

DESASTRES COM SILOS VERTICAIS NO BRASIL. UMA BREVE COLETÂNEA DE ACONTECIMENTOS E SUAS CAUSAS

JOSÉ PINHEIRO LOPES NETO^{1*}; JOSÉ WALLACE BARBOSA DO NASCIMENTO²

¹Prof. Associado UAEA/UFCG, Campina Grande – PB, lopesneto@gmail.com;
Prof. Titular UAEA/UFCG, Campina Grande – PB, wallace@ufcg.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Os acidentes envolvendo silos verticais têm se intensificado à medida que seu uso passa a ser mais constante e em maior escala. Nesse caso, é necessário que cuidados adicionais tanto no processo de projeto, quanto montagem, manutenção e operação sejam tomados. Este trabalho, portanto, visou apresentar alguns eventos ocorridos no Brasil nos últimos anos com diversas causas indo desde falhas estruturais por erros de projetos de ampliação, passando por erros na segurança na sua utilização e por falta de elementos que pudessem evitar ou ao menos minimizar os riscos de explosões. Esta apresentação demonstra que o país necessita urgentemente rever seus conceitos de segurança em silos e estabelecer um protocolo de ações tanto em projeto quanto em manutenção e utilização destas estruturas.

PALAVRAS-CHAVE: Ruptura, explosão, silos, armazenagem industrial.

DISASTERS WITH VERTICAL SILOS IN BRAZIL. A BRIEF COLLECTION OF EVENTS AND THEIR CAUSES

ABSTRACT: Accidents involving vertical silos have intensified as their use becomes more constant and on a larger scale. In this case, additional care in both the design process, assembly, maintenance and operation is required. This work, therefore, aimed to present some events occurred in Brazil in recent years with various causes ranging from structural failures due to errors of expansion projects, errors in the safety of their use and lack of elements that could prevent or at least minimize the explosion hazards. This presentation demonstrates that the country urgently needs to revise its safety concepts in silos and establish a protocol of actions both in design and maintenance and use of these structures.

KEYWORDS: Rupture, explosion, silos, industrial storage.

INTRODUÇÃO

Desde quando Jenike (1964) classificou o tipo de fluxo como podendo ser de massa ou de funil, o uso de silos em instalações industriais tem se incorporado a evolução industrial, parte devido ao crescente desenvolvimento de novos produtos a serem armazenados e, parte em razão da criação de novas etapas de produção que requerem o uso de silos.

Indústrias agrícolas, alimentícias, químicas e farmacêuticas, de minerais e de construção necessitam largamente da utilização de silos para armazenar seus produtos sem que haja perda de qualidade e comprometimento dos processos seguintes, contudo, nenhuma das teorias propostas previa o surgimento de um número tão elevado de produtos com características tão divergentes. Isso inevitavelmente conduziu o processo de armazenagem industrial em silos a um cenário de incertezas quanto à previsão do tipo correto de fluxo a ser formado e as ações estruturais a que os silos estariam submetidos.

Gradativamente, o surgimento de problemas de fluxo e estruturais adquiriram importância ao passo que novas pesquisas foram sendo desenvolvidas no intuito de eliminar, ou ao menos minimizar essas problemáticas. Guan & Zhang (2005) citam que os problemas de armazenagem em silos podem ser de ordem funcional e estrutural.

Os problemas funcionais estão relacionados às variações do tipo de fluxo desenvolvido culminando em obstruções do orifício de descarga. Essas obstruções causam flutuações na vazão de

descarga impossibilitando, em casos extremos, todo o processo de esvaziamento. Os problemas estruturais podem ser inerentes aos problemas funcionais já que os silos são solicitados mecanicamente a partir do contato do produto ensilado com suas partes constituintes e, se esse contato for imprevisível e desordenado dificultando seu correto dimensionamento, os silos podem se tornar estruturas instáveis e perigosas. Como exemplos, citam-se o aparecimento de trincas em silos de concreto armado e deformações tipo flambagem local em silos metálicos. Esses efeitos podem conduzir essas estruturas a casos extremos de colapso estrutural completo. Outras causas diversas podem ser falhas de projeto e/ou montagem e falha de manutenção.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão dos acidentes com silos ocorridos no Brasil na última década e explorar suas diferentes causas de falhas.

