

DIMENSIONAMENTO DE CHAPAS METÁLICAS EM SILO METÁLICO

GÉLSON RODRIGO NEITZKE¹; CÉSAR AUGUSTO GAIOSO FILHO²; WOLMER BROD PERES³.

¹*Engenharia Agrícola-UFPel 1 – gelsoneitzke@hotmail.com*

²*Engenharia Agrícola-UFPel 2 – cesaraugustogfilho@hotmail.com*

³*Engenharia Agrícola -UFPel – wolmerbp@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio nacional sempre se destacou no cenário mundial. Nos últimos anos, o Brasil se tornou um dos maiores produtores de grãos do mundo, porém, com o aumento dessa produção a logística e o armazenamento não foram satisfatórios para o escoamento dessa produção. Uma alternativa para evitar essas perdas é um maior investimento em estruturas armazenadoras, para que o grão se conserve por mais tempo, evitando assim o escoamento em época de safras, diminuindo o preço final ao produtor.

Uma maneira bastante eficiente para se armazenar tanto grãos como líquidos são estruturas na forma cilíndrica. Por ser de grande eficiência, as chapas metálicas que envolvem o corpo da estrutura, formando o costado estrutural, são finas comparada com o diâmetro (estruturas de paredes delgadas), e o problema que antevemos é qual o equilíbrio da estabilidade dessa estrutura.

Para o estudo dessa estabilidade temos que levar em consideração a relação significativa entre a espessura das chapas e o raio do cilindro, considerando ainda a relação com a altura e também como as forças aplicadas ao sistema estrutural. Eventuais problemas surgem devido a falta de analogia entre a teoria e a prática. O presente trabalho procurou estabelecer um exemplo de cálculos que nos permitem calcular as espessuras das chapas sem que o silo entre em colapso ocasionado pelas pressões exercidas pelos grãos.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na disciplina de Engenharia Agroindustrial II do curso de Engenharia Agrícola-UFPel, com base em cálculo das espessuras das chapas expressas em planilha levando em consideração as pressões que os grãos exercem sobre as chapas metálicas.

Cota do anel	(m)	Pressão horizontal unitária	Kgf/m²	Pressão vertical unitária	Kgf/m²	Força de atrito (kgf)
Z19	0,914	PZ19	6385,72	Pvz19	1739,81	297.000
Z18	1,828	PZ18	6335,39	Pvz18	2347,14	414.820
Z17	2,742	PZ17	6251,50	Pvz17	2900,57	532.640
Z16	3,656	PZ16	6134,06	Pvz16	3406,97	650.460
Z15	4,570	PZ15	5983,06	Pvz15	3872,08	768.280
Z14	5,484	PZ14	5798,51	Pvz14	4300,77	886.100
Z13	6,398	PZ13	5580,40	Pvz13	4697,14	1.003.921
Z12	7,312	PZ12	5328,74	Pvz12	5064,73	1.121.741
Z11	8,226	PZ11	5043,52	Pvz11	5406,55	1.239.561
Z10	9,140	PZ10	4724,74	Pvz10	5725,22	1.357.381

Z9	10,054	PZ9	4372,42	Pvz9	6023,02	1.475.202
Z8	10,968	PZ8	3986,53	Pvz8	6301,94	1.593.022
Z7	11,882	PZ7	3567,09	Pvz7	6563,71	1.710.842
Z6	12,796	PZ6	3114,10	Pvz6	6809,87	1.828.662
Z5	13,710	PZ5	2627,55	Pvz5	7041,77	1.946.482
Z4	14,624	PZ4	2107,45	Pvz4	7260,62	2.064.302
Z3	15,538	PZ3	1553,79	Pvz3	7467,48	2.182.123
Z2	16,452	PZ2	966,58	Pvz2	7663,33	2.299.943
Z1	17,366	PZ1	345,81	Pvz1	7849,01	2.417.763

Geralmente as chapas dos anéis do corpo do silo são dimensionadas apenas à tração, pois se considera a estrutura das chapas do silo como um vaso cilíndrico sob pressão. Porém no estudo de caso, dimensionamos a espessura das chapas também à força de cisalhamento, provocada pelos esforços dos parafusos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na tabela apresentada foram realizados os cálculos.

ESPESSURA CONTRA A TRAÇÃO

$$e_1 = \frac{pzx D x l u x \varepsilon}{2[Ic - (NfxDf)] \sigma_{adm}}$$

Onde:

e_1 = espessura da chapa (cm)

pz =pressão horizontal à profundidade Z (kgf/m²)

D =Diâmetro do silo (m)

l_u =largura útil da chapa (m)

ε =coeficiente de sobre pressão segundo Reimbert=2

l_c =largura da chapa (cm)

Nf = número de furos para os parafusos em uma linha

Df =diâmetro dos furos para os parafusos (cm)

σ_{adm} = Tensão admissível à tração da chapa

$\sigma_{adm}=1400$ kgf/cm² chapa galvanizada NBR (CSN)

$\sigma_{adm}= 1900$ kgf/cm² chapa galvanizada ZAR 340(CSN)

Com auxílio de planilha eletrônica específica chegamos aos seguintes resultados:

