

PRESSÕES E FLUXO DE RAÇÃO PARA SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO ARMAZENADA EM SILOS VERTICAIS METÁLICOS

DANILE FERREIRA DE MELO^{1*}; LUCIUS DEMETRIUS SOARES VASCONCELOS²; ARIADNE SOARES MEIRA³; JORDÂNIO INÁCIO MARQUES⁴; PATRÍCIO GOMES LEITE⁵

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, danimelo.ufcg@hotmail.com;

²Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, prof.lucius@hotmail.com;

³Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, ariadnesm_eng@hotmail.com;

⁴Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, jordanioinacio@hotmail.com;

⁵Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, pgomesleite@gmail.com

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

RESUMO: Em fase de terminação, a dieta de suínos necessita de alto teor de proteína e gordura, por isso, a adição de óleo. Para armazenar tal ração, faz-se necessária a elaboração de um projeto de silo vertical que tem por objetivo, resguardar o produto armazenado do meio externo, das ações climáticas e biológicas. Assim, o presente trabalho teve por objetivo, investigar as propriedades de fluxo e as ações das pressões que a ração armazenada exerce sobre as paredes internas do silo para possível elaboração de um projeto economicamente viável. As propriedades de fluxo foram determinadas através do *Jenike Shear Cell* e as pressões, a partir da resolução das equações normatizadas pela BS EN 1991:4. Por resultados obtivemos as propriedades de fluxo da ração para suínos em fase de terminação semelhantes as propriedades de fluxo de ração avícola, com o diferencial no teor de gordura presente na primeira ração. Por pressões, a ração exerce maiores pressões verticais durante o carregamento e horizontais durante o descarregamento, justificadas pelas especificações da norma. Onde concluímos que, o teor de gordura presente na ração de suínos, independente de sua granulometria e a partir das propriedades de fluxo, a torna coesiva e com problemas de fluxo, sem problemas nas pressões.

PALAVRAS-CHAVE: suínos, Janssen, Jenike

MAPPING OF THE PEDOLOGICAL POTENTIAL OF THE PARAÍBA STATE FOR THE CULTIVATION OF SUGAR CANE (*Saccharum spp*)

ABSTRACT: In the process of completing, the diet of pigs requires high levels of protein and fat, so the addition of oil. To store such a feed, it is necessary to draw up a vertical silo project that aims, to safeguard the product stored in the external environment, climatic and biological actions. Thus, the present study aimed to investigate the properties of the stream and the actions of the pressures that the feed is stored on the internal walls of the silo for possible development of an economically viable project. The flow properties were determined through the *Jenike Shear Cell* and pressures, from the resolution of equations defined by BS EN 1991:4. For results we got the flow properties of the feed for pigs in similar termination phase the flow properties of poultry feed, with the difference in fat content present in the first feed. For pressures, higher vertical pressures exerted ration during loading and unloading, justified for horizontal by the specifications of the standard. Where we have concluded that, the fat present in pig feed, your size and independent from the flow properties, makes and cohesive, flowing smoothly in the pressure.

KEYWORDS: pigs, Janssen, Jenike

INTRODUÇÃO

Machado (2000) no “*Manual de boas práticas de armazenagem*”, preconiza que de modo geral, as rações animais são armazenadas em sacarias, devendo estar distantes do solo para que seja evitada contaminação por roedores, insetos, parasitas e fungos, estimulantes das mais diversas doenças

aos animais. Sendo assim, o uso de silo vertical para acondicionar tais rações é amaneira mais viável de manter as propriedades físicas e biológicas destas.

Para a realização de um projeto de silo é de suma importância o conhecimento das propriedades físicas e de fluxo do produto a ser armazenado, assim como as pressões que este exerce sobre as paredes do silo (CARRIÓN, 2015).

Segundo Madrona & Callil Junior (2009), um dos principais entraves para a determinação das pressões de carregamento e descarregamento de um silo armazenador é a atuação do produto armazenado sobre as paredes do silo, que é individualizada e específica para cada tipo de produto.

