

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA  
SUPERINTENDENCIA DA ACADEMIA ESTADUAL DE SEGURANÇA PÚBLICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA PÚBLICA

**EXPLOÇÃO DE PÓS DE GRÃOS EM AMBIENTES CONFINADOS NAS  
UNIDADES ARMAZENADORAS E PROCESSADORAS**

Cleber Cândido de Oliveira

GOIÂNIA – 2006

CLEBER CANDIDO DE OLIVEIRA

**EXPLOÇÃO DE PÓS DE GRÃOS EM AMBIENTES CONFINADOS NAS  
UNIDADES ARMAZENADORAS E PROCESSADORAS**

Artigo Científico elaborado para fins de avaliação final do Curso de Especialização em Gerenciamento de Segurança Pública, realizado pela Universidade Estadual de Goiás.

GOIÂNIA – 2006

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Triângulo do fogo.....	10
Figura 02 – Tetraedro do fogo.....	13
Figura 03 – Pó de grão em repouso.....	14
Figura 04 – Danos estruturais causados.....	16
Figura 05 – Explosão no porto de Paranaguá.....	17
Figura 06 – Luminárias no interior dos túneis.....	18
Figura 07 – Parede de silo destruída.....	21
Figura 08 – Filtro coletor de pó.....	22
Figura 09 – Aspersor de óleo mineral.....	23
Figura 10 – equipamentos destruídos.....	24
Figura 11 – Simulador de explosão de pó – 01.....	27
Figura 12 – Simulador de explosão de pó – 02.....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Teor de hidrato de carbono.....	17
Tabela 02 – Explosividade dos cereais.....	19

## SUMÁRIO

Resumo.....	06
Palavras Chaves.....	06
Introdução.....	06

### Capítulo I

Introdução à ciência do fogo.....	09
Combustão, fogo e incêndio.....	09
Analogias geométricas do fogo.....	10
Combustível.....	11
Comburente.....	11
Calor.....	12
Tetraedro do fogo.....	12

### Capítulo II

Explosões de pó de grãos em unidades armazenadoras.....	14
O que é uma explosão de pó.....	14
O pó de grãos explode.....	17
Concentração de pó no ambiente.....	20
Granulometria das partículas.....	20
Teor de umidade do pó.....	21
Controle do pó no ambiente.....	21
Efeitos causados pelas explosões.....	23

### Capítulo III

Metodologia aplicada na pesquisa.....	25
Resultados obtidos.....	26
Conclusão.....	31
Título em língua estrangeira.....	32
Resumo em língua estrangeira.....	32
Palavras-chaves em língua estrangeira.....	32
Referencia bibliográfica.....	33
Anexo único.....	35

# EXPLOSÃO DE PÓS DE GRÃOS EM AMBIENTES CONFINADOS NAS UNIDADES ARMAZENADORAS E PROCESSADORAS

Cleber Cândido de Oliveira<sup>1</sup>

## RESUMO

A explosão de pó de grãos em unidades armazenadoras e processadoras são ocorrências que normalmente geram perda dos produtos armazenados, danificam as estruturas dos armazéns e ceifam vidas. O proposto desse estudo foi de verificar os fatores adversos que possam contribuir para as ocorrências de tais explosões envolvendo pós de grãos em ambientes confinados nas unidades armazenadoras. Essa pesquisa é de suma importância para que as equipes de vistoriantes da Gerência de Segurança Contra Incêndio e Pânico possam identificar as principais causas destas explosões e atuar diretamente na prevenção. Abordou-se sistematicamente a pesquisa envolvendo os aspectos de revisão literária e de campo, com caráter descritivo e experimental, uma vez que houve a necessidade da construção de um simulador de explosões de pós de grãos, e nele foram realizados experimentos. Os resultados da pesquisa apontam, portanto, que o pó de grão em condições favoráveis como: suspenso no ar atmosférico com concentração de oxigênio suficiente, em ambiente com a umidade relativa do ar e do pó, baixa granulometria das partículas, e a umidade baixa do pó aliados a condição de temperatura ideal queimam e explodem.

## PALAVRAS CHAVES

Explosão. Pó de grãos. Segurança. Armazenamento. Ar atmosférico

---

<sup>1</sup> Cleber Cândido de Oliveira: Oficial do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás – Curso de Formação de Oficiais (CBMERJ), Graduado em Matemática (FESURV-RV), Pós – Graduado em Eletricidade Rural (UFL – MG), Especializado em Gerenciamento de Segurança Pública (UEG).

## **INTRODUÇÃO**

As explosões em Unidades Armazenadoras e processadoras de grãos estão presentes nos grandes pólos produtores de grãos do mundo. O Brasil, por ser um país cujas riquezas são oriundas do setor agroindustrial, possuem inúmeros pólos de armazenamento e beneficiamento de grãos.

