

**CAP QOBM SÉRGIO APARECIDO LOPES**

**SISTEMAS DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIOS E EXPLOSÕES EM SILOS:  
SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE NORMA TÉCNICA NO PARANÁ**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Planejamento e Controle da Segurança Pública em convênio com a Universidade Federal do Paraná, para conclusão do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais BM 2006.

**Orientador Metodológico:**

Prof<sup>a</sup>.Dr.<sup>a</sup> Helena de Fátima Nunes Silva

**Orientador de Conteúdo:**

Ten.cel. QOBM Jurandi André

## AGRADECIMENTOS

A...

... Deus, por ter me dado a vida, iluminado o meu caminho e ser responsável por todas as minhas conquistas.

...Aos meus pais, que me guiam desde os primeiros passos de minha vida, incentivando-me e orientando o caminho a ser seguido.

... A Leonice Lopes, minha esposa, pela dedicação, atenção e apoio dispensado para que eu pudesse me dedicar à elaboração do presente trabalho.

...Aos meus filhos Gabriel, Daniel e Rafael, que souberam entender a ausência do pai, durante os momentos em que me dedicava ao desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Pesquisa bibliográfica sobre sistemas de proteção contra incêndios e explosões em silos no noroeste do Paraná, visando dar subsídios para elaboração de norma técnica para o Estado, foi idealizado tendo em vista o crescente aumento deste tipo de construção, principalmente nesta região onde é crescente o aumento de plantio de cereais, segundo dados do IBGE. O aumento da safra de cereais induziu as cooperativas de agricultores a construir silos em diversos municípios do noroeste do Estado para descentralizar o armazenamento, facilitando o escoamento dos produtos pelo agricultor, conforme dados do setor de prevenção do Quinto Grupamento de Bombeiros em Maringá, desta forma descentralizando também o risco. O Regulamento de Prevenção Contra Incêndios e Pânico do Corpo de Bombeiros do Paraná trata de depósitos de uma forma genérica, estabelecendo condições de prevenção, que muitas vezes não são adequadas para esse tipo de construção. Pesquisando normas brasileiras muito pouco se fala sobre prevenção contra incêndios neste tipo de edificação. A pesquisa foi realizada em literaturas existentes sobre o assunto (livros, revistas, normas comparadas, etc.), além de literatura internacional. Foram pesquisados também trabalhos monográficos relacionados ao assunto e também sobre trabalho em ambientes confinados, que guardam relação com o assunto. Além da pesquisa bibliográfica foram realizadas visitas nas principais cooperativas da região noroeste do Estado do Paraná, com a finalidade de conhecer o processo de armazenagem e beneficiamento de grãos de cereais. Também foram realizadas entrevistas informais com os gerentes, engenheiros e técnicos de segurança destes estabelecimentos, para que através da experiência que os mesmos possuem na área, pudessem nos repassar quais as suas posições quanto à segurança destes locais. A conclusão chegada é de que, é elevado o risco de incêndio e explosão nestes ambientes, face ao acúmulo de poeira que o processo gera. A desinformação quanto aos riscos de explosão pelos operadores e responsáveis por esses locais geram um grande fator de risco. O Corpo de Bombeiros que possui a competência legal e a responsabilidade de elaborar normas de prevenção deve elaborar o quanto antes normas específicas para esses ambientes. Os profissionais bombeiros devem possuir conhecimento profundo sobre o assunto, para se evitar que em um atendimento de ocorrência num ambiente como este, venha a ocorrer outros acidentes, ou danificar ainda mais o ambiente. Diversas já foram as explosões difusas, ocorridas neste tipo de edificação, aonde várias vidas foram ceifadas e o prejuízo material teve intensidade alarmante. Alguns sistemas foram criados para evitar ou minimizar tais ocorrências, motivo pelo qual aqui apresentamos, com o intuito de encontrar o sistema mais adequado e que minimize o risco de incêndio e explosão difusa do pó em suspensão nestes ambientes. Está estabelecido neste trabalho critérios e propostas que servirão de subsídio para elaboração de Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros do Paraná, orientando e auxiliando os profissionais que trabalham com a execução deste tipo de edificação e também os profissionais que executam a segurança das empresas envolvidas neste processo.

Palavras-chave: Medidas preventivas; Sistemas preventivos; Normas de segurança; Subsídios para norma técnica.

## LISTA DE GRÁFICOS, TABELAS e FIGURAS

GRAFICO 1	- Quantidade de Explosões por Classificação de Materiais .....	22
GRÁFICO 2	- Causas de explosões produzidas por pó em silos de grãos nos EE.UU., 1958 a 1975 .....	45
GRÁFICO 3	- Lugares de explosões produzidas por pó em silos de grãos nos EE. UU., 1958 a 1975 .....	46
TABELA 1	- PARANÁ - Área Colhida por Hectare .....	29
TABELA 2	- Tipos de explosão de pó .....	51
TABELA 3	- Ensaio realizados com amostras de pós de cereais em suspensão .....	52
FIGURA 1	- Tombador .....	31
FIGURA 2	- Túnel da moega .....	31
FIGURA 3	- Recepção e moega .....	32
FIGURA 4	- Máquinas de pré-limpeza .....	33
FIGURA 5	- Fornalha visão externa .....	34
FIGURA 6	- Fornalha visão interna .....	35
FIGURA 7	- Ciclone quebra fagulha .....	35
FIGURAS 8 e 9	- Secadores da COAMO e COCAMAR .....	36
FIGURAS 10 e 11	- Silos verticais e graneleiros horizontais .....	37
FIGURAS 12 e 13	- Visões internas dos Silos – cheio e com uma célula vazia .....	38
FIGURAS 14 e 15	- Expedição – vista externa e interna .....	39
FIGURAS 16 e 17	- Moegas e túnel abaixo das moegas .....	40
FIGURAS 18 e 19	- Conjunto de máquinas de pré-limpeza e limpeza .....	41
FIGURA 20	- Acúmulo de pó embaixo das fitas transportadoras ....	48
FIGURA 21	- Pó em suspensão no interior dos silos .....	48
FIGURA 22	- Simulação de explosões em unidade armazenadora ..	49
FIGURA 23 e 24	- Explosão de silo graneleiro no Porto de Paranaguá ...	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
**APPA** - Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina  
**ART** – Anotação de Responsabilidade Técnica  
**CIPA** – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes  
**CB** – Corpo de Bombeiros  
**COAMO** – Cooperativa Agroindustrial Mourãoense  
**COCAMAR** – Cooperativa Agroindustrial de Maringá  
**COINBRA** – Exportadora Comércio e Indústria Brasileira  
**CH<sub>4</sub>** - Metano  
**CO** - Monóxido de Carbono  
**CO<sub>2</sub>** - Gás Carbônico  
**EPI** – Equipamento de Proteção Individual  
**EPR** – Equipamento de Proteção Respiratória  
**FAEP** – Federação da Agricultura do Estado do Paraná  
**FUNDACENTRO** - Fundação Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho  
**GB** – Grupamento de Bombeiros  
**H<sub>2</sub>S** - Sulfeto de Hidrogênio  
**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
**MTE** – Ministério do Trabalho e Emprego  
**NBR** – Norma Brasileira  
**NFPA** - National Fire Protection Association  
**NIOSH** – National Institute For Occupational Safety and Health  
**NO<sub>2</sub>** - Dióxido de Nitrogênio  
**NR** – Norma Regulamentadora  
**OCEPAR** – Organização das Cooperativas do Estado do Paraná  
**O<sub>2</sub>** - Oxigênio  
**PMPR** – Polícia Militar do Paraná  
**RT** – Responsável Técnico  
**SIATE** – Sistema Integrado de Atendimento a Trauma e Emergências  
**SIPAT** – Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho  
**t/h** – Toneladas por hora

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS, TABELAS e FIGURAS</b> .....	<b>5</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>6</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 ABORDAGEM GERAL DO PROBLEMA.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
1.3 OBJETIVOS.....	12
1.3.1 Objetivo Geral.....	12
1.3.2 Objetivos Específicos.....	12
<b>2 LITERATURA PERTINENTE</b> .....	<b>13</b>
2.1 PANORAMA DO RISCO.....	13
2.2 VULNERABILIDADE EXISTENTE NOS SILOS.....	16
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>25</b>
3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	26
3.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA.....	26
3.3 COLETA DE DADOS.....	27
3.4 ANÁLISE E SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS.....	27
<b>4 SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE NORMA TÉCNICA</b> .....	<b>27</b>
4.1 DESCRIÇÃO DO FLUXO OPERACIONAL DO PRODUTO.....	28
4.1.1 Generalidades .....	29
4.1.2 Recepção .....	30
4.1.3 Pré-limpeza .....	32
4.1.4 Secagem .....	33
4.1.5 Limpeza .....	36
4.1.6 Armazenamento .....	36
4.1.7 Expedição .....	38
4.2 CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS OPERACIONAIS.....	39
4.2.1 Moegas .....	39
4.2.2 Máquinas de Pré-limpeza e Limpeza .....	40

4.2.3 Secadores .....	41
4.2.4 SILOS – Armazenamento e Expedição .....	42
4.3 RISCO DE INCÊNDIOS E EXPLOSÕES.....	42
4.3.1 Principais causas de explosões e incêndios em silos e locais destinados a armazenamento de cereais.....	44
4.3.2 As condições ideais para a explosão do pó.....	47
4.3.3 Explosões primárias e secundárias.....	49
4.3.4 Fatores causadores das explosões de pó .....	49
4.3.5 Classificação das explosões de pó .....	51
4.4 ANÁLISE DE ALGUNS ACIDENTES OCORRIDOS EM UNIDADES ARMAZENADORAS DE GRÃOS .....	53
4.4.1 Explosão deixa cinco operários feridos em cooperativa .....	53
4.4.2 Explosão em silo alerta cooperativas .....	54
4.4.3 Gás tóxico provoca morte de três pessoas em silo .....	55
4.4.4 Morte na empresa... ..	55
4.4.5 Explosão destrói armazenagem de milho em Paranaguá .....	56
4.5 IMPORTÂNCIA DE NORMAS BRASILEIRAS .....	57
4.6 MEDIDAS PREVENTIVAS .....	58
4.6.1 Prevenção de explosões por meio de superdimensionamento das instalações agrícolas .....	59
4.6.2 Prevenção de explosões pela de neutralização do ambiente.....	59
4.6.2.1 Neutralização com gases inertes .....	59
4.6.2.2 Neutralização por vácuo.....	60
4.6.3 Prevenção de explosões por meio do controle das fontes de ignição .....	60
4.6.3.1 Falhas pessoais .....	60
4.6.3.2 Falhas mecânicas .....	61
4.6.3.3 Falhas elétricas .....	61
4.6.4 Sugestões para se minimizar os riscos de explosão de pó .....	62
4.6.4.1 Controle de pó .....	62
4.6.4.2 Meios pneumáticos de prevenção .....	63
4.6.4.3 Controle seletivo das áreas de risco.....	63

4.6.4.4 Permissão para serviços a quente .....	63
4.6.4.5 Inspeção periódica .....	64
4.6.5 Medidas Operacionais Preventivas .....	64
4.6.6 Procedimento de emergência no aquecimento de grãos .....	66
4.6.6.1 Nas moegas .....	66
4.6.6.2 Nos secadores .....	66
4.6.6.3 Nas silos metálicos .....	67
4.6.6.4 Nos armazéns graneleiros .....	68
4.7 ASPECTOS TÉCNICOS CONSTRUTIVOS PARA EDIFICAÇÃO DE UNIDADES ARMAZENADORAS .....	68
4.7.1 Outros aspectos construtivos necessários para segurança da edificação.	69
4.7.2 Aspectos de manutenção das edificações .....	72
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Tratar da prevenção contra incêndios, com exclusividade, tem o fundamental mérito de enaltecer sua importância no meio social e para o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná (CB/PMPR) é o único e estreito caminho da eficácia da sua principal função.

A razão que levou-se à escolha do tema, fundamenta-se na idéia de que é premente a necessidade do Corpo de Bombeiros de estabelecer normas para elaboração dos projetos de edificações de silos, bem como de adequar os já existentes de maneira que minimize os riscos de incêndio ou explosão nestas construções, evitando a ocorrência de sinistros, pois isso faz parte da missão constitucional do Corpo de Bombeiros de proteção ao cidadão.

O Código de Prevenção de Incêndios do Corpo de Bombeiros da PMPR fixa em seu artigo 1º. “Requisitos mínimos de proteção contra incêndios, exigíveis em todas as edificações, tendo em vista a segurança de pessoas e bens.”

No artigo 2º, está dispõe-se sobre todas as edificações que estão sujeitas às exigências do código, com exceção das residências unifamiliares e no capítulo II, traz-se a classificação das edificações quanto ao risco de incêndio, distribuindo-as como de risco leve, moderado ou elevado.

Analisando o código, verificamos que ele trata as edificações de forma genérica, tendo o cuidado de traçar exigências maiores para os locais de reunião de público e adotando as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e normas regulamentadoras dos órgãos federais, visando dar maior segurança preventiva para as edificações.

No entanto, com relação aos silos não existe nada específico e quanto aos armazéns, existem apenas especificações sobre os armazéns de produtos combustíveis ou inflamáveis líquidos acondicionados em recipientes.

Se procurarmos em normas federais, também não encontraremos nenhuma que trace critérios de segurança para construção de silos, que seja correspondente ao risco que ele apresenta.

O presente trabalho procurará dimensionar a intensidade do risco, por meio de visitas e entrevistas com os responsáveis pela segurança dessas edificações, da verificação de trabalhos científicos sobre o assunto e da análise construtural e técnica destas construções.

## 1.1 ABORDAGEM GERAL DO PROBLEMA

Embora exista trabalho científico que trate do assunto, não foi encontrado nenhum que culminasse na elaboração de uma norma técnica para este tipo de risco.

O assunto desde há muito tempo aflige a comunidade que está exposta ao risco e também o Corpo de Bombeiros que é o responsável legal pela prevenção e combate a incêndios, sendo mais acentuada essa preocupação nos últimos anos em virtude do aumento da construção de silos para atender o aumento da safra e para deixar o armazém mais próximo do agricultor.

Na região noroeste do Estado, principalmente, segundo dados do setor de prevenção do 5º GB (Grupamento de Bombeiros), houve um aumento significativo da construção de silos, em razão das cooperativas tentarem prestar um serviço cada vez mais eficiente aos seus associados.

Estudos publicados em revistas especializadas<sup>1</sup>, na área do Trabalho, Saúde, Direito, Segurança Pública dentre outros, provaram que o trabalho voltado à prevenção gera uma economia superior àquelas gastas no combate das conseqüências geradas e nos efeitos maléficos causados por diversos fatores em que não foram observados princípios preventivos.

Em muitos países, o cuidado e a atenção nesta área têm-se mostrado fundamental não só para a melhoria de qualidade de vida, mas também para o próprio desenvolvimento social e econômico.

Diante do exposto, um problema a ser resolvido é como estabelecer procedimentos para a construção e manutenção preventiva dos silos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A principal importância do presente trabalho é criar subsídios para elaboração de uma Norma Técnica, que vise minimizar o risco de incêndio e explosão existente nos silos, principalmente naqueles existentes no Estado do Paraná, trazendo mais segurança para a comunidade que trabalha diretamente exposta ao risco e criando mecanismos para que, caso aconteça o incêndio este possa ser combatido em seu princípio, diminuindo os prejuízos no combate e evitando danos humanos e materiais decorrentes do sinistro.

---

<sup>1</sup> *Proteção, Força policial, CIPA, Revista.*

Leva-se em consideração que este tipo de construção vem aumentando a cada dia, no Estado, e o Código de Prevenção contra Incêndios do Corpo de Bombeiros, é muito vago, quando trata do assunto. Portanto é imprescindível a elaboração de uma norma em nível de Estado do Paraná, devido à sua característica agrícola e devido ao fato de que já ocorreram nos últimos 21 (vinte e um) anos, 05 (cinco) explosões neste tipo de edificação, somente no Paraná, quais sejam:

- Ceval (Pranchita) – janeiro de 1985;
- Porto (Paranaguá) – julho de 1986;
- Canorpa (Apucarana) – agosto de 1988;
- Porto (Paranaguá) – janeiro de 1992;
- Coimbra (Paranaguá) – novembro de 2001.<sup>2</sup>

### **1.3 OBJETIVOS**

O presente trabalho subordina-se a um objetivo geral e a quatro objetivos específicos, que serão traçados para dar maior segurança à comunidade que trabalha exposta ao risco.

#### **1.3.1 OBJETIVO GERAL**

Apresentar subsídios para a elaboração de norma técnica para construção e manutenção de silos, evitando a eclosão de incêndios ou explosões nos mesmos, que desencadeiem danos humanos e materiais.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Traçar um panorama do risco e quais as maiores incidências;
- Estabelecer as vulnerabilidades existentes nos silos;
- Apresentar subsídios para elaboração de Norma Técnica que possibilite minimizar o risco de incêndio e explosão em silos;

---

<sup>2</sup> (CASAGRANDE, 1999)

- Estabelecer quais os critérios que devem ser utilizados para a construção e manutenção dos silos, de forma a evitar a eclosão de um incêndio ou uma explosão.

## 2 LITERATURA PERTINENTE

Em diversos países, o cuidado e a atenção voltados as áreas de prevenção têm-se mostrado fundamental não só para a melhoria de qualidade de vida, mas também para o próprio desenvolvimento social e econômico.

Em razão dos grandes sinistros e calamidades públicas, os diversos segmentos ligados principalmente à área de Segurança Pública passaram a estudar as principais causas de tais tragédias no intuito de criarem medidas preventivas e eficazes<sup>3</sup>.

### 2.1 PANORAMA DO RISCO

A ameaça de incêndio e explosão nos silos que não contam com as adequadas medidas de segurança acompanha praticamente todas as etapas do processo de armazenamento de grãos. Desde a moega (local de recepção de grão), passando pelas correias, que transportam os grãos para peneiras secadoras até os silos. O principal componente da fórmula para a combustão é a alta concentração de poeira orgânica no ar dos espaços confinados como elevadores, túneis subterrâneos, silos, etc.<sup>4</sup>.

Com grande produção agrícola, centrada em pelo menos três regiões (Centro-Oeste, Sudeste e Sul) o país apresenta um potencial muito grande de riscos aos trabalhadores. Em especial, em determinadas épocas do ano, como no final do primeiro e início do segundo trimestre do ano, quando estão terminando as colheitas de soja e milho. Como o Brasil é um dos principais produtores agrícolas do mundo, os problemas se intensificam exatamente na hora de armazenar todos estes grãos.