Uma das principais propriedades de fluxo analisada é a coesão, esta sendo a propriedade responsável pela existência de fluxo onde, em alguns casos, quando existe a formação de arqueamento, o que ocorre acima do orifício de descarga, o fluxo é parado ou tem-se um fluxo intermitente (STARON et al., 2014).

Conforme Lobato et al. (2016) a coesão é geralmente influenciada pelo teor de umidade do produto armazenado ou teor de gordura presente na formulação de tal produto.

Souza (2017) explica que, a adição de óleo a ração ofertada aos suínos tem por objetivo o acréscimo no desempenho de carcaça, porém, esta prática, pode prejudicar o fluxo da ração quando armazenada em silo vertical.

Na determinação das pressões, a teoria de Janssen (1895) norteia as normas estrangeiras e internacionais para predição das pressões em silos e relaciona as propriedades de fluxo do produto armazenado com a distribuição das pressões no corpo do silo e na tremonha.

Lopes Neto et al. (2014) estudando a distribuição das pressões exercidas pela areia no silo de chapa lisa, encontra valores experimentais abaixo dos encontrados pela resolução de diversas normas internacionais, sendo evidenciada a norma BS EN 1991:4 (2006) sendo uma das que apresentam maiores valores, ficando evidente a majoração dos cálculos e superdimensionamento do projeto obtido através das especificações desta norma.

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo investigar as propriedades de fluxo e as pressões que a ração para suínos em fase de terminação exercem sobre um silo vertical de parede lisa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente – LaCRA, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, localizada no município de Campina grande-PB.

O projeto seguiu por condições: a capacidade de armazenamento da ração para suínos em 12 toneladas, a relação H/D menor ou igual a 2, o material com o qual a parede foi confeccionada sendo em aço liso e assumindo o fluxo do tipo de massa.

As propriedades físicas para determinação do teor de umidade e granulometria da ração de suínos atendeu a regulamentação da Associação Brasileira de Normas Técnicas, na NBR 7217.

As propriedades de fluxo da ração foram determinadas por meio da realização de ensaio através da máquina de cisalhamento TSG 70-140, tendo como base os anéis de Jenike, a qual segue as instruções do manual Operating Instructions for Translational Shear Teste TSG 70-140, para a realização do ensaio de cisalhamento translacional. Máquina esta, acoplada a um sistema de aquisição de dados Spider 8, do fabricante HBM, utilizando o software Catman 4.5.

Para determinação das pressões de carregamento e descarregamento que o produto exerce sobre as paredes do silo, foram utilizadas as equações Eq.1 a Eq. 6, que tem por base a Teoria de Janssen e são recomendadas pela norma estrangeira BS EN 1 (2006).

$$Phf(z) = Pho Yj(z) \quad \text{Eq. (1)}$$

$$Pwf(z) = \mu Pho Yj(z) \quad \text{Eq. (2)}$$

$$Pvf(z) = \frac{Pho}{K} Yj(z) \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

$$Pho(z) = \gamma K z o \quad \text{Eq. (4)}$$

$$Z_o = \frac{1}{K \mu U} A \quad \text{Eq. (5)}$$

$$Yj(z) = 1 - e^{(-\frac{z}{z_o})} \quad \text{Eq. (6)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ração para suínos em estudo esteve com teor de umidade de aproximadamente 13% quando em fase de testes de cisalhamento, apresentando uma granulometria que a classificou como pulverulentos coesivos finos, segundo Calil Júnior (1984).

Sabe-se que, independente do produto, as propriedades de fluxo são distintas e influenciadas por condições internas e/ou externas. O ângulo de atrito interno (ϕ_i), o efetivo ângulo de atrito (ϕ_e) e a coesão (C) foram as principais propriedades de fluxo estudadas, estando dispostas com limite inferior e superior na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades de Fluxo no limite superior e inferior

Ração	ϕ_i (°)		ϕ_e (°)		C (Pa)	
	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup
	11	23	18	28	338	870

Na composição da ração destinada a suínos em fase de terminação, há adição de óleo de soja como fonte proteica em torno de 3% (SARAIVA, 2003) sendo esta adição de gordura um fator importante no armazenamento em silos verticais de tal ração.