CONTEÚDO BIBLIOGRÁFICO

O Grupo de Estudos em Silos (Silos) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) tem nos últimos anos acompanhado a evolução das indústrias brasileiras no que diz respeito ao uso de silos verticais para estocagem de seus produtos e, conseqüentemente, essa crescente é acompanhada de aumento nos riscos de utilização destas estruturas uma vez que produtos e processos produtivos são renovados para atender a demanda. Entretanto, as precauções mais importantes na utilização destas estruturas continuam sendo as primárias como determinação das propriedades de fluxo de cada produto a ser estocado, projeto de fluxo que envolva todas as possibilidades de uso quanto ao tempo e formas de carregamento e descarregamento e conhecimento aprofundado das ações passíveis de ocorrer, além de um protocolo de segurança correto de verificação constante da integridade da estrutura.

Como causa inicial, apresentam-se os problemas funcionais que são devidos diretamente ao tipo de fluxo ocorrido no interior do silo. Como exemplo, citam-se a formação de arcos coesivos e efeito tubo cuja ruptura repentina causam enormes sobrecargas na estrutura (Figura 1A). Outra falha, agora estrutural é o aparecimento de pressões não previstas em projeto (Figura 1B). As falhas de projeto e/ou execução estão entre as mais comuns causas de acidentes com silos assim com as pressões exercidas por rajadas de vento (Figura 1C). As explosões também se apresentam como umas das diversas causas mais presentes nos acidentes com estas estruturas (Figura 1D).



Figura 1. Algumas causas de acidentes em silos

Como coletânea apresentam-se, a seguir, reportagens de alguns acidentes ocorridos no Brasil por diferentes causas e em ordem cronológica.

Em 05 de novembro de 2007 um silo de concreto com 15 mil toneladas de milho e 42 m de altura, situado próximo ao porto de Paranaguá (PR), desabou sem vítimas fatais. As causas desse acidente foram fissuras oriundas das ações do produto armazenado. Com isto, muito provavelmente a estrutura metálica interna do concreto sofreu oxidação com o tempo por ação da água infiltrada.



Figura 2. Silo em Paranaguá – PR. Fonte Portal G1, 2007.

Em 22 de abril de 2009 ocorreu a explosão de um silo pertencente a uma cooperativa agrícola em Capão Bonito – SP derramando todos os grãos armazenado e soterrando um funcionário que se

encontrava entre o silo e um caminhão. Segundo o presidente da cooperativa, existiam duas hipóteses para o acidente sendo a) uma explosão causada por uma faísca ou pelo atrito mesmo ou b) pode ter formado dentro do carregamento um oco e cedido de uma vez, o que deve ter ocasionado um impacto e afetado a estrutura (Agrolink, 2009).

Em 25 de novembro de 2011 um silo de armazenamento de grãos se rompeu em Júlio de Castilhos – RS soterrando dois trabalhadores. No silo havia cerca de 2 mil toneladas de soja no momento do acidente (Figura 3).



Figura 3. Destroços do silo que se rompeu em RS. Fonte Portal UOL, 2011.

Em 07 de abril de 2014 um silo de concreto armado com cerca de 7785 toneladas de trigo desabou na cidade de Maceió – AL sem vítimas fatais. Segundo a empresa contratada para elaboração de laudo técnico, a estrutura principal de sustentação era de 1974 e não havia sido reforçada apropriadamente mesmo com o aumento da capacidade de armazenagem do silo nos últimos anos (Figura 4).



Figura 4. Reforço do capeamento de concreto sem reforço na armadura metálica. Fonte Portal G1, 2014.

Em 03 de julho de 2014 uma caldeira em uma fábrica de beneficiamento de soja em Rio Grande – RS explodiu deixando três feridos. O silo tinha aproximadamente 300 metros de comprimento e era utilizado para estocar farelo de soja e outros grãos, como milho e trigo. Segundo funcionários do armazém de grãos, a explosão ocorreu quando funcionários faziam a manutenção do local. A principal suspeita é de que uma faísca tenha provocado a explosão ao entrar em contato com os gases gerados pela fermentação dos grãos (Portal G1, 2014).