O Engenheiro de Segurança do Trabalho ATENANTE NORMANN, consultor de empresas e que atua como perito na justiça, tem na bagagem muitos casos de acidentes em silos. Ele explica que há cinco riscos principais de ocorrências em

---

<sup>3</sup> (CASAGRANDE, 1999)

<sup>4</sup> (REVISTA FUNDACENTRO, 1998)

unidades de armazenamento: explosões, problemas ergonômicos, lesões do trato respiratório, lesões no glóbulo ocular e acidentes em geral. As explosões, segundo NORMANN, ocorrem especialmente quando os grãos entram em decomposição, gerando gases leves como o metano e etano. Estes gases são altamente inflamáveis diante de uma chama aberta. Relata que têm acontecido acidentes em diversos países onde, diante de um trabalho de solda elétrica ou de chama (solda a oxigênio), ocorrem explosões, não raramente resultando em morte. O maior risco avalia NORMANN, é o de explosões quando estão estocados em silos grãos ricos em óleo, como soja e milho, cuja decomposição gera mais voláteis. Para evitar explosões, ele destaca a operação de retirada do gás similar à utilizada em tanques de inflamáveis. A técnica mais garantida de desgaseificação, após o esvaziamento do silo, afirma NORMANN, é chamada de “Steam-out”<sup>5</sup>, em que se injeta vapor saturado embaixo do recipiente, até que o vapor saia pelo topo. Acrescenta que jamais quem trabalha em silos deve realizar operações de soldagem, ou qualquer operação com chama ou fagulha, sem a certeza de que o recipiente esteja desgaseificado.

**Limites** - Outro cuidado a ser tomado por quem trabalha em unidades armazenadoras de grãos é o risco químico, principalmente em razão das poeiras e das doenças pulmonares que elas podem gerar, caso não sejam observados os cuidados necessários. No caso da COAMO (Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda.), os técnicos de segurança Jorge Lapezack Banhos e Gilmar Tadeu Guerreiro Barbosa, destacam que são utilizados respiradores P1<sup>6</sup>. Para definir os equipamentos necessários, os técnicos de segurança observam que são realizadas avaliações ambientais quanto ao ruído (por meio de dosimetria e decibelímetro) e concentração de poeira (com bomba de amostragem). Em relação à poeira, relata que foram detectados de 60 a 75% de componentes orgânicos, enquanto que 25 a 40% são de inorgânicos, incluindo-se aí fertilizantes e pesticidas. Os técnicos da Coamo lembram que, segundo as normas da NIOSH (National Institute For Occupational Safety and Health) que é o Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional dos Estados Unidos, o limite de tolerância para concentração de poeiras de grãos é de quatro miligramas para cada metro cúbico de

---

<sup>5</sup> Steam-out: “vapor para fora”, técnica de injetar vapor no ambiente para retirada dos gases

<sup>6</sup> Filtros de respiração nível 1, o mais simples.

ar. Estes dados são encaminhados para laboratórios, que analisam o resultado e definem a necessidade de uso de EPR (Equipamento de Proteção Respiratória) para a proteção respiratória dos trabalhadores em contato com as poeiras, para que eles não tenham problemas em sua saúde. Más, além do protetor respiratório, GILMAR e JORGE sublinham que existem medidas de engenharia de segurança que podem reduzir os riscos. Relatam que a Cooperativa de Campo Mourão tem projeto para implantar sistema de aspiração do pó produzido no descarregamento e no armazenamento, desenvolvido pela Kepler Weber (empresa que fabrica equipamentos para cooperativas). Acrescentam que o sistema já está sendo utilizado por outras empresas, com a concentração de poeira caindo praticamente a zero. Por esse caminho eliminam-se também riscos de explosão.<sup>7</sup>

**Procedimentos** – Quanto à legislação, NORMANN entende que há muito a fazer na área de prevenção a riscos de acidentes em silos. “Já atuei muito como perito no júízo e como assistente em grande número de casos que envolvem silos. Posso afirmar que, de certa forma, o trabalhador precisa ser melhor educado, atendido e protegido”. Em princípio, assinala, mais do que leis devem ser estabelecidos procedimentos de segurança adequados a cada circunstância e que efetivamente sejam cumpridos à risca. E relembra o acidente que vitimou o trabalhador que fazia o recheio<sup>8</sup> do silo. “Ele morreu tragado pela rosca sem fim por teimosia tríplice”, lamenta. Num assunto tão sério, não bastam leis e procedimentos. Há que se fazer com que o trabalhador entenda na sua plenitude sobre os riscos e cuidados a serem tomados para que não ocorram acidentes. “É necessário entender que normas de segurança são princípios de preservação da vida”, comenta. Outra dificuldade ressalta Normann, é o excesso de confiança. Exemplifica com um caso que conta nos cursos que ministra. “Um experiente tratador de animais ferozes utilizava sempre uma pá, com um enorme cabo, para conduzir o alimento até os leões e tigres ao seu cuidado. Um dia precisou ser substituído por um auxiliar. Explicou várias vezes sobre a importância da pá. Mas o auxiliar achou que os animais pareciam muito mansinhos e colocou a carne na jaula dispensando o uso de

---

<sup>7</sup> (REVISTA PROTEÇÃO, 1999)

<sup>8</sup> Recheio: ponto de convergência, junção. Nos silos é a manobra para a retirada da massa de grãos que fica aderida às paredes, para o ponto de captação das correias transportadoras.

equipamento. O resultado foi que uma das feras lhe alcançou e arrancou um de seus braços, por pouco não tirando a própria vida.”

## 2.2 VULNERABILIDADE EXISTENTE NOS SILOS

Em novembro de 2001<sup>9</sup>, uma explosão destruiu o depósito da empresa multinacional COINBRA, responsável pelo armazenamento de grãos do corredor de exportação do Porto de Paranaguá, deixando 18 pessoas feridas. Os técnicos do porto afirmaram à época que o desastre poderia ter sido causado por limpeza deficiente das esteiras que transportavam os grãos das 5 mil toneladas de milho estocadas no local. A explosão teve magnitude tal que pedaços de telhas de zinco foram arremessados até mil metros de distância, e estruturas de cimento com mais de 300 (trezentos) quilos também foram encontradas longe. Além do prejuízo com a perda do depósito, houve consideráveis danos causados aos caminhões que estavam na rua aguardando para descarregar, bem como a paralisação das seis dalas aéreas (esteiras que abastecem os nove armazéns graneleiros dessa ala portuária), o que suspendeu as operações do Corredor de Exportações.

Em 05 de dezembro de 2003, um incêndio destruiu três secadores de soja com 40 toneladas cada, da Bunge Alimentos, em Rio Grande, no Rio Grande do Sul.<sup>10</sup>

A maioria dos grãos é suscetível de desenvolver um processo rápido de combustão quando o tamanho das partículas for suficientemente pequeno. Sob confinamento, essa combustão adquirirá condições para originar uma explosão, produzindo gases quentes, que por sua vez geram aumento de pressão. Similar ao caso de explosão com gases, para haver uma explosão com pós, uma fonte de ignição e uma atmosfera explosiva são necessárias ao mesmo tempo.

Centelhas produzidas por equipamentos elétricos inadequados e com manutenção deficiente (motores, dispositivos de comando, luminárias, entre outros) são fontes de ignição mais comumente encontradas nas instalações em atmosferas explosivas.

---

<sup>9</sup> (REVISTA INCÊNDIO, 2006)

<sup>10</sup> (REVISTA INCÊNDIO, 2006)

Cabe ressaltar que o comportamento do pó combustível é completamente diferente dos gases. Enquanto os gases inflamáveis difundem-se facilmente no ar, buscando uma concentração homogênea, as partículas de pó tendem a assentar-se, produzindo acumulações na forma de montes ou camadas. As partículas podem permanecer em suspensão por alguns momentos, dependendo de sua densidade e do diâmetro das partículas, e viajar do ponto em que são liberadas até outros locais da planta. Podem vazar de equipamentos e migrar para o interior de outros componentes (por exemplo, de um funil para uma caixa terminal de eletricidade).

Acumulam-se no piso, nas tubulações, nas superfícies de equipamentos, nas bandejas de cabos, nos eixos dos motores elétricos, etc.

As partículas de pó podem entrar em contato com fontes de ignição quando acumuladas em camadas e também ao formarem uma nuvem, ao serem postas em suspensão acidentalmente, ou mesmo por meio de uma operação “normal” (por exemplo, operações de limpeza com varrição). Se uma nuvem de poeira potencialmente explosiva entrar em contato com uma fonte de ignição suficientemente poderosa (alguns milijoules são suficientes), uma ignição inicial será produzida. Esta é a explosão primária, geralmente com velocidade subsônica (uma deflagração), que dá lugar a um considerável volume de gases quentes e que desenvolverão uma onda de pressão. Com isso a poeira depositada nas proximidades entra facilmente em suspensão, dando origem a uma nuvem de poeira na frente da chama. A chama inicial agora passa a ser a fonte de ignição dessa nuvem (mistura inflamável) e o processo se repete, produzindo uma seqüência de novas explosões secundárias, com energias crescentes que poderão ter como conseqüência a devastação da planta inteira<sup>11</sup>.

No Brasil, não há muita informação sobre ocorrências de sinistros envolvendo pó agrícola nas unidades armazenadoras. Isto tem acarretado uma total desinformação sobre as causas desses acidentes, bem como conseqüências normalmente desastrosas desses acontecimentos. Esta desinformação tem resultado em abusos excessivos quanto à segurança das instalações armazenadoras, devido à descrença com relação ao perigo de incêndio ou explosão de pó.

---

<sup>11</sup> (REVISTA INCÊNDIO, 2006)

Ainda neste mesmo sentido, tem-se artigo de segurança publicado na revista CIPA, em 1999, que trata sobre a explosão do pó:

As explosões de pó são uma ameaça constante a qualquer companhia que opere nos ramos de estocagem de grãos e moagem. Ainda que pareça estranho, explosões de pó ocorrem também em fábricas onde existem grandes concentrações de poeira metálica. A explosão de pó metálico é uma realidade pouco conhecida.<sup>12</sup>

Para se estabelecer quais os critérios devem ser utilizados para a construção e manutenção dos silos, de forma a evitar a eclosão de um incêndio ou uma explosão, interessante verificar trabalho monográfico já elaborado sobre o assunto, o qual descreve os locais destinados a armazenamento de cereais e seus derivados, da seguinte maneira:<sup>13</sup>

**Edifícios de Armazenamento** - Em geral as edificações destinadas a armazenamento, são construções para armazenar e proteger bens, mercadorias, produtos, veículos etc.

Estas instalações podem ser separadas ou serem parte de uma edificação mista ou de multiuso.

Como exemplos de edifícios de armazenamento para o presente estudo podem-se citar os depósitos de grãos ou cereais, terminais de carga, silos, elevadores de grãos etc.

Podem-se classificar estas edificações como de baixo, normal e alto risco, ou combinando estas classificações quando se tratar de armazenamento de diferentes produtos, quando estejam juntos e não devidamente separados de acordo com a possibilidade de incêndio.

Existem alguns fatores que podem afetar a classificação do risco, são eles:

- Característica de queima do material armazenado;
- Combustibilidade de embalagem;
- Métodos de armazenamento e embalagem;
- Quantidade armazenada.

A evolução no manejo dos materiais tem produzido uma rápida mudança nos edifícios de armazenamento, incluindo edifício de grande altura que pode chegar a 30 (trinta) metros ou mais.

---

<sup>12</sup> (REVISTA CIPA, 1999)

<sup>13</sup> (CASAGRANDE, 1999)

**Descrição Geral das Unidades** - Conceituam-se como unidades armazenadoras de grãos, aquelas caracterizadas por células ou compartimentos estanques e, por vezes, herméticos, que possibilitam o mínimo de incidência ou troca de influências do meio externo com o ambiente de estocagem.

**Unidade armazenadora vertical** - Assim chamada porque predomina a dimensão da altura em relação ao diâmetro da base da unidade. É uma unidade de forma cilíndrica, cuja cobertura é um semi-cone, com estrutura metálica de chapa relativamente fina, de espessura em torno de 0,95 a 1,2 mm.

**Unidade armazenadora horizontal** - Prevaecem as dimensões de base em relação à altura da unidade. Pode ser semi-subterrânea ou subterrânea, cuja estocagem desenvolve-se em sentido horizontal, por meio de um ou mais compartimentos, dependendo da existência de septos divisórios. Normalmente, os fechamentos laterais são constituídos em concreto armado "in loco", ou pré-moldado com cobertura metálica; o fundo, em forma plana ou talude ("v", "w").

A movimentação é generalizada nos circuitos básicos, possuindo equipamentos automatizados ou semi-automatizados, instalados numa central de recebimento/beneficiamento e nas galerias inferior e superior. A galeria de alimentação superior situa-se sob a cobertura, pois quando existem septos, são nivelados à altura dos fechamentos laterais; Não seleciona toda altura da seção transversal do eixo principal, razão por que reduz o índice de ocupação da unidade em face da acomodação da massa limitar-se à altura do septo (para não ocorrer misturas entre produtos distintos).

**Baterias** - Individualizadas e agrupadas em torno de uma central de recebimento/pré-beneficiamento. Apresenta capacidades variadas, possibilitando adequar-se, modularmente, às necessidades das empresas rurais.

Quando dotado de equipamento de pré-beneficiamento, movimentação horizontal, vertical e controle de qualidade (sistema termométrico<sup>14</sup>, ventilação forçada e tratamento fitossanitário<sup>15</sup>), suficientemente dimensionado e correlacionado com a capacidade estática, são adequados à estocagem e preservação em longo prazo.

---

<sup>14</sup> Sistema composto de sensores de temperatura, administrados por uma central de computação.

<sup>15</sup> Medidas sanitárias na defesa dos vegetais.

**Manipulação** - A manipulação de cereais compreende principalmente sua descarga, armazenagem e classificação segundo a qualidade e carga para o transporte a seu destino. O procedimento compreende o transporte horizontal e vertical ao entrar e sair das instalações de armazenamento. Este procedimento de transporte produz pó em cada ponto de carga e transbordo nos silos. Os jorros de cereais em grande velocidade produzem um movimento de ar que não equivale somente ao volume deslocado pelo cereal, sendo que origina ainda um volume adicional, denominado ar-arrastado, que pode estimar-se de forma empírica como 5 a 10 vezes o volume real deslocado. Por conseguinte, um jorro de cereais de 2.114 m<sup>3</sup> por hora caindo dentro de um silo, pode originar um movimento de ar que oscila entre 170 e 311 m<sup>3</sup> por minuto (28 m<sup>3</sup> de deslocamento, e 142 a 283 m<sup>3</sup> de ar-arrastado). Este volume de ar obrigado a sair por aberturas limitadas, arrasta facilmente o pó em suspensão em direção à atmosfera circundante, a menos que se utilize um sistema de aspiração eficaz para capturar o pó.

**Cintas Transportadoras** - O método mais utilizado para o transporte horizontal de cereais entre dois pontos é a cinta transportadora côncava. Geralmente, para evitar a emissão excessiva de pó, há de se proteger as cintas transportadoras com cobertas e dispositivos de aspiração nos pontos de carga e descarga. Na atualidade, existem sistemas totalmente fechados que necessitam muito pouca ou nenhuma aspiração.

**Transportadores mediante parafusos de rosca sem fim** - Estes transportadores são utilizados para vazões reduzidas e distâncias curtas. Este tipo de dispositivo reduz muito a emissão de pó e na realidade podem até transportar o produto sem produzir emissões perigosas.

**Transportadores pneumáticos** - Estes sistemas são sumamente eficazes para transportar produtos muito triturados sem emissão de pó, em atividades que necessitam de recolhimento ou distribuição em muitos pontos. Ainda que a capacidade de transporte seja relativamente reduzida frente ao consumo de energia, este método resulta muito flexível para transportar os produtos, tanto em sentido vertical como horizontal, conservando as condições sanitárias requeridas para produtos combustíveis.

**Elevadores de caçamba** - Para o transporte vertical de cereais e produtos derivados, o elevador de caçamba é o método mais utilizado; eleva os produtos a grandes alturas que podem variar de 30 a 90 metros. Os elevadores de caçamba são os maiores geradores de pó em silos, e é o ponto de origem mais freqüente de explosões cujas origens se têm podido determinar (Cristensen y Kaufmann, 1977). Deste modo, se tem demonstrado que os elevadores de caçamba são os focos principais das explosões em moinhos de cereais.

**Bocas de aço e revestimentos** - Os Cereais e sementes oleaginosas são produtos muito abrasivos e podem desgastar rapidamente as bocas de aço utilizadas para canalizar o jorro do produto nos silos. Desta forma, a manutenção há de ser permanente para eliminar as fugas e emissões de pó. As reparações podem ser soluções provisórias validas, porém a boca ou boquilha raramente recupera sua capacidade plena. Como soluções alternativas, são utilizados vários revestimentos resistentes à abrasão. Os materiais mais utilizados são chapas de liga de aço resistentes à abrasão, os plásticos sintéticos de grande densidade e certos materiais cerâmicos vítreos moldados para adaptarem-se nas bocas de descargas, presos por parafusos, sem a necessidade de se utilizar soldas ou outros meios que produzam calor.

Também pode ser necessário utilizar outros revestimentos para limitar o desgaste nos pontos em que o cereal choca contra uma superfície metálica. Por exemplo, os revestimentos de goma sintética podem ser mais eficazes para evitar o desgaste excessivo na boca de descarga, e ao mesmo tempo reduzir ao mínimo a ruptura dos grãos.