Goiás, por estar entre os principais Estados Brasileiros produtores de grãos e ocupar um lugar de destaque no ranking nacional neste seguimento, e em específico, a região sudoeste do Estado, uma das maiores produtoras possui ainda um número considerável de unidades armazenadoras e processadoras deste produto.

A importância de um estudo detalhado e específico no campo preventivo do Corpo de Bombeiros Militar se dá em virtude das ocorrências desta natureza, serem catastróficas em sua maioria, ceifando vidas e destruindo total ou parcialmente o patrimônio ali existente.

Faz-se necessário, portanto, que não apenas os vistoriantes saibam as particularidades deste evento, mas também as equipes que atuam diretamente nas atividades fim da instituição. Este trabalho subsidiará a Gerência Contra Incêndio e Pânico do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, órgão fiscalizador, na prevenção destes e de outros acidentes do trabalho, através de vistorias realizadas anualmente nas unidades armazenadoras de grãos e em outras empresas em todo Estado.

As equipes fiscalizadoras, nutridas de conhecimentos específicos inerentes às propriedades dos riscos existentes nos armazéns gerais, poderão, sobretudo, identificar possíveis atos inseguros ou condições inseguras existentes no local de trabalho que possam contribuir direta ou indiretamente para as ocorrências desses acidentes e atuar preventivamente junto aos colaboradores, no sentido de transmitir

conhecimentos, coibindo os atos inseguros praticados por funcionários que não tenham conhecimentos específicos nesta área e ainda exigindo que as condições inseguras oferecidas no local possam ser corrigidas, evitando assim, o acidente.

Nesse sentido, objetiva-se, esse trabalho, Identificar os principais resíduos de grãos com o maior risco de explosão e os fatores que propiciam e levam o pó de grão a se tornar explosivo.

Verifica-se ainda, através da pesquisa quantitativa e experimental, a proporção definida quanto à concentração de pós de grãos por volume de ar atmosférico que condiciona a ocorrência de explosão. Os períodos mais propícios para os seus acontecimentos e a construção de um simulador de explosão de pó de grão, onde se realizou vários testes com aproveitamento satisfatório, para que os instruendos possam ver na prática, o poder de destruição deste tipo de ocorrência e que durante as vistorias, o oficial vistoriante, possa exigir os padrões mínimos de segurança previstos em lei e ainda instruir os funcionários da empresa quanto aos riscos existentes e os cuidados devidos a serem tomados.

## CAPÍTULO I

### 1- INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DO FOGO

Desde os primórdios, a humanidade vem utilizando o fogo para diversos fins, sendo este um dos principais responsáveis pela sua sobrevivência e pelo seu progresso. Porém, algumas vezes o fogo foge ao controle do homem, provocando inúmeros desastres que, por vezes, só cessam quando consumido todo o material que o alimenta.

Por esta razão, vários estudiosos, através dos tempos, resolveram analisar profundamente o fogo, procurando identificar as suas causas, a sua composição e o seu comportamento, possibilitando, assim, o estabelecimento de procedimentos racionais para combatê-lo de maneira eficaz e segura. **(CORPO DE BOMBEIROS MILITAR – RJ, *on-line*).**

#### 1.1 COMBUSTÃO, FOGO E INCÊNDIO.

As combustões são reações de oxidação entre uma substância chamada "Combustível" e o oxigênio do ar que é o "Comburente". De acordo com a teoria térmica, a consequência destas reações é a decomposição do corpo (que pode estar em estado gasoso, líquido ou sólido) em átomos livres que se recompõem com o oxigênio para formar moléculas gasosas. As reações de oxidações são exotérmicas, portanto liberam energia. Esta energia serve para aquecer as camadas próximas (que envolvem) da mistura/comburente, permitindo assim a reação. Para que se possa ter a reação é necessário que se tenha uma mistura íntima entre os dois componentes e as qualidades presentes estejam em equilíbrio. **(CORPO DE BOMBEIROS MILITAR – RJ, *on-line*).**

Fogo é uma forma de combustão, caracterizada por uma reação química que combina materiais combustíveis com o oxigênio do ar, com desprendimento de energia luminosa e energia térmica.

Incêndio é um acidente provocado pelo fogo, o qual, além de atingir temperaturas bastante elevadas, apresenta alta capacidade de se conduzir, fugindo ao controle do ser humano. Nesta situação se faz necessária à utilização de meios específicos a sua extinção. **(CORPO DE BOMBEIROS MILITAR – RJ, *on-line*).**

## 1.2 ANALOGIAS GEOMÉTRICAS DO FOGO

De uma maneira simplificada, podemos associar o fogo à figura geométrica de um triângulo eqüilátero, cujos lados, de igual tamanho entre si, atribuem aos elementos que o compõem, igual importância à produção ou manutenção do fogo. Neste caso, o fogo só existirá se os três elementos representados na figura ao lado: combustível, comburente e calor, se combinarem em proporções adequadas.