Em 30 de maio de 2015 um silo de 1,2 mil toneladas de cimento desabou nas obras da Usina Belo Monte no estado do Pará matando três trabalhadores. Fontes informaram que o acidente aconteceu durante uma operação de descarga de um caminhão.



Figura 3. Acidente com vítima fatal no Pará. Fonte Folha de São Paulo, 2015.

Em 30 de junho de 2016 três pessoas ficaram feridas após a explosão no fosso de um silo de grãos de uma cooperativa em Cambé - PR. Segundo relatos dos bombeiros, as vítimas informaram que, ao chegarem para trabalhar, sentiram cheiro de queimado e avistaram fumaça saindo do fosso. Quando

se inclinaram para ver o que havia ocorrido, se acidentaram e sofreram as queimaduras na região do rosto e do pescoço (G1, 2016).

No dia 18 de julho de 2016 um silo metálico com capacidade para armazenar 40 mil sacas de milho em Campo Verde – MT se rompeu após o produtor ouvir repetidas vezes estalos na estrutura com posterior ruptura dos parafusos de ligação das chapas que formavam a parede do silo. Neste caso, houve apenas prejuízos materiais, uma vez que imediatamente todos os funcionários foram retirados do local (Figura 4).



Figura 4. Silo rompido em Mato Grosso. Fonte Canal Rural, 2016.

CONCLUSÃO

Com os eventos apresentados, conclui-se que estas estruturas, da forma que estão sendo utilizadas, apresentam alto risco de acidentes e que, portanto, é imprescindível que sejam tomadas ações que visem aumentar a segurança nos procedimentos de sua utilização. Aliado a este fato, soma-se a necessidade de se definir procedimentos mais detalhados de projeto, montagem e manutenção de silos verticais que sejam adequados à forma com que as empresas nacionais utilizam estas estruturas para armazenagem de seus produtos.

REFERÊNCIAS

- Portal G1. Silo de concreto desaba no Paraná. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL169849-5598,00-SILO+DE+CONCRETO+DESABA+NO+PARANA.html>. Acesso em: 26 nov. 2008.
- Portal UOL. Silo se rompe e grãos soterram dois trabalhadores no Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2011/11/25/silo-se-rompe-e-soja-soterra-dois-trabalhadores-no-rio-grande-do-sul.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em: 25 de dezembro de 2011.
- Portal G1. Moinho que desabou em Maceió tinha problemas estruturais, diz laudo. Disponível em: <http://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2014/09/moinho-que-desabou-em-maceio-tinha-problemas-estruturais-diz-laudo.html>. Acesso em: 25 de dezembro de 2014.
- Folha de São Paulo. Silo de concreto desaba em Belo Monte e três homens estão desaparecidos. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/05/1635899-tres-pessoas-estao-desaparecidas-apos-acidente-em-obras-de-belo-monte.shtml>. Acesso em: 26 de setembro de 2015.
- Canal Rural. Produtor de Mato Grosso faz vídeo de silo “explodindo”. Disponível em: <http://www.canalrural.com.br/noticias/noticias/produtor-mato-grosso-faz-video-silo-milho-explodindo-63145>. Acesso em: 31 de setembro de 2016.
- Portal G1. Três trabalhadores ficam feridos em explosão de silo em Cambé. Disponível em: <http://g1.globo.com/pr/parana/videos/v/tres-trabalhadores-ficam-feridos-em-explosao-de-silo-em-cambe/5131899/>. Acesso em: 31 de agosto de 2016.
- Agrolink. Explosão em silo mata encarregado da cooperativa de Capão Bonito/SP. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/explosao-em-silo-mata-encarregado-da-cooperativa-de-capao-bonito-sp_88649.html. Acesso em: 30 maio de 2009.
- Portal G1. Explosão em armazém de soja deixa feridos em Rio Grande, RS. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2014/07/explosao-em-armazem-de-soja-deixa-feridos-em-rio-grande-rs.html>. Acesso em: 28 de setembro de 2014.
- Jenike, A. W. Storage and flow of silos. Salt Lake City. University of Utah. Bulletin 123. Engineering Experiment Station (1964).

Guan, W. & Zhang, Q. Consolidation and arch formation of cohesive bulk solids in storage bins. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2005, Florida. *Anais...* Florida: ASAE, 2005.