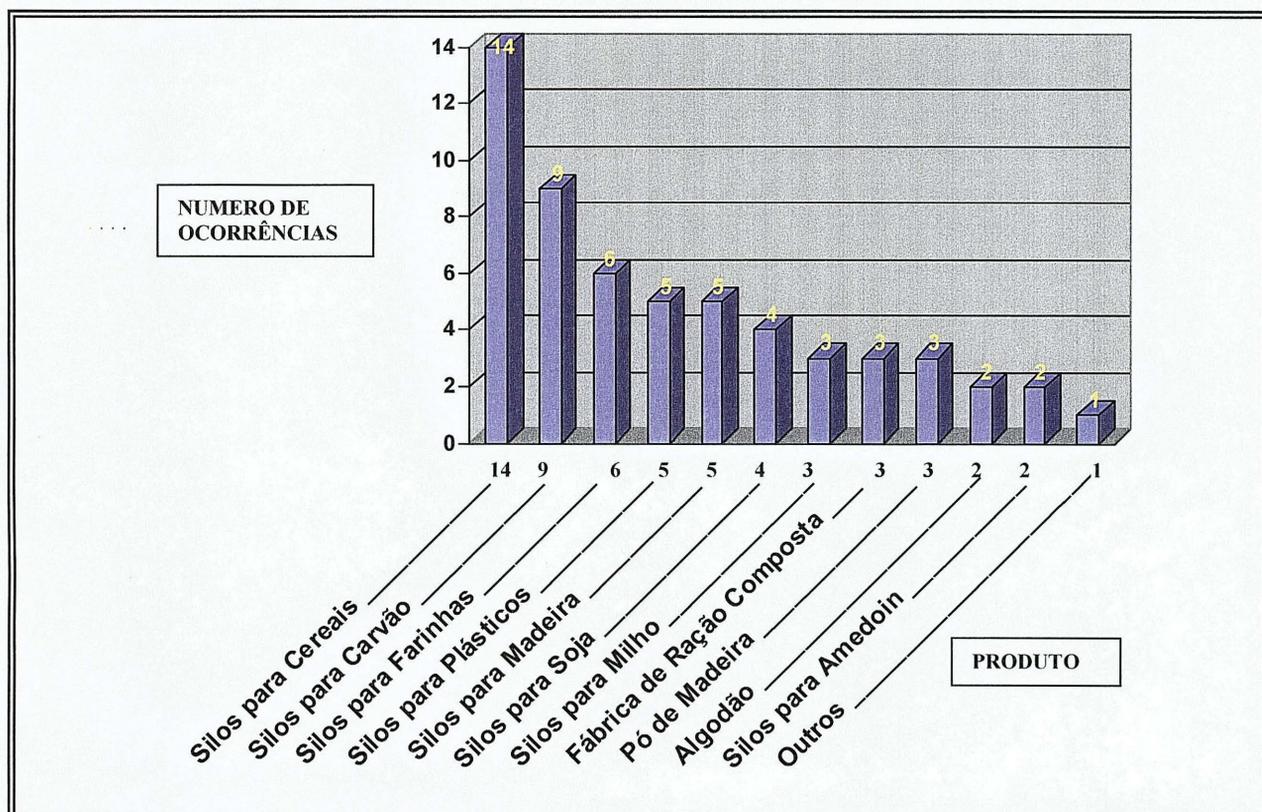
Segundo o Dr. Juan Ravenet Catalen, Engenheiro Industrial:

Destaca-se a importância deste tipo de ocupação quando se verifica que desde o século XIX se iniciou a construção massiva de instalações destinadas aos mais diversos tipos de produtos. Cabe salientar que desde 1900 até 1976 foram registrados oficialmente nos Estados Unidos 1.085 explosões envolvendo pó combustível que foram catalogados e arquivados pela National Fire Protection Association — NFPA. Estas explosões tiveram como consequência 640 mortos, 1.712 feridos e uma perda material em cerca de 98 milhões de dólares. Muito mais explosões ocorreram no Estados Unidos neste período, porém não foram catalogadas em razão de sua escassa magnitude ou por falta de informações. No intuito de se reduzirem os riscos ligados a explosões de Pó, a NFPA estabeleceu em 1922 o Comitê de Risco em explosões de Pó com a finalidade de estabelecer recomendações que permitam prevenir estas explosões.

Desde então foram publicadas cerca de 80 normas para determinar as medidas e os fatores relativos à prevenção no sentido de evitar tais explosões.<sup>16</sup>

Das mais importantes explosões ocorridas, se têm efetuado uma classificação por materiais que é dado como resultado na seguinte figura:

**GRAFICO 1 – Quantidade de Explosões por Classificação de Materiais**



Fonte: CATALAN, Juan Ravenet. *Silos – Deformaciones – Fallas – Explosiones – Prevencion de Accidentes, Tomo II*. Barcelona: Técnicos Asociados, 1978, p. 252.

O Código de Prevenção Contra Incêndios do Corpo de Bombeiros do Paraná (2001), como já visto anteriormente, trata dos requisitos mínimos de proteção contra incêndios para edificações, e em seu artigo 5º, quando dispõe sobre áreas de risco, descreve da seguinte maneira:

**Art. 5º** - As áreas de risco classificam-se em:

- I- Isoladas;
- II- Compartmentadas;

<sup>16</sup> (CATALAN, 1978, p. 251 – 252)

III- Incorporadas.

§ 5º - Para efeito deste código, o risco predominante é função dos riscos de incêndio existentes, quantificados em área quadrada (m<sup>2</sup>), excetuando – se os locais de armazenagem e depósitos, quantificados em volume (m<sup>3</sup>). (grifo nosso)<sup>17</sup>

Desta forma verificamos que pelo nosso Código de Prevenção, no caso dos silos para definir a extensão do risco, deve-se adotar o quantitativo de volume e não de metragem quadrada, como se faz para os outros tipos de edificações, o que faz com que a maioria das unidades armazenadoras de grãos, em virtude de sua altura acabe enquadrando como edificação em que há a necessidade de se instalar sistema de prevenção contra incêndios com rede hidráulica e hidrantes, necessitando de um reservatório com volume de água bastante elevado.

Mais a frente, o Código estabelece que em estabelecimentos para fins industriais, é necessário que se apresente Memorial Industrial, assinado por engenheiro responsável, conforme disposto abaixo:

Art. 21 - Tratando-se de instalações para fins industriais, juntamente com o projeto de prevenção de incêndios, deverá ser apresentado Memorial Industrial, assinado pelo engenheiro responsável e pelo proprietário da edificação, contendo:

- I- nome do estabelecimento;
- II- endereço;
- III- natureza da ocupação;
- IV- relação de matérias-primas a serem utilizadas;
- V- relação dos artigos a serem fabricados e depositados no almoxarifado;
- VI- descrição detalhada dos processos industriais;
- VII- relação das máquinas perigosas e que tipo de perigo oferecem, aparelhos de proteção a serem utilizados e a localização dos mesmos;
- VIII- descrição dos meios preventivos contra a formação de poeira, gases ou vapores, se houver, citando do que são provenientes;
- IX- relação dos meios especiais de ventilação e iluminação dos locais de trabalho;
- X- relação dos resíduos industriais, líquidos inflamáveis, seu trabalho e forma de escoamento;
- XI- natureza dos prédios vizinhos (lado direito, lado esquerdo e fundos);
- XII- relação dos reservatórios de água, capacidade e altura dos mesmos quando elevados, citando se o abastecimento é feito pela rede pública;
- XIII- aumentos e reformas;
- XIV- materiais radioativos.

§ 1º - Em todos os itens constantes do memorial industrial, deverão ser discriminados quantitativos.

---

<sup>17</sup> (PARANÁ, 2001)

§ 2º - Opcionalmente o item 6 do memorial, poderá ser complementado por um fluxograma, ou ainda toda descrição acima complementada por uma planta de arranjo físico, contendo todas as indicações deste artigo. (grifos nosso)<sup>18</sup>

Na seção do código que trata das edificações em que se faz necessária a instalação de sistema preventivo por hidrantes, existe menção das ocupações em que haja risco de reação química em contato com a água, tratando-as da seguinte maneira:

**Art. 34** - Quando se tratar de ocupações em que haja risco de reação química em contato com a água, bem como naquele em que a água como agente extintor for inadequada, será dispensado o sistema fixo de proteção por hidrantes, desde que as mesmas sejam isoladas, conforme o artigo 5º, § 1º, deste código.

§1º - Os casos enquadrados neste artigo, porém, sem isolamento de risco, continuam sujeitos à exigência de sistema fixo de proteção por hidrantes, objetivando evitar a propagação de incêndios.

§2º - Para efeito da dispensa mencionada no parágrafo anterior, cada edificação não deverá ultrapassar 1000 m<sup>2</sup> de área construída, se a classe de risco for Moderado ou Elevado ou 1500 m<sup>2</sup> de área construída, se a classe de risco for Leve. (grifo nosso)<sup>19</sup>

Não existe em nosso código nenhum artigo específico que trate de medidas de prevenção contra incêndios em silos ou unidades armazenadoras de grãos, o código estabelece medidas de prevenção em parques de armazenamento apenas de produtos combustíveis líquidos ou gasosos sendo que esse tipo de risco é tratado da seguinte maneira:

Art.126 – As instalações de parques de tanques e recipientes, para armazenamento de produtos combustíveis líquidos ou gasosos, devem obedecer às prescrições das normas brasileiras e resoluções dos órgãos competentes, conforme o *caput* do artigo 118 deste código, acrescidas das seguintes exigências:

§ 1º - A área ocupada pelo parque deve ser isolada, não permitindo o livre acesso de pessoas e/ou animais.

§ 2º - A instalação elétrica deve atender às normas brasileiras, para áreas classificadas eletricamente.

§ 3º - Toda a instalação e os equipamentos elétricos, situados nas áreas de armazenagem, devem ser executados conforme as normas brasileiras.

§ 4º - A fim de evitar os efeitos da eletricidade estática, as instalações deverão ser dotadas de dispositivos que a neutralizem.

<sup>18</sup> (PARANÁ, 2001)

<sup>19</sup> (PARANÁ, 2001)

§ 5º - A proteção contra descargas atmosféricas dos tanques e recipientes de armazenamento deve atender às normas brasileiras em vigor.

§ 6º - Os tanques ou esferas que contenham gases ou líquidos inflamáveis das classes I e II devem ter a palavra "INFLAMÁVEL" pintada no costado, de modo que possa ser lida à distância segura.

§ 7º - Nas instalações destinadas ao armazenamento de combustíveis líquidos devem ser colocadas em locais visíveis, placas ou cartazes com os dizeres "É PROIBIDO FUMAR".

§ 8º - Os parques de armazenamento devem possuir acessos adequados para os equipamentos de combate a incêndios.

§ 9º - As instalações dos parques de armazenamento devem possuir um sistema de alarme eficiente, destinado a recrutar os recursos disponíveis de combate em caso de incêndio. (grifos nosso) <sup>20</sup>

Finalizando, o Código de Prevenção de Incêndios do Corpo de Bombeiros do Paraná destaca nas disposições finais a situação dos casos omissos, da seguinte forma:

**Art. 201** - Os casos omissos e/ou especiais, não contemplados pelo presente código, serão resolvidos por Comissão Técnica, designada pelo Comandante do Corpo de Bombeiros.

**Parágrafo único** - Quando da impossibilidade técnica de cumprimento de qualquer das exigências deste código, o profissional habilitado (responsável técnico), encaminhará Laudo Técnico circunstanciado, acompanhado de ART, à seção competente do Corpo de Bombeiros da jurisdição onde a edificação foi construída; juntamente com o estudo propondo soluções alternativas, as quais serão analisadas por comissão designada pelo Comando do Corpo de Bombeiros e que se aprovadas, serão indicadas como meio alternativo de prevenção. <sup>21</sup>

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho resultou basicamente de uma pesquisa classificada como bibliográfica, isto é, a partir de materiais já publicados sobre o tema (livros, artigos periódicos, teses, monografias, regulamentos, norma comparada, etc.), além de visita aos locais de risco e entrevista informal com os responsáveis pela segurança destes locais.

Como já publicado em periódico, "Método é o caminho a ser percorrido para alcançar um fim e para o pesquisador, o desafio é percorrer esse caminho com o máximo de concentração de esforços e o mínimo consumo de tempo" <sup>22</sup>.

<sup>20</sup> (PARANÁ, 2001)

<sup>21</sup> (PARANÁ, 2001)

<sup>22</sup> (SILVA, 2001, p. 41)

Desta forma, foi procurado por meio das visitas aos estabelecimentos armazenadores de grãos, conhecer todo o processo de transporte dos grãos desde a saída da propriedade rural até o seu beneficiamento ou encaminhamento para exportação e quais os riscos existentes nestes processos.

Por meio de conversa informal com os engenheiros e técnicos de segurança das cooperativas procurou-se saber quais suas experiências, seus anseios e suas proposições para melhorar a segurança destes locais, e baseado nas informações colhidas, comparando com as normas existentes e os escritos sobre o assunto, sistematizar subsídios para a elaboração de norma técnica que vise à melhoria de segurança nestas edificações.

### **3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA**

Os procedimentos utilizados para a realização desta pesquisa seguiram as fases de identificação do tema estudado, levantamento bibliográfico, reunião sistemática do material contido em livros, revistas, entre outros, coleta dos dados das Revistas de Segurança, trabalhos científicos já elaborados sobre o assunto, visitas e entrevistas com Gerentes, Engenheiros e Técnicos de Segurança das Cooperativas que possuem grande estrutura de silos, análise e interpretação dos dados coletados nas revistas e redação da pesquisa. A idéia de contribuir com a linha de pesquisa sobre prevenção contra incêndios e explosões em silos, deu-se justamente em virtude da dificuldade de se encontrar literatura nacional sobre o assunto, portanto um fator essencial para o desenvolvimento do trabalho foi a utilização de norma comparada, de literatura internacional, de pesquisa de campo e pesquisa na internet.

### **3.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA**

O presente trabalho está relacionado com a área de Prevenção e Combate a Incêndios e Explosões em silos, mais precisamente nos existentes na área do 5º GB, com sede em Maringá-Pr, que abrange 144 municípios da região Noroeste do Estado do Paraná. O trabalho está voltado para esta região, em virtude do crescimento da safra de grãos nestes municípios, a proliferação de construção de silos e a necessidade de se dar uma resposta aos profissionais da construção civil e

da própria indústria armazenadora, sobre as melhores condições de armazenagem de grãos, sem causar risco a terceiros e ao patrimônio.

### **3.3 COLETA DE DADOS**

Além da análise de literaturas comparadas, livros e revistas sobre o assunto, durante o desenvolvimento do presente trabalho foi realizada visita às duas maiores cooperativas da região noroeste do Estado do Paraná com a finalidade de observar suas estruturas e verificar seu funcionamento. Nas empresas COCAMAR de Maringá e COAMO de Campo Mourão, além da observação do funcionamento, foi realizada entrevista informal, com os gerentes, engenheiros e técnicos da área de segurança e alguns trabalhadores da área de maior risco, para tentar detectar qual a visão que eles possuem dos aspectos de segurança, em razão da experiência que os mesmos adquiriram durante o tempo de trabalho, para confrontar com a literatura pertinente e estabelecer parâmetros que atendam a segurança da empresa e da coletividade.

### **3.4 ANÁLISE E SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS**

Os dados obtidos das observações realizadas nas visitas às empresas COCAMAR e COAMO, bem como das entrevistas informais foram sintetizados e comparados com as normas nacionais vigentes, para se ter idéia da intensidade do risco e quais as medidas necessárias para minimizá-lo. O objetivo dessa análise foi identificar o panorama dos riscos, incidências e vulnerabilidades existentes nos silos.

Com a identificação desses elementos são apresentados os critérios para a elaboração de norma técnica para construção e manutenção dos silos.

## **4 SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DE NORMA TÉCNICA**

Depois de realizadas visitas nas maiores unidades armazenadoras de grãos da região Noroeste do Estado do Paraná, mais especificamente nas Cooperativas COAMO e COCAMAR, e de diálogo mantido com os engenheiros e técnicos envolvidos na segurança destas unidades, procurando questioná-los sobre quais os critérios de segurança que são utilizados nestes estabelecimentos e quais os

sistemas que eles possuem, se são eficientes ou não, e comparando com a bibliografia existente sobre o assunto, procurou-se traçar um caminho que leve a elaboração de uma Norma Técnica que atenda os objetivos de quem trabalha nestes estabelecimentos e também atenda os critérios da coletividade e do interesse público.

Diante disso, passa-se a partir deste item a sistematizar as informações colhidas de forma a atender os objetivos propostos.

#### **4.1 DESCRIÇÃO DO FLUXO OPERACIONAL DO PRODUTO**

Diante do crescimento do setor agrícola brasileiro, a safra que bate recorde de produção ano após ano, traz com isso conseqüente aumento da construção de armazéns para a estocagem do produto para posterior exportação ou industrialização, despertando a necessidade das cooperativas de legalizar os seus sistemas preventivos contra incêndios, para a obtenção dos certificados de vistoria do Corpo de Bombeiros<sup>23</sup> cuja dificuldade está em que com relação a este tipo de edificação não existe norma específica, apesar do risco grande da ocorrência de sinistros nestes ambientes.

Para se ter uma idéia do aumento de safra, vejamos estatística do IBGE, sobre a área colhida no Paraná, em hectare entre os anos de 1996 a 2004; Percebemos aumento anual da colheita de soja e trigo, principalmente.

---

<sup>23</sup> Certificado de vistoria: Documento emitido pelo Corpo de Bombeiros, que certifica que a empresa encontra-se em conformidade com a legislação vigente.

**TABELA 1 - PARANÁ - Área Colhida por Hectare**

Produto \ Ano	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996
Algodão Herbáceo (em caroço)	47.315,00	30.049,00	36.181,00	71.211,00	54.109,00	48.166,00	112.994,00	59.874,00	181.916,00
Amendoim (em casca)	4.242,00	4.153,00	4.474,00	5.097,00	3.983,00	3.570,00	2.890,00	3.075,00	2.897,00
Arroz (em casca)	68.051,00	70.694,00	76.202,00	76.895,00	79.823,00	81.894,00	79.557,00	85.387,00	93.173,00
Aveia (em grão)	266.076,00	222.650,00	171.040,00	178.316,00	112.379,00	146.645,00	104.052,00	121.686,00	101.686,00
Cana-de-Açúcar	399.527,00	373.839,00	358.874,00	338.013,00	327.165,00	338.410,00	310.394,00	300.070,00	285.147,00
Cebola	5.927,00	6.202,00	6.161,00	5.760,00	5.204,00	4.543,00	6.183,00	5.959,00	5.784,00
Centeio (em grão)	633,00	690,00	832,00	1.069,00	725,00	725,00	2.153,00	1.840,00	1.702,00
Cevada (em grão)	54.689,00	53.809,00	43.551,00	43.639,00	32.135,00	31.864,00	42.957,00	36.971,00	26.265,00
Feijão (em grão)	506.035,00	539.602,00	523.193,00	430.803,00	540.882,00	632.500,00	564.538,00	554.838,00	594.130,00
Fumo (em folha)	64.489,00	49.855,00	41.977,00	34.714,00	33.908,00	36.019,00	38.624,00	41.163,00	34.446,00
Mamona (baga)	569,00	225,00	257,00	671,00	657,00				
Mandioca	150.645,00	110.944,00	144.306,00	172.850,00	182.856,00	164.808,00	152.980,00	138.050,00	116.476,00
Milho	2.470.151,00	2.846.054,00	2.457.326,00	2.817.287,00	2.229.948,00	2.519.833,00	2.228.724,00	2.414.543,00	2.449.510,00
Rami (fibra)	539,00	539,00	480,00	399,00	465,00	465,00	818,00	1.816,00	2.553,00
Soja (em grão)	4.011.021,00	3.649.119,00	3.309.789,00	2.818.080,00	2.857.968,00	2.788.064,00	2.859.154,00	2.540.686,00	2.386.623,00
Sorgo granífero (em grão)	7.255,00	11.587,00	3.597,00	2.943,00	1.594,00	260,00	375,00	333,00	270,00
Trigo (em grão)	1.358.692,00	1.254.125,00	1.115.455,00	961.649,00	489.920,00	753.513,00	952.047,00	954.269,00	1.085.444,00

Fonte: (IBGE, 2005).

Para compreendermos como se dá o processo de transporte e beneficiamento dos grãos de cereais, desde a colheita realizada pelo agricultor até a industrialização do produto ou exportação a granel, descreveremos como se faz o fluxo operacional do produto.

#### 4.1.1 Generalidades

As unidades operacionais de recebimento, secagem e armazenamento de produtos agrícolas possuem diversos aspectos a serem descritos. Cabe aqui diferenciar o simples recebimento e secagem dos produtos agrícolas, das atividades de beneficiamento e industrialização.

