

INTRODUÇÃO.

Neste trabalho procuramos focar os efeitos dos incêndios e explosões que acontecem com poeiras em suspensão ou acumuladas cujos efeitos podem ser de uma ou outra situação, inicialmente daremos um enfoque técnico abrangendo os materiais objeto de nosso trabalho.

Como nossa atividade esta bastante vinculada à Agro Industria, e de madeiras, nossos exemplos são destas áreas porém, lembramos que situações tão ou mais graves com poeiras explosivas acontecem também nas indústrias química, farmacêutica e metal mecânica entre outros.

Eng. Ary de Sá

Especialista em controle de poeiras explosivas.

End. arysa@cpovo.net.

Fones 51 3212 3427

9642 0381

1. INCÊNDIOS

Os incêndios ocorrem com quaisquer materiais combustíveis, porém, para que tal aconteça é necessário que a quantidade de material combustível seja muito grande, e as partículas, tenham pouco espaço entre si, impedindo um contato direto e abundante com o oxigênio do ar . As partículas devem, porém estar afastadas entre si, de maneira que apesar da existência da fonte de ignição e da conseqüente combustão local , não seja permitida a propagação instantânea do calor de combustão às partículas localizadas nas camadas mais internas, devido a insuficiência de ar. Desta forma, a queima se dá por camadas, em locais onde poeiras estejam depositadas ao longo das jornadas de trabalho, ou numa das seguintes formas:

- **Empilhados**
- **Em camadas**
- **Armazenados em tulhas**
- **Depósitos**
- **Outros**

A ignição que ocorre em camadas, deve ser controlada com cuidado, para evitar que o material depositado em estruturas, tubulações e locais de difícil visualização e limpeza, sejam colocados em suspensão, formando a nuvem de poeira , que evoluirá para explosão pois há no ambiente os fatores de deflagração da mesma, isto é fogo e energia. O incêndio por camadas, outrossim é de difícil extinção, podendo prolongar-se por várias horas após sua extinção.

2. EXPLOSÕES

Ocorrem freqüentemente em unidades processadoras em referência, onde as poeiras tenham propriedades combustíveis; é necessário, porém que as mesmas estejam dispersas no ar e em concentrações adequadas. Isto ocorre em pontos das instalações onde haja moagem, descarga, movimentação, transporte etc., desde que sem controle de exaustão e desde que, obviamente existam os fatores desencadeantes.

Ocorrem freqüentemente em instalações onde são processadas:

Farinhas de : **trigo, milho, soja, cereais etc.**

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

Particulados : açúcar, arroz chá, cacau, couro, carvão, madeira, enxofre, magnésio, eletrometal (ligas)

2.1. EXPLOSÕES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS

A poeira depositada ao longo do tempo nos mais diversos locais da planta industrial, quando agitada ou colocada em suspensão e na presença de uma fonte de ignição com energia suficiente para a primeira deflagração, poderá explodir, causando vibrações subseqüentes pela onda de choque, isto fará com que mais pó depositado entre em suspensão e mais explosões aconteçam, cada qual mais devastadora que a anterior, causando prejuízos irreversíveis ao patrimônio, paradas no processo produtivo e o pior, vidas são ceifadas ou ficam alijadas de sua capacidade elaborativa com as conseqüências por todos conhecidas (incapacidades totais e permanentes)

3. TRANSFORMAÇÃO DE INCÊNDIO EM EXPLOSÃO

A mudança de incêndio para explosão, pode ocorrer facilmente, desde que poeiras depositadas nas cercanias do fogo, sejam agitadas, entrem em suspensão, ganhem concentração mínima, e como o local já esta com os ingredientes necessários, o próximo passo é o desencadeamento das subseqüentes explosões. Ao contrário, se as poeiras em suspensão causarem uma explosão, as partículas de poeira que estão queimando saem da suspensão e espalham o fogo. Nestes termos os danos podem ser consideravelmente maiores evoluindo ainda para incêndios.

ENSAIO DE COMBUSTIVIDADE COM POEIRAS.



O material à esquerda é um grão convencional de industria agrícola e que após passar por uma peneira, resultou na poeira à direita, poeira esta de propriedades inflamáveis, obtidas em laboratório para ensaio, para fins de ensaios de explosividade.



Teste de combustividade do material, embora não haja contato entre a chama e o material depositado no disco de amianto, o pó libera seus voláteis que com um fator inicializante adequado podem entrar em combustão ou em ambientes confinados resultar em explosões.

As misturas combustíveis finamente pulverizadas são, em geral muito perigosas. Os depósitos de poeira combustíveis sobre vigas, sobre máquinas em torno dos locais de transferencia no transporte, são suscetíveis de incendiar com chamas. Ao entrar em ignição, as poeiras combustíveis suspensas no ar

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

podem produzir fortes explosões. Por outra parte, se as poeiras são agentes oxidantes e se acumulam sobre superfícies combustíveis, o processo de combustão se acelera consideravelmente no caso de incêndio. Si se mistura um agente oxidante finamente pulverizado com outras poeiras combustíveis, a violência da explosão resultante será muito mais grave que se faltasse tal agente oxidante. Para sufocar ou deter os incêndios ou deflagrações de poeiras combustíveis se empregam materiais inertes, tais como a pedra cal, gases inertes etc.

Embora as explosões de poeiras se tenham contabilizado desde 1795 e os métodos para controlá-las tenham sido publicados, ainda hoje seguem produzindo graves acidentes. Em menos de uma semana, produziram-se importantes explosões em armazéns de grãos em dezembro de 1977, com 54 vítimas fatais. Nos meses seguintes foi contabilizado outras explosões com número adicional de mortes.

3.1. FATORES QUE INFLUEM SOBRE A EXPLOSÃO DE PÓ

A possibilidade da explosão de uma nuvem de pó está condicionada pela dimensão de suas partículas, sua concentração, as impurezas, a concentração de oxigênio e a potência da fonte de ignição.

As explosões de pó se produzem frequentemente em série; muitas vezes a deflagração inicial e muito pequena em quantidade, porém de suficiente intensidade para colocar o pó das cercanias em suspensão, ou romper peças de máquinas ou instalações dentro do edifício, como os coletores de pó, com o que se cria uma nuvem maior através do qual podem se propagar explosões secundárias. Não é raro, produzir-se uma série de explosões que se propaguem de um edifício a outro.

RISCOS DAS POEIRAS CATÁSTROFE RECENTE.



Explosões recentes causadas por poeiras de cereais, neste caso os danos provocados foram aos pavilhões, aos equipamentos de beneficiamento e aos elementos transportadores, o que evidencia que a explosão iniciou dentro internamente, ganhando propagação e aumentando seus efeitos até atingir os pavilhões que foram os finais.

O perigo de uma classe determinada de poeira está relacionado com sua facilidade de ignição e com a gravidade da explosão resultante. Para tal, foi criado nos EE.UU. um equipamento experimental para testar poeiras explosivas, com sensores diversos para permitir conhecer as características das poeiras explosivas. A sensibilidade de ignição é função da temperatura de ignição e da energia necessária, enquanto que a gravidade de explosão vem determinada pela pressão máxima de explosão e pela máxima velocidade de crescimento da pressão. Para facilitar as comparações dos dados de explosividade derivados dos ensaios mencionados, todos os resultados se relacionam com uma poeira de carvão conhecida como de "Pittsburg" tomando uma amostra uma concentração de $0,5 \text{ kg/ m}^3$, kg de pó de carvão por m^3 de ar, exceto dos pós metálicos.