Figura 1 – Triângulo do fogo



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar – RJ, *on-line*.

Combustível é toda a matéria susceptível à combustão existente na natureza, encontra-se nos estados sólido, líquido e gasoso.

O pó originado dos grãos armazenados possui um alto teor de carbono em suas moléculas, o que lhes confere alta capacidade de combustão, sendo considerado, no caso da explosão, o combustível que servirá como campo de propagação das chamas.

De maneira geral, todas as matérias são combustíveis a uma determinada temperatura, porém, para efeito prático, foi arbitrada a temperatura de 1000°C, como um marco divisível entre os materiais considerados combustíveis (entram em combustão a temperaturas iguais ou inferiores a 1000°C) e os incombustíveis (entram em combustão a temperaturas superiores a 1000°C).

Comburente são todos os elementos químicos capazes de alimentar o processo de combustão, dentre os quais o oxigênio se destaca como o mais importante, por ser o comburente obtido de forma natural no ar atmosférico que respiramos, o qual é composto por 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases.

Para que haja uma combustão completa é necessário que a porcentagem de oxigênio esteja na faixa de 13% a 21%. Caso esta faixa esteja entre 4% e 13% a combustão será incompleta, ou ainda, não se processará, em porcentagens inferiores a 4%.

O oxigênio está unipresente no interior dos armazéns gerais e das agroindústrias, salvo em espaços confinados que podem gerar outros gases oriundos da fermentação de cereais e diminuindo, assim, a concentração de oxigênio no local.

Calor do ponto de vista da Física é a energia térmica em trânsito, que passa de um corpo para outro, em virtude de uma diferença de temperatura existente entre eles.

Do ponto de vista bombeirístico ou prevencionista calor é a condição favorável que da início, mantém e incentiva a sua propagação.

Para Centreinar<sup>2</sup> (2003), calor é a condição favorável que provoca a interação entre os dois reagentes, sendo este o elemento de maior importância no triângulo do fogo, uma vez que é responsável pelo início do processo de combustão, já que os dois outros reagentes, em condições naturais, encontram-se permanentemente associados.

Em uma unidade armazenadora ou processadora de grãos são várias as fontes de calor existentes: operações com solda elétrica; chamas de fósforos, isqueiros, cigarros acesos, centelhas de eletricidade estática, superaquecimentos de máquinas e equipamentos.

### **1.3 TETRAEDRO DO FOGO**

A função didática deste polígono de quatro faces é a de complementar o triângulo do fogo com outro elemento de suma importância, à reação em cadeia.

A combustão é uma reação que se processa em cadeia, que após a partida inicial, é mantida pelo calor produzido durante o processamento da reação.

A cadeia de reações, formada durante a combustão, propicia a formação de produtos intermediários instáveis, principalmente radicais livres, prontos a se combinarem com outros elementos, dando origem a novos radicais, ou finalmente, a corpos estáveis. Conseqüentemente, sempre teremos a presença de radicais livres em uma combustão.

---

<sup>2</sup> Centreinar: Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem

A estes radicais livres cabe a responsabilidade de transferir a energia necessária à transformação da energia química em calorífica, decompondo as moléculas ainda intactas e, desta vez, provocando a propagação do fogo numa verdadeira cadeia de reação, e assim sucessivamente, se forma a cadeia de combustão, produzindo a sua própria energia de ativação (calor), enquanto houver suprimento de combustível (hidrogênio).

Figura 2 – Tetraedro do fogo



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar – RJ, on-line.

## CAPÍTULO II

### 2 EXPLOSÕES DE PÓS DE GRÃOS EM UNIDADES ARMAZENADORAS E PROCESSADORAS

Explosão é o violento arrebentamento ou expansão, normalmente causado por detonação de um explosivo, ou, ainda pela súbita liberação de pressão de um corpo com acúmulo de gases (BRASIL, EXÉRCITO BRASILEIRO, 2000). Destas transformações geram-se gases aquecidos sob alta pressão que tendem a expandir rapidamente levando a:

- Romper elementos estruturais de edificações;
- Destruir máquinas e equipamentos;
- Ceifar vidas humanas.

#### 2.1 O QUE É UMA EXPLOSÃO DE PÓ?

A explosão de pó de grãos é a combustão ou queima instantânea de pequenas partículas em um espaço fechado, que resulta em súbito aumento da pressão, com transformação de energia térmica e expansão de gases aquecidos.

**Figura 3 – Pó de grãos em repouso sobre o maquinário**



Fonte: do autor

O pó em repouso ou sobre uma superfície qualquer, em conformidade com ponto de vista da explosão, não apresenta qualquer ameaça mesmo próximo a uma fonte de ignição. A figura 3 mostra o pó de grão em repouso sobre o maquinário no interior de um túnel de uma unidade armazenadora. Assim que os maquinários entrarem em funcionamento, os movimentos dos equipamentos farão com que esse pó fique suspenso no ar.