Assim corretamente pode-se descrever:

Beneficiamento: só se aplica às atividades que “submetem os produtos agrícolas a processos destinados a dar-lhes condições de ser consumidos, como, por exemplo, descascar cereais e descarregar algodão”.<sup>24</sup>

Fica, assim, demonstrado que as atividades de recebimento, secagem e limpeza se prestam apenas a dar condição de armazenamento aos produtos agrícolas, e não os prepara para o consumo, conforme definição da Língua Portuguesa.

#### 4.1.2 Recepção

Os produtos chegam, predominantemente, a granel em caminhões e carretas, sendo amostrados e classificados. A amostragem é realizada manualmente utilizando-se sondas que retiram subamostras da massa dos grãos de forma a obter porção representativa da carga. A classificação é feita considerando-se a aparência e os aspectos físicos do produto, ou seja, umidade, impurezas, PH (peso hectolítrico), presença de insetos, odor, entre outros.

Após a classificação a carga é pesada e descarregada em moegas separadas de acordo com a espécie, umidade e outras características diferenciais.

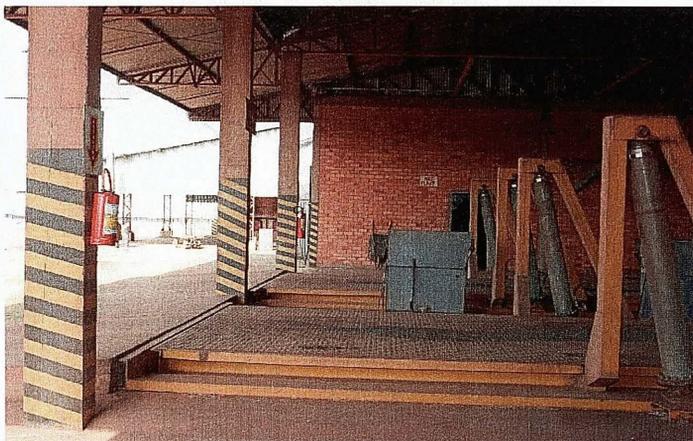
As moegas (conforme figura 3, pg. 31), são instalações abertas, com superfície vazada sobre um compartimento de concreto que comporta volume que varia de 30 a 150 toneladas.

Em geral são recintos abertos para não favorecer a concentração de poeiras e partículas em suspensão.

A descarga do caminhão pode se realizar pelas bicas (aberturas localizadas no assoalho da carroceria), ou pelo tampo traseiro quando a moega possui plataforma basculante (tombador), conforme figura 1.

---

<sup>24</sup> (FERREIRA, 1975)

**FIGURA 1 - Tombador**

Fonte: COAMO

... Sob as moegas inicia-se a rede de túneis que farão a distribuição subterrânea dos produtos recebidos.

Esses túneis são dotados de correias transportadoras ou redlers<sup>25</sup> com alta capacidade de transporte.

Um eficiente sistema de exaustão pode proporcionar a constante renovação do ar tanto dos túneis quanto dos elevadores interligados.

**FIGURA 2 – Túnel da moega**

Fonte: COAMO

Aliado à renovação do ar, todas as instalações eletromecânicas devem proporcionar segurança contra riscos de ignição (limpeza constante, instalações elétricas protegidas, motores elétricos com blindagem, lâmpadas antiexplosão, etc.).

---

<sup>25</sup> Redlers: Recipientes metálicos dosadores, transportados por correntes.

FIGURA 3 – Recepção

e

Moega



Fonte: COAMO

### 4.1.3 Pré-limpeza

A pré-limpeza é operação realizada logo após o recebimento dos produtos. Presta-se à retirada das impurezas grosseiras dos grãos, com alto rendimento operacional (30 a 120 toneladas/hora) e peneiras adequadas a esta modalidade de uso, além da ação de exaustão da poeira e partículas mais leves.

Permitem o melhor fluxo dos grãos pelas correias, elevadores e outros condutores internos de fluxo. Habilita os produtos à secagem, eliminando partículas estranhas e melhorando a eficiência dessa secagem.

Os equipamentos de pré-limpeza (conforme figura 4) são totalmente metálicos e atuam por peneiramento, em que são retiradas as impurezas maiores e menores, independente do peso, e por aspiração, em que são retiradas as impurezas leves pela ação de exaustão do ventilador. As impurezas das peneiras e da calha de aspiração são coletadas em mesas de ensaque acopladas à máquina.

São dotadas de sistema de captação de pó por meio de ciclones aos quais as máquinas são interligadas por tubulação específica.

**FIGURA 4 – Máquinas de pré-limpeza**

Fonte: COAMO

#### 4.1.4 Secagem

A secagem é um tipo de tratamento térmico em que se procede a redução do teor de umidade dos produtos a níveis ideais para a conservação. Com a diminuição do teor de umidade são reduzidas: (a) a disponibilidade de água aos agentes responsáveis pela deterioração dos produtos, (b) a taxa de respiração dos grãos e (c) a velocidade de processos bioquímicos que podem autodegenerar os grãos.

O teor de umidade corresponde à relação percentual entre a massa de água presente e o peso total do produto. Por exemplo, se uma carga de 12 toneladas apresenta teor de umidade de 16%, significa que 1,92 toneladas da carga é água; e 10,08 toneladas é matéria seca formada por carboidratos, proteínas, lipídios e sais minerais.

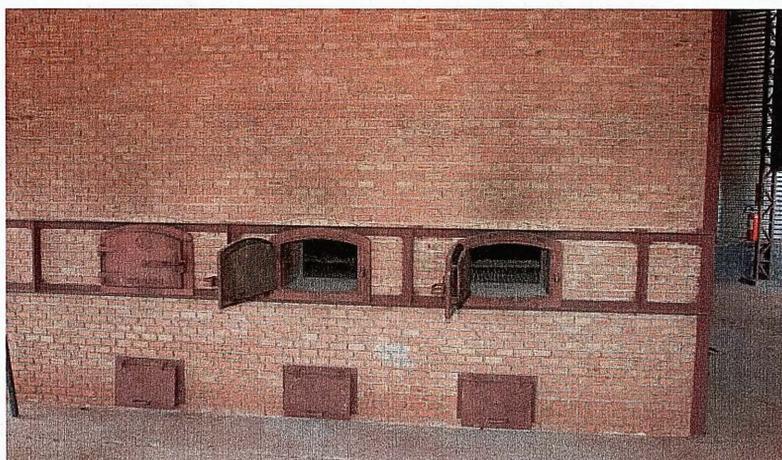
O objetivo maior da armazenagem é a conservação da matéria seca. Para as condições brasileiras, o teor de umidade ideal de grãos situa-se entre 13 e 14%. Caso os produtos recebidos possuam teor de umidade superior a 14%, estes deverão passar pelo processo de secagem.

A secagem artificial consiste na utilização de secadores que, sob diferentes configurações, possuem os seguintes acessórios: (a) sistema de aquecimento do ar – fornalhas a lenha, (b) sistema de movimentação de ar - ventiladores, (c) sistema de movimentação de grãos – elevadores de caçambas, transportadores helicoidais ou fitas transportadoras.

Dentre os vários tipos de secadores o mais utilizado é o secador contínuo de fluxo misto. Sua capacidade horária de secagem varia de 15 a 150 t/h (toneladas/hora). Estruturalmente, esses secadores possuem uma torre central montada pela superposição vertical da caixa de dutos. Uma caixa de dutos é formada por dutos montados em fileira horizontal. Um secador de 40 t/h possui em sua torre, cerca de setenta caixas de dutos. A secagem resulta da insuflação do ar quente oriundo da fornalha.

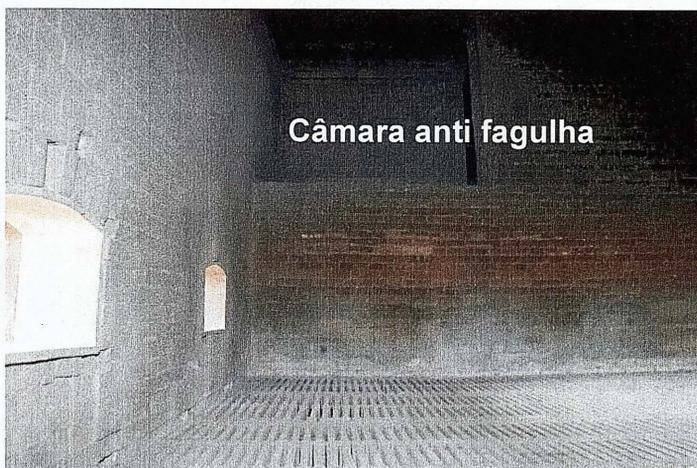
O ar aquecido é puxado da fornalha para o secador pela ação dos ventiladores. A circulação do ar aquecido no interior do secador promove a redução da umidade do produto

**FIGURA 5 – Fornalha visão externa**

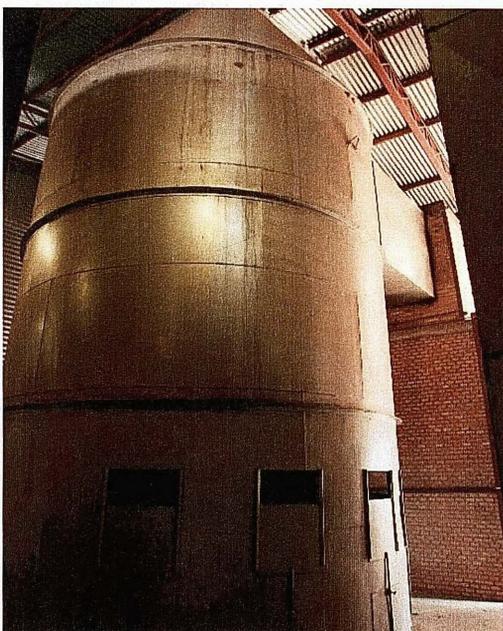


Fonte: COAMO

As fornalhas são construídas em alvenaria com tamanho proporcional à demanda de calor de cada tipo de secador. O calor produzido na fornalha segue a corrente de ar produzida pelos ventiladores, porém, antes de entrar em contato com os grãos úmidos, passa por câmaras (figura 6) e ciclones “antifagulhas” (figura 7) que têm o objetivo de eliminar as possíveis centelhas arrastadas pelo fluxo de ar. Esse dispositivo elimina o risco de ignições potencialmente produzidas pelo contato de fagulhas com as impurezas presentes na massa de grãos.

**FIGURA 6 – Fornalha visão interna**

Fonte: COAMO

**FIGURA 7 – Ciclone quebra fagulha**

Fonte: Autor

Com esses mecanismos, a segurança das operações de secagem é reforçada e afasta o risco de centelhas no interior dos secadores.

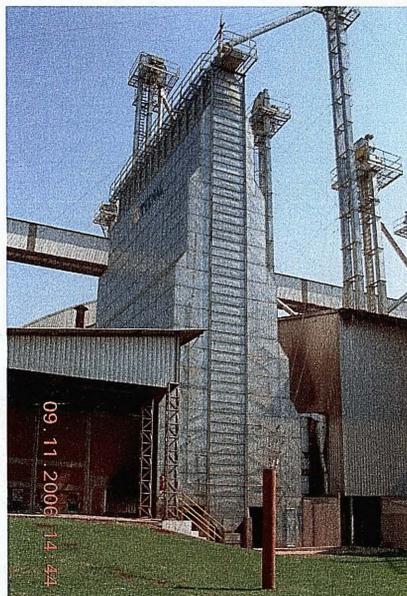
É importante lembrar que, na remota hipótese de uma fagulha alcançar a massa de grãos no interior do secador, prevalece as observações já relatadas sobre o baixo potencial combustível dos produtos agrícolas. Ou seja, não ocorrerá a formação de chamas, mas o aquecimento por uma lenta combustão imediatamente perceptível pela formação de fumaça e odor característico.

Neste caso, impera o conceito da não utilização de água na solução desse sinistro. O procedimento efetivo, neste caso, é o imediato desligamento do fluxo de ar, fechamento das entradas de ar (abafamento) e a rápida retirada da carga de grãos do secador.

**FIGURAS 8 e 9 – Secadores da COAMO e COCAMAR**



Fonte: COAMO



Fonte: Autor (secador COCAMAR)

#### 4.1.5 Limpeza

Após secagem, nova operação de limpeza é realizada. Os grãos passam por máquinas semelhantes às de operação de pré-limpeza, diferindo-se apenas pelos diâmetros dos crivos das peneiras, que proporcionam uma limpeza mais apurada dos grãos, dando-lhes condições ideais de armazenamento, beneficiamento ou industrialização.

#### 4.1.6 Armazenamento

Os compartimentos armazenadores de grãos podem ser horizontais ou verticais.

Os primeiros são construídos em alvenaria e concreto, tendo formato geralmente retangular e capacidade de armazenamento variável, de 3.000 a 75.000

toneladas (figura 11), com a base plana ao nível do solo ou em fundo “V” em que a base fica abaixo da superfície.

Os compartimentos armazenadores verticais (figura 10), têm formato circular, construídos em aço galvanizado sobre uma base de concreto ou todo em concreto. Estes têm capacidade de armazenamento entre 300 e 6.000 toneladas de grãos.

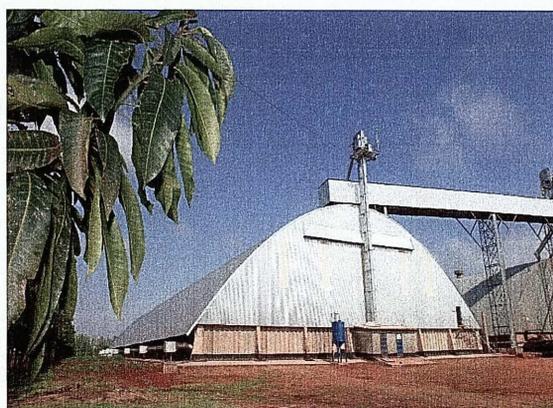
O termo genérico para esses compartimentos armazenadores é SILO.

FIGURA 10 – Silo vertical (COCAMAR)



Fonte: Autor

FIGURA 11 - graneleiro horizontal (COAMO)



Fonte: COAMO

Os silos recebem os grãos pela parte superior, trazidos por correias. Esses grãos se acomodam no seu interior.

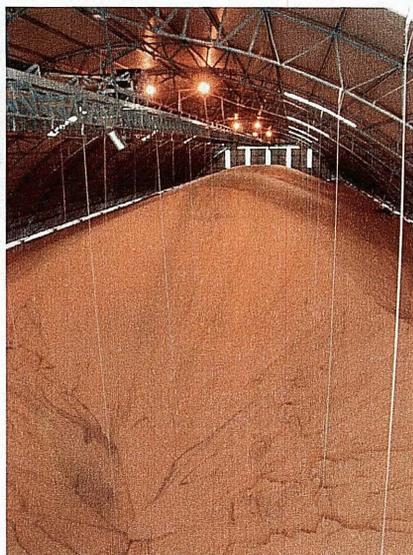
Essa massa de grãos recebe um monitoramento contínuo (figura 12) quanto às condições de armazenamento por intermédio de um conjunto de sensores que acusam a temperatura em toda a massa.

As temperaturas são medidas em tempo real no computador localizado no escritório da unidade operacional. Toda evolução térmica dos produtos armazenados é acompanhada pelo responsável da área operacional que, verificando uma leve elevação da temperatura poderá acionar os aeradores (figura 13).

Caso a elevação da temperatura seja muito acentuada, poderá indicar algum núcleo de umidade inadequada, forçando uma *transilagem*, que é a remoção de todo produto de um compartimento armazenador para outro, ou sua passagem novamente pelo secador.

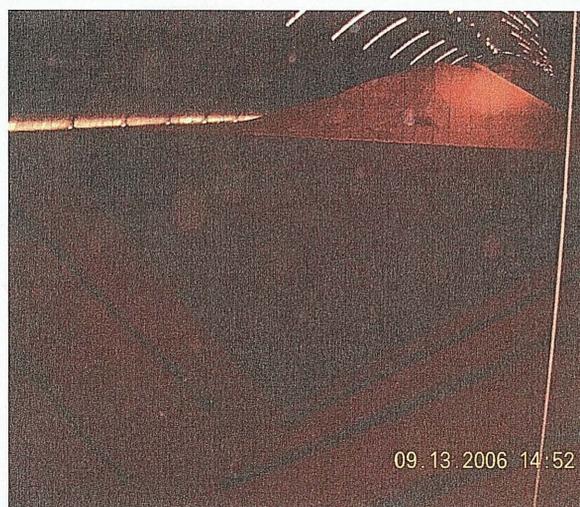
Observa-se que toda estrutura de armazenagem é edificada em materiais não combustíveis e as instalações eletromecânicas seguem rígidos padrões de segurança que neutralizam qualquer fonte de ignição (fios em condutores metálicos, lâmpadas especiais, motores blindados, etc.).

FIGURA 12 – Visão interna do Silo cheio



Fonte: COAMO

FIGURA 13 – Visão interna com uma célula vazia



Fonte: Autor

#### 4.1.7 Expedição

A última etapa do fluxo interno dos produtos agrícolas na unidade operacional é a expedição. Os produtos são transportados pelas correias e elevadores até os silos de expedição que são compartimentos de armazenagem provisória suspensos, sob os quais os caminhões ou vagões recebem o carregamento dos grãos (figuras 14 e 15).

O fluxo aqui demonstrado é representativo das unidades operacionais de recebimento, secagem e armazenamento de grãos em geral, podendo ocorrer variações e particularidades, dependendo dos processos e equipamentos adotados.

Unidades de recebimento de café ou de beneficiamento de sementes, por exemplo, possuem significativas diferenças quanto aos equipamentos e fluxos descritos anteriormente, porém persistem as características de baixa inflamabilidade em todas as estruturas operacionais.

FIGURA 14 – Expedição – vista externa



Fonte: COAMO

FIGURA 15 - Expedição – vista interna



Fonte: COAMO

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS OPERACIONAIS

Neste item serão descritos os equipamentos utilizados em uma cooperativa e quais suas formas e características.

### 4.2.1 Moegas

Trata-se dos compartimentos de recepção dos grãos. Sua capacidade de recepção é variável, dependendo do porte da unidade de recebimento (30 a 150 toneladas por compartimento).

O descarregamento pode ser feito pela abertura das “bicas” da carroçaria do caminhão no caso de moegas planas (figura 16), ou pela tampa traseira quando a moega possui plataforma basculante de descarga (tombador).

O fluxo de grãos que ocupa o interior do compartimento de recepção movimentam o ar, carregando-o de partículas e poeira. A concentração dessas emissões varia em função do tipo de grão e do teor de impurezas nele contido.

A ação dos exaustores é essencial para a redução dessa concentração de partículas a níveis seguros.