A Sensibilidade de ignição (**Si**) e a gravidade de explosão (**Ge**) se definem da seguinte forma.

Si = **Ti** x **E min.** x **Conc. min.** do pó "Pittsburg" / **Ti** x **E min.** x **Conc. min.** (pó em teste).

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

Ge. = Ti. x E min. x Conc. min. (pó em teste). / Ti. x E min. x Conc. min. (do pó "Pittsburg").

Índice de explosividade (**le.**) é o produto da (**Si. x Ge.**). Pelo qual nos é permitido classificar os riscos relativos da poeira como segue:

Tipo da Explosão	Si	Gi.	le.
(P) Pequena	< 0,2	< 0,5	< 0,1
(M) Moderada	0,2 - 1,0	0,5 - 1,0	0,1 - 1,0
(F) Forte	1,0 - 5,0	1,0 - 2,0	1,0 - 10
(MF) Muito forte	> 5,0	> 2,0	> 10

As próximas tabelas mostram os valores:

le. Índice de Explosividade	Ge. Gravidade de Explosão
Si. Sensibilidade de ignição	Pmp. Pressão máx. de expl. Kg/Cm²
Ge. Gravidade de explosão	Vmp. Velocidade Max. de aumento da pressão. Kg/Cm²
T1. Temp. ig. do leito °C.	T2. Temp. Ig. da nuvem °C.
E. Energia de ignição Joules	C. Concentração Gr/m³ P.% de O₂ mínimo.

ALGUMAS POEIRAS AGRÍCOLAS (Outras consultar o manual da NFPA)

Tipo de pó	le.	Si.	Ge.	Pmp	Vmp	T1	T2	E	C	P
Açúcar em pó	9,6	4	2,4	7,6	350	370	400 ⁽³⁾	0,03	46,7	-
Algodão bruto	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5,1	28	520	-	1,9	519	C21
Alho desidratado	0,2	0,2	1,2	4	91	360	-	0,24	104	-
Amido de milho	9,5	2,8	3,4	7,4	525	400	-	0,04	46,7	-
Amido de milho malha 325	23,2	4,3	5,4	10	665	390	350	0,03	41,5	C11
Amido de trigo	17,7	5,2	3,4	7	455	430	-	0,03	46,7	C12
Amido de trigo tratado	35	10,6	3,3	8,2	455	380	-	0,03	31,1	-
Arroz	0,3	0,5	0,5	3,3	49	510	450	0,1	88,2	-
Cacau 19% gordura	0,6	0,5	1,1	4,8	84	510	240	0,1	77,8	-
Café Instantâneo	< 0,1	0,1	0,1	4,8	35	410	350	-	290	-
Café torrado	< 0,1	0,2	0,1	2,7	10,5	720	270	0,2	88,2	C17
Canela	5,8	2,5	2,3	8,5	273	440	230	0,03	62,2	-
Casca de amêndoa	0,3	0,9	0,3	7,1	98	450	210	0,08	67,4	-
Casca de amendoim	4	2	2	8,2	560	460	210	0,05	46,7	-
Casca de arroz	2,7	1,6	1,7	7,6	280	450	220	0,05	57	-
Casca de coco	4,2	2	2,1	8,1	2,9	470	220	0,06	36,3	-
Casca de noz de cacau	13,7	3,6	3,8	5,4	231	470	370	0,03	41,5	-
Casca de semente de pêssego	7,1	3,1	2,3	8,1	329	440	210	0,05	31,1	-
Casca noz preta	5,1	3	1,7	7,9	280	450	220	0,05	31,1	-
Cebola desidratada	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,5	35	410	-	-	135	-
Celulose	2,8	1	2,8	9,1	315	480	270	0,08	57,4	C13
Celulose alfa	>10	2,7	4	8,2	560	410	300	0,04	46,7	-

3.3. DIMENSÕES DA PARTÍCULA.

Quanto menor for a dimensão da partícula de pó, é mais fácil a nuvem entrar em ignição, visto ser maior a superfície exposta por unidade de peso da matéria (superfície específica). As dimensões da partícula influem também sobre a velocidade de crescimento da pressão: para uma concentração dada de pó em peso, um pó formado por partículas grossas mostra uma velocidade de aumento de pressão mais baixa

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

que o mesmo pó fino. A concentração mínima necessária para que haja explosão, a temperatura de ignição, e a energia necessária para ignição por sua vez diminuem ao diminuir a dimensão da partícula de pó. Numerosos estudos indicam este efeito em grande variedade de poeiras.

A dimensão do tamanho da partícula, faz aumentar também a capacidade elétrica das nuvens de pó, ou seja o tamanho das cargas elétricas que se pode acumular na partícula da nuvem. Como a capacidade elétrica dos sólidos é função de sua superfície, a possibilidade que se produzam descargas eletrostáticas de suficiente intensidade para colocar em ignição a nuvem de pó, aumenta ao diminuir a dimensão média da partícula. Porém para que se produzam descargas eletrostáticas se requer, entre outros, consideráveis quantidades de pó em grandes volumes com forças dielétricas relativamente altas e conseqüentemente, longos períodos de relaxação. Devido as altas energias de ignição necessárias para incendiar a nuvem, em comparação com as que requerem os gases. A causa de uma explosão de pó deve atribuir-se a outros fatores, a não ser que existam provas definitivas que demonstrem que esta foi a causa provável.

3.4. CONCENTRAÇÃO.

Como acontece com os vapores e os gases inflamáveis, existe uma margem específica de concentração de pó dentro do qual pode ocorrer a explosão.

Os valores da concentração podem expressar-se em peso por unidade de volume, embora ao não conhecer-se a dimensão da partícula da amostra, esta expressão é pouco significativa. Os valores apresentados nas tabelas acima foram passados em uma peneira de malha 200 (partículas $<$ ou $=$ a 74 microns). Ao trocar o diâmetro, se produzirão variações na concentração mínima de explosão, esta se reduz ao diminuir o diâmetro das partículas. A pureza da amostra, a concentração de O_2 , a potência da fonte de ignição, a turbulência da nuvem e a uniformidade da dispersão influem também nos limites inferiores de explosividade da nuvem (LIE).

O limite superior de explosividade (LSE) das nuvens de pó não foram determinados devido a dificuldades experimentais, também se questiona se ele existe para poeiras e do ponto de vista pratico sua utilidade é duvidosa. As curvas que se obtêm ao relacionar graficamente a Pmp. e a Vmp. , com a concentração, demonstram que estes valores são mínimos no limite inferior de explosividade e que depois aumentam até seu valor máximo ao dar-se a concentração ótima, em cujo ponto começam a diminuir lentamente. Também se verifica que a Pmp. e a Vmp., não se dão precisamente em igual concentração. O efeito destrutivo se determina em primeiro lugar pela Vmp.

Se observa que as explosões mais violentas se produzem com uma concentração ligeiramente superior a necessária para que se tenha a reação com todo o oxigênio que haja na atmosfera. A concentrações menores se gera menos calor e se criam menores pressões de ponta. Com concentrações maiores das que causam explosões violentas, a absorção do calor pela poeira não queimada pode ser a razão que se produzam pressões menores de explosão, que a máxima.