Quando as partículas de pó estiverem suspensas no ar, em um espaço aberto, em contato com uma fonte de calor suficiente para iniciar a ignição da nuvem de poeira, ocorrerá uma queima, entretanto, se esta mesma nuvem de pó, encontrar-se nas mesmas condições anterior, em um espaço confinado, e na presença de uma fonte de calor suficiente para iniciar a ignição, tem-se uma explosão.

As partículas sólidas, ou os pós de grãos referente ao combustível originam-se das impurezas que acompanham a massa de grãos ou do esfacelamento destes, que por atrito ou esmagamento existentes, durante os processos de colheita, secagem ou beneficiamento. É o resultado dos diversos impactos e abrasões entre os próprios grãos e as diversas superfícies de contatos do maquinário, quando os grãos sofrem quebras e desgastes sucessivos, até formarem partículas minúsculas.

**Figura 4 – Dano causado em uma unidade armazenadora em Rio Verde - Go. Estrutura de concreto armado construída para suportar dezenas de toneladas, de massa de grãos, completamente destruída.**



**Fonte: TV Riviera.**

As explosões em ambientes confinados nas unidades armazenadoras de grãos causam danos sérios as estruturas dos armazéns (figura 4), geralmente são oriundas da mistura explosiva existente no interior dos graneleiros e silos, mais especificamente nos túneis e nos elevadores de grãos. A mistura entre as partículas sólidas desprendidas em suspensão no ar atmosférico, são, pelo ponto de vista de ciência do fogo, os agentes combustíveis e comburentes, respectivamente.

A explosão processa-se da seguinte maneira: uma vez ocorrido a detonação em um dado ponto, a energia calorífica dissipada será utilizada na detonação de um outro ponto; isto estabelecerá uma série de detonações, enquanto houver condições favoráveis que são estabelecidas pela existência dos agentes comburentes e combustíveis e a ocorrência da temperatura do ponto de detonação, deste modo, tem-se que o processo de detonação é rápido, mas não instantâneo, sendo que as séries de detonações podem atingir velocidades de propagação de até

7.000 metros por segundo e exercer pressão de vários Kilo Pascal<sup>3</sup>; quanto à violência e potência da explosão são quantificadas em função da velocidade da detonação, da temperatura e do volume dos gases produzidos.

**Figura 5 – Explosão no Porto de Paranaguá - (2002). Terminal da Coimbra - 13 feridos**



**Fonte: Comiva<sup>4</sup>**

## **2.2 O PÓ DE GRÃOS EXPLODE**

Produtos que apresentam elevada percentagem de hidratos de carbono são mais susceptíveis à explosão, tais como os descritos na tabela 1.

**Tabela 1 – Composição de hidrato de carbono nos cereais**

<b>Produto</b>	<b>Hidrato de Carbono (g)</b>
Milho	64
Sorgo	65
Arroz	72
Trigo	70

**Fonte: Centreinar – Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem**

<sup>3</sup>Kilo Pascal: Unidade de medida referente a pressão

<sup>4</sup>Comiva: Cooperativa Mista do Vale do Araguaia

Os pós originados dos grãos armazenados possuem um alto teor de carbono em suas moléculas, o que confere alta capacidade de combustão, portanto, a explosividade do pó existe.

Tais reações são muito mais rápidas que o fogo. Esta regra é válida não somente para pós orgânicos como também para pós metálicos.

A temperatura mínima de inflamabilidade é a temperatura necessária para por em ignição uma nuvem de pó, situa-se entre 300 e 600 ° C, o que confere a quantidade de energia referente às potencias entre 10 e 40 milijoules<sup>5</sup>, o que é produzido durante a queima de uma lâmpada, por exemplo, conforme demonstra a figura 6.

**Figura 6 - No interior dos túneis, as luminárias são protegidas por uma redoma de vidro, evitando que o calor produzido, nos casos de queima das lâmpadas atinja a nuvem de pó.**



Fonte: do autor

---

<sup>5</sup> Milijoules: Unidade de medida de calor (energia térmica)

Existe, uma concentração mínima de combustível no comburente abaixo da qual, a reação de oxidação não poderá desenvolver-se, e uma concentração máxima acima do qual, haverá um excesso de combustível. Esta rápida análise dos fenômenos da combustão permite colocar em evidência os parâmetros que influenciam o seu desenvolvimento. Estes pontos nos permitem avaliar os riscos de inflamabilidade, são eles:

- Teor mínimo de oxigênio;
- Concentrações mínima e máxima, combustível e comburente.

Alguns pós são mais explosivos do que outros, os pós de grãos misturados são 9 (nove) vezes mais explosivos do que o pó de carvão, elemento este, necessário para fabricação da pólvora.