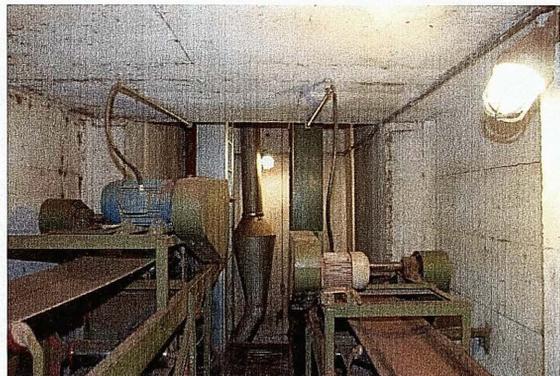
O risco de explosão de pó limita-se às instalações internas por onde passam os grãos, ou seja, túneis (figura 17), poços, elevadores e dutos em geral. Por isso as instalações eletromecânicas são adequadas a esses ambientes, seguindo rigorosamente os procedimentos de segurança, ou seja, motores blindados, iluminação especial e fiação protegida por condutores de metal.

**FIGURA 16 – Moegas**



Fonte: COAMO

**FIGURA 17 - túnel abaixo das moegas**



Fonte: COAMO

#### **4.2.2 Máquinas de pré-limpeza e limpeza**

A finalidade desses equipamentos é retirar as impurezas dos grãos.

As máquinas recebem os produtos por uma entrada superior. Por gravidade e movimento vibratório, os grãos se deslocam passando sobre peneiras de crivos com diâmetros variados que deixam vazar as impurezas menores e retêm as pedras e elementos estranhos contidos na massa de grãos e que possuem diâmetros maiores.

As impurezas mais leves são aspiradas por exaustor e direcionadas aos ciclones que, pelo movimento centrífugo, as separam do ar precipitando as partículas.

Esses ciclones são individualizados por equipamento de limpeza (figura 19) ou pré-limpeza (figura 18).

Uma pequena unidade operacional terá, no mínimo, uma máquina de pré-limpeza e uma para limpeza. As unidades médias possuem 06 ou 08 dessas máquinas e as maiores terão, em média, 16 equipamentos de limpeza/pré-limpeza.

Os quadros de comando elétrico devem possuir os devidos barramentos e aterramentos, sendo que toda fiação deve ser adequadamente conduzida por eletrodutos metálicos.

A operação desses comandos deve ser atribuição exclusiva dos maquinistas, que são treinados e habilitados para o acionamento e desligamento dos equipamentos operacionais.

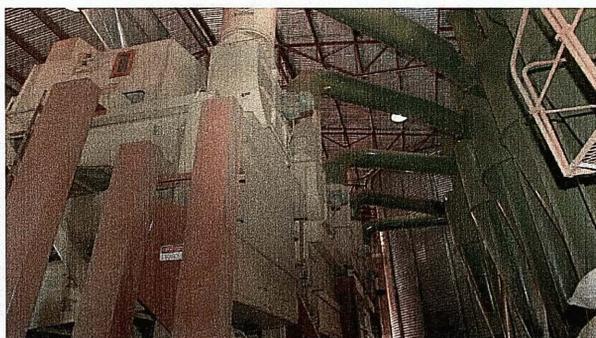
A manutenção elétrica geral da unidade operacional deve ser realizada unicamente por profissionais eletricitas.

**FIGURA 18 - Máquinas de pré-limpeza**



Fonte: COAMO

**FIGURA 19 - Máquinas de limpeza**



Fonte: COAMO

### **4.2.3 Secadores**

Diversas marcas e modelos de secadores estão instalados nas diferentes unidades operacionais das cooperativas. Os fabricantes nacionais mais conhecidos são a Kepler Weber, Pagé e Comil. Os variados modelos têm capacidade de secagem que variam de 15 a 250 toneladas/hora, sendo que os mais comuns e usuais, atualmente em funcionamento, estão na faixa de 40 a 100 toneladas/hora.

Conforme já descrito anteriormente, a operação de secagem consiste na redução da umidade dos grãos pela ação do ar quente e seco insuflado no interior do compartimento de secagem. Após a circulação, esse ar é eliminado pelo(s)

exaustor(es) levando consigo a umidade dos grãos e parte das impurezas. O ar quente é produzido pela queima de biomassa em fornalha anexa ao secador.

A lenha utilizada é assentada em pequenas quantidades à distância mínima de 2 metros das entradas da fornalha de onde o fornalheiro alimenta a chama.

Trata-se de uma área que merece atenção diferenciada dentro da unidade operacional, por isso os funcionários ali envolvidos devem receber treinamento específico e serem orientados a manter os acessos livres e a limpeza nas proximidades das bocas da fornalha.

#### **4.2.4 SILOS – Armazenamento e expedição**

Os produtos agrícolas são armazenados em silos. As unidades operacionais possuem silos de diversos tamanhos, formatos e finalidades.

Os túneis localizados abaixo da base dos silos têm a finalidade de abrigar as fitas ou correias transportadoras responsáveis pela descarga dos silos para a expedição. Exaustores são instalados nesses túneis visando à circulação do ar, possibilitando o trabalho humano nestes ambientes confinados e reduzindo a concentração de partículas em suspensão.

Os silos de expedição têm sua base elevada para permitir a entrada de caminhões sob os mesmos para carregamento. São silos relativamente pequenos, com capacidade em torno de 90 toneladas.

### **4.3 RISCO DE INCÊNDIOS E EXPLOSÕES**

Numa revisão histórica de ocorrência de sinistros em unidades armazenadoras de produtos agrícolas, constatou-se, como fator de risco real, a “explosão de pó”. Trata-se, pois, de ocorrência possível e de justificável preocupação por parte do empreendedor e dos órgãos públicos de segurança.

Sob aspectos militares, explosivos podem ser definidos como substâncias ou misturas suscetíveis a sofrerem bruscas transformações químicas sob influência de calor ou ação mecânica. Destas transformações geram-se gases aquecidos sob alta

pressão, que tendem a expandir rapidamente levando: a) romper estruturas; b) destruir equipamentos; c) ceifar vidas humanas.<sup>26</sup>

As explosões em unidades armazenadoras, geralmente ocorrem em função da mistura das substâncias do ar atmosférico e partículas sólidas em suspensão num ambiente confinado, as quais, neste caso, são denominadas como os agentes comburentes e combustíveis, respectivamente. As partículas originam-se das impurezas que acompanham a massa de grãos ou do esfacelamento desses grãos.

A detonação dessa mistura será processada caso em algum local ocorra a temperatura do ponto de detonação, o que pode ser causado por uma fonte de ignição tipo: (a) acúmulo de cargas eletrostáticas, (b) curtos-circuitos, (c) descargas atmosféricas, (d) atrito de componentes metálicos e (e) descuidos quando do uso de aparelhos de soldagem.

Processada 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 m/s, exercer pressões até 550 kPa (kilo Pascal) e gerar ondas de choque com velocidades de 300 m/s". A violência e potência da explosão difusa, como é o caso do pó, serão definidas em função da velocidade das detonações e da temperatura e volume dos gases produzidos.

Embora estejam presentes os fatores de combustão (combustível, comburente e energia), trata-se de uma reação em série, quase instantânea, que "queima" o combustível em poucos segundos. Ressalta-se que o combustível, neste caso, não são os grãos, mas seus resíduos em suspensão. Extinta a explosão, extingue-se a reação química de combustão.

---

<sup>26</sup> (MARIN, 1998)

## A explosão, segundo WILLIAN J. CRUICE:

Define-se uma explosão como uma súbita liberação de gás a alta pressão em um ambiente. A palavra chave é **súbita**; a liberação deve ser o suficientemente rápida de tal forma que a energia contida nos gases se dissipe mediante uma onda de choque. O segundo termo de suma importância é **alta pressão**, que significa que o instante da liberação a pressão dos gases é superior a da atmosfera circundante.<sup>27</sup>

Posto que as reações só possam produzir-se na superfície de contato entre as partículas dispersas e o gás circundante, a pressão gerada vem limitada pela área disponível. Em uma determinada massa de pó, quanto menor for o diâmetro das partículas, maior é a superfície, portanto, maior a intensidade da combustão.

Os maiores riscos estão nas menores partículas, visto sua facilidade de dispersão e sua estabilidade, mantendo-se por maior tempo, e queimando mais rapidamente que as partículas de maior tamanho. As pressões geradas em razão da ignição destas partículas em suspensão são suficientemente elevadas para provocar a destruição de estruturas.

Geralmente as explosões em pó possuem a característica de se iniciar com uma explosão principal a qual gera e inflama dispersões de pó suplementares que se encontram em repouso gerando novas explosões, podendo propagar-se a grandes distâncias em que previamente não havia condições inflamáveis alguma.

### **4.3.1 Principais causas de explosões e incêndio em silos e locais destinados a armazenamento de cereais**

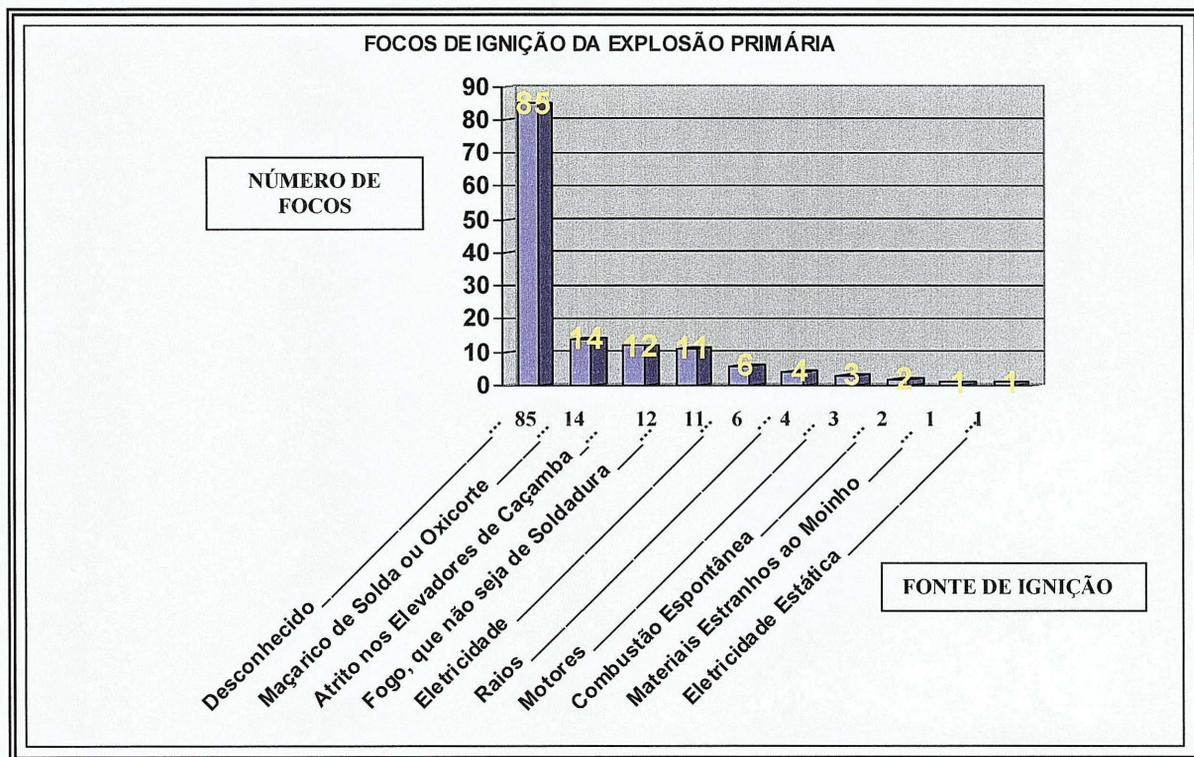
Várias são as causas e vários são os lugares em que poderá ocorrer o início de um incêndio ou explosão em silos e locais destinados a armazenamento de cereais e seus derivados.

A título de ilustração, são apresentadas as tabelas abaixo em que se poderão tirar algumas conclusões.

---

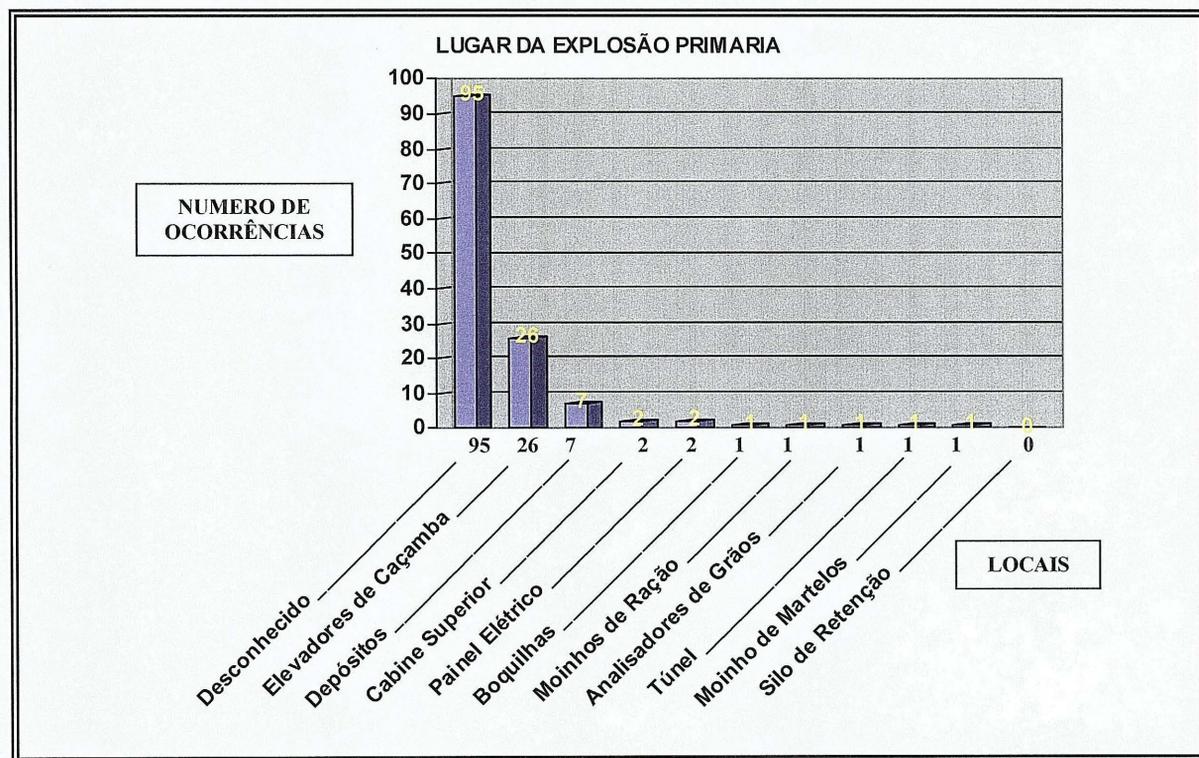
<sup>27</sup> (CRUICE, 1991, p. 109)

**GRÁFICO 2 – Causas de explosões produzidas por pó em silos de grãos nos EE.UU., 1958 a 1975**



**Fonte:** CATALAN, Juan Ravenet. *Silos – Deformaciones – Fallas – Explosiones – Prevencion de Accidentes, Tomo II*. Barcelona: Técnicos Asociados, 1978, p. 252.

**GRÁFICO 3 – Lugares de explosões produzidas por pó em silos de grãos nos EE. UU., 1958 a 1975**



Fonte: CATALAN, Juan Ravenet. *Silos – Deformaciones – Fallas – Explosiones – Prevencion de Accidentes, Tomo II*. Barcelona: Técnicos Asociados, 1978, p. 252.

As situações abaixo revelam as principais causas dos acidentes investigados<sup>28</sup>:

- Um grande número de explosões ocorre em elevadores de cereais, de canecas, por sobrecarga ou mau dimensionamento do equipamento, causando fricção e aquecimento entre correias e polias;
- Outra causa de explosão em elevadores é devido às fagulhas provocadas pelo atrito mecânico das canecas com as calhas dos elevadores, em função de desalinhamentos verticais dos mesmos (prumos);
- O maquinário desgastado, com partes de metal se atritando, gera faíscas com energia suficiente para provocar explosões;

<sup>28</sup> (CASAGRANDE, 1999)

- A prática de fumar no interior das instalações;
- Serviços de solda e corte a quente em ambientes com pó combustível são também as causas de muitas explosões;
- Instalações elétricas não adequadas, tomadas, interruptores e luminárias não blindadas e painéis e motores abertos, também provocam acidentes;
- A eletricidade estática, que pode formar-se, em certos locais, se o equipamento não estiver convenientemente aterrado;
- Aquecimento espontâneo de grãos.

#### **4.3.2 As condições ideais para a explosão do pó**

De um modo geral, no Brasil, a maior parte dos acidentes ocorre nas regiões em que a umidade relativa do ar atinge valores menores de 60%, e onde se armazenam produtos em ordem de maior risco, tais como milho, soja, trigo e aveia.

Considerando os casos ocorridos, têm-se como causas mais comuns o uso de aparelhos de solda elétrica em ambientes com pó de cereais em suspensão, principalmente nos túneis das correias transportadoras, e no interior dos silos (figuras 20 e 21), sistemas de iluminação inadequados e a falta de manutenção mecânica, tudo isso, principalmente, pelo desconhecimento do risco por parte das pessoas responsáveis e que trabalham nessas áreas<sup>29</sup>.

Para ocorrer uma explosão de pó de cereais, devem estar presentes os mesmos componentes básicos que para o fogo, ou seja: combustível (no caso, o pó), comburente (ar) e energia para ignição (faísca, energia elétrica, fogo, etc.).

Quando uma substância, sólida ou líquida, entra em combustão, isto ocorre de uma forma relativamente lenta, em função da superfície de contato com o oxigênio ser pequena. A mesma massa, finamente dividida, mesclada com ar em suspensão, queima brusca e violentamente, desprendendo a energia que possui. O mecanismo é parecido com o da explosão do gás combustível e sua semelhança será tanto maior quanto mais finas forem as partículas do pó, ou seja, quanto menor a granulometria das partículas, mais violenta será a explosão resultante e menor a energia necessária para iniciar-se o processo. Por exemplo, 01 quilograma de madeira maciça leva 10 minutos para queimar produzindo energia equivalente a 29

---

<sup>29</sup> (MARIN, 1998)

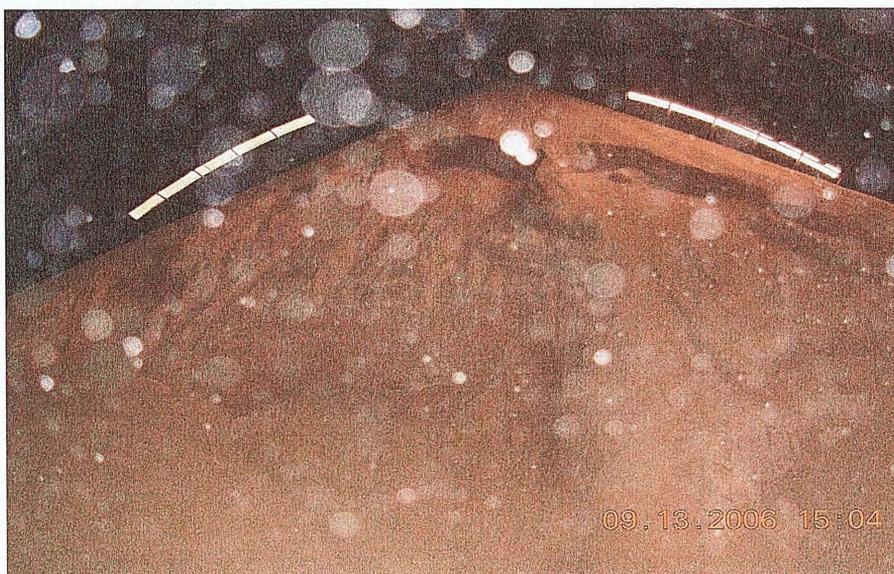
a granulometria das partículas, mais violenta será a explosão resultante e menor a energia necessária para iniciar-se o processo. Por exemplo, 01 quilograma de madeira maciça leva 10 minutos para queimar produzindo energia equivalente a 29 cavalos-vapor, enquanto a mesma madeira, dividida em finíssimo pó, leva apenas 01 segundo para queimar, produzindo energia equivalente a 17.400 cavalos vapor.

