

PROPRIEDADES DE FLUXO DO MALTE PILSEN PARA PROJETO DE SILO VERTICAL

VALNEIDE RODRIGUES DA SILVA¹, ARIADNE SOARES MEIRA²
JOSE WALLACE BARBOSA DO NASCIMENTO³, JORDANO INÁCIO MARQUES⁴,
PATRÍCIO GOMES LEITE⁵

¹Doutoranda em Engenharia de Processos, UFCG, Centro de Ciência e Tecnologia, Campina Grande-PB. rval707@gmail.com

²Doutoranda em Engenharia de Processos, UFCG, Centro de Ciência e Tecnologia, Campina Grande-PB. ariadnesm_eng@hotmail.com

³Prof. Dr. Da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande-PB. wallacebosa@hotmail.com.

^{4,5}Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande-PB. jordanioinacio@hotmail.com, patriocio@hotmail.com

RESUMO - A produção de malte, como uma das principais matérias-primas da cerveja, que consiste na germinação artificial do grão de cevada, sob condições de temperatura e umidade controladas em curto período de tempo. Esta germinação controlada tem como objetivo a ativação e a produção de enzimas que agirão nas substâncias de reserva do grão, transformando-as em compostos de menor massa molecular que irão possibilitar a ativação dos sistemas biológicos do processo de fabricação de cerveja, como a fermentação alcoólica. O trabalho teve como objetivo determinar propriedades do malte pilsen que são: densidade consolidação (γ), ângulo de atrito interno (ϕ), efetivo ângulo de atrito interno (δ), coesão (C) e ângulo de atrito com a parede (ϕ_w). A pesquisa foi realizada no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB. O teste do teor de umidade foi efetuado com três repetições utilizando-se aproximadamente 10 g de produto para cada repetição. Para aquisição dos dados, utilizou-se o aparelho de movimento de translação (TSG 70-140) conhecido como Jenike Shell. De posse dos resultados e com auxílio de um programa de computação gráfica, foram traçados gráficos de tensão normal versus tensão de cisalhamento (σ, τ), para as cargas utilizadas, o que possibilitou traçar semicírculos de Mohr. Os grãos de malte pilsen foram classificados como produto granular sem característica coesiva.

Palavras-chave: malte, propriedades, projeto de silo

INTRODUÇÃO

A cevada, que teve a origem no Oriente Médio, foi uma das primeiras plantas domesticadas para consumo humano, sendo o quinto grão mais produzido no mundo com cerca de 2,079 bilhões de toneladas, safra 2017/2018 (ICG, 2018). No Brasil, a produção foi de 325.081 toneladas é quase exclusivamente para a produção de cerveja, como também é empregada na alimentação humana, seja na forma de malte utilizado na fabricação de alimentos e medicamentos; de farinhas ou flocos destinados à composição de produtos de alimentação infantil, panificação (pães, doces e confeitos) e dietéticos; e de sucedâneos de café (Mori; Minella, 2012).

Malte é o produto da germinação de cereais (Venturini, 2011). Entretanto, a cevada é o cereal mais utilizado para a produção de cerveja devido sua maior facilidade de maltagem, além de possuir alto teor de amido, prover nutrientes suficientes para as leveduras e conferir sabor, aroma e odor característico a cerveja (Venturini, 2013).

O malte é a cevada modificada por meio de um processo físico-químico que envolve germinação em condição controlada, denominado maltagem. O seu principal objetivo é a síntese e ativação de enzimas. Essas enzimas são necessárias para a transformação do amido insolúvel em substrato solúvel, facilmente digerido pelas leveduras, e para a solubilização de proteínas, aumentando a disponibilidade de aminoácidos, também importantes no processo (Kunze, 1999).

O conhecimento das propriedades físicas e de fluxos dos materiais biológicos é de fundamental importância em projetos de engenharia envolvendo dimensionamento de máquinas e equipamentos. Esse conhecimento é útil com problemas relacionados com fenômenos de transferência de calor e massa durante a secagem e armazenamento de produtos com altos níveis de umidade. No Brasil, onde se apresenta uma enorme produção agrícola e onde as perdas, pelas mais diversas razões, também são grandes, as pesquisas nesse campo são praticamente inexistentes e em muitos casos utilizamos dados de produtos similares de outros países que nem sempre são os mais corretos e adequados.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Construções Rurais e Ambientais (LaCRA) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande- PB.