O amido de milho e a farinha de trigo são 30 (trinta) e 50 (cinquenta) vezes mais explosivos do que o pó de carvão, respectivamente.

**Tabela 2 – explosividade dos cereais**

<b>CEREAL</b>	<b>EXPLOSIVIDADE</b>
<b>Pó de trigo (amido)</b>	<b>49.8</b>
<b>Pó de milho (amido)</b>	<b>35,6</b>
<b>Farinha de soja</b>	<b>7.5</b>
<b>Farinha de trigo</b>	<b>3.8</b>

Fonte: Centreinar – Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem

## **2.3 CONCENTRAÇÃO DE PÓ NO AMBIENTE**

Os limites de explosão (também o limite de inflamabilidade) dão à faixa de concentração de pó no ar, o qual permite uma reação explosiva. Teixeira (et al., 1991) observaram que a concentração de pó em suspensão no ar, ótima para que ocorra uma explosão está compreendida entre 45 e 60 g/m<sup>3</sup>.

Um aumento da temperatura reduzirá o valor do limite inferior de explosão. Esta influência é mais considerada, quanto mais alta for a temperatura ambiente.

## **2.4 GRANULOMETRIA DAS PARTÍCULAS**

A granulometria das partículas é o fator fundamental considerado neste estudo, faz parte da relação superfície e massa, pois, quanto mais fino o pó, mais prolongada a mistura ar/pó a qual permanecerá suspensa no ambiente e maiores serão as possibilidades de ocorrerem às explosões. As dimensões das partículas de pó mais propícias para que haja a queima e conseqüente explosão, geralmente, são menores que 63 µm (micro metro)<sup>6</sup>.

Porém, deve-se ter em mente que a adição de teores entre 5 e 10 % de pó fino ao produto base será suficiente para fazer com que a mistura se torne explosiva. A violência da explosão será influenciada pela mistura do meio. Desta maneira, sempre que em um pó grosso não explosivo, o conteúdo do pó fino exceder o limite inferior de explosão, o perigo de explosão existirá.

Isto mostra que o controle da manutenção do tamanho da partícula acima de um determinado limite crítico, não garante a segurança efetiva, e uma pequena quantidade de material fino – por exemplo, como o pó formado através da abrasão durante o manuseio, pode tornar a mistura explosiva.

---

<sup>6</sup> Micrometro: Unidade de medida de comprimento. Relativo a um milésimo de milímetro

## 2.5 TEOR DE UMIDADE DO PÓ

O teor de umidade do pó mais susceptível a provocar um acidente com explosão está em torno de 6%, o que geralmente corresponde a umidade de equilíbrio do pó em um ambiente com 50% de umidade relativa do ar.

Figura 7 - Parede do silo destruída em virtude da explosão ocorrida – Rio Verde-GO



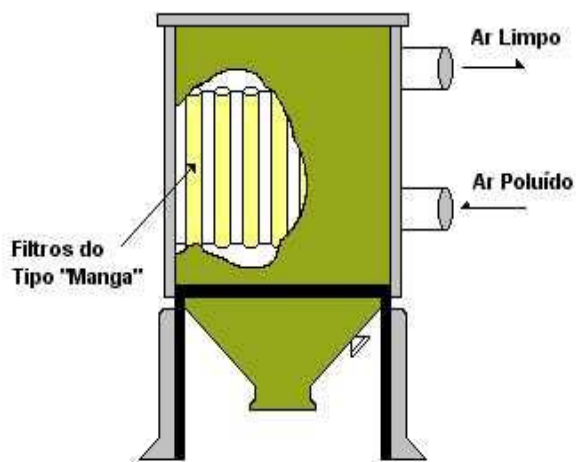
Fonte: TV Riviera

## 2.6 CONTROLE DO PÓ NO AMBIENTE

O controle do pó nos ambientes confinados das unidades armazenadoras ou processadoras é um desafio por causa de sua onipresença em todas as etapas do processamento dos produtos agrícolas, uma vez obtido o controle da concentração de pó por m<sup>3</sup> de volume de ar, o que significa baixar esta concentração a níveis que impossibilite a queima das partículas, o risco de uma possível explosão, como demonstra a figura 7, é bastante reduzido.

As agroindústrias, deste seguimento, que possuem o setor de segurança ativo instalam no interior dos armazéns, em locais estratégicos, filtros coletores de pó, retendo o excesso e diminuindo a sua concentração no ambiente, conforme o modelo da figura 8.

**Figura 8 - filtro coletor de pó**



**Fonte: Comiva**

Adotar as medidas preventivas cabíveis, em todas as etapas do processamento dos grãos é um dos trabalhos executados exaustivamente nas agroindústrias, tendo em vista que os meios e dispositivos utilizados para captação do pó não são suficientes para evitar a concentração de pó necessária à explosão.