**FIGURA 20 – Acúmulo de pó embaixo das fitas transportadoras**



Fonte: Autor

**FIGURA 21 – Pó em suspensão no interior dos silos**



Fonte: Autor

### 4.3.3 Explosões Primárias e Secundárias

Em geral quando se produzem esses fenômenos em silos, armazéns, elevadores e correias transportadoras, raramente se limitam a uma única explosão.

Na grande maioria dos casos, origina-se uma explosão primária, de violência limitada, em torno de uma fonte de energia. A onda explosiva põe em suspensão o pó que estava depositado no chão ou nos equipamentos, alcançando grandes distâncias e produzindo uma segunda explosão, denominada de secundária, cuja fonte de ignição é a explosão primária. O efeito dessa segunda explosão é devastador, sendo freqüentemente seguida de outras explosões com efeitos menos demolidores.

**FIGURA 22 – Simulação de explosões em unidade armazenadora**



Fonte: (CASAGRANDE, 1999)

### 4.3.4 Fatores causadores das explosões de pó

A ocorrência de explosões de pó em instalações agrícolas é função de algumas condições, ou seja:

- **Quantidade de pó e sua distribuição no recinto:** pequenas deposições de pós de cereais sobre o piso, equipamentos e estruturas, podem ser

recinto são extremamente raras e a concentração explosiva costuma ser apenas local;

- **Dimensão das partículas:** tem influência direta no risco de explosão. É suficiente que sejam  $100 \mu = 0,1 \text{ mm}$  de diâmetro, de sorte que quanto menor o tamanho das partículas, maior será o risco e velocidade de incremento de pressão, maior será também a formação de cargas eletrostáticas e menor será a energia necessária à ignição da mistura de ar com o pó;
- **Umidade:** para ambientes com umidade relativa abaixo de 60%, e partículas com até 15,5 % de umidade. Quanto maior a umidade do material, bem como a do ar, mais difícil se torna a deflagração do mesmo, pois a água residual, ao evaporar-se, empobrece o ambiente, deslocando o oxigênio existente. Quanto mais seco, porém, mais suscetível fica;
- **Fonte de ignição compatível:** deve prover a energia mínima de ignição requerida pela mistura.

Além dessas condições básicas, outras três têm influência na constituição das explosões de pó, ou seja:

- **Grau de concentração:** é a quantidade de material em suspensão em gramas por metro cúbico ( $\text{g/m}^3$ ), dentro de uma faixa possível de explodir. Definida como Limite de Explosividade Inferior (LEI) e Limite de Explosividade Superior (LES), abaixo ou acima das quais não ocorrem explosões. O LEI está situado em concentrações de 20 a 60 gramas de pó, por metro cúbico de ar ambiente. O LES está situado em concentrações de 2.000 a 6.000 gramas de pó, por metro cúbico de ar do ambiente<sup>30</sup>.
- **Granulometria:** Quanto mais fina, maior o poder de deflagração do pó e maior a velocidade da mesma. Materiais compactos, de grande massa e de pouca superfície específica, não são passíveis de explosão, mas sim de incêndio, podendo queimar por diversas horas, e de difícil extinção.
- **Deflagração e detonação:** Deflagração é o fenômeno de explosão que ocorre a uma velocidade de chama de 1 a 100 metros por segundo, e é o que com mais frequência acontece nas indústrias. Detonação é o

---

<sup>30</sup> (MARIN, 1998)

fenômeno de explosão em que a velocidade da chama é igual ou superior à velocidade do som, chegando aos 1.000 metros por segundo. No caso da explosão em cadeia (explosão primária, seguida de uma secundária e esta seguida de outras explosões), a deflagração inicial evolui para detonações nas fases posteriores. A velocidade da chama não é constante e depende de fatores como: composição química do pó e do oxidante, calor da combustão, umidade e granulometria. Além disso, a velocidade dependerá da turbulência do gás no qual a poeira está dispersa, por que a turbulência conduz ao aumento da velocidade da chama.

#### 4.3.5 Classificação das explosões de pó

Podem-se classificar as explosões de pó, quanto à sua magnitude, em Débil, Moderada, Forte e Muito forte, como se mostra na Tabela 2 abaixo:

**TABELA 2 – Tipos de explosão de pó**

Tipos de explosão	Si	Ge	Ie (Ge x Si)
Débil	<0,2	<0,5	<0,1
Moderada	0,2 – 1,0	0,5 – 1,0	0,1 - 1,0
Forte	1,0 – 5,0	1,0 – 2,0	1,0 - 10,0
Muito forte	>5,0	> 2,0	> 10,0

Fonte: MARIN, J. **Explosões de pó em ambientes confinados**. 1998. 33p. Monografia apresentada para obtenção do título de Pós-Graduação em Engenharia e segurança do Trabalho – CEFET-PR.

Em que:

Si = Sensibilidade de ignição;

Ge = Gravidade da explosão;

Ie = Índice de explosividade, que tem valores diferentes para cada tipo de cereal, conforme se mostra na Tabela 3.

**TABELA 3 – Ensaio realizados com amostras de pós de cereais em suspensão.**

Tipos de pó	le	Si	Ge	Pme	Vmap	Ei	Ti	Cme
Arroz	0,3	10,6	0,5	3,3	49,2	0,10	510	85,0
Açúcar em pó	9,6	4,0	2,4	7,7	380,0	0,03	370	45,0
Cacau	0,6	0,5	1,1	4,8	84,4	0,10	510	75,0
Café torrado	0,1	0,2	0,1	2,7	10,6	0,16	720	85,0
Cana-de-açúcar	20,5	3,8	5,4	8,5	703,7	0,035	440	40,0
Casca de arroz	2,7	1,6	1,7	7,7	282,0	0,05	450	55,0
Celulose	2,8	1,0	2,8	9,2	316,0	0,08	480	55,0
Dextrina milho	12,1	3,1	3,9	8,7	387,0	0,04	410	40,0
Fécula de batata	20,9	5,1	4,1	8,5	563,0	0,025	440	45,0
Farinha de soja	0,7	0,6	1,1	6,6	56,0	0,10	550	60,0
Farinha de trigo	4,1	1,5	2,7	7,0	197,0	0,06	440	50,0
Milho	6,9	2,3	3,0	8,0	422,0	0,04	400	55,0
Palha de trigo	5,0	1,6	3,1	8,2	422,0	0,035	470	75,0
Pó de trigo	9,2	2,8	3,3	9,2	495,0	0,035	430	35,0
Proteína de soja	4,0	1,2	3,3	6,9	457,0	0,06	540	40,0
Sacarose	9,6	4,0	2,4	7,7	352,0	0,03	400	45,0
Semente de arroz	1,4	1,1	1,3	4,3	9,3	0,08	490	45,0
Semente milho	5,5	2,5	2,2	8,9	260,0	0,045	450	45,0
Trigo Bruto	2,6	1,0	2,6	5,0	155,0	0,06	500	65,0
Polvilho de trigo	17,7	5,2	3,4	7,0	457,0	0,025	430	45,0
Polvilho de milho	23,2	4,3	5,4	10,2	668,0	0,03	390	40,0

Fonte: MARIN, J. **Explosões de pó em ambientes confinados**. 1998. 33p. Monografia apresentada para obtenção do título de Pós-Graduação em Engenharia e segurança do Trabalho – CEFET-PR.

Em que:

**le** = Índice de explosividade;

**Si** = Sensibilidade de ignição;

**Ge** = Gravidade de explosão;

**Pme** = Pressão máxima de explosão, em quilograma por centímetro quadrado;  
(kg/cm<sup>2</sup>)

**Vmap** = Velocidade máxima de aumento de pressão em quilograma por centímetro quadrado por segundo (kg/cm<sup>2</sup>.s);

**Ei** = Energia de ignição, em Joules (J);

**Ti** = Temperatura de ignição, em graus Celsius (°C);

**Cme** = Concentração mínima de explosividade, em gramas de pó por metro cúbico de ar. (g/m<sup>3</sup>)

#### 4.4 ANÁLISE DE ALGUNS ACIDENTES OCORRIDOS EM UNIDADES ARMAZENADORAS DE GRÃOS

Analizamos alguns casos que certamente nos servirão como exemplo, e nos desafiam a melhorar o sistema de prevenção das unidades de beneficiamento. A seguir serão apresentados alguns casos de acidentes que esperamos, nos sirvam de lição e que nos ajudem a estabelecer prioridades no que diz respeito à segurança.

Projetos tecnicamente corretos e que contemplem as possibilidades de acidentes, incluam as proteções indispensáveis e evitem ao máximo quedas, concentração de gases tóxicos, pós explosivos, instalações elétricas mal feitas ou mal isoladas, etc.

Destes casos, omitiremos nomes de pessoas, de cidades, nome das empresas envolvidas, pois pretendemos apenas o fato gerado, as conseqüências e tudo com uma única finalidade: a lição a ser aprendida e os riscos evitados, sempre com a finalidade de não repetir o acidente e o desastre.

##### 4.4.1 Explosão deixa cinco operários feridos em cooperativa

Estrondo, ouvido em diversos pontos da cidade, assustou os moradores. Uma explosão no complexo de armazenagem da Cooperativa..., deixou cinco funcionários feridos ontem. A explosão ocorreu sob o pátio da cooperativa, em um dos túneis que interliga as moegas. A explosão abriu uma cratera de aproximadamente 10 metros de diâmetro por dois metros de profundidade. Na ora do acidente, 43 funcionários trabalhavam nas proximidades. Os funcionários foram atingidos pelo deslocamento de terra, pedras, tijolos e ar quente. Atendido pelos colegas, os cinco feridos, foram removidos para o hospital de caridade com fraturas e queimaduras.

O comerciante... de 22 anos, conta que o prédio onde trabalha,... distante cerca de um quilômetro dos armazéns da cooperativa, estremeceu chegando a pensar que fosse uma explosão próxima, de dinamite.

O deslocamento de ar foi tão grande que quebrou parte dos vidros da sede da cooperativa que fica a 150 metros.

Uma das hipóteses cogitadas sobre a causa da explosão, é a formação de gases no interior do túnel... Já o Corpo de Bombeiros acredita que a causa tenha sido o acúmulo de poeira. Poeira em grande quantidade, em ambiente fechado e em contato com alguma fagulha torna-se explosiva, explica<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> (Zero Hora, 19/03/97)

Comentário: Os casos aqui relatados são verídicos e transcritos a partir da mídia regional. A intenção em colocar estes relatos é fazer por meio deles, o alerta indispensável quanto aos cuidados, para que nas unidades, não venham a sofrer este ou outros tipos de acidentes, sob nenhuma hipótese.

Geralmente as explosões, devido à elevada concentração de gás ou especialmente poeira, em ambiente confinado, geram destruição de grandes proporções na unidade e em propriedades próximas.

É indispensável, para evitar o perigo de explosão, que os ambientes internos aos silos se encontrem limpos. A varredura nas galerias deverá ser feita sem que faça levantar o pó, para evitar que a menor faísca ou excesso de calor, provoque a explosão difusa. Assim, recomenda-se umedecer o piso e o pó antes de varrer ou raspar com rastelo.

#### **4.4.2 Explosão em silo alerta cooperativas**

“Começam a ser apontadas as possíveis causas do acidente na unidade”. Explosões e rompimento de silos é uma ameaça constante para quem opera com armazenagem, beneficiamento e moagem de produtos agrícolas. Esta semana, com a explosão no túnel... os motivos dos acidentes voltam a ser discutidos. O superintendente... suspeita que a explosão nos silos da cooperativa tenha ocorrido devido ao acúmulo de gases.

Para o engenheiro agrônomo perito no assunto, o gás não é a causa mais provável da explosão, da última terça-feira, que feriu gravemente quatro funcionários da empresa. Ele acredita que o acúmulo da poeira no interior dos silos tenha causado o acidente.

Em um ambiente saturado de pó e com umidade relativa baixa do ar, uma simples faísca causada por um problema mecânico nos equipamentos ou o superaquecimento de uma lâmpada, teria o poder de detonar a explosão. Quanto mais fino o pó, mais violenta a explosão.

A outra explicação para o acidente seria causada por saturação de gás. Neste caso, a detonação também ocorreria por uma fonte de energia qualquer, como uma faísca, uma solda ou uma simples batida de um equipamento. O milho, por ter alto percentual de carboidrato, é mais predisposto para a concentração de gás carbônico...

Na explosão, voaram para o alto pedaços de zinco, ferro e tijolos..... Até a noite de ontem, dos seis funcionários feridos, quatro permaneciam em estado grave. ... O acidente afetou máquinas de limpeza e de classificação, elevadores secadores, e mesas dessimétrica de classificação de trigo".<sup>32</sup>

Comentário: Verificamos novamente em mais este caso transcrito, a gravidade de uma explosão em unidades armazenadoras de grãos. Dessa forma, procuramos mostrar que cada vez mais devemos nos aprofundar na matéria e procurar traçar

<sup>32</sup> (Correio do Povo, 17/07/97)

normas que visem minimizar o problema e chamamos a atenção dos responsáveis técnicos (RT), os encarregados e operadores, no sentido de que também busquem conhecimento da matéria e fiscalizem as normas de segurança em suas unidades.

Alguns poucos investimentos, de valor mínimo se comparado com os investimentos em máquinas e edificações, darão condições adequadas de trabalho, segurança, aumento da produtividade e satisfação pessoal e empresarial.

#### 4.4.3 Gás tóxico provoca morte de três pessoas em silo

Três trabalhadores de uma empresa..., morreram ontem pela manhã intoxicados com **sulfeto de alumínio** (\_\_\_\_\_), um gás altamente tóxico usado para evitar traças e carunchos em cereais armazenados. Os operários e o gerente morreram ao aspirar o gás que estava no poço do elevador do armazém graneleiro. Os operários faziam uma manutenção de rotina no elevador do armazém.

O pânico tomou conta dos colegas já que não retornaram sinalizando que alguma coisa grave havia acontecido. O poço do elevador tem uma profundidade de 11 metros... Os bombeiros lamentaram a precariedade dos equipamentos.

O médico que fez a necropsia, disse que "com a aspiração do sulfeto de alumínio, em poucos segundos uma pessoa desmaia e morre", como aconteceu com os três trabalhadores, e se outras pessoas tivessem entrado, teriam morrido igualmente.<sup>33</sup>

Comentário: Por meio desta notícia podemos verificar que além do risco de incêndios e explosões, existe também o risco de morte por inalação de gases resultantes de produtos utilizados na lavoura, conforme texto acima, e também da decomposição dos grãos, portanto cada vez mais se faz necessário medidas que previnam também estes tipos de acidentes. As empresas do ramo de armazenagem de grãos estão avisadas, e a desculpa da ignorância não cabe mais.

#### 4.4.4 Morte na empresa...

O promotor da cidade denunciou ontem à Justiça três pessoas da Empresa..., por homicídio culposo pela morte do operário, que morreu asfixiado pela inalação de gás tóxico na data de 22 de novembro de 1994. De acordo com o promotor, a empresa foi negligente em relação aos cuidados necessários para que o operário realizasse o serviço de manutenção no silo de armazenagem...<sup>34</sup>

<sup>33</sup> (Zero Hora – 14/03/96)

<sup>34</sup> (Correio do Povo, 1994)

Comentário: Como já vimos anteriormente, os gases muitas vezes existentes no interior dos silos, no poço dos elevadores ou nas galerias inferiores, são letais e muitas vezes inodoros, de tal forma que os operários não desconfiam de sua existência. Apenas inalam o ar contaminado e em poucos minutos desfalecem e morrem.

A lição que nos deixa este lamentável caso é o de que sistemas de renovação do ar são indispensáveis, e que os operadores utilizem EPR (Equipamentos de Proteção Respiratória), como máscaras adequadas, com filtros ou mesmo ventiladas. E mais, a Justiça vai enquadrar os responsáveis, aqueles que teriam por obrigação garantir segurança no trabalho aos seus subordinados, por "homicídio culposo".

#### **4.4.5 Explosão destrói armazém de milho em Paranaguá**

Acidente aconteceu no corredor de exportação do porto e só não houve uma tragédia porque a maioria dos funcionários estava em horário de almoço.

Uma explosão destruiu ontem um dos armazéns da Exportadora Comércio e Indústria Brasileira (Coimbra), em Paranaguá, Litoral do Estado. O acidente aconteceu por volta do meio-dia, quando a maioria dos cerca de 40 funcionários que trabalham no local estava em horário de almoço. O Corpo de Bombeiros só conseguiu conter o fogo uma hora depois da explosão. Catorze pessoas foram encaminhadas ao Hospital de Paranaguá, três em estado grave. Até o final da tarde de ontem não tinham sido encontradas vítimas fatais.

O armazém da Coimbra fica no corredor de exportação do Porto de Paranaguá. Tinha 10 mil metros quadrados e capacidade para armazenar 60 mil toneladas de grãos de milho. No momento da explosão, 5 mil toneladas estavam sendo descarregadas. "O estrago só não foi maior porque aconteceu em horário de almoço e no meio de um feriado, quando o movimento é menor", avaliou o capitão do Corpo de Bombeiros (...). Segundo o capitão, essa foi a maior explosão já ocorrida no corredor de exportação do porto. Testemunhas contaram que os escombros subiram cerca de 200 metros antes de se espalharem. A 250 metros do local era possível encontrar pedaços de zinco e escombros do armazém. Blocos de concreto foram arrancados do chão, atingindo pessoas, carros e caminhões que estavam no local.

No início da noite, os bombeiros ainda faziam um levantamento do número de feridos por causa da explosão. "Muita gente foi atingida por escombros enquanto passava pela rua e foi sozinha ao hospital", salienta Pombo. A mulher de um dos caminhoneiros que aguardavam para descarregar o milho foi atingida por uma telha e teve perfuração abdominal. Ela foi encaminhada pelo Siate ao Hospital de Paranaguá, em estado grave. O caminhoneiro (...), 31 anos, teve o veículo atingido pelos escombros. "Foi uma sorte não ter acontecido nada comigo", desabafou. O caminhão, no entanto, teve a lataria bastante danificada.

