamável, sem chamas, frequentemente produzido em quantidades perigosas em incêndios. Qualquer gás ou vapor inflamável pode formar misturas híbridas com o pó combustível. Essas misturas muitas vezes migram e acabam ficando presas nas edificações ou nos equipamentos, por tal motivo as guarnições devem estar cientes dos locais que formam potenciais armadilhas devido a misturas híbridas. (OSHA, 2013)

A adição de um combustível gasoso a uma mistura de ar e pó naturalmente aumenta o risco de explosão, se tal combustível for mais facilmente inflamável que o pó. Como as energias de ignição para combustíveis gasosos no ar são bastante inferiores às dos pós, a adição de uma pequena quantidade de combustível gasoso tem um efeito bastante acentuado

na inflamabilidade das misturas. (PILÃO, 2002)

De uma forma geral, a adição de um gás combustível a uma mistura de ar e pó torna a explosão mais severa, deslocando a concentração ideal para valores inferiores e a pressão máxima para valores superiores, quando comparados com os valores correspondentes ao sistema ar e pó, sendo assim, alarga-se o limite de inflamabilidade. Também se verifica que o efeito no comportamento explosivo, provocado pela adição do gás combustível, é mais acentuado para pós pouco reativos do que naqueles altamente reativos. E, por fim, estudos desenvolvidos com misturas híbridas de metano e carvão têm sugerido que a energia mínima de ignição diminui relativamente nessas misturas, o que poderia se estender para as demais misturas híbridas. (PILÃO 2002)

4. CONSEQUÊNCIAS PARA A ATIVIDADE OPERACIONAL

A partir do estudo dos fenômenos da combustão foi possível verificar que a explosão que ocorreu durante a limpeza do silo da empresa Abrilar Indústria de Esquadrias LTDA, na cidade de Lontras – SC, no dia 14 de julho de 2015, após o combate a incêndio realizado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Rio do Sul, possivelmente foi resultante de uma explosão devido à mistura híbrida – pó de serragem e gases da combustão decorrentes do incêndio inicial.

Nesse sentido, a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) faz uma série de recomendações para a atividade operacional a fim de evitar ou minimizar as consequências de uma explosão de pó. Essas recomendações serviram de embasamento para traçar as consequências deste Estudo de Caso para a atividade operacional no CBMSC, como pode ser verificado a seguir.

Segundo a OSHA (2013), todos os anos um elevado número de pessoas se fere ou acaba morrendo durante as operações de emergência envolvendo poeira combustível. Em alguns casos, as lesões e mortes ocorrem por informação ou treinamentos inadequados quanto às características explosivas da poeira combustível, o que aumenta o desafio de lidar com incidentes dessa natureza. Sendo assim, tornam-se essenciais a prevenção e a informação dos funcionários, dos proprietários, das equipes de socorro e da comunidade em geral.

As operações de combate a incêndio podem aumentar a chance de ocorrer uma

explosão de pó se forem utilizadas táticas que causem nuvens de poeira ou que introduzam ar, criando uma atmosfera explosiva; se forem aplicados agentes extintores incorretos ou incompatíveis; ou se utilizados equipamentos ou ferramentas que possam se tornar uma fonte de ignição. (OSHA, 2013)

Ainda na fase de preparação, que antecede o evento, devem ser realizados levantamentos sobre as instalações com riscos especiais. Isso possibilitará às equipes que farão o atendimento das ocorrências o conhecimento de riscos, métodos adequados para lidar com as situações de emergência, bem como os recursos necessários ou que auxiliem o combate. As equipes precisam também tratar o pó combustível como um perigo especial e devem conhecer os locais onde o pó poderá estar acumulado. (OSHA, 2013)

O pó combustível pode se acumular em grandes quantidades em qualquer superfície, muitas vezes até mesmo em componentes estruturais ou em locais em que é difícil perceber ou limpar. Historicamente, esses acúmulos estão associados a uma cascata de explosões secundárias que levam a maiores perdas. A equipe deve considerar todos os espaços – tanto expostos como ocultos e em qualquer elevação – em que haja possibilidade de acúmulo de pó combustível. (OSHA, 2013)

Durante o combate a um incêndio, uma das primeiras decisões é escolher entre as opções de ataque: ofensivamente ou na defensiva. Uma rápida avaliação de riscos deve ser conduzida com as informações disponíveis. Isso se torna mais importante durante as respostas que envolvem materiais sujeitos a incêndios ou explosões incluindo poeiras combustíveis devido à velocidade da combustão e as grandes áreas de exposição. (OSHA, 2013)

Uma consideração a se levar em conta para decidir sobre o modo de ataque é a estabilidade estrutural do edifício ou equipamento envolvido. Por definição, uma explosão provoca danos estruturais ao recinto em confinamento. No entanto, mesmo um incêndio pode enfraquecer componentes estruturais devido ao intenso calor envolvido. (OSHA, 2013)