3.5. UMIDADE

A umidade contida nas partículas de pó faz aumentar a temperatura de ignição delas devido ao calor absorvido durante o aquecimento e a vaporização da umidade. A umidade do ar tem pouco efeito sobre a

deflagração, depois que se produzir a ignição, existe porém uma relação direta entre o conteúdo de umidade, a energia mínima necessária para a ignição, a concentração de explosão mínima, a **Pmp.**, e a **Vmp.** Por exemplo, a temperatura de ignição do amido de milho pode aumentar até 50 ° C. com um aumento de umidade de 1,6 a 12,5%. Do ponto de vista pratico, a umidade não pode considerar-se como meio efetivo de prevenção contra explosões, pois a maior parte das fontes de ignição, proporcionam energia suficiente para aquecer e evaporar a umidade que pode estar presente no pó. Para que a umidade

3.6. MATERIAIS INERTES

A presença de um sólido inerte no pó, reduz a combustividade do mesmo, pois absorve calor, porém a quantidade necessária para impedir a explosão é considerada maior que as concentrações que possam ser encontradas ou toleradas como corpos estranhos ao processo. A adição de corpos inertes reduz a **Vmp.** E aumenta a concentração mínima de pó necessária para a explosão. Um exemplo é a pulverização de rocha nas minas de carvão para impedir as explosões dos pós combustíveis. Geralmente a pulverização se faz na entrada das minas com uma concentração de poeira de rocha de 65% da quantidade total do pó.

O gás inerte é eficaz na prevenção das explosões de pós, uma vez que dilui o O₂ a uma concentração muito baixa. Ao selecionar o gás inerte mais adequado, deve-se cuidar para que este não reacione com o pó, é o caso de certas poeiras metálicas que reacionan com o CO₂ ou com o N₂, neste caso deve usar-se o Hélio(He) ou Argônio (A).

3.7. CONCENTRAÇÃO DE O₂ TURBULÊNCIA E EFEITO DE GASES INFLAMÁVEIS.

As variações da concentração do O₂ afetam a facilidade de ignição das nuvens de pó e suas pressões de explosão. Ao diminuir a pressão parcial de O₂, a energia necessária para explosão aumenta, a temperatura, também, e as **Pmp.**, diminuem. O tipo de gás inerte empregado como diluente para reduzir a concentração do O₂ tem um efeito aparentemente relacionado com a capacidade molar.

A combustão do pó se produz na superfície das partículas. A velocidade de reação, portanto, depende do íntimo contato do pó com o O₂. Por este fato, o fator turbulência propicia explosões mais violentas, que as em atmosferas mais tranqüilas.

A adição de uma pequena quantidade de gás inflamável à nuvem de pó, põe em ignição o aerossol resultante, reforçando a violência da explosão, sobretudo a baixas concentrações. As **Vmp.**, resultantes são mais altas que as previsíveis em condições normais. Sem contar o pó, a fração restante do total do combustível suspenso no ar, representada pelo vapor inflamável, estaria por si só abaixo de seu (LIE). Em algumas operações de secagem que impliquem na evaporação de uma substância inflamável extraída da poeira combustível, se produzem explosões muito mais violentas que as consideradas apenas pelo vapor inflamável. Tem acontecido ainda explosões em misturas de vapor inflamável-pó combustível-ar em que a proporção da mistura de ar vapor estava abaixo do (LIE), ante tal situação é necessário prever medidas de proteção especial, tal como a diluição com gás inerte, utilização de supressores de explosão, instalação de elementos de ventilação de grandes dimensões e a adoção de métodos cuidadosamente estudados da eliminação da eletricidade estática (aterramento).

3.8. FONTES DE IGNIÇÃO DAS NUVENS DE POEIRA

As nuvens de poeira podem incendiar-se pela ação de chamas abertas, luzes, produtos defumadores, arcos elétricos, filamentos incandescentes, faíscas de fricção, condutos de vapor de alta pressão, e outras superfícies quentes, faíscas eletrostáticas, aquecimento espontâneo, Solda e corte oxi-acetilênico, e faíscas procedentes destas operações. A maior parte das temperaturas necessárias para por em ignição as nuvens de pó, que estão nas tabelas, situam-se entre 300 e 600 ° C. e a grande maioria das potências, estão entre 10 e 40 milijoules. Comparando-se estes dados com as energias de ignição necessárias para inflamar vapores que são de 0,2 a 10 milijoules. As poeiras necessitam de 20 a 50 vezes mais energia que os gases.

Como a temperatura e a fonte de ignição necessárias para explodir poeiras são muito mais baixas que as produzidas pela maior parte das fontes de ignição comuns, a eliminação de todas as fontes é um princípio básico na prevenção de acidentes por explosão. Estas fontes estão identificadas e descritas nas normas NFPA.

3.9. DESTRUTIVIDADE DAS EXPLOSÕES DE POEIRAS

Embora a destrutividade das explosões de poeiras, depender fundamentalmente da **Vmp**, intervém outros fatores como a pressão máxima desenvolvida durante a sobrepressão, o grau de confinamento do volume da explosão e a concentração de oxigênio.

3.10. EFEITOS DA VELOCIDADE DE AUMENTO DE PRESSÃO

A **Vmp**, pode definir-se como a relação entre o aumento de pressão de explosão e o período de tempo em que sucede. É o fator mais importante para avaliar os riscos de uma poeira e determinar a gravidade da sua deflagração.

Também é importante como dado para calcular as dimensões dos elementos de ventilação para casos de explosão. Uma **vmp**, (velocidade máxima de aumento de pressão) demasiado alta indica com frequência que a instalação dos elementos de ventilação são ineficientes. Os dados empíricos de **ge**, (gravidade de explosão) tabelados acima são indicadores de grande valor na análise do projeto. Índices entre 2 e 4 necessitam elementos de ventilação muito grandes, além de cuidar da resistência do edifício e dos equipamentos das máquinas. Um índice maior que 4 exclui na maioria dos casos a possibilidade de projetar-se um sistema de alívio de explosões, e exige o emprego de dispositivos de proteção com o emprego de gases inertes e outros sistemas de supressão de explosões.

3.11. EFEITOS DA PRESSÃO MÁXIMA DE EXPLOSÃO

As pressões mostradas nas tabelas acima são em sua grande maioria maiores que 3,5 kg/cm² e em alguns casos chegam a 7 kg/cm² considerando que uma parede comum é calculada para resistir pressões de 0,07 kg/cm² fica evidente que não seria prático construir edifícios que pudessem resistir a tais fenômenos.

Uma das razões pelas quais o grau de destruição de muitas explosões de pó não chega a ser maior é que o pó não está dispersado uniformemente através do volume circundante. Raras vezes se incendeia uma nuvem de pó em condições ideais para a formação de pressões observadas empiricamente.

3.12. EFEITOS DA DURAÇÃO DA SOBREPRESSÃO

O tempo durante o qual atua a sobrepressão sobre o espaço circundante está intimamente relacionado com a pressão máxima e com a velocidade máxima de aumento de pressão. A área que fica abaixo da curva de pressão - tempo determina o impulso total exercido. O impulso total, não a força exercida em um dado momento, que determina a grandeza da destruição. A relação entre a destrutividade e o impulso total demonstram em parte porque as explosões de pó, que em geral tem velocidades de aumento de pressão mais baixas que as explosões de gases, podem ser mais destrutivas.

3.14. EFEITOS DO CONFINAMENTO.

Quando se produz uma explosão de pó, formam-se produtos gasosos e libera calor que faz aumentar a temperatura do ar contido no recinto. Como os gases expandem-se ao aquecerem, exercem pressões destrutivas no espaço circundante, a não ser que se proporcionem áreas de alívio suficientes para evacuar os gases quentes antes que atinjam níveis de pressão perigosos.