Espessura da chapa por cota e_1	mm
e_1-19	0,21
e_1-18	0,38
e_1-17	0,54
e_1-16	0,67
e_1-15	0,79
e_1-14	0,90
e_1-13	0,99

e ₁ -12	1,08
e ₁ -11	1,15
e ₁ -10	1,22
e ₁ -9	1,28
e ₁ -8	1,33
e ₁ -7	1,39
e ₁ -6	1,43
e ₁ -5	1,47
e ₁ -4	1,51
e ₁ -3	1,55
e ₁ -2	1,58
e ₁ -1	1,61

**ESPESSURA CONTRA O
CISALHALAMENTO**

$$e_2 = \frac{p_{zx} D x \ell u \varepsilon}{2 x N p x D n x \tau_{adm}}$$

Onde:

e_2 = espessura da chapa (cm)

p_z =pressão horizontal à profundidade Z (kgf/m²)

D =Diâmetro do silo (m)

l_u =largura útil da chapa (m)

ε =coeficiente de sobre pressão segundo Reimbert=2

N_p = número de parafusos total da costura vertical

D_n =diâmetro do núcleo do parafuso (cm)

τ_{adm} =2800 kgf/cm² chapa galvanizada NBR (CSN)

τ_{adm} = 3450 kgf/cm² chapa galvanizada ZAR 340 (CSN)

Espessura da chapa por cota e_2	mm
e_2-19	0,67
e_2-18	1,25
e_2-17	1,76
e_2-16	2,20
e_2-15	2,59
e_2-14	2,93
e_2-13	3,24
e_2-12	3,51
e_2-11	3,75
e_2-10	3,97
e_2-9	4,17
e_2-8	4,35
e_2-7	4,52
e_2-6	4,67
e_2-5	4,80
e_2-4	4,93

e ₂ -3	5,04
e ₂ -2	5,15
e ₂ -1	5,25

Na continuidade do dimensionamento optamos por eleger as espessuras das chapas para a pior condição, ou seja, a espessura (e2).

Com os valores obtidos selecionamos as espessuras das chapas levando em conta a disponibilidade das opções dos materiais com a padronização do mercado.

As chapas fabricadas no Brasil possuem espessuras: 0,80; 0,95; 1,25; 1,55; 1,95; 2,30; 2,70 e 3,00 mm.

As grandes dimensões do silo metálico em estudo, exigem espessuras não comerciais, obrigando ao calculista optar na utilização de chapas duplas para aproximar o valor dimensionado.

Quadro- Relação da espessura

Anel	Espessura em mm							
	0,80	0,95	1,25	1,55	1,95	2,30	2,70	3,00
1, 2, 3, 4, 5, 6						1		1
7, 8, 9, 10						2		
11, 12, 13					2			
14, 15, 16								1
17					1			
18				1				
19	1							

Para um melhor entendimento a quantidade de chapas a serem utilizadas no presente trabalho são:

16 chapas de 0,80 mm de espessura

16 chapas de 1,55 mm de espessura

112 chapas de 1,95 mm de espessura

224 chapas de 2,30 mm de espessura

144 chapas de 3,00 mm de espessura.

4. CONCLUSÕES

Concluimos que chapas mais próximas a base da estrutura, por receber uma maior pressão dos grãos devem ser mais espessas.

No mercado nacional as chapas disponíveis para essas estruturas são padronizadas e como nossos cálculos exigiram valores de espessura superiores as fornecidas, decidimos envolver o cilindro com duas chapas (mais usual) para que a ação dos grãos não interfira no cálculo estrutural.

Mesmo com a otimização no cálculo das espessuras das chapas laterais de um silo metálico, qualquer erro em seu cálculo e na sua construção ocasionarão danos irreparáveis.

Para o dimensionamento de estruturas esbeltas, como no caso em tela, recomendamos que sejam avaliadas outras variáveis como por exemplo, fatores climáticos, para evitar colapsos nas estruturas armazenadoras.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E. C. (1997). Estudo teórico experimental de tremonhas piramidais para silos metálicos elevados. São Carlos. 318 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

FREITAS E.G. (2001). Estudo teórico e experimental das pressões em silos cilíndricos de baixa relação altura/diâmetro e fundo plano. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2001.

MILMAN, M.J.; PERES, W.B.; LUZ, C.A.S.; LUZ, M.L.G.S. Equipamentos para pré-processamento de grãos. Pelotas: Santa Cruz, 2014. 244p.

PERES, W.B. Manutenção da qualidade de grãos armazenados. 2.ed. Pelotas: UFPel, 2000. 54p.

PALMA, G. (2005). Pressões e fluxo em silos esbeltos ($h/d \geq 1,5$). São Carlos, 2005. Exame de Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

REIMBERT, M & A. (1979). Silos: Teoria e Practica. Editorial Américalee S.R.L. Buenos Aires.

SHEDD, C.K. Some new data on resistance of grains to airflow. Agricultural Engineering, v.32, p.493-495, 195.

PROF. Dr. CARLITO CALIL JUNIOR- Silos Metálicos de Chapa Corrugada (DEZEMBRO 1989)
<http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1990ME_PauloEstevesJunior.pdf>

SCALABRIN, L.A. Dimensionamento de Silos Metálicos para Armazenagem de Grãos. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2008.