

SILOS METÁLICOS PRISMÁTICOS PARA ARMAZENAMENTO DE RAÇÃO

José Wallace Barbosa NASCIMENTO¹, Carlito CALIL Junior²

RESUMO: O objetivo deste trabalho é fornecer subsídio técnico para projetos de silos prismáticos metálicos para uso industrial, mas especificamente para fábricas de ração. Apresenta-se um sistema construtivo de silos metálicos prismáticos para armazenamento de produtos pulverulentos coesivo. O referido sistema é modular, os painéis que formam o corpo do silo são conformados horizontalmente em forma zig-zague. Estes são ligados às platibandas por meio de soldagem para manter a rigidez do conjunto.

PALAVRAS-CHAVE: Silos, Prismáticos, Metálicos, Armazenamento

ABSTRACT: The objective of this work is to provide technical subsidy for cylindrical steel silo projects for industrial use, more specifically, for ration plants. A constructive system of prismatic steel silos for storing cohesive pulverulent products is presented here. The body of the silo are adjusted horizontally in zigzag manner. these panels are linked to the platbands by of welding so as to keep the regidity of the whole assemblage.

KEYWORDS: Silos, Prismatic, Steel, Storage

INTRODUÇÃO: O sistema de construção, consiste numa pré-fabricação de painéis metálicos para as paredes, que mediante a conformação horizontal, ofereça a resistencia suficiente para resistir às pressões exercidas pelos produtos armazenados. Não obstante as diversas soluções de conformação das paredes propostas até o momento, somente dois tipos progrediram e são utilizados nas construções de grandes silos (Ravenet, 1990):

- conformação trapezoidal: A Figura 1(a) mostra o tipo de conformação com um ângulo na parede inclinada, variando de 45 a 60 graus. Esse tipo de conformação é utilizada em silos para armazenamento de produtos granulares de fácil descarga.
- conformação zig-zague: Na Figura 1(b) apresenta-se o tipo de conformação com o ângulo da parede inclinada de 70 a 75 graus. Esse tipo de conformação é utilizado em silos para armazenamento de produtos pulverulentos coesivos.

Nas duas soluções já apresentadas, a distância entre as conformações, assim como a largura dos painéis, dependem do fabricante, do país e/ou da norma. Os painéis são fabricados com as platibandas na indústria por meio de soldagem. A montagem é realizada "in situ", parafusando-se, ou soldando-se quatro platibandas, formando, dessa forma uma coluna da

¹ Professor Dr. da Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Engenharia Agrícola. Av. Aprígio Veloso, 882; Cx. Postal 10087; CEP 58109-970 - Campina Grande - PB - Brasil.
E-mail: wallace@deag.ufpb.br

² Professor Titular da Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos. Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - Cx. Postal 359 - FAX: (016)274 9263 - E-mail: calil@sc.usp.br

união de duas, três ou quatro paredes de silos prismáticos. Silos prismáticos são muito construídos nas indústrias, onde há limitação territorial e se precisa do máximo de capacidade de armazenagem. A mecanização desses silos é muito simples; basta colocar um transportador superior de carregamento e outro inferior de descarga, unidos por um elevador de canecas.

Neste trabalho será discutido como dimensionar silos prismáticos com conformação zig-zague para armazenamento e/ou expedição de ração a granel.

RESULTADOS DISCUSSÃO: O dimensionamento das paredes conformadas horizontalmente, conforme RAVENET (1992) recomenda fazer um estudo dos três tipos de flexões que podem ocorrer nas paredes dos silos durante o armazenamento de produtos agrícolas, que são:

- flexão geral no vão entre colunas sob efeito de empuxo horizontal do produto armazenado;
- flexão oblíqua entre colunas, sob o efeito da resultante do empuxo horizontal e da força de atrito do produto armazenado sobre a parede;
- flexão local das superfícies verticais, ou inclinadas das conformações sob os efeitos do empuxo e da força de atrito definidos anteriormente.

Após a análise proposta acima será adotada aquela que possuir a maior tensão de trabalho, porque, conseqüentemente, terá uma maior espessura de parede e resistirá aos esforços de momento fletor e tração. A Figura 2(a) mostra o perfil da onda zig-zague com flexão geral, de eixo YY e cujo momento de inércia segundo esse eixo é dado por:

$$I_{yy} = \frac{2}{12} t L_c^3 \cos^2 \alpha_1$$

Como é mostrado na Figura 2(b) o perfil da onda zig-zague com flexão oblíqua e o momento de inércia segundo o eixo ZZ é dado por:

$$I_{zz} = \frac{2}{12} t L_c^3 \cos^2(\alpha_1 - \beta) + \frac{1}{12} \left\{ t L_c^3 \cos(\alpha_1 - \beta) + 2 t L_c \cos(\alpha_1 - \beta) \frac{b^2}{4} \right\}$$

onde:

$$b = L \operatorname{sen}(\alpha_1 - \beta)$$

Os esforços transmitidos às paredes dos silos prismáticos pelo produto armazenado são apresentados no Quadro 1.