Desta forma um sistema de alívio adequado deve ser previsto para aliviar os gases formados no início, evitando danos maiores. Em algumas situações não resulta prático estas medidas aconselhando a processar estas operações em ambientes abertos, atmosferas inertes ou de supressores automáticos. Os supressores consistem em um sistema formado por detectores de pressão ou de chamas e um agente extintor que deve atuar rapidamente na fase incipiente de explosão.

3.15. EFEITOS DA INERTIZAÇÃO.

Os ensaios levantados indicam que a redução do O_2 na atmosfera de trabalho e uma mistura de poeira inerte ou umidificação no pó combustível reduzem a P_{mp} , e a V_{mp} . Como pode ser visto nas curvas abaixo. Elas mostram que poeiras de amido de milho concentrado a $0,5 \text{ kg/m}^3$ de ar. Em relação com a pressão de explosão, uma ligeira redução na concentração de O_2 ou adição de uma pequena quantidade de pó inerte ou umidade reduzem os efeitos.

4. DEFLAGRAÇÃO E DETONAÇÃO

4.1. DEFLAGRAÇÃO

É o fenômeno de explosão que ocorre com velocidade de chama de 1 a 100 m/s e é o que acontece com maior frequência nas indústrias.

4.2. DETONAÇÃO

É o fenômeno de explosão em que a velocidade da chama é igual ou superior à velocidade do som chegando aos 1000 m/s. No caso das explosões em cadeia a deflagração inicial evolui para detonação nas fases posteriores.

5. GASES TÓXICOS.

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

As chamas e os efeitos do aumento de pressão numa explosão, não são os únicos problemas a enfrentar. Na atmosfera do evento ocorre uma deficiência de oxigênio e a formação de gases tóxicos em virtude da combustão, particularmente o CO. A concentração de gases pode ser suficientemente alta durante alguns momentos, e assim causar inconsciência, ainda que momentânea, às pessoas presentes e conduzi-las à morte por asfixia.

5.1. ANÁLISE DE UM MODELO SIMULADO:

Um dos locais mais susceptíveis de eventos desastrosos na plantas de ração, são os túneis subterrâneos com a movimentação e transporte dos cereais, sob as moegas de grãos, nestes estão localizados os transportadores responsáveis pelo recolhimento do cereal e seu destino à planta.

Como dimensões adotaremos os de 2 m. de altura, por 1,5 m. de largura por 30m. de comprimento, e está localizado sob as moegas a uma profundidade que varia de 6 a 20 m.

Para caracterizar bem nosso exemplo e suas conseqüências, adotaremos quatro tipos de poeiras, comuns nestas plantas da agro industria; **Arroz, milho, soja e Trigo.**

Os dados informados na tabela N.º I , em negrito, foram retirados das tabelas anexas a este trabalho da NFPA.

Dados:

Túnel de descarga da moega com: **2 x 1,5 x 30 m.**

Volume interno do túnel = **90 m³**

Área interna das paredes do túnel = **210 m²**

P. Mat. = Material necessário para uma explosão = Conc. x v.

arroz = 50,3 x 90 = 4527grs. ou 5,57 kg. de pó por explosão.

milho = 25 x 90 = 2250 grs. ou 2,25 kg. de pó por explosão.

soja = 35,5 x 90 = 3195grs. ou 3,195 kg. de pó por explosão.

trigo = 65 x 90 = 5850grs. ou 5,87 kg. de pó por explosão.

P.Int. = Pressão interna exercida no sistema pela explosão = Pmp. x 10 = Kg/m²

P.par. = Pressão exercida nas paredes durante a explosão = Pmp. x S/1000 = Toneladas Força sobre a superfície do túnel

P.h. = Pressão da explosão sobre o homem com S=1m² = Pmp./1000 = Toneladas força exercida sobre um operário envolvido no evento.

Tipo de pó	- Ie	- Si	- Ge	Kg/cm ² Pmp	Kg/cm ² Vmp	°C T	Joules E	Gr./m ³ Conc.
Arroz	0,3	0,5	0,5	3,3	49	510	0,10	50,3
Milho	6,9	2,3	3,9	5,27	218,15	480	0,04	25
Soja	0,7	0,6	1,1	6,6	56	550	0,10	35,5
Trigo	2,6	1,0	2,6	6,43	154,8	500	0,06	65

Tabela I

Tipo de pó	Kg. P.mat.	kg./m ² P.int.	Ton. P. par	Ton. P.h.	ie	si	ge.
Arroz	5,6	33	6930	33	M	M	M
Milho	2,25	52,7	11067	74	F	F	MF
Soja	3,2	66	13860	66	M	M	F
Trigo	5,9	64,3	13503	68	F	F	MF

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

Tabela II “Efeito das explosões do exemplo”

Tipo da Explosão	ie.	si	ge.
(P) Pequena	< 0,1	< 0,2	< 0,5
(M) Moderada	0,1 - 1,0	0,2 - 1,0	0,5 - 1,0
(F) Forte	1,0 - 10	1,0 - 5,0	1,0 - 2,0
(MF) Muito forte	> 10	> 5,0	> 2,0

Tabela III, “reatados para análise comparativa”

Tabela parametral de comparação.

5.2. Conclusões:

5.2.1. ordem de grandeza dos produtos

Comparando os nossos feitos com a índices da tabela parametral, com os encontrados temos que:

“ie”(índice de explosividade) seqüência em ordem crescente; arroz, soja trigo e milho.

“si” (sensibilidade de ignição) seqüência em ordem crescente; arroz, soja, trigo e milho.

“ge.” (grau de explosividade) seqüência em ordem crescente; arroz, soja trigo e milho.

Concluindo que o pó de milho é o que produz efeitos mais catrastroficos no túnel analisado, seguido pelo trigo, pelo soja e o menor é o arroz porem também danosos.

A tabela I é a compilação dos dados conforme tabelas de propriedades dos cereais, anexas a este trabalho de matérias de nosso interesse; a tabela II retrata nosso exemplo para as situações adotadas; a tabela III comparado os dados e indica para cada produto seu grau de segurança a observar na proteção..

5.2.2. efeitos nos operários envolvidos.

Antes de tecermos nosso comentários, anexamos a esta um quadro resumo dos efeitos das explosões nos elementos envolvidos em sinistros:

5.3. efeito de explosões em seres humanos

PRESSÃO (bar) PARA PESSOAS

0,35.....	Limite ruptura tímpano
0,70/0,85.....	Limite danos nos pulmões
1,05/1,4.....	Ruptura tímpano 50% casos
2,11/2,95.....	Limite mortal
2,95/4,00.....	Morte 50% dos casos
4,0/5,0.....	Morte 100% dos casos

5.3.1. conclusões

No nosso exemplo com pressões internas ate 3,3 kg/cm², teríamos a morte de 50% dos envolvido na planta de arroz, nas demais todos morreriam.

5.4. efeitos ao patrimônio.

EFEITO DE EXPLOSÕES EM ESTRUTURAS

PRESSÃO (bar) Efeito em:

<0,07	Quebra de vidros
0,07/0,150.....	Destruição de galpões
0,17/0,250.....	Remoção de Batentes
0,20/0,30.....	Esmagamento de tanques
0,35/0,50.....	Ruptura estruturas de madeira
0,60/0,90.....	Destruição de prédios
0,70/2,00.....	Ruptura estruturas de concreto

5.5. origem de explosões pesquisa recente.