Outra medida utilizada são instalações de unidades portáteis de pulverização de óleo mineral, que consiste em umedecer a massa de grãos de forma que evitem a formação de partículas, utilizando-se o aspersor da figura 9.

**Figura 9 - aspersor de óleo mineral**



**Fonte: Comiva**

### **3 EFEITOS CAUSADOS PELAS EXPLOSÕES DE PÓ DE GRÃOS**

Uma explosão devido ao pó de grãos pode, dependendo das condições existentes no local, provocar os seguintes danos:

- Destruir paredes de silos de concreto;

- Espalhar pedaços de concreto em grandes blocos;
- Espalhar milhares de toneladas de grãos;
- Causar significativos prejuízos econômicos;
- Resultar em perdas de vidas de trabalhadores.

São comuns, nestes acidentes, a destruição total ou parcial dos maquinários e equipamentos (figura 10), a reação se processa com extrema violência retorcendo barras de ferro, danificando paredes de concreto, telhado, comprometendo toda edificação e principalmente, ceifando vidas dos trabalhadores.

**Figura10 - Equipamentos destruídos por explosão – Rio Verde-Go**



**Fonte: TV Riviera**

### **CAPÍTULO III**

#### **4 METODOLOGIA EMPREGADA NA PESQUISA**

A metodologia empregada para a elaboração da pesquisa sobre as explosões de pós de Grãos em Unidades Armazenadoras e processadoras, foi assim constituída: Pesquisa bibliográfica envolvendo os aspectos de revisão literária. Nesta fase os estudos foram direcionados no sentido de reunir e munir o pesquisador de materiais e conhecimentos teóricos no tocante aos assuntos pertinentes ao caso, como a Ciência do Fogo, através de consultas em manuais de Combate a Incêndio, apostilas de Segurança do Trabalho em Unidades Armazenadoras de Grãos e Sites especializados. A pesquisa de campo foi realizada nas unidades Armazenadoras e processadoras em que os estudos foram direcionados para os aspectos de inspeções visuais dos principais sistemas de segurança existentes nas agroindústrias. Coletas de informações com funcionários que operam as principais empresas processadoras de grãos da região Sudoeste do Estado e o registro de imagens do interior de algumas unidades armazenadoras de grãos.

Como complemento da pesquisa de campo foi solicitado o registro de imagens existente no acervo de uma emissora de televisão, que continha as

principais cenas dos danos causados por uma explosão real ocorrida em uma unidade armazenadora no município de Rio Verde em Goiás.

Ainda na pesquisa de campo, o estudo realizado teve caráter descritivo e experimental, uma vez que construiu-se um simulador de explosões de pós de grãos, e nele foram realizados vários experimentos envolvendo a queima e pequenas explosões com, farinha de trigo, amido de milho, leite em pó, farelo de arroz e fubá de milho.

## **5 RESULTADOS OBTIDOS**

Os resultados obtidos com estudo em epigrafado, tanto nos aspectos teóricos quanto nos práticos, vão de encontro com a hipótese inicial de que, apesar de ser comum as pessoas duvidarem de que os produtos como o amido de milho, a farinha de trigo e outros pós oriundos do processamento de grãos possam, em condições especiais, explodir e causar danos tão catastróficos.

A teoria de incêndio em seus tratados e conceitos inerentes quanto as questões dos combustíveis sólidos no que refere-se à relação superfície e massa é o fator primordial para a existência da possibilidade da queima dos pós e de sua conseqüente explosão, pois, quando as partículas de pó encontram-se suspensas na atmosfera (poeira em suspensão), as moléculas de oxigênio contidas no ar atmosférico permeiam entre as partículas de pó deixando-as em condições propícias para a queima, bastando apenas uma fonte de calor necessária para dar início a reação.

Iniciou-se a fase experimental baseado na teoria de incêndio onde foram realizados os testes com farinha de trigo, amido de milho, leite em pó, farelo de arroz e fubá de milho, todos inicialmente em repouso sobre uma superfície.

Nos testes realizados com uma porção de 80 gramas (aproximadamente duas colheres de sopa) de amido de milho em repouso sobre uma superfície, o pó não ofereceu nenhum risco à queima, mesmo em contato direto com uma chama de isqueiro ou fósforo. Assim foram realizados 18 (dezoito) testes, sendo 3 (três) com cada um dos produtos, individualmente, obtendo o mesmo resultado, o que está de acordo com a teoria de incêndio.

Em conformidade ainda, com todas as teorias apresentadas nessa pesquisa e principalmente, com a teoria da poeira em suspensão, houve-se a necessidade de criar uma situação semelhante as existentes no cotidiano das unidades armazenadores e processadoras de grãos, onde pudéssemos confinar, em um ambiente uma nuvem de poeira oriunda de pó de grãos, oxigênio suficiente para a combustão e uma fonte de calor necessária para iniciar a queima. Surgindo, então a necessidade da construção de um simulador de explosões. (Ver projeto no anexo único).