A causa do acidente ainda é desconhecida. O Instituto de Criminalística realizou uma perícia no local, mas somente depois de 20 dias será possível concluir os motivos da explosão. Análise preliminar do Corpo de Bombeiros

caminhoneiro (...), 31 anos, teve o veículo atingido pelos escombros. "Foi uma sorte não ter acontecido nada comigo", desabafou. O caminhão, no entanto, teve a lataria bastante danificada.

A causa do acidente ainda é desconhecida. O Instituto de Criminalística realizou uma perícia no local, mas somente depois de 20 dias será possível concluir os motivos da explosão. Análise preliminar do Corpo de Bombeiros dá conta de que as partículas (poeiras) do milho suspensas entraram em contato com algum material inflamável. "Essas partículas são altamente explosivas, um curto-circuito ou mesmo um cigarro aceso podem ter causado a explosão", afirmou o capitão (...).

Ele descarta riscos de novas explosões, mas como medida preventiva, a energia elétrica da região foi cortada e as atividades do corredor de exportação do Porto de Paranaguá ficaram suspensas.<sup>35</sup>

Comentário: Esta explosão ocorrida no Porto de Paranaguá, aqui no Paraná, demonstra claramente a intensidade do risco; Verificamos também pela reportagem, que só não morreram pessoas e não houveram mais feridos porque o acidente ocorreu durante o horário de almoço dos funcionários. Após a ocorrência do acidente, os órgãos públicos e os responsáveis pelas empresas procuram descobrir qual a causa do acidente, quem foi o responsável e o que deveria ter sido feito para evitá-lo, mas as vidas ceifadas já não podem mais serem recuperadas. Portanto devemos com urgência, tentar estabelecer normas preventivas para se evitar estes sinistros, para não termos que chorar as vítimas depois de ocorrido.

**FIGURA 23 e 24 – Explosão de silo graneleiro no Porto de Paranaguá**



Fonte: APPA



Fonte: APPA

#### 4.5 IMPORTÂNCIA DE NORMAS BRASILEIRAS

<sup>35</sup> (Folha de Londrina – 17/11/2001)

estimativas de danos causados por uma explosão chegam a US\$ 2,8 milhões por acidente contra US\$ 168 mil de danos provocados por incêndio. Este mesmo estudo relata que, de vários equipamentos industriais com alto risco de explosão como moinhos, filtros manga<sup>36</sup>, secadores, correias transportadoras, os mais envolvidos nestes acidentes são os silos de armazenamento.<sup>37</sup>

A elaboração de normas brasileiras para esta atividade é de suma importância, pois o risco é elevado e poucas são as normas específicas que contemplam a prevenção de sinistros nestes ambientes e as existentes são bastante genéricas, não contemplando todas as etapas do processo.

Com a elaboração de normas brasileiras, evitar-se-ia que os responsáveis por este tipo de atividade se norteiem em critérios estrangeiros, que muitas vezes não condizem com nossa realidade e exigem equipamentos de valor pecuniário elevado e às vezes não disponível no Brasil.

Permitiria assim, que as unidades brasileiras padronizassem suas edificações e seus sistemas de acordo com especificações nacionais, utilizando critérios baseados em nossa realidade atual.

Diminuiria para as empresas os custos de aquisições de normas, pois no caso de adquirirem normas estrangeiras teria que desembolsar moeda estrangeira, o que geraria custo maior.

Facilitaria o trabalho dos órgãos públicos na atividade de fiscalização, pois os critérios ficariam claramente estabelecidos.

Contribuiria para a diminuição das não-conformidades nas instalações, e, considerando-se que estamos tratando de atmosferas explosivas, minimizariam os riscos de incêndio e explosão.

#### **4.6 MEDIDAS PREVENTIVAS**

Realizada a pesquisa bibliográfica, foram encontradas diversas formas de normatizar a prevenção contra incêndios e explosões nas edificações de armazenamento e beneficiamento de grãos; Passamos a descrevê-las e citar medidas que podem ser adotadas para se evitar sinistros nestes ambientes.

---

<sup>36</sup> Filtros de manga: Filtros cônicos longitudinais.

<sup>37</sup> (REVISTA PROTEÇÃO, 1999)

#### **4.6.1 Prevenção de explosões por meio do superdimensionamento das instalações agrícolas**

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

Uma explosão de pó pode gerar pressões na ordem de até 7 quilogramas por centímetro quadrado, em recintos fechados, como em linhas de transporte pneumático, redlers, silos, roscas transportadoras, elevadores, etc. Portanto, para evitar danos maiores, estes elementos devem prover válvulas de alívio, contra aumento de pressões. Um recinto de instalações agrícolas raramente resistiria a tal pressão, as máximas dão de 0,2 quilogramas por centímetro quadrado. Portanto, devem ter: telhados, aberturas, portas e outros itens de resistência inferior às da construção, sob pena de haver perdas totais em tais eventos.

#### **4.6.2 Prevenção de explosões pela de neutralização do ambiente<sup>38</sup>**

Existem duas formas de neutralização do ambiente que são: a neutralização com gases inertes por meio do vácuo, conforme passamos a descrever abaixo.

##### **4.6.2.1 Neutralização com gases inertes**

Normalmente, o nitrogênio ( $N_2$ ) é o gás inerte utilizado para a neutralização, podendo-se utilizar também, o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), vapor ou hidrocarbonetos halogenados. A introdução de gás inerte, em condições suficientes, em locais como silos, túneis e moinhos, protegerá tais ambientes contra explosão, pois o oxigênio do ar será reduzido a concentrações tais que a ignição da mistura ar-pó não será possível. O uso de tal medida de segurança exige um conhecimento especial do controle do processo de neutralização e do equipamento.

A concentração mínima de oxigênio que evitará a explosão de pó varia com os produtos e o tipo de gás inerte utilizado. Em muitos casos é suficiente manter

---

<sup>38</sup> (MARIN, 1998)

um nível de oxigênio de 8% (oito por cento) em volume (normalmente, o oxigênio está presente em 21% da composição do ar). A neutralização não extinguirá a combustão do pó. Para isso seriam necessários níveis de oxigênio muito baixos.

A diminuição do oxigênio usando gases inertes é eficiente, porém, confronta-se com outro risco de operação que será o controle de entrada de pessoas nos silos, túneis e equipamentos, pois com essas concentrações de ar modificadas, não há como uma pessoa sobreviver sem uma máscara de ar insuflado por compressores, com filtro ou cilindros de oxigênio.

#### **4.6.2.2 Neutralização por vácuo**

Reduzindo-se a pressão do ambiente para valores menores que o da pressão atmosférica, o perigo e a intensidade de uma explosão de pó podem ser reduzidos, pois esta não conseguirá se desenvolver, ou, ocorrendo a explosão, sua pressão máxima será menor que a pressão atmosférica. Para se utilizar a neutralização por vácuo, é necessária a monitorização por meio de instrumentos, o que acaba encarecendo o projeto e tornando-o muito pouco viável.

#### **4.6.3 Prevenção de explosões por meio do controle das fontes de ignição<sup>39</sup>**

Se for possível evitem-se as fontes de ignição, não haverá as explosões de pó. Estas fontes têm origem em falhas pessoais, falhas mecânicas e falhas elétricas, como vistas a seguir.

##### **4.6.3.1 Falhas pessoais**

As falhas pessoais são provocadas pelos trabalhadores que estão presentes no ambiente das instalações agrícolas, tais como: soldagem, esmerilhamento, corte a quente, uso de fósforos e cigarros, etc. A melhor forma de prevenção deste tipo de risco é a conscientização da equipe, treinamento na utilização dos equipamentos de manutenção e controle das normas de segurança. Todos estes métodos dependem, principalmente, das empresas, que devem fornecer meios para que suas

---

<sup>39</sup> (MARIN, 1998)

equipes de chefia atuem diretamente na conscientização de seus funcionários por meio de cursos, seminários, recursos áudio-visuais, etc.

#### **4.6.3.2 Falhas mecânicas**

As faíscas geradas pelas falhas mecânicas abrangem a maior parte dos acidentes ocorridos em instalações agrícolas, atualmente.

As faíscas mecânicas podem ser do tipo: esmerilhamento, impacto, e fricção. A de esmerilhamento é causada pelo contato de um metal com uma superfície giratória abrasiva. A faísca gerada por impacto acontece quando um material metálico é arremetido contra metais oxidados. A faísca de fricção é produzida pelo contato friccionado de metais contra as partes metálicas internas do mesmo equipamento.

Existem também as falhas causadas pelo atrito de materiais metálicos com superfícies não metálicas, o que provoca o sobreaquecimento destes, até a formação do fogo.

As falhas mecânicas podem ser eliminadas, principalmente pela instalação de separadores magnéticos, evitando-se que peças desprendidas de outros equipamentos possam provocar faíscas. Pode-se usar também, um supervisor diferencial de rotações<sup>40</sup> para detectar a patinagem de correias transportadoras e de elevadores, antes que as mesmas se aqueçam, gerando fagulhas.

#### **4.6.3.3 Falhas elétricas<sup>41</sup>**

As cargas eletrostáticas podem, por intermédio de suas formas, provocarem a explosão de pó em suspensão. Isso só será possível se a energia da fonte de tensão e capacitância for maior que a energia mínima de ignição do pó. A eletricidade estática provocada pelo atrito dos produtos em movimento e as partes internas dos equipamentos também pode ser uma fonte de ignição. Principalmente nas correias transportadoras e nas correias das canecas dos elevadores deve ser utilizado material com baixa resistividade para impedir o acúmulo de cargas estáticas.

---

<sup>40</sup> Relê que envia informações para um comando, sobre qual a rotação dos rolamentos.

<sup>41</sup> (MARIN, 1998)

No caso das descargas atmosféricas, o melhor método de prevenção é o aterramento dos equipamentos. Para se evitar riscos de curtos-circuitos, devem-se instalar relés de fuga<sup>42</sup>, aterrar os condutores neutros, tubular os condutores e instalar equipamentos elétricos à prova de explosão, como por exemplo, tomadas, lâmpadas, motores, etc.

As subestações elétricas devem ser instaladas longe das áreas de armazenagem e beneficiamento de grãos.

#### **4.6.4 Sugestões para se minimizar os riscos de explosões de pó**

Neste item, descrevem-se algumas sugestões que podem minimizar o risco de incêndio e explosão por meio de medidas simples, mas eficientes.

##### **4.6.4.1 Controle do pó**

O controle do pó consiste na manutenção de constante limpeza dos locais onde há geração de partículas em suspensão. Neste procedimento deve ser desenvolvido um plano de limpeza no qual esteja bem definida a frequência e como deverá ser limpo o setor.

Durante as operações de limpeza, devem ser utilizados rodos e vassouras que não gerem faíscas. Não deve ser utilizado, de forma alguma, ar comprimido para esta limpeza, pois colocaria o pó em suspensão, ocasionando uma situação de risco.

As áreas próximas às possíveis fontes de ignição devem ter prioridade na operação, principalmente próximo a motores, correias, rolamentos, fundo de elevadores e acúmulo de pó sobre lâmpadas e outras superfícies sujeitas a aquecimentos.

---

<sup>42</sup> Relê que detecta se esta havendo fuga de energia em uma instalação elétrica.

#### **4.6.4.2 Meios pneumáticos de prevenção**

Uma das medidas preventivas de explosões de pó se faz pela utilização de dispositivos que eliminem o pó livre que possa mesclar-se com o ar, causando uma situação de risco.

Estes dispositivos consistem em sistemas pneumáticos que extraem o pó do ambiente de risco, conduzem-no para fora deste e o eliminam, retendo-o por meio de um ciclone, filtros de mangas ou sistemas de lavagem de ar por via úmida. Estes sistemas são facilmente encontrados no mercado e de fácil instalação e manutenção.

#### **4.6.4.3 Controle seletivo das áreas de risco**

O controle seletivo das áreas de risco está relacionado às pessoas que trabalham ou têm acesso a esses locais. Todos devem receber treinamento que lhes esclareça sobre os riscos existentes e não devem portar nenhum tipo de fonte de ignição (fogo ou faísca). Essas pessoas devem ser preparadas para reconhecer as condições perigosas antes que elas ocorram, prevenindo-se assim um acidente.

#### **4.6.4.4 Permissão para serviços a quente**

Esta permissão é a prevenção de uma condição de risco, pois, se antes de se efetuar a manutenção que envolva corte ou solda, for exigida a autorização de uma pessoa responsável que conheça as situações de perigo, o mesmo só emitirá esta autorização se as condições forem realmente seguras.

Todos os equipamentos em manutenção devem ser limpos por fora e por dentro e, se possível, umedecido o piso e o fundo dos equipamentos com panos molhados. Depois de concluído o serviço e o equipamento estiver em movimento, o local deve ser inspecionado pelo menos a cada meia hora, nas próximas duas horas. A área a ser inspecionada deve ser bem abrangente, pois as fagulhas de corte e soldas podem atingir mais de dez metros do local do equipamento em manutenção.

#### 4.6.4.5 Inspeção periódica

Em todas as áreas de riscos de explosão deve ser feita uma inspeção periódica que pode ser diária ou até semanal, dependendo da quantidade de pó acumulado. Essa inspeção visa prevenir os riscos que podem advir de equipamentos superaquecidos, lâmpadas com proteção antiexplosão quebradas, roletes de fitas transportadoras travadas, causando atrito com a correia e outras situações.

Os equipamentos de aspiração de pó também devem ser inspecionados regularmente e mantidos em boas condições de operação.

Toda inspeção em silos e túneis deve ser feita com lâmpadas e lanternas à prova de explosões, pois se ocorrer uma queda desses equipamentos poderá gerar uma faísca, ocasionando uma explosão.

#### 4.6.5 Medidas operacionais preventivas<sup>43</sup>

Como já vimos anteriormente é importante a limpeza, a melhor possível, da massa de grãos. Armazenar grãos com um máximo de 1% de impureza é importante não apenas do ponto de vista comercial, mas de prevenção de explosões.

Diante disso destacamos algumas medidas operacionais recomendadas para se melhorar a segurança dos ambientes:

- a) Fazer uso contínuo dos sistemas de captação de pó ao longo do trajeto dos grãos na unidade, como:
  - Nos elevadores, próximo ao pé, num ponto dos dutos, e na cabeça, colocar sistema de captação de pó. Incluir sensores capacitivos<sup>44</sup> para indicar desalinhamento da correia, sensor de velocidade no eixo do tambor de retorno (no pé) e porta de alívio de pressão;
  - Nas correias transportadoras, na calha de carga, no carro de descarga móvel, na descarga e no "chute" de descarga, incluir pontos de

<sup>43</sup> (MARIN, 1998)

<sup>44</sup> Sensores que verificam a capacidade de transporte da correia e quando ela reduz, verifica se houve desalinhamento da correia.

captação de pó, sensor de velocidade no eixo do tambor de retorno e sensor de embuchamento na descarga;

- Nos demais transportadores como nos redlers, roscas, etc., tomar medidas semelhantes segundo as necessidades;
  - Também nas máquinas de beneficiamento como máquinas de limpeza e secadores, providenciar a coleta do pó e outras impurezas de sorte que não sejam lançadas ao meio ambiente.
- b) Limpar periodicamente os sistemas de captação de pó trocando os filtros nos períodos definidos pelos fabricantes;
  - c) Proceder a limpeza das instalações evitando o acúmulo de pó;
  - d) Treinar os operadores e demais funcionários quanto os potenciais risco de explosões;
  - e) Fazer manutenções periódicas dos equipamentos eletromecânicos;
  - f) Certificar periodicamente o estado das instalações elétricas;
  - g) Tomar os devidos cuidados ao utilizar aparelhos de solda nos serviços de manutenção;
  - h) Substituir as caçambas dos elevadores e pás dos transportadores de correntes metálicas por componentes plásticos.

É absolutamente indispensável ter certeza de que não existem gases combustíveis ou pó em suspensão no local em que será feito o uso do aparelho de solda. E, na aquisição de equipamentos novos, preferirem elevadores de canecas de material plástico (poliuretano, nylon, ou outro), assim como redlers com pás também em material não metálico.

Os trabalhos no interior dos silos devem obedecer aos seguintes critérios:

- a) Serem realizados com no mínimo dois trabalhadores, devendo um deles permanecer no exterior;
- b) Com a utilização de cinto de segurança e cabo vida<sup>45</sup>;
- c) O empregador deve exigir que os trabalhadores utilizem os EPI;
- d) Cabe ao empregador orientar o empregado sobre o uso do EPI.

---

<sup>45</sup> Corda que é fixada em um ponto da edificação e no cinto de segurança para evitar a queda do trabalhador.

#### **4.6.6 PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA NO AQUECIMENTO DE GRÃOS**

As medidas corretivas no eventual aquecimento da massa de grãos são procedimentos operacionais que consistem, inicialmente na insuflação de ar ambiente (aeração) e, em condições extremas, a transilagem, que é a transferência dessa massa de grãos aquecidos de uma célula (compartimento) ou silo para outras células ou outros silos.

##### **4.6.6.1 Nas Moegas**

Os produtos recebidos dos agricultores permanecem por curto período nas moegas, visto tratar-se de compartimento de recepção dos grãos de onde este será rapidamente transferido por correias, elevadores e redlers para os secadores, ou direto para limpeza e, em seguida, para os silos.

Mesmo aqui, caso ocorra aquecimento dos grãos, motivado pelo excesso de umidade, os procedimentos são a imediata secagem ou sua transferência para a “moega-pulmão” que é um compartimento, anexo à moega que possui um eficiente sistema de aeração que poderá conservar esse produto por alguns dias até que se tenha espaço para sua secagem definitiva nos secadores.

##### **4.6.6.2 Nos Secadores**

Conforme já descrito anteriormente, poderá ocorrer o aquecimento dos grãos no interior do secador na remota hipótese de fagulhas da fornalha atingir as impurezas dos grãos em secagem.

Neste caso, o procedimento básico de extinção de centelhas é o abafamento. Esse abafamento consiste no imediato desligamento do sistema de ventilação/exaustão do secador, além do fechamento de todas as entradas de ar. Extingue-se aí o oxigênio do interior do compartimento de secagem.

Em seguida procede-se ao esvaziamento do secador, transferindo-se a parte íntegra dos grãos de cereais para outro compartimento armazenador e a parte danificada é desviada para o compartimento de expedição, de onde poderá ser descartada.

#### 4.6.6.3 Nos Silos metálicos

O sistema automatizado de termometria garante um acompanhamento eficiente na dinâmica da temperatura da massa de grãos armazenados.

Visando maior segurança nesse acompanhamento, periodicamente devem ser feitas medições manuais em toda extensão dos silos, por intermédio de sondas dotadas de termômetros. Essas avaliações manuais são periódicas e comparadas com a termometria digital. Este procedimento garante total confiabilidade ao sistema de monitoramento das condições de armazenagem.