Item	%
Faísca metálica	9,6
Ponto Incandescente	9,3
Descarga eletrostática	,3
Fricção	8,9
Chama aberta	8,2
Superfície quente	6,5
Auto ignição	5,8
Solda	4,8
Equipamentos elétrico	,4
Outros	14,1

5.6 Da Simulação.

No nosso exemplo pratico todos os materiais analisados seriam catrastoficos para as edificações e equipamentos participantes do evento.

6. MÉTODOS DE PROTEÇÃO CONTRA EXPLOSÕES DE POEIRAS.

6.1. MEDIDAS DE SEGURANÇA

Industrialmente, precauções devem ser tomadas na presença de fontes de ignição. Em alguns casos, as mesmas estão presentes por fazerem parte do processo, como é o caso dos secadores de cereal que usam o fogo direto na secagem, a proteção não poderá ser obtida após o início de uma explosão ou incêndio.

Portanto, conclui-se que não pode ser feita uma generalização de métodos de proteção em relação risco de explosão, porque a mesma dependerá das propriedades da poeira, tipo de projeto, planta industrial, equipamentos existentes, risco de instalações vizinhas, e valor do equipamento em risco.

Por estes motivos, os métodos são agrupados em seis categorias, mas os mesmos não são todos alternativos, alguns se usados em comum podem conferir mais segurança à indústria foco.

6.2. MINIMIZAÇÃO DA FORMAÇÃO DE NUVENS.

Deve ser dada atenção à eliminação completa das poeiras dos edifícios que compõe a planta industrial, pois as explosões secundárias nos prédios vizinhos são potencialmente mais destruidoras. A acumulação de poeira pode ser prevenida combinando-se um bom projeto de limpeza.

Quando há formação de depósitos de poeira, a limpeza deve ser feita tanto mais cedo, quanto possível. Quando pó se acumulam, com exceção das unidades previstas para o seu armazenamento, tais como Silos, os depósitos de pó devem ser removidos regularmente. Esta exigência se aplica também para unidades de despoeiramento como: Filtros, Ciclones, precipitadores, Câmaras inerciais etc. que recebem e acumulam as poeiras coletadas, devem ser retiradas nos intervalos definidos para não causar entupimento e conseqüente vazamento das poeiras para o ambiente.

6.3. SUPER DIMENSIONAMENTO

Face ao alto custo inicial e às periódicas manutenções exigidas por um superdimensionamento estrutural e dos equipamentos, esse método somente é recomendável em situações onde outros métodos alternativos não são interessantes pela localização particular de certas unidades.

6.4. ESTANQUEIDADE

Uma explosão de pó pode gerar pressões na ordem de até 7 kg/cm^2 em recintos fechados como em linhas de transporte pneumático, Redlers, silos, roscas transportadoras etc., portanto para evitar danos maiores estes elementos devem prover válvulas de alívio, contra aumento de pressões. Um recinto fabril raramente resistiria a tal pressão, as máximas de edificações, são da ordem de $0,07 \text{ kg/cm}^2$, portanto devem ter: telhados, aberturas, portas, e outros itens de resistência inferior às da construção, sob pena de haver perdas totais em tais eventos.

6.5. ATMOSFERAS INERTES

As explosões de poeiras podem ser prevenidas com o emprego de gases ou poeiras inertes, os quais reduzem a concentração de oxigênio no interior do prédio de maneira que não haja propagação de chama através da nuvem de Pó.

7. EQUIPAMENTOS DE CONTROLE.

7.1. SUPRESSÃO AUTOMÁTICA

Existem no mercado, empresas especializadas em sistemas no controle de riscos por poeiras explosivas, estes sistemas possuem um sensor de chama em um ponto localizado em regiões de risco, que quando identifica uma chama, ou faísca, aciona um dispositivo que libera substâncias adequadas no processo, interferindo com sua propagação.

O mecanismo de dispersão do agente supressor, deve funcionar a alta velocidade, para chegar a milésimo de segundos, ao recinto. A atuação do equipamento deve ser inicializada pelo próprio sensor, para evitar desfasamento.

O agente supressor deve ser disperso em forma de neblina ou pó muito fino, com grande rapidez, aproveitando a própria força da explosão inicial, dois tipos são conhecidos:

7.2. FRÁGEIS.

São constituídos por depósitos de fina parede no qual se introduz uma carga explosiva, que é detonada por um sensor, como o recipiente não é pressurizado é a carga explosiva que rompe as paredes do depósito liberando substâncias adequadas à interrupção do processo.

7.3. PRESSURIZADOS.

Extintores de grande velocidade de descarga contêm agente supressor sob pressão de Nitrogênio, A abertura é por carga explosiva, e mais lento que o frágil, porém adequado para pressões médias ou lentas.

O agente supressor deve apresentar as seguintes características: líquido compatível com o processo de combustão, pós específicos ou agentes halogenados. Esta substância deverá estar dentro de um recipiente selado colocado na parte superior do pavilhão e deve descarregar rapidamente seu conteúdo através de detonador acionado eletricamente em presença de fogo.

7.4. ALGUMAS VANTAGENS DESTES PROCESSOS:

A explosão pode ser evitada.

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

A atmosfera inerte pode ser empregada para controle e extinção de incêndios que podem se desenvolver na poeira.

Pode ser usado onde o método de ventilação é ineficiente.

7.5. ALGUMAS DESVANTAGENS:

Rígido controle para a manutenção da composição do gás e dos sensores e custo mais elevado do que para implantação do sistema de ventilação local exaustora.

8. VENTILAÇÃO

INTRODUÇÃO.

A Ventilação de operações, processos e equipamentos, dos quais emanam contaminantes, tem se tornado, mais modernamente uma importante ferramenta no campo de controle da poluição do ar e segurança patrimonial. O controle adequado da poluição do ar tem início com uma adequada ventilação das operações e processos poluidores da atmosfera, que também concorrem com os riscos de explosividade no caso das poeiras. Seguindo-se uma escolha adequada de um equipamento para a coleta dos poluentes captados pelo sistema de ventilação.

A ventilação tem sido utilizada tradicionalmente no campo da higiene do trabalho não só para evitar a dispersão de contaminantes no ambiente industrial como também para promover a diluição das concentrações de poluentes e para a manutenção e promoção do conforto térmico. Em qualquer dos campos de utilização, a importância da ventilação industrial é de grande amplitude, e seus conceitos básicos devem ser bem conhecidos e sedimentados para possibilitar sua adequada utilização.

8.1. VENTILAÇÃO GERAL DILUIDORA.

A ventilação geral diluidora é o método de insuflar ar em um ambiente ocupacional, a fim de promover uma redução na concentração de poluentes nocivos. Essa redução ocorre, uma vez que, ao introduzirmos ar limpo, e não poluído, em um ambiente contendo certa massa de um determinado poluente, faremos que essa massa seja dispersa ou diluída em um volume maior de ar, reduzindo, portanto, a concentração desses poluentes. A primeira observação a ser feita é a de que esse método de ventilação não impede a emissão dos poluentes para o ambiente de trabalho, mas simplesmente os dilui a valores adequados.

Existem empresas que na busca de uma solução de menor custo, executam sistemas de injeção de ar nos locais poeirentos, porém, esta medida não é efetiva na segurança uma vez que locais de difícil acesso não

são ventiladas e ali poderá ocorrer um evento danoso, ainda por serem sistema a baixas velocidades, em função de áreas grandes para a passagem do ar, acabam não arrastando as poeiras que sedimentam em locais diversos e que se acionadas podem evoluir para as indesejáveis explosões.