Por ângulo de atrito interno Lopes Neto et al. (2009) encontraram, ao analisar dois tipos de ração avícola, um valor médio do ângulo de atrito de 45,1 e 39,8° para dois tipos de ração. Para o efetivo ângulo de atrito interno, Lopes Neto et al. (2009) encontra valores de 47,6 e 42,6 para as rações. Embora seja outro tipo de ração estudada no presente trabalho, a composição é semelhante, porém, as propriedades de fluxo são bastante distintas, muito pelo teor de umidade da ração suína que esteve em torno de 13% neste trabalho.

Para a determinação da inclinação da tremonha e diâmetro mínimo do orifício de descarga para que a ração descarregue por gravidade e sem obstruções, as propriedades foram explicitadas na Tabela 2.

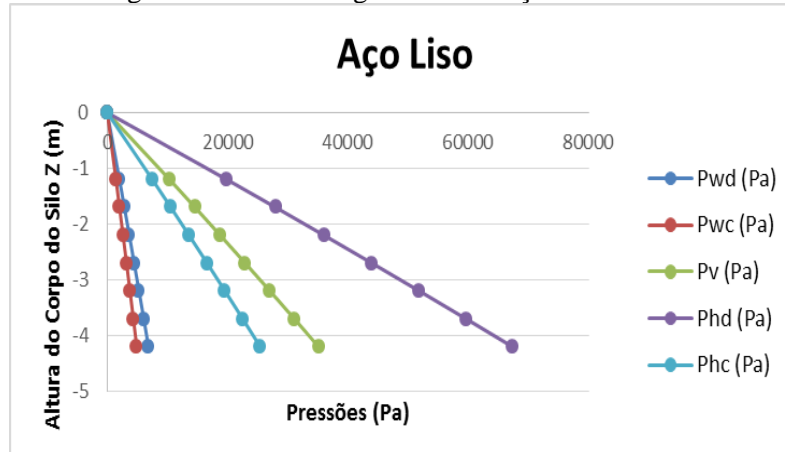
Tabela 2. Ângulo de atrito do produto com a parede (ϕ_w), Ângulo da tremonha com a horizontal (θ_m), Fator fluxo (ff) e diâmetro mínimo de orifício de descarga (D).

Ração	Parede Aço Liso					
	ϕ_w (°)		θ_m (°)	ff	Inclinação ff (°)	D (m)
	Inf	Sup				
	15	16,2	54,13	2,24	24,09	0,21

A inclinação da tremonha com a horizontal para um silo vertical armazenando ração suína, estabelecida após as equações de Jenike (1964), ficou em torno de 54°. Lopes Neto & Nascimento (2013) encontra por inclinação da tremonha um ângulo de aproximadamente 70° para o farelo de soja, principal fonte de proteína da dieta suína, e um diâmetro mínimo de orifício de descarga de 0,11m, tais parâmetros estando de acordo com o encontrado no presente trabalho, haja vista que se estudo a ração por completo e não apenas um de seus componentes.

Com relação à determinação das pressões a partir da resolução das equações propostas na norma BS EN 1991:4 (2006), as pressões horizontais no carregamento e descarregamento estão expressas no gráfico 1.

Gráfico 1. Pressões de carregamento e descarregamento da ração suína em fase de terminação



As pressões de atrito, tanto no carregamento quanto no descarregamento mostram-se equivalentes, com uma diferença numérica de aproximadamente 8% entre elas. Já a pressão vertical, que segundo a norma BS EN 1991:4 (2006) é sobressalente as demais durante o carregamento, apresenta os maiores valores durante este estado, porém, a maior pressão ocorreu durante o descarregamento, como esperado, pois sabe-se que as maiores pressões durante esta fase são no sentido horizontal.