Com o advento da construção do simulador de explosão de pó de grãos fez-se necessário, inicialmente, a construção de um protótipo. O primeiro experimento não apresentou resultados satisfatórios (figura 11), uma vez que foi confeccionado com folhas de zinco<sup>7</sup>, o que deixou a sua estrutura maleável, ao ponto de não garantir uma vedação satisfatória para o êxito do experimento. Conseguiu-se somente, produzir uma nuvem de poeira em suspensão e efetivar a sua queima.

**Figura 11 – Simulador de explosão construído de folha de zinco, estrutura maleável que não permite uma vedação satisfatória.**

---

<sup>7</sup> Zinco: Metal muito fusível. Usado em larga escala na indústria



**Fonte: do autor**

O princípio de funcionamento do simulador de explosões de pó é bastante simples, consiste em colocar uma quantidade ou porção de 100 gramas de pó de grãos no interior do funil, inserir uma ou mais velas acesas nos suportes de fixação e vedar o recipiente. Com um jato de ar ou um sopro, no tubo externo, ligado ao funil irá levantar a nuvem de poeira que em contato com a chama da vela irá iniciar o processo de queima e a consequente explosão.

Houve então a necessidade de construir um novo simulador em que seus elementos estruturais, dessa vez, confeccionados com ferro e latão (ver figura 12), o deixou com a estrutura do experimento rígida o suficiente, garantindo a vedação necessária para a realização das demonstrações de queima e explosão.

Neste simulador foram realizados 67 (sessenta e sete) testes de queima de amido de milho e 46 (quarenta e seis) explosões, obtendo assim 82 % (oitenta e dois por cento) de aproveitamento nas queimas e 74 % (setenta e quatro por cento) nas explosões.

**Figura 12 – Simulador de explosão construído de ferro e latão, estrutura rígida que permite uma vedação satisfatória, facilitando a queima e a explosão.**



**Fonte: do autor**

Houve, portanto, um percentual de falhas em alguns testes e experimentos realizados no simulador construído de ferro e latão, acredita-se que os fatores ligados a essas falhas estão diretamente relacionados com proporções definidas quanto às concentrações de combustível, comburente e calor necessário para a queima, em conformidade com a teoria da combustão, já descrita.

Porém, pode acontecer, algumas vezes, durante a realização dos experimentos e após o fechamento do recipiente, da vela permanecer acesa por um período de tempo maior e consumir parte do oxigênio existente no recipiente fazendo com que a queima não se realizasse.

Cabe ressaltar que os fatores relacionados com este tipo de ocorrência não devem ser descartados, pois, interferem diretamente na reação. O primeiro destes fatores é a concentração de pó de grãos existente na atmosfera ou no ambiente de trabalho, como os espaços confinados no interior de elevadores e túneis dos silos e as salas de processamento dos moinhos de trigo. O teor de umidade do pó também é um fator preponderante, uma vez que o pó umedecido tende a dificultar a sua queima e fazer com que o pó permaneça em repouso sobre uma superfície

qualquer, evitando assim, que a atmosfera local permaneça com quantidade de pó suficiente para ter uma explosão.

Outro fator de relevância a ser considerado nestes casos é a Granulometria das partículas, pois, quanto mais fino o pó, maiores são as possibilidades de termos, a mistura ar/pó suspensa no ambiente e maiores serão as chances de ocorrer uma explosão. As dimensões das partículas de pó mais propícias para que haja a queima e conseqüente explosão, geralmente, são menores que 63 (sessenta e três)  $\mu\text{m}$  (micrometro).

O oxigênio por sua onipresença em todos os ambientes em concentrações favoráveis é o fator que ainda não há muito que fazer, uma vez que em todas as etapas do processamento dos grãos e áreas internas das agroindústrias deste seguimento, possui a mão de obra humana presente.

Portanto, o controle do pó, quanto ao tamanho das partículas e em quantidade devem ser monitorados freqüentemente, utilizando os equipamentos como o filtro de captação de partículas e o aspersor de óleo mineral juntamente com a constante limpeza do local.

As fontes de calor como serviços de soldas, eletricidade estática, superaquecimento de máquinas e equipamentos, cigarros acesos, isqueiros, motores elétricos abertos e outros devem ser rigorosamente evitados.

Contudo o serviço de segurança e engenharia de segurança do trabalho deverá primar para que não ocorra a junção do combustível, do comburente e do calor em quantidades ideais, evitando assim, a ocorrência de explosão.