8.2. VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA.

As medidas de ventilação local exautora nos processos de geração de pó, além de usar menores vazões, evitam que o pó se disperse no ambiente, formando depósitos indesejáveis sobre estruturas, tubulações e muitos outros locais de difícil acesso, porém, com enorme potencial de incêndio e explosões.

Desta forma, medidas devem ser observadas no sentido de se adequar um eficiente sistema exaustor para os locais onde haja formação de pó. Estas medidas quando tomadas na fase projeto são as que melhor satisfazem, além de minimizar o custo de implantação, pois evitam arranjos improvisados e pouco eficientes, entretanto em uma planta existente, um bom projetista poderá com bom senso conciliar sistemas seguros.

8.3. CUIDADOS NO PROJETO

É importante a observação de medidas de orientação na análise das situações para implementação das medidas de proteção coletivas nas instalações com poeiras explosivas.

8.3.1. ESTADO FÍSICO DO POLUENTE

Para a coleta de gases e vapores, os equipamentos de controle mais usualmente utilizados são as torres de absorção, os leitos de adsorção, os condensadores e os incineradores. A coleta de material particulado, sólido ou líquido, é em geral feita com coletores inerciais, coletores centrífugos, lavadores

8.3.2. GRAU DE LIMPEZA DESEJADO

A eficiência de coleta, em função dos regulamentos limitantes da quantidade do poluente emitido que pode ser emitida, é um dos fatores importantes a ser considerado. A eficiência dos equipamentos de controle dependem de várias propriedades do poluente e do gás carreador. A escolha deve ser feita em função do que é requerido em termos de eficiência final do sistema.

8.3.3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

Só merece consideração quando afeta as propriedades físicas e químicas do gás carreador. As propriedades químicas são importantes quando há a possibilidade de ocorrerem reações químicas entre o gás carreador, o contaminante e o coletor.

8.3.4. TEMPERATURA

As principais influências da temperatura são sobre o volume do gás carreador e efeitos sobre os materiais de construção do coletor. O volume tem conseqüências sobre o tamanho do coletor que, dessa forma, provocará alterações no custo do equipamento. A temperatura também afetará a viscosidade e a

8.3.5. VISCOSIDADE

As principais influências da viscosidade se relacionam com o aumento da potência requerida para ignição, e com a alteração que provocará na eficiência em coletar do material particulado, empastando o equipamento e tornando difícil sua manutenção.

8.3.6. UMIDADE

Alta umidade contribui para empastamento das partículas sobre o coletor, principalmente coletores inerciais, centrifugos e filtros, provocando seu entupimento. Pode, ainda, agravar os problemas de corrosão, além de ter grande influência sobre a resistividade elétrica das partículas e, portanto, em sua precipitação eletrostática. Em adsorção, pode agir como fator limitante da capacidade do leito se este absorver vapor de água.

8.3.7. COMBUSTIVIDADE

Quando um gás carreador é inflamável ou explosivo, algumas precauções especiais devem ser tomadas. A principal é assegurar que se esteja acima do limite superior de explosividade ou abaixo do limite inferior de explosividade da mistura. Nesses casos, lavadores são preferidos para a captura e separação dos poluentes, e precipitadores eletrostáticos raramente usados.

Importante também, é existir a possibilidade de se eliminar os de poluentes por incineração, sendo, portanto mais um fator a considerar afim de serem evitados os riscos de explosão.

8.3.8. REATIVIDADE QUÍMICA

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

A reatividade química é importante em alguns casos, como por exemplo quando se filtra um gás contendo compostos de flúor com filtros de lã de vidro, o que danifica os mesmos. Em geral, deve-se evitar que haja reação entre o gás e o coletor, de formas a não danificá-lo.

A reatividade química constitui-se num fator que pode ser utilizado na coleta do contaminante, por exemplo, na absorção química. Contudo, pode criar problemas quando, o contaminante reage com o material de construção do coletor danificando o mesmo.

8.3.9. CARGA

A carga elétrica, ou concentração do poluente, na entrada do equipamento de controle, e suas variações, afetam diferentemente os diversos tipos de coletor. Assim é que, a eficiência de coleta de ciclones aumenta com a carga, mas cresce também a possibilidade de entupimento daqueles. Alguns equipamentos exigem até mesmo a presença de pre-separadores, para evitar a sobrecarga na operação.

8.3.10. HIGROSCOPICIDADE

É importante por influir na possibilidade de entupimento (principalmente em coletores inerciais, centrífugos e filtros) por formação de pasta devido à absorção de umidade pelas partículas.

8.4. CAPTADORES

Um bom captor é aquele que consegue aspirar o máximo de substâncias, com a menor vazão de ar, pois isto implica no porte do equipamento, potência absorvida e tamanho dos dutos de transporte, sendo, entretanto, indispensável que capture o máximo de substâncias indesejáveis. Deve também ser projetado para não prejudicar a operação, manutenção e visibilidade do operador, observando-se, porém, que as concentrações fiquem fora dos limites de explosividade.

Os captores podem ser;

- enclausurantes: este tipo possui todos os lados fechados, inclusive o teto, tendo apenas a saída dos poluentes por duto.
- podem constituir-se em cabinas fechadas, semelhantes ao enclausurante, porém nestes o operário trabalha confinado dentro da mesmo.
- captores podem ainda ser do tipo , sendo colocados do lado de fora da fonte dos poluentes. Tais captores incluem aberturas na sucção, localizadas próximas a zona de emissão dos poluentes, em processos ou operações poluidoras que não permitem o enclausuramento.

A vazão do ar exaurida pelo captor deve ser tal, que seja capaz de arrastar todos os poluentes gerados pela fonte, mas não tão elevada que possa arrastar a matéria prima do processo.

8.5. REDE DE DUTOS:

A tubulação condutora do ar dos pontos ao sistema de separação deve ser bem dimensionada, para que não haja depósitos de material ao longo da mesma, nem que haja formação de eletricidade estática; deve ser provida de janelas de segurança e portas de inspeção. As velocidades de controle devem ser bem definidas para não usar potência em demasia, nem tão baixas que impliquem na ocupação de grandes áreas. Devem ser resistente aos esforços mecânicos das pressões envolvidas, dilatações, aterramento, etc.

8.6. EQUIPAMENTOS DE SEPARAÇÃO:

No **item 6.2.2.2 estado físico do poluente** chamamos a atenção aos elementos do projeto relativos ao comportamento de materiais que são capturados em um sistema de ventilação local exaustora, sendo que as mesmas recomendações são válidas para o projeto dos separadores ou coletores dos poluentes, deve ser compatível e seguro quanto ao produto em questão, estar localizado fora do ambiente fabril, ser seguro contra explosões e incêndios.

Os poluentes exauridos do ambiente de trabalho necessitam algumas vezes ser coletados para evitar sua emissão na atmosfera, criando problemas com poluição aérea.

A coleta do poluente pode ser feita por uma série de equipamentos projetados especificamente para este fim. A escolha do equipamento de controle que melhor atenda ao processo, dependerá das propriedades do poluente, ver cuidados em **6.2.2.2 estado físico do poluente** e tradicionalmente é definido pelo bom senso do projetista, que verificará se tal equipamento adequar-se não só a realidade econômico-financeira da empresa, como se é compatível com o momento em que o país vive, sem esquecer das emissões que são controladas por órgão ambientais.