Mensurar a possibilidade de uma nuvem de poeira causar uma explosão é algo muito difícil. Existem equipamentos para medir níveis passíveis de explosão de gases e vapores inflamáveis, mas nenhum deles é capaz de mensurar poeiras combustíveis. Uma regra de ouro pode ser utilizada nesses casos: se a nuvem de poeira encobre totalmente a fonte de luz a uma distância de 1,8 a 2,7 metros, deve-se tratar como se estivesse na faixa de perigo de explosão e considerar a evacuação da área. (OSHA, 2013)

Do mesmo modo, é complicado prever precisamente o limite de explosividade de uma mistura híbrida, pois há infinitas combinações de concentrações de gases e poeira, e suas quantidades podem não ser uniformes ao longo de uma nuvem de poeira. (OSHA, 2013)

A principal precaução na escolha dos agentes extintores é usar apenas os que são compatíveis com os materiais presentes, tanto aqueles que estão queimando como os que estão nas proximidades. Por exemplo, utilizar água ou quaisquer agentes à base de água (como espuma) para o combate a incêndio de combustíveis metais, tais como magnésio, alumínio e titânio, pode resultar em uma reação e até mesmo numa explosão. Metais alcalinos, tais como sódio e potássio, também reagem violentamente com a água. (OSHA, 2013)

Se os materiais incendiados são todos pertencentes à classe A, deve-se considerar o uso de agentes surfactantes. Estes reduzem a tensão superficial da água e a ajudam a penetrar e extinguir incêndios profundos, particularmente aqueles em materiais densamente compactados. (OSHA, 2013)

Quando existem múltiplos combustíveis envolvidos em um incêndio, sem que haja um agente extintor único disponível capaz de extinguir todos os combustíveis e se estes não puderem ser separados, provavelmente será necessário tomar uma postura defensiva de ataque e permitir que o fogo queime por si próprio. (OSHA, 2013)

As principais considerações com operação dos jatos de água são para evitar a criação de nuvens de poeira combustíveis ou a introdução de mais ar. Em particular, a utilização de jatos compactos pode dispersar o pó e prejudicar o combate. O uso de jato neblinado é capaz de mover grandes quantidades de ar, razão pela qual os bombeiros costumam usá-los para ventilar espaços. A melhor maneira de aplicar os jatos da água é o mais suavemente possível (Figura 3). Nos casos em que for necessário o combate a distância, o jato compacto deve ser usado a uma distância segura. (OSHA, 2013)

Figura 3 – Maneira de aplicar o jato de água para o combate em locais com pó combustível



Fonte: OSHA, 2013

O acesso ao interior dos equipamentos ou locais de armazenagem de pó combustível torna-se perigoso devido à possibilidade de deslocar a poeira, o que poderia criar um imediato risco de explosão. Ao entrar em algum equipamento, é necessário proteger os bombeiros nas proximidades com um jato de cobertura. Esse acesso também pode introduzir fluxo de ar adicional favorecendo um incêndio ou uma explosão. Por isso, é importante conhecer completamente as ramificações antes de acessar o local, bem como se deve considerar o momento adequado para realizar a ventilação e o desligamento de energia. (OSHA, 2013)

Uma câmera de imagem térmica pode ser uma ferramenta valiosa nessa situação. Ela consegue fornecer informações sobre onde os materiais ocultos estão localizados e, assim, ajudar na decisão sobre o momento para realizar o acesso. (OSHA, 2013)

Os sistemas de coleta de poeira existentes nas indústrias normalmente utilizam pressão negativa, coletando a poeira com exaustores, pontos de extração e dutos. Romper ou abrir a canalização dos sistemas de pressão negativa durante a operação de combate a incêndio não deveria liberar muita poeira, mas provavelmente vai reduzir a velocidade do ar e causar o acúmulo da poeira dentro dos dutos. Cada sistema é diferente, no entanto, as atividades de planejamento devem considerar as características específicas do sistema em questão. Nota-se que os ciclones são especialmente propensos a acumular poeira combustível de modo significativo, por isso a resposta de emergência envolvendo esses componentes deve ser bem pensada. (OSHA, 2013)

Os bombeiros usam regularmente a ventilação como uma tática para remover calor e fumaça durante o combate ao incêndio. Porém, quando existe a presença de poeira combustível, a ventilação, se mal realizada, pode ter consequências catastróficas. (OSHA, 2013)

Comumente as fontes de energia são desligadas no início da operação de combate. Nesse caso, deve-se garantir que o desligamento da energia é apropriado ou, pelo menos, considerar o momento adequado para o desligamento. Para isso a equipe tem de compreender todas as implicações do desligamento da energia sobre a cadeia de produção antes de tomar tais decisões. (OSHA, 2013)