Goodey (2017) desenvolvendo um modelo matemático para simulação da atuação das pressões em um silo prismático, encontra valores simulados abaixo dos encontrados pela resolução da norma BS EN 1991:4, ficando evidente a majoração das equações normatizadas.

CONCLUSÃO

Conclui-se assim que as propriedades de fluxo da ração para suínos em fase de terminação são semelhantes as propriedades de fluxo de rações avícolas, porém, com o diferencial da adição de fontes de gordura como o óleo de soja.

Na determinação das pressões, os resultados corroboraram com os indicados pela norma BS EN 1991:4 no que diz respeito as maiores pressões no carregamento serem verticais e no descarregamento serem horizontais.

AGRADECIMENTOS

A Capes pela concessão de bolsa de pesquisa dos autores envolvidos e ao Grupo de Construções Rurais e Ambientância (GCamb) pela colaboração na execução dos ensaios e colaboração intelectual na elaboração do artigo.

REFERÊNCIAS

- BS EN 1991-4- Eurocode 1. Actions on structures. Silos and tanks. 2006. 112p.
- Calil Júnior, C. Sobresiones en las paredes de los silos para almacenamiento productos pulverulentos cohesivos. Universidad Politecnica de Barcelona. Tese em Engenharia Industrial, 1984.
- Carrión, A. A. - Grandes silos de almacenamiento de clínker: análisis y priorización. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2015. 732p. Tese Doutorado.
- Goodey, R.J.; Brown, C.J.; Rotter, J.M. Rectangular steel silos: Finite element predictions of filling wall pressures. *Engineering Structures*, n.132, p. 61–69, 2017
- Janssen, J. Versuche uber Getreidedruck in Silozellen. *Z. Ver. Dtsch. Ing.*, 1895. 1045–1049p.
- Jenike, A. W. Storage and flow of silos. Bulletin 123. Salt Lake City: University of Utah, 1964. 89p.
- Lobato, J. C. M.; Mascarenhas, F. P.; Mesquita, A. L. A.; Mesquita, A. L. A. onical hopper design for mass flow – case of red mud. *HOLOS*, Year 32, Vol. 2, 2016
- Lopes Neto, J. P.; Nascimento, J. W. B.; Fank, M. Z. Forças verticais e de atrito em silos cilíndricos com fundo plano. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.18, n.6, p.652–657, 2014.
- Lobato, M.; Mascarenhas, F. P.; Mesquita, A. L. A. Conical hopper design for mass flow – case of red mud j. C. *HOLOS*, 2016.

- Lopes Neto, J. P.; Silva, V. R. da; Nascimento, J. W. B. Propriedades de fluxo de produtos pulverulentos alimentícios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.639-644, 2009.
- Lopes Neto, J. P.; Nascimento, J. W. B. Características de fluxo e projeto de tremonhas cônicas em silos verticais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.17, n.3, p.339–345, 2013
- Machado, R. L. P. Boas práticas de armazenagem na indústria de alimentos. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2000. 28p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Documentos, 42)
- Madrona, F. S.; Calil Junior, C. Análise das pressões em silos esbeltos com descarga excêntrica. *Cadernos de Engenharia de Estruturas*, São Carlos, 2009, p. 37-56.
- Saraiva, E. P.; Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Ferreira, A. S.; Ferreira, R. A.; Rezende, W. O.; Orlando, U. A. D.; Vaz, R. G. M. V. Níveis de Proteína Bruta em Rações para Suínos Machos Castrados em Fase Inicial de Crescimento, Mantidos em Ambiente de Baixa Temperatura. *R. Bras. Zootec.*, v.32, n.6, p.1690-1696, 2003 (Supl. 1)
- Staron, L.; Lagrée, P.-Y.; Popinet, S. Continuum simulation of the discharge of the granular silo, A validation test for the $\mu(I)$ visco-plastic flow law. *Eur. Phys. J. E*, 2014.
- Souza, C. S. Utilização de misturas de óleos vegetais na ração de suínos em terminação. (2017). 76f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2017.