8.6.1. VIA SECA:

Os equipamentos via seca, visam capturar o resíduo em sua forma original para posterior aproveitamento. Na indústria de rações há locais de interesse, devido ao custo da matéria prima envolvida, Podendo, ainda, ser capturados nesta forma, por requererem equipamentos mais simples, como as câmaras inerciais, os ciclones separadores, etc. Em casos mais sofisticados, onde o benefício justifique, pode-se

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

usar equipamentos mais nobres, como os precipitadores eletrostáticos, os filtros de mangas com limpeza a jato pulsante, etc.

A literatura técnica, bem como os fabricantes destes equipamentos tem recomendações e experiência para defini-los, quanto a eficiência de coleta, suas características físico químicas, e outros itens de interesse da planta.

8.6.2. VIA MISTA:

Materiais de fina granulometria e de baixa densidade, apresentam dificuldade de separação nos equipamentos tradicionais, deixando passar à atmosfera externa grandes quantidades de finos, causando indesejáveis emissões. Nestes casos, nossa recomendação é abater o máximo via seca, que será recuperado para o processo, e o resíduo tratar via úmida para atender aos padrões de emissão.

8.6.3. VIA ÚMIDA:

Materiais finamente pulverizados ou gasosos, que não apresentem interesse comercial de aproveitamento, devem ser sempre que possível, em função de suas características físico-químicas tratados com lavagem. Para tal, a literatura clássica possui uma grande gama destes equipamentos, e que são os de menor custo inicial e operacional.

8. OBSERVÂNCIA DAS EMISSÕES EXTERNAS.

A preocupação final é atender aos padrões fixados pelas autoridades competentes, descartando no mínimo o valor teto à atmosfera externa ao processo, evitando-se, deste modo, as demandas judiciais que hoje inundam os tribunais. Estas simplesmente deixarão de existir porque não haverá fundamento legal para embasar o pedido.

Conforme legislação, Federal, Estadual ou Municipal e do Ministério do Trabalho, os ambientes internos tem que ser salubres, e os externos preservados contra emissões indesejáveis. Face a isto, a preocupação final é atender aos padrões fixados pelas autoridades competentes, quanto às emissões externas, evitando-se, deste modo, as demandas judiciais que hoje inundam os tribunais.

Quanto ao ambiente interno onde estão os trabalhadores expostos, devem ser observadas as Norma Regulamentadora, especificamente a **NR 15** que define os limites máximos que pode estar exposto os trabalhadores do posto de trabalho.

9.1. DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS.

Este item é de vital importância e deve ser analisado levando em consideração o risco/benefício (uma explosão ou incêndio, em troca do aproveitamento de um pouco de material), pois quando é desejo em ser reaproveitado, implicará em sistemas secos, equipamentos estes mais suscetíveis de riscos de incêndio e explosão, que deverão prever sistemas de extinção de incêndios e sensores de explosão.

Por outro lado, algumas plantas vendem estes resíduos para os agricultores vizinhos, que fazem compostagem orgânica, reduzindo a quantidade de insumos necessários para o desenvolvimento de suas lavouras.

Outra destinação que está se desenvolvendo em plantas que disponham de tratamento de efluentes líquidos, consiste em usar esta material orgânico rico, em seus bio-digestores para geração de gás combustível, limpo, impolúvel e que é queimado nas caldeiras de geração de vapor.

Atualmente o melhor aproveitamento para os resíduos sólidos gerados nas unidades de armazenamento e processamento de grãos, é a bio massa, como fonte energética, isto além de reduzir os resíduos os transforma em fonte alternativa de energia e ainda gera recursos advindos de programas de redução do efeito estufa.

10. MANUTENÇÃO

Os trabalhos de manutenção, deverão sempre obedecer ao sistema preventivo, onde nas paradas é que são efetuados os trabalhos de trocas de componentes sujeitos a desgaste o de vida útil definida, nestes trabalhos, é sempre providencial o uso de equipes, onde os locais devem antes de serem trabalhos, serem evacuados de seus resíduos, ventilar os locais através de equipamentos portáteis, molhar bem o local onde se fizer necessário efetuar trabalhos com abrasão ou soldas diversas, lembrar sempre que os maiores acidentes que ocorreram em plantas de cereais, foram nos períodos de trabalhos de manutenção, e também que as poeira molhadas não são passivas de incêndio e explosão.

11. ESPAÇOS CONFINADOS NBR 33

Os sistemas que possuem exaustão localizada em todos os equipamentos de movimentação.

Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.

Os cuidados com a manutenção, devem seguir os preceitos convencionais, preferivelmente adotando o de manutenção preventiva, e inspeções visuais em todos os equipamentos mais solicitados quanto a desgastes, periodicamente.

Os sistemas que não possuem exaustão localizada em todos os equipamentos de movimentação.

Muitos trabalhadores pereceram em ambientes confinados, e algumas vezes levaram outros desavisados junto, pois ao partirem em seu auxílio, também pereceram do mesmo contaminante, nas plantas de cereais, redes de esgoto, tratamento de efluentes etc., devido a decomposição bacteriana, e formação de **H₂S** em ambientes mal ventilados, é comum em caso de decomposição bacteriana anaeróbia, de restos de materiais orgânicos ou de animais que morrem.

Acesso, trabalhos somente após expurgo local.

Nunca sozinhos, e com equipamentos de segurança de respiração autônomos e de içamento.

12. MANUTENÇÃO PREDITIVA, NUNCA CORRETIVA.

Inspeção, Verificar em plano específico, estado geral dos equipamentos.

13. INCÊNDIOS

Pequenos focos eventuais de fogo, iniciando em locais de atrito eventual, esteiras, redlers, etc., quando em locais de muita poeira, não devem ser extintos com água, abafados ou com extintores convencionais, sempre usar gases inertes, pois a movimentação em atmosfera normal, pode causar turbulência, levantar nuvem e iniciar explosões.

14. MÉTODOS DE PROTEÇÃO AO TRABALHADOR

Os trabalhadores em função de suas atividades, deverão estar protegidos por EPI, em acordos com as NR.

Os Equipamentos de Proteção Individual, deverão ser especificados em função da atividade e por profissionais conhecedores de suas características e normas regulamentadoras.

Em instalações que possuam os sistemas de exaustão localizada, como nas descargas de caminhões, os EPI respiratórios são dispensados.

Em situações de descidas a ambientes confinados, os cuidados devem ser sempre repetidos, não descer sem expurgo, sempre com acompanhante e com EPI autônomo, bem como equipamento de içamento.

15. IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS NFPA

15.1. NÍVEIS DE RISCOS

Os sistemas de informação de riscos, estabelecem quatro classes ou níveis de materiais perigosos:

Materiais extremamente perigosos

São os que podem causar a morte ou lesões permanentes como consequência de uma breve exposição às mesmas, como líquidos voláteis inflamáveis, gases inflamáveis ou materiais detonáveis. Por sua vez se classificam deste modo:

- Explosivos e materiais explosivos instáveis.
- Materiais com altos níveis de radioatividade.
- Gases muito inflamáveis e materiais que emitem vapores extremamente inflamáveis.
- Materiais extremamente tóxicos, tão venenosos que não devem em nenhum momento entrar em contato com o corpo, como exemplo cianureto de hidrogênio.
- Materiais extremamente corrosivos para os tecidos vivos, como o bromo, que pode causar lesões instantaneamente, o ácido hidrofúorídrico, que pode penetrar na pele e causar queimaduras de recuperação muito lenta nos tecidos mais profundos. Também se incluem nesta classificação os materiais que podem causar graves lesões nos olhos.
- todos os materiais cujos produtos de combustão ou de decomposição coincidam com as descrições anteriores.