CONCLUSÕES: Como atualmente o Brasil não possui uma norma específica para projeto de fluxo e ações em silos, recomenda-se o modelo apresentado e posposto por Ravenet (1990) para o dimensionamento de silos prismáticos para armazenamento de produtos pulverulentos. Para o projeto de silos prismático de conformação trapezoidal para o armazenamento de produtos granulares, sugere o trabalho de Nascimento (1996).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

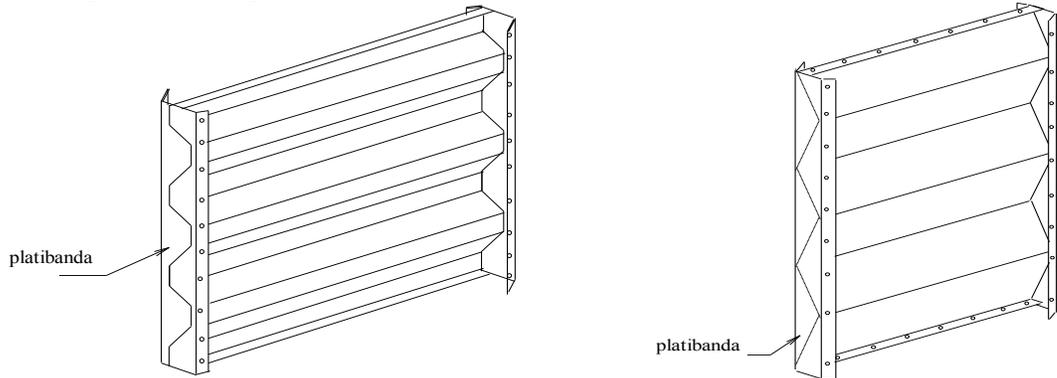
NASCIMENTO, J. W. B. **Estudo de silos metálicos prismáticos para fábricas de ração.** São Carlos, 152p. Tese (Doutorado) - EESC da Universidade de São Paulo.

RAVENET, J. **Silos.** Barcelona. 1990. 330p

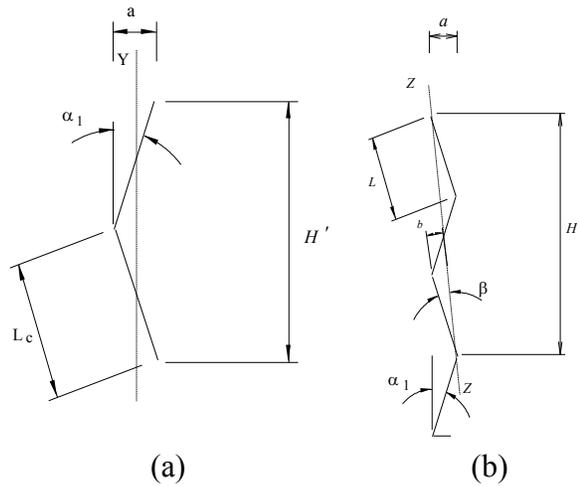
Simbologia:

b - menor distância do ponto A ao eixo zz

L - lado do silo
 P_{hd} - pressão horizontal de descarregamento
 S - seção da onda
 t - espessura da parede do silo
 L_c - comprimento do perfil reto



(a) Painel de conformação trapezoidal (b) Painel de conformação zig-zague
 FIGURA 1 - Painéis conformados horizontalmente para silos metálicos prismáticos.



(a) (b)
 FIGURA 2 - perfis de onda zig-zague de silos metálicos prismáticos para fábrica de ração.

QUADRO 01 - Esforços transmitidos as paredes pelo produto armazenado

| Flexão | Momento fletor | Módulo de resistência | Esforço de tração | Tensão de trabalho |
|---------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---|
| geral | $M_{yy} = \frac{P_h L^2}{12} 100 H'$ | $W_{yy} = \frac{2 I_{yy}}{a}$ | $T = \frac{P_h L}{2} H'$ | $\sigma_{chapa} = \frac{P_h L^2 100 H'}{12 W_{yy}} + \frac{P_h LH'}{2 S}$ |
| oblíqua | $M_{zz} = \frac{P_h L^2 100 H''}{24}$ | $W_{zz} = \frac{I_{zz}}{b}$ | $T = \frac{P_h L}{2} H''$ | $\sigma_{chapa} = \frac{P_h L 100H''}{12 W_{zz}} + \frac{P_h LH''}{2 S}$ |

| | | | | |
|-------|-----------------------------------|--------------------------------|--|---|
| local | $M_{yy} = \frac{P_h L^2}{12} 100$ | $W_{xx} = \frac{1}{6} 100 t^2$ | | $\sigma_{\text{ha pa}} = \frac{P_h L^2 100}{12 W_{xx}} = \frac{P_h L^2}{2 t^2}$ |
|-------|-----------------------------------|--------------------------------|--|---|