O teor de umidade de 8% do malte pilsen foi determinado antes e durante os ensaios, e as amostras foram coletadas com o objetivo de avaliar a influência da sua variação, nas propriedades de fluxo dos produtos. Os testes do teor de umidade foram efetuados com três repetições utilizando-se aproximadamente 10 g de produto para cada repetição. As amostras foram colocadas em recipientes de alumínio, pesados em balança digital com precisão de 0,001 g para se obter o peso úmido (P_u) do produto e levados à estufa a temperatura de 105° C, com tolerância de $\pm 5^\circ$ C, durante 24 horas; em seguida, foram resfriados em dessecador e novamente pesados obtendo-se o peso seco (P_s). Os teores de umidade foram calculados com uso da seguinte expressão:

$$TU(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_u} * 100 \quad (1)$$

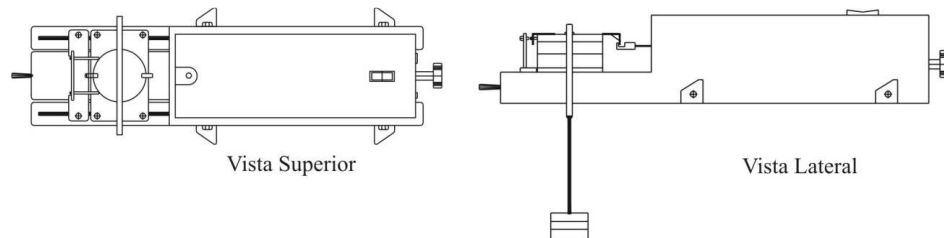
Para impedir grandes variações no teor de umidade no produto os ensaios foram conduzidos em área climatizada. As propriedades de fluxo inquiridas neste trabalho foram: peso específico em função da consolidação (γ), ângulo de atrito interno (ϕ), efetivo ângulo de atrito interno (δ), coesão (C) e ângulo de atrito com a parede (ϕ_w).

Adotou-se, para determinação das propriedades de fluxo, a metodologia recomendada pela British Materials Handling Board – BMHB (1985) e, para aquisição dos dados, utilizou-se o aparelho de movimento de translação (TSG 70-140) ilustrado na Figura 2.

Jenike (1964) deu grande contribuição científica ao desenvolver um aparelho de cisalhamento direto apropriado para produtos sólidos denominado de “Jenike Shear Cell”. Com o citado equipamento, é possível determinar os esforços sobre os quais o produto estará sujeito

durante o armazenamento e nas condições de fluxo previstas para acontecer no silo conforme (Figura 2).

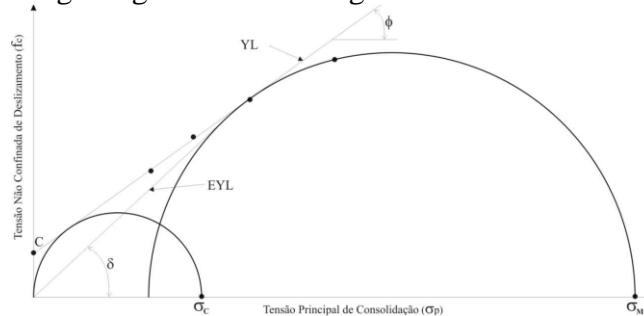
Figura 2 - Célula de cisalhamento direto e aparelho (TSG 70-140).



Fonte Lopes Neto, 2009

De posse dos resultados e com auxílio de um programa de computação gráfica, foram traçados gráficos de tensão normal versus tensão de cisalhamento (σ, τ), para as cargas utilizadas, o que possibilitou traçar semicírculos de Mohr (Figura 3).

Figura 3 - Lugares geométricos e ângulos de atrito interno



Fonte: Lopes Neto, 2009

O ângulo de atrito com a parede (ϕ_w) foi determinado pelo mesmo equipamento descrito acima, com pequena mudança na base do anel inferior da célula de Jenike pelo tipo de material de parede (alumínio, aço liso e aço rugoso), e também a carga adotada. Os materiais de parede analisados foram escolhidos por serem frequentemente empregados na construção de silos.

Tabela 1 - Os níveis de cargas normais adotados neste trabalho

Cargas Normais		
Pré-cisalhamento (N)	Cisalhamento (N)	Atrito com a parede (N)
70	50 ; 35 ; 20	50 ; 40 ; 30 ;
50	35 ; 20 ; 10	20 ; 10 ; 4,4
35	20 ; 10 ; 07	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os resultados das seguintes propriedades de fluxo: coesão (C), ângulo de atrito interno (ϕ), o efetivo ângulo de atrito (δ), ângulo de atrito com a parede (ϕ_w), densidade consolidada (γ) do malte pilsen, obtidos nos ensaios de cisalhamento direto, com o teor de umidade de 8% b.u, para o ensaio instantâneo.

Analisando os valores obtidos para o malte pilsen observou-se que o intervalo de valores dos limites inferior e superior do ângulo de atrito interno (ϕ) em função do teor de umidade, foi de 30 e 33°, respectivamente; o efetivo ângulo de atrito interno (δ) apresentou os seguintes resultados para o intervalo dos limites inferior e superior, de 29 e 35°, respectivamente.