MATERIAIS PERIGOSOS

Aqueles que por seus efeitos nocivos podem causar lesões por exposição ou contato que retardam o tempo de cura:

- Líquidos e sólidos inflamáveis.
- Materiais muito tóxicos que podem causar lesões e enfermidades, mas não causando a morte, como consequência de uma exposição moderada às mesmas.
- Materiais que podem causar a destruição de tecidos, especialmente dos olhos, se não eliminados do corpo em prazo muito breve.
- Materiais moderadamente radioativos.

Os materiais perigosos deste grupo, em casos extremos, podem causar alguma lesão permanente, porém, não incapacitante.

15.2. MATERIAIS MENOS PERIGOSOS

Podem causar uma lesão ou incapacitação temporária, que presumivelmente podem transformar-se em lesões permanentes. São moderadamente combustíveis ou autorreativas e incluem:

- Gases lacrimogêneos.
- Irritantes fortes.
- Materiais não extremamente tóxicos.
- Materiais combustíveis que necessitam pré-aquecimento para entrar em ignição.

15.3. MATERIAIS DE EFEITOS NOCIVOS

Podem causar uma irritação ou incomodidade temporária que desaparece ao cessar a exposição; são ligeiramente combustíveis.

Observe-se que os materiais classificados como perigosos são os que podem provocar uma situação de emergência; os materiais classificados como menos perigosos tem menos probabilidade de provocar uma situação de emergência, porém, poderiam complicar seriamente uma situação de emergência. Mas claramente, um líquido combustível poderia não incendiar-se e, portanto não causar uma situação de perigo; porém, em presença de um fogo originado por outra causa, poderia entrar em ignição e aumentar a gravidade da situação existente. Nas práticas atuais de etiquetagem dos produtos de consumo, os materiais que podem causar uma situação de emergência levam a palavra **PERIGO**. Os materiais que podem agravar uma situação de emergência geralmente levam as palavras de **PRECAUÇÃO** ou **ATENÇÃO**. Nota-se, em troca, que os líquidos inflamáveis cujos pontos de inflamabilidade encontram-se entre 10 e 30° C levam o sinal de **PRECAUÇÃO**.

Os sistemas de informação de riscos constituem um compromisso entre as exigências em conflito: a necessidade de uma informação imediata e os detalhes adequados da dita informação. Um símbolo de risco, com a caveira e as tibias que se emprega nos venenos pode entender-se a simples vista. É de interpretação imediata. Porém, não explica o grau de ameaça do material perigoso, nem se atua por penetração no corpo pela pele, pulmões ou sistema digestivo. faltam detalhes. Uma folha de dados de risco pode proporcionar informação adequada e detalhada, porém sua leitura requer tempo e boa iluminação; ainda, que alguém possa interrar-se, tem que estar muito próximo do objeto perigoso. As folhas de dados sobre riscos são adequadas porém não informam instantaneamente.

16. RECOMENDAÇÕES.

Segundo nossas conclusões e vivência com estes fenômenos, colocamos aqui nossas recomendações para que sejam evitados futuros acidentes com poeiras explosivas, são recomendações genéricas, que devem ser observadas, quando não existentes.

16. MAQUINAS E EQUIPAMENTO

- 16.1. Enclausuramento elétrico (cabos/ interruptores/ iluminação/ motores/ ferramentas/ ap. elétricos)
- 16.2. Monitor de velocidade em elevadores e correias.
- 16.3. Sensores de movimento em redler e guias.
- 16.4. Sensores de temperatura.
- 16.4. Sensores de alinhamento/temperatura de rolamento.
- 16.5. Detectores de embuchamento/ fumaça e gases.
- 16.6 Amperímetros com alarme de sobre carga.
- 16.7. Proibição de fumar.
- 16.7. Manutenção preventiva dos rolamentos/ máquinas/ correias/ etc.
- 16.8. Instalação elétrica classe II- divisão I.
- 16.9. Correias transportadoras resistente a fogo e antiestática.
- 16.10. Inibição de combustão espontânea.
- 16.11. Pressurização de painéis/ cabine de força

16. PROJETOS E SISTEMAS.

- 16.1. Projetos adequados - edificações, pára-raios, inst. elétricas
- 16.2. Instalação de sistemas captadores / exaustores - túneis, galerias, pontos de carga e descarga, elevadores e tubulações
- 16.3. Manutenção preventiva - transportadores, instalações elétricas
- 16.4. Instalação de detectores de metais - elevador caneca, moinhos
- 16.6. Elaboração de normas de segurança - acesso, operação, manutenção, tipos de instalações elétricas

16. MEDIDAS GERAIS.

- 16.1. Limpeza dos ambientes, remoção do pó sobre equipamentos
- 16.2. Aterramento elétrico dos componentes eletromecânicos e pontos geradores de cargas eletrostáticas
- 16.3. Treinamento pessoal
- 16.4. Controle da umidade relativa do ar - abaixo de 50% caracteriza-se faixa crítica de risco
- 16.5. Controle da eletricidade estática, através de sistema de aterramento

16. CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS

- 16.1. Estudo de classificação áreas - AE / adequação instalações
- 16.2. Programa de inspeções de risco
- 16.3. Controle de temperatura - material armazenado
- 16.4. Plano de emergência

16.5. Sistema de alívio de pressão

16.6. Sistema de combate a incêndio

16.7. Substituir elementos metálicos por plásticos - caçambas dos elevadores e pás dos transportadores

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Klaassen C.D. (1991) Bases Farmacológicas da Terapêutica Toxicologia Editora Guanabara Koogan AS., Editora Guanabara Koogan SA., 8ª. Edição
2. Mesquita A. L.S., Guimarães F. A ., Nefussi N., (1985), Engenharia de Ventilação Industrial 1ª. Reimpressão Editora W. Roth & Cia. Ltda.
3. Buffalo New York (1970) Fan Engineering "Buffalo Forge" Editora Wm. J. Keller, Inc. 17ª. Edição
4. Macintyre A . J. (1990) Engenharia de Ventilação Industrial Editora Guanabara Koogan SA., 2ª. Edição
5. Fire Protection Handbook Editora Mapfre, S. A 2ª. Edição trad. Da 15ª, ed. USA
6. ACGIH (1970) Industrial Ventilation Editora Edwards Brothers Inc. 11ª. Edição
7. Nascimento E.S. (1991) Segurança e Medicina do Trabalho Editora Gráfica Fundacentro 31ª. Edição
8. Engenharia de Segurança do Trabalho Notas de aula.
9. Prevenção e Controle De Riscos em Máquinas e equipamentos
10. Higiene do trabalho
11. Proteção do Meio Ambiente
12. Proteção contra Incêndios e Explosões
13. Doenças do Trabalho
14. Legislação e Normas Técnicas
15. Revista Proteção (N.º 52, 53, 55, 58,59,60, 64,e 65) Editora MPF Publicações Ltda.
16. Jomal Zero Hora (19/03/97 pg. 58, 16/07/97 pg.61)
17. Revista Proteção nossas publicações
18. Número: 52 - Abril 1996
19. Número: 53- Maio 1996
20. Número: 55- Junho 1996
21. Número: 58- Outubro 1996
22. Número: 59 - Novembro 1996
23. Número: 60- Dezembro 1996
24. Número: 64 - Abril 1997
25. Número: 65 - Maio 1997
26. Revista O Laudo
27. Número: 3 - Setembro 1981
28. Segurança Química, Fundamentos de Toxicologia Aplicada
30. Revista proteção 181.