## **6 CONCLUSÃO**

Ao ser convidado para realizar o Curso de Especialização em Gerenciamento de Segurança Pública / Lato Sensu, coordenado pelo Convênio Universidade Estadual de Goiás / Secretaria da Segurança Pública e Justiça, fomos possuídos por uma emoção impar, por se tratar de um curso de alto nível, e principalmente, junto a uma seleta equipes de servidores públicos responsáveis pela segurança no nosso Estado.

Assim, a partir do instante em que demos início a preparação para o desenvolvimento do presente trabalho, através de coleta de dados, fontes de consulta, experimentos, contato com outras autoridades da área e já com pensamentos amadurecidas e experiências vividas nos quatorze anos de efetivo trabalho no campo da prevenção e resposta aos acidentes catastróficos, procuramos

incorporá-lo a este artigo, o que possibilitou a construção de uma visão científica deste tema, que é atualmente desconhecido por muitos.

O desconhecimento deste fato faz com que sejam comuns as pessoas duvidarem de que produto como o amido de milho, utilizado na alimentação de crianças possa, em condições especiais, causar danos catastróficos.

Os resultados alcançados foram satisfatórios, tendo em vista, que mostrou-se a verdade (ciência), através da teoria que consolidou os conhecimentos adquiridos com a prática e compreendo, portanto, que as informações ora contidas, neste trabalho, são de relevância para os profissionais vistoriantes da Gerencia de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Corpo de Bombeiros Militar do nosso Estado, bem como para os instrutores das escolas de formação de Bombeiros, no sentido de servir como fonte de consulta para elaboração de aulas e trabalhos.

O resultado final deste trabalho jamais poderá ser considerado conclusivo, pois, as indústrias privadas e os pólos de pesquisas agropecuárias do nosso país, a exemplo das Universidades Federais de Lavras e Viçosa estão sempre com pesquisas voltadas para as áreas de produção, desenvolvendo equipamentos e máquinas mais sofisticados e condizentes com o intuito de eliminar ou mesmo reduzir as situações de riscos existentes em todas as etapas de produção de alimentos.

## Abstracts

### EXPLOSION OF DUST (POWDER) OF GRAINS IN ENVIRONMENTS CONFINED IN THE STORING AND PROCESSING UNITS

The explosion of dust (powder) of grains in units of storing and processing are occurrences that normally generate loss of the stored products, damages the structures of the warehouses and can kill

people. The purpose of this study it was to verify the adverse factors that can contribute for the occurrences of such explosions involving dusts of grains in environments confined in the storing units. This research it is of extreme importance so that the teams of inspection of the Management of Security Against Fire and Panic can identify the main causes of these explosions and act directly in the prevention. The research was approached (MADE) involving systematically the aspects of literary revision and field, with descriptive and experimental character, once that had the necessity of the construction of a simulator of explosions of powder grains, and in it carried through experiments. The results of the research point, therefore, that the dust (powder) of grain in favorable conditions as: suspended in atmospheric air with concentration of enough oxygen, in environment with the relative humidity of air and the dust, low "granulometria (= join up)" of particles, and the low humidity of the dust (powder) of grains allied to the ideal condition of temperature burns and blows up (explodes).

KEYS WORDS - Explosion. Dust of grains. Security. Storage. Atmospheric air

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ***NBR nº 14.787 Espaço Confinado – Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção.*** São Paulo: ABNT. 2001.

BRASIL. Norma Regulamentadora. ***NR nº 18.20 – Locais Confinados. In: BRASIL. NR nº 18 – Norma Regulamentadora das Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção*** – Brasília: Ministério do Trabalho. 1978.

BRASIL. Portaria. ***Portaria nº 3214 de 08.06.78.*** Brasília: Ministério do Trabalho. 1978.

ILO. International Labour Organization. **Encyclopaedia of Occupational Health and Safety**. Geneva: ILO. 1971/72.

MINISTÉRIO DE TRABALHO Y ASSUNTOS SOCIALES. **Trabajos em Espacios Confinados**. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene em El Trabajo. 2005.

PETIT, T; LINN, H. **A Guide to Safety in Confined Spaces**. Washington: NIOSH. Government Printing Office. 1987.

REKUS, JF. **Complete Confined Spaces Handbook**. Maryland: CRC/Lewis Publishers. 1984.

U.S. Department of Labor Occupational Safety & Health Administration. **Confined Spaces**. Washington: OSHA.  
2005.

U.S. Department of Labor Occupational Safety & Health Administration. **Regulations (Standards – 29 CFR) Permit-required confined spaces – 1910. 146**. Washington: OSHA. 2005.

CENTRINAR. *Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem*. 2003.(mimeo)

CAMPOS, Marilson. **Curso de Segurança do Trabalho em Unidade Armazenadora**. UFV-MG, 2003.

CAMPOS, Leonardo. **Curso de Segurança do Trabalho em Unidade Armazenadora**. UFV--MG, 2003.

BRASIL, EXÉRCITO BRASILEIRO, 2000.

# ANEXO ÚNICO