Constatado o aquecimento de grãos em determinados pontos da massa (temperaturas superiores a 28 °C), devem ser acionados os aeradores que insuflam grande volume de ar atmosférico (taxa de 0,2 m<sup>3</sup> de ar / m<sup>3</sup> grãos / minuto), forçando a redução da temperatura. Os aeradores são acoplados à base lateral dos silos formando uma corrente de ar ascendente no interior da massa de grãos, saindo na parte superior do silo. Esse ar, após algumas horas, proporciona a redução da temperatura e, havendo baixa umidade atmosférica, reduzirá também a umidade dos grãos<sup>46</sup>.

Na quase totalidade das vezes, a aeração será suficiente para a solução do problema. Porém, numa condição extrema, em que a temperatura não se reduza mediante o primeiro procedimento, resta a alternativa da transilagem que é a transferência dos grãos para outro silo, moega ou mesmo para o compartimento de expedição.

Neste último caso, o fluxo da massa de grãos aquecida poderá seguir destinos diversos, dependendo da temperatura alcançada e o grau de dano constatado. Iniciada a transilagem, procede-se à amostragem constante no fluxo de saída. A parte boa dos produtos (temperatura e umidade adequados) será simplesmente redirecionada para outro silo ou compartimento. A fração danificada ou úmida será avaliada e direcionada segundo o problema constatado:

- 1- Umidade elevada, mas ainda sem danos aparentes – Poderá ser o produto transferido para um compartimento que possua condições de aeração mais eficientes (moega pulmão, por exemplo) e secadores. Sendo soja, poderá ser encaminhada para a industrialização imediata.

---

<sup>46</sup> (MARIN,1998)

- 2- Produto danificado (escurecido) – Poderá ser descartado, saindo direto do silo de armazenamento para os silos de expedição e daí para destinação de resíduos em áreas pré-estabelecidas. Neste caso, em função da provável alta temperatura, terá seu fluxo restrito e rigorosamente acompanhado dentro da área operacional.

#### **4.6.6.4 Nos Armazéns graneleiros**

Trata-se de compartimentos armazenadores, em geral, maiores que os silos metálicos. Os procedimentos de emergência no caso de aquecimento da massa de grãos são muito semelhantes aos anteriores, porém mais demorados em função do grande volume armazenado.

Os cuidados na prevenção da ocorrência de aquecimento da massa de grãos são intensos. Desse modo, historicamente são quase insignificantes as perdas ou danos ocorridos em produtos armazenados, principalmente após o advento da termometria automática.

### **4.7 ASPECTOS TÉCNICOS CONSTRUTIVOS PARA EDIFICAÇÃO DE UNIDADES ARMazenADORAS**

Quanto aos aspectos técnicos construtivos, devem ser observados os seguintes cuidados nas instalações das unidades armazenadoras:

- a) Ambientes como túneis, galerias e pontos de carga e descarga de grãos dotados com sistemas de exaustão de pó;
- b) Instalação de sistema de exaustão de pó em elevadores canecas e tubulações de transporte de grãos;
- c) Aterramento elétrico dos componentes eletromecânicos e pontos geradores de cargas eletrostáticas;
- d) Edificações projetadas estruturalmente contemplando áreas de fácil ruptura caso ocorram explosões, isto minimizará danos à edificação, pois os gases em expansão serão lançados à atmosfera;
- e) Instalação de sistemas de pára-raios;

- f) Sistemas de iluminação apropriados aos ambientes com risco de explosão;
- g) Instalar aspersores de óleo mineral ou vegetal em pontos do sistema de movimentação de grãos passíveis de ocorrência de alta concentração de pó, em valores superiores a 0,05 kg/m<sup>3</sup><sup>47</sup>.

#### **4.7.1 Outros aspectos construtivos necessários para segurança da edificação**

##### **Com relação às correias transportadoras:**

As mesmas devem possuir os seguintes requisitos, de acordo com a Norma Regulamentadora (NR) 31 do Ministério do Trabalho e Emprego:

- a) Sistema de frenagem ao longo dos trechos em que possa haver acesso de trabalhadores;
- b) Dispositivo que interrompa seu acionamento quando necessário;
- c) Partida precedida de sinal sonoro audível que indique seu acionamento;
- d) Transmissões de força protegidas com grade contra contato acidental;
- e) Sistema de proteção contra quedas de materiais, quando instaladas em altura superior a dois metros;
- f) Sistemas e passarelas que permitam que os trabalhos de manutenção sejam desenvolvidos de forma segura;
- g) Passarelas com guarda-corpo e rodapé ao longo de toda a extensão elevada em que possa haver circulação de trabalhadores;
- h) Sistema de travamento para ser utilizado quando dos serviços de manutenção.

##### **Secadores**

- a) Os secadores devem possuir revestimentos com material refratário e anteparos adequados de forma a não gerar riscos à segurança e saúde dos trabalhadores;
- b) Para evitar incêndios nos secadores, o empregador rural deverá garantir a:
  - Limpeza das colunas e condutos de injeção e tomada de ar quente;
  - Verificação da regulagem do queimador, quando existente;

---

<sup>47</sup> (MARIN, 1998)

- Verificação do sistema elétrico de aquecimento, quando existente.
- c) Os filtros de ar dos secadores devem ser mantidos limpos.
- d) Os secadores alimentados por combustíveis gasosos ou líquidos devem ter sistema de proteção para:
- Não ocorrer explosão por falha da chama de aquecimento ou no acionamento do queimador;
  - Evitar retrocesso da chama.

## **Silos**

- a) Os silos devem ser adequadamente dimensionados e construídos em solo com resistência compatível às cargas de trabalho;
- b) As escadas e as plataformas dos silos devem ser construídas de modo a garantir aos trabalhadores o desenvolvimento de suas atividades em condições seguras;
- c) O revestimento interno dos silos deve ter características que impeçam o acúmulo de grãos, poeiras e a formação de barreiras;
- d) É obrigatória a prevenção dos riscos de explosões, incêndios, acidentes mecânicos, asfixia e dos decorrentes da exposição a agentes químicos, físicos e biológicos em todas as fases da operação do silo;
- e) Não deve ser permitida a entrada de trabalhadores no silo durante a sua operação, se não houver meios seguros de saída ou resgate;
- f) Devem ser previstos e controlados os riscos de combustão espontânea e explosões no projeto construtivo, na operação e manutenção;
- g) Os elevadores e sistemas de alimentação dos silos devem ser projetados e operados de forma a evitar o acúmulo de poeiras, em especial nos pontos em que seja possível a geração de centelhas por eletricidade estática;
- h) Todas as instalações elétricas e de iluminação no interior dos silos devem ser apropriadas ao ambiente à prova de explosões.

## **Acessos e Vias de Circulação**

- a) Devem ser garantidas todas as vias de acesso e de circulação internos do estabelecimento em condições adequadas para os trabalhadores e veículos;

b) Medidas especiais de proteção da circulação de veículos e trabalhadores nas vias devem ser tomadas nas circunstâncias de chuvas que gerem alagamento e escorregamento;

c) As vias de acesso e de circulação internas do estabelecimento devem ser sinalizadas de forma visível durante o dia e a noite;

d) As laterais das vias de acesso e de circulação internas do estabelecimento devem ser protegidas com barreiras que impeçam a queda de veículos.

### **Edificações Rurais**

a) As estruturas das edificações rurais tais como armazéns, silos e depósitos devem ser projetadas, executadas e mantidas para suportar as cargas permanentes e móveis a que se destinam;

b) Os pisos dos locais de trabalho internos às edificações não devem apresentar defeitos que prejudiquem a circulação de trabalhadores ou a movimentação de materiais;

c) As aberturas nos pisos e nas paredes devem ser protegidas de forma que impeçam a queda de trabalhadores ou de materiais;

d) Nas escadas, rampas, corredores e outras áreas destinadas à circulação de trabalhadores e à movimentação de materiais, que ofereçam risco de escorregamento, devem ser empregados materiais ou processos antiderrapantes;

e) As escadas, rampas, corredores e outras áreas destinadas à circulação de trabalhadores e à movimentação de materiais, devem dispor de proteção contra o risco de queda;

f) As escadas ou rampas fixas, que sejam dotadas de paredes laterais, devem dispor de corrimão em toda a extensão;

g) As coberturas dos locais de trabalho devem assegurar proteção contra as intempéries.

### **As edificações rurais, ainda devem:**

a) Proporcionar proteção contra a umidade;

b) Ser projetadas e construídas de modo a evitar insolação excessiva ou falta de insolação;

c) Possuir ventilação e iluminação adequadas às atividades laborais a que se destinam;

d) Ser submetidas a processo constante de limpeza e desinfecção, para que se neutralize a ação nociva de agentes patogênicos<sup>48</sup>;

e) Ser dotadas de sistema de saneamento básico, destinado à coleta das águas servidas na limpeza e na desinfecção, para que se evite a contaminação do meio ambiente.

### **Instalações Elétricas**

a) Todas as partes das instalações elétricas devem ser projetadas, executadas e mantidas de modo que seja possível prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico e outros tipos de acidentes;

b) Os componentes das instalações elétricas devem ser protegidos por material isolante;

c) Toda instalação ou peça condutora que esteja em local acessível a contatos e que não faça parte dos circuitos elétricos deve ser aterrada;

d) As instalações elétricas internas aos silos devem ser à prova de incêndio e explosão.

#### **4.7.2 Aspectos de manutenção das edificações<sup>49</sup>**

**a) Graneleiros:** Em graneleiros, é indispensável o maior zelo na cobertura, vedando furos para que não existam goteiras. Pode não ser muito comum, mas entrando em graneleiros durante o dia e observando a cobertura, em alguns casos pode-se ver como se fosse um "céu estrelado", devido aos inúmeros furos existentes. O mercado oferece bons impermeabilizantes que são de fácil e rápida aplicação e contam com garantia de até 10 anos ou mais de durabilidade. Neste período, o impermeabilizante será utilizado, eventualmente, em novos furos que vão surgindo.

Também a revisão periódica na fixação das telhas para que vendavais não as levem e a chuva que normalmente segue, não molhe grãos armazenados. A

<sup>48</sup> Agentes que podem provocar, direta ou indiretamente, uma doença.

<sup>49</sup> (MARIN, 1998).

impermeabilização das paredes laterais, do fundo, quer seja plano ou em "V", galerias e poços de elevadores, é indispensável. Verificar o estado e a qualidade das passarelas em geral, internas e externas dos silos, além de limpeza total e desinfecção é indispensável antes da safra.

**b) Silos metálicos:** Em silos metálicos, também a cobertura precisa ser mantida completamente vedada, eliminando pontos de infiltração de água, parafusados adequadamente para evitar acidentes em tempestades. Evitar infiltrações nas emendas das chapas e anéis do tubo, cuidado, desde o momento da montagem com o não rompimento das arruelas especiais de vedação.

No primeiro anel, de baixo para cima, especial atenção, evitando a corrosão junto à viga de concreto. Neste caso, o problema não será de apenas da entrada de umidade e a perda dos grãos junto ao anel, mas diminui a resistência mecânica do silo e risco de acidente de elevada gravidade.

**c) Silos de concreto:** Em silos de concreto com cobertura convencional em duas águas e em silos elevadores de concreto, de fundo cônico, podem de igual forma, necessitar vários cuidados em termos de manutenção preventiva. A cobertura convencional exige os cuidados já mencionados em graneleiros, e o tubo ou célula, as que dizem respeito à impermeabilização da parede de concreto, fissuras e outro que possam ocorrer.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de tudo o que foi apresentado não se tem aqui a pretensão de esgotar o assunto em razão de sua amplitude e evolução, mas pretende-se despertar à atenção para os problemas reais existentes e saber que se podem adotar medidas pró-ativas, que com certeza irão evitar ou minimizar ocorrências que poderão causar danos imensuráveis à vida e ao patrimônio.

Pela pesquisa efetuada, as visitas realizadas nas instalações das unidades armazenadoras de grãos, chega-se à conclusão de que a desinformação sobre explosões de pó por parte dos responsáveis e operadores de equipamentos em instalações agrícolas que operam com produtos como: soja, milho, trigo, aveia,

centeio e outros, beneficiando-os ou transformando-os industrialmente, contribui decisivamente e pode ser apontada como causa principal de sua ocorrência.

Desinformados, os responsáveis não tomam medidas simples de manutenções mecânicas e elétricas, não providenciam instalações de equipamentos pneumáticos que poderiam facilmente reduzir a emissão e concentração de pó nos ambientes confinados, não treinam seus colaboradores, operadores de equipamentos, o que poderia, somando-se todas as medidas de prevenção, minimizar, ou até mesmo eliminar, os riscos das terríveis explosões de pó em suas instalações, com grandes perdas materiais e humanas.

Este trabalho tem a finalidade também de subsidiar um estudo mais profundo por parte dos órgãos ligados à área de prevenção do Corpo de Bombeiros e fornecer dados para a adoção de medidas que o caso requer.

O Corpo de Bombeiros em sua missão constitucional de Prevenção Contra Incêndios, possui a competência de elaborar normas para que as edificações possuam a melhor segurança possível contra incêndios e sinistros. Quando faz a verificação do cumprimento destas normas nos projetos de prevenção contra incêndios, possui a responsabilidade de orientar o cidadão sobre os aspectos construtivos ideais para cada risco. Isso aumenta sobremaneira a responsabilidade do Oficial-Analisador em razão de não mais se limitar às Leis e Normas vigentes, mas de ter o real conhecimento daquilo que está analisando e poder orientar sobre medidas a serem adotadas e cumpridas pelos responsáveis técnicos que estejam fundamentadas legalmente, e também que os Sistemas propostos e orientados proporcionem de forma eficaz a segurança da ocupação analisada, ou seja, tenha profundo conhecimento técnico acerca do tipo de construção, e a que se destina.

Considerando os diversos tipos de ocupação existentes fica cada vez mais patente a necessidade de que sejam elaboradas Normas e Instruções Técnicas para ocupações específicas, pelo simples fato de ser impossível a qualquer Analista de Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio reter todos estes conhecimentos quer seja pela limitação humana natural, quer seja pela falta de material normativo Nacional, ou pelo tempo requerido para o estudo bibliográfico mais profundo sobre o assunto.

Deve-se levar em consideração que quando da confecção de normas se faz exigências, elas devem ser amparadas cientificamente e terem efetiva utilidade.

Uma obrigação a ser imposta à comunidade deve ser baseada em fatos de relevante interesse e necessidade para o bem da atividade e da própria coletividade.

As atividades das cooperativas de recebimento, secagem e armazenamento de cereais são típicas e possuem características intrínsecas que as distinguem dos processos industriais convencionais.

Neste tipo de atividade, a umidade é essencial durante todo o ciclo de vida das plantas que originam os produtos agrícolas, porém torna-se lesiva e incompatível com as práticas de processamento e armazenamento desses produtos.

A presença de água ou alta umidade nestes cereais desencadeia um processo químico de fermentação, compactação dos grãos e aumento do volume de massa dos mesmos, podendo levar, dependendo do caso, até mesmo à ruptura da estrutura de armazenamento.

Os grãos, mesmo depois de colhidos, continuam vivos, num processo lento, mas contínuo de respiração. A presença de umidade superior àquela considerada ideal, desencadeia uma aceleração nesse processo metabólico, resultando em elevação da temperatura e liberação intensa de gases (monóxido e dióxido de carbono – CO e CO<sub>2</sub>, metano – CH<sub>4</sub>, dióxido de nitrogênio -NO<sub>2</sub>, sulfeto de hidrogênio – H<sub>2</sub>S e outros).

Não se trata de uma combustão, mas de um processo químico que eleva a temperatura da massa de grãos, deteriorando o produto e liberando compostos gasosos que podem ser tóxicos (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) ou inflamáveis (CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S).

Considerando que as estruturas operacionais são construídas em material não combustível, pode-se concluir no presente trabalho que devido às características do material armazenado nas unidades agroindustriais, a instalação de rede hidráulica nestes estabelecimentos pode ser minimizada e possuir critérios mais amenos, desde que as cooperativas se comprometam a realizar outros sistemas preventivos, mais específicos dos riscos, conforme relatado neste trabalho.

Por meio deste trabalho, procurou-se demonstrar que a adoção de medidas preventivas ou pró-ativas nos diversos segmentos visa à melhoria de qualidade de vida bem como o desenvolvimento social e econômico.

O Corpo de Bombeiros do Paraná, por meio de instrução técnica tem como adotar medidas imediatas que visem minimizar ou até mesmo neutralizar os riscos inerentes a este tipo de atividade, até que norma brasileira específica possa ser elaborada.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE SOBRINHO, Arquimedes Leite de. **Unidades Armanezadoras de Grãos: Normatização para Prevenção de Incêndios e Explosões no Estado de Mato Grosso do Sul**. 1994. Centro de Aperfeiçoamento e Estudos Superiores – CSP de São Paulo: 1994.

ABNT. **Saídas de Emergência em Edifícios**. NBR – 9077. Rio de Janeiro: 1993.

ABNT. **Espaço confinado - Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção**. NBR – 14787. Rio de Janeiro: 2001.

BANHOS, J. L.; BARBOSA G. T. G. Explosão do pó. **Revista CIPA**. São Paulo: 1999.

BRASIL, **Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura**. MTE, NR 31. Brasília: 2005.

CASAGRANDE, L. F. **Sistemas de proteção contra incêndio e explosão em silos e locais destinados a armazenamento de cereais e seus derivados: subsídios para a elaboração de instrução técnica (itcb)**. 1999. 46p. Trabalho científico apresentado por conclusão do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de São Paulo – CAO, 1999.

CATALAN, Juan Ravenet. Silos – Deformaciones – Falhas – Explosiones – **Prevencion de Accidentes Tomo II**. Barcelona: Técnicos Asociados, 1978, p. 251 - 252.

CRUICE, William J. **Manual de Protección Contra Incêndios - Explosiones**. 17 ed. Espanha: 1991.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda, **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**, 1ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira, 1975).

JUNIOR, E. R. Riscos de explosão nos silos. **Revista Incêndio**, São Paulo, nº. 41, p. 36-39, 2006.

MARIN, J. **Explosões de pó em ambientes confinados**. 1998. 33p. Monografia apresentada para obtenção do título de Pós-Graduação em Engenharia e segurança do Trabalho – CEFET-PR.

**Medidas Operacionais Preventivas**. Disponível em: [www.armazenagem.com.br/livro5.htm](http://www.armazenagem.com.br/livro5.htm). Acesso em: 08 de novembro de 2006.

PARANÁ, **Código de prevenção de incêndios do corpo de bombeiros da pmpr**. Paraná: 2001.

REVISTA FUNDACENTRO. **Espaço confinado**: sob risco permanente. Ano II – nº. 6. São Paulo: IMK Relações Públicas, 1998.

REVISTA PROTEÇÃO. **Pó perigoso**. Ano XII – nº. 88. Novo Hamburgo: MPF Publicações, Abril 1999.

SILVA, S. F. **O periódico Educar em Revista do Setor de Educação da UFPR (1997/2000)**: uma análise histórica e temática. Campinas, 2001. 166 p. Dissertação (Mestrado Interinstitucional em Biblioteconomia e Ciência da Informação) – PUC Campinas / Universidade Federal do Paraná.