Os coletores de poeira são equipamentos utilizados na indústria para remover as partículas de poeira. É nos coletores que frequentemente ocorrem as explosões de pó combustível, fato este que se deve por razão de os coletores capturarem e armazenarem partículas de poeira fina que tendem a ser extremamente inflamáveis. (OSHA, 2013)

Os bombeiros devem saber que uma quantidade perigosa de poeira estará presente na parte inferior de cone de um ciclone e, por tal motivo, sempre que se aproximarem de um ciclone deverão fazê-lo sabendo que existe o risco potencial para uma explosão interna em qualquer momento. (OSHA, 2013)

É importante lembrar que o rescaldo constitui uma parte integrante do combate ao incêndio, uma vez que este não pode ser considerado extinto se ainda restarem condições para se reacender. Para a eliminação dos focos de incêndio é necessário remover os materiais e verificar se ainda existem focos de incêndio ocultos. (CASTRO; ABRANTES, 2005) O rescaldo é uma ação descontínua e morosa na qual os materiais serão removidos e alguns até mesmo transportados para outros locais, de modo que os bombeiros só abandonam o local sinistrado quando a extinção for completa. (AMORIM, 1982) Nos casos de incêndios envolvendo serragem o rescaldo é essencial e necessita da completa retirada do material para outro local, seguro, bem como o resfriamento mediante a aplicação de água, se possível com o emprego de surfactantes para quebrar a sua tensão superficial e facilitar a penetração no material.

No dia 3 de outubro de 2015, um novo incêndio ocorreu no silo da empresa Abrilar Indústria de Esquadrias LTDA. Nessa ocasião, as guarnições de serviço do Corpo de Bombeiros Militar de Rio do Sul e Corpo de Bombeiros Voluntários de Ibirama atenderam a

ocorrência optando por realizar o combate pela parte de baixo do silo, mediante a aplicação de jato neblinado sobre a serragem que caía das escotilhas inferiores. Concomitantemente, pela porta de acesso lateral, foi montada uma linha de ataque para combater as chamas na parte de cima do silo. O combate feito dessa maneira mostrou-se mais eficaz e seguro.

Figura 4 – Combate a incêndio no silo de serragem



Fonte: 2º Ten BM Bruno Golin Sprovieri

CONCLUSÃO

Ficou evidente, com a realização do presente estudo, que as explosões de pós combustíveis e as misturas híbridas representam um risco potencial para os funcionários das empresas que trabalham com esse tipo de material, bem como para as equipes de bombeiros que realizam o combate aos eventuais incêndios.

A partir do estudo de caso envolvendo o atendimento da ocorrência de incêndio no silo da empresa Abrilar Indústria de Esquadrias LTDA, na cidade de Lontras – SC, ocorrido no dia 14 de julho de 2015, foi possível identificar que os fenômenos da combustão se deram devido à presença de pó combustível e à mistura híbrida – pó de serragem e gases da combustão decorrentes do incêndio inicial.

Com a realização do estudo de caso e do estudo dos fenômenos da combustão

envolvidos foi possível propor recomendações para a atividade de combate a incêndio em ocupações semelhantes, que devem levar em consideração as características de cada edificação, bem como a tática e técnica empregadas no combate.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Walter Vasconcelos. **Combate a Incêndio e Salvamento: Manual para Bombeiro**. 2 ed. Brasília: [s.n.], 1982.

CASTRO, Carlos Ferreira; ABRANTES, José M. Barreira. **Combate a Incêndios Urbanos e Industriais**. 2 ed. Sintra: Europam, 2005.

DEHAAN, John D. **Kirk's Fire Investigation**. 6 ed. Upper Saddle River: Pearson – Prentice Hall, 2007.

FLORENÇA, Valdir. **Segurança contra incêndios em silos de armazenagem de grãos**. 2014. 162 f. Monografia. (Pós-Graduação em Gestão Pública: Estudos Estratégicos no CBMSC), Universidade do Estado De Santa Catarina – UDESC, Florianópolis – SC, 2014.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

_____. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2009.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Atlas, 2011.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 654: Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids**. Quincy, 2013.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. **Firefighting Precautions at Facilities with Combustible Dust**. [S.l]: OSHA, 2013. 30p.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndio estrutural:** Comando e controle em operações de incêndio. Florianópolis: Editograf, 2005.

PILÃO, Rosa Maria Barbosa Rodrigues. **Estudo da Explosão de Pó de Cortiça.** 2002. 227 f. Dissertação. (Doutorado em Ciências de Engenharia) Universidade do Porto, Porto, 2002.

U.S. CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD. **Investigation Report:** Combustible Dust Hazard Study. [S.l.], CSB, 2006. 118 p.

ZALOSH, Robert. **Dust Explosion Fundamentals:** Ignition Criteria and Pressure Development. Firexplo . Wellesley, MA, 2011.