Tabela 2 – Propriedades físicas e de fluxo do malte pilsen no ensaio instantâneo

Produto	T.U (%)	Carga (N)	C (Pa)	ϕ (°)	δ (°)	γ	ϕ_w			
							Aço liso		Aço rugoso	
Malte Pilsen	8	70	601,59	33	30	0,5756	Aço liso		Aço rugoso	
		50	531,63	32	29		i	s	i	s
		35	216,87	33	35		6,2	6,9	9,6	13,1

Analisando os valores obtidos para o malte pilsen observou-se que o intervalo de valores dos limites inferior e superior do ângulo de atrito interno (ϕ) em função do teor de umidade, foi de 30 e 33°, respectivamente; o efetivo ângulo de atrito interno (δ) apresentou os seguintes resultados para o intervalo dos limites inferior e superior, de 29 e 35°, respectivamente

Nascimento et al. (1996), determinaram ensaios com os mesmos materiais de parede e produto e encontraram ângulos próximos aos deste trabalho para determinação das propriedades de fluxo realizada neste trabalho

Na mesma tabela 2 se encontram os valores de ângulo de atrito com materiais de parede ensaiados (aço liso e aço rugoso) para o malte pilsen com teor de umidade de 8% bu, onde foi observado pequena diferença nos ângulos do aço liso, o mesmo não se aplica para o aço rugoso que apresentou os seguintes valores 9,6 e 13,1° para os seguintes materiais de parede: aço liso e aço rugoso.

Os materiais de parede estudados foram aqueles que, frequentemente, são ou poderão ser utilizados nas construções de silos verticais cilíndricos ou prismáticos, tanto em níveis de fazenda como de indústria, para que se possa oferecer, aos projetistas, dados para os cálculos de pressões atuantes no corpo e na tremonha dos silos, na predição de tipos de fluxo.

Os materiais de parede estudados foram aqueles que, frequentemente, são ou poderão ser utilizados nas construções de silos verticais cilíndricos ou prismáticos, tanto em níveis de fazenda como de indústria, para que se possa oferecer, aos projetistas, dados para os cálculos de pressões atuantes no corpo e na tremonha dos silos, na predição de tipos de fluxo.

CONCLUSÃO

O malte pilsen foi classificado como produto granular sem característica coesiva. Com o teor de umidade de 8% para o malte pilsen, ocorreu aumento da coesão, quando foi diminuída a carga aplicada, enquanto que a densidade consolidada não houve diferença significativa. Os maiores

valores para o ângulo de atrito interno e o efetivo ângulo de atrito interno com a diminuição da carga.

REFERÊNCIAS

- AS 3774.AUSTRALIAN STANDARD. Loads on bulk containers.Sydney: 1996.
- BMHB - British Materials Handling Board.Draft code of practice for the design of silos, bins, bunkers and hoppers. Berkshire: 1985.
- Beleti, M. A.; Duarte, F.; Georg-Kraemer, J. E. A temperatura no desenvolvimento da atividade das enzimas (1-3, 1-4)- β -glucanases e degradação de β -glucanos durante a malteação. *Ciência Rural*, v. 42, n. 3, p.467-473, 2012.
- Cruber, M.The flavor contributions of kilned and roasted products to finished beer styles. *Technical Quarterly-Master Brewers Association of the Americas*, v. 38, n. 4, p. 227-233, 2001.
- IGC (International grain Council) - Five-year global supply and demand projections. Dez. 2016. 30 p. Disponível em:
<http://www.igc.int/en/downloads/grainsupdate/IGC_5year_projections2016.pdf>.Acesso em 20 fev. 2018.
- Jenike, A. W. Storage and flow of silos. Salt Lake City. University of Utah.Bulletin 123.Engineering Experiment Station (1964).
- Kunze, Wolfgang. Technology brewing and malting. 2. ed. Berlin: Vlb Berlin,726 p. 1999
- Lopes Neto, J. P.; Análise experimental das forças de atrito em silos cilíndricos verticais .167p. Tese (Doutorado). UFCG, Campina Grande - 2009.
- Mcelroy, David; JACOBSEN, Jake. What's brewing in barley biotechnology. *Nature Biotechnology*, v. 13, n. 3, p. 245-249, 1995.
- Martins, V.M.R; Rodriguez, M.A. Produção e tecnologia de cereais: processo de maltagem da cevada. In: Rodriguez, M. A. et al. Jornada de lúpulos e Cervejas:novas oportunidades de negócio. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. Dez. 2015. Cap.4,p. 37-51.
- Ori, C.de.; Minella, Euclides. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. Passo Fundo. Embrapa Trigo, 2012. 28 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 139). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.pdf> Acesso em: 25 fev. 2019.
- Pinto, Ana Rita Marques. Avaliação do processo de secagem no fabrico do malte. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 81 f. 2013
- Venturini, W.G. Cerada, M.P. Cerveja.In: AQUARONE, E. et al. Biotecnologia Industrial: Biotecnologia em alimentos. São Paulo: Blucher, 2013. Cap. 4, p.91-143