



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

FORÇA DE ARRASTO DO AR NA REDUÇÃO DA SEGREGAÇÃO DURANTE A FORMAÇÃO DE PILHAS CÔNICAS DE FERTILIZANTE MAP GRANULADO

CARVALHO FMC¹, FINZER, JRD¹ e BUCEK, EU¹

¹ Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química
felipe@castech.com.br

RESUMO – A formação de pilhas cônicas livres, a partir de uma descarga vertical, é uma das principais formas de ocorrência de segregação, fazendo com que as partículas sejam separadas com relação ao seu tamanho. O objetivo deste trabalho consiste na aplicação de uma nova técnica com injeção de uma corrente de ar normal ao escoamento descendente de material na descarga de um silo para formação da pilha livre. A técnica apresentou uma melhora nos índices de segregação da pilha de 33,65% em comparação àquela formada sem qualquer técnica de manuseio.

1. INTRODUÇÃO

A segregação consiste no rearranjo das partículas dentro de um leito de material a granel (Farnish e Bradley, 2007). O fator que mais contribui com a ocorrência de segregação é a diferença no tamanho das partículas (Hoffmeister et al. 1964). No processo de formulações de fertilizantes NPK granulados, o que está mais associado com segregação é a formação de pilha por descarga aérea. Durante a dinâmica de formação da pilha, as partículas com maior diâmetro tendem a rolar para as extremidades e deixam espaços permitindo com que as menores se concentrem no centro (Rhodes, 2008).

O objetivo deste trabalho é propor uma nova técnica de manuseio de sólidos a granel para, diminuição do efeito da segregação na formação de pilhas cônicas, com uso da força de arrasto de uma corrente de ar, atuando em direção perpendicular ao escoamento descendente de material, no descarregamento aéreo de um silo.

2. SISTEMAS DE MISTURA DE FERTILIZANTES

O sistema de mistura de fertilizantes em batelada consiste em três etapas: pesagem e carregamento de matéria-prima, mistura e descarga do produto (Figura 1). A segregação pode ser diminuída com técnicas convencionais de manuseio: escoamento em massa; inserção de um cone invertido próximo à saída; inserção de um cone menor na descarga; deslocamento da entrada do silo; mecanismos de fluidização e de vibração junto a parede de silos (Fayed e Otten, 1984; Purutyán et al., 1998). Mecanismos de descarga que previnem a segregação: cascata; instalação de chutes telescópicos (Carvalho, 2018; Farnish et al. 2007).

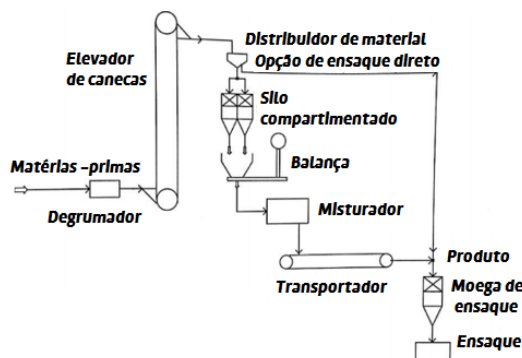


Figura 1 – Fluxograma de uma unidade de mistura NPK

3. DESLOCAMENTO DE PEQUENAS PARTÍCULAS PARA ATENUAR A SEGREGAÇÃO

Efetando o deslocamento de partículas com uso de corrente de ar em escoamento cruzado, com as partículas descarregadas de silo, tem-se o desempenho ilustrado na Figura 2.

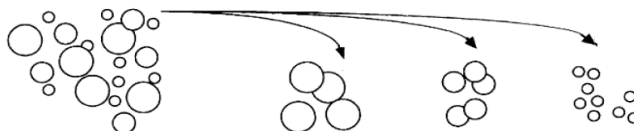


Figura 2 – Trajetória das partículas submetidas à ação de uma corrente de gás em escoamento cruzado com as partículas (Rhodes, 2008).

Aplicando um balanço de forças sobre as partículas na direção horizontal, então a desaceleração da partícula (a_R é expressa por (força de retardamento) / massa da partícula), é dada por (Rhodes, 2008):

$$a_R = \frac{\frac{24}{Re} \frac{1}{2} \rho_f \cdot U^2 \cdot \left(\pi \cdot \frac{d_p^2}{4} \right)}{\frac{\rho_p \cdot \pi \cdot d_p^3}{6}} = \frac{18U\mu}{\rho_p \cdot d_p^2} \quad (1)$$

Recorrendo a equação do movimento da partícula na direção horizontal expresso pela Equação de Torricelli:

$$U_f^2 = U^2 + 2 \cdot a_R \cdot S \quad (2)$$

sendo: U_f a velocidade final da partícula, no caso igual a zero, e S a distância percorrida após iniciar o movimento até o final do percurso. Combinando com a Equação (1) tem-se:

$$S = \frac{U \cdot \rho_p \cdot d_p^2}{36\mu} \quad (3)$$

Essa distância se refere à partícula que adquiriu a mesma velocidade do jato do fluido: partículas menores se deslocarão a maiores distâncias.

Usando o princípio do separador gravitacional, obtém-se a Equação (4), para o cálculo da vazão de ar para deslocar partículas a distância selecionada (Gordon e Peishakov, 1972).

$$Q = S \cdot 1,75 \cdot \left[\frac{g \cdot d_p \cdot (\rho_P - \rho)}{\rho} \right]^{0,5} \quad (4)$$

4. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

A Figura 3 ilustra o dispositivo usado para a determinação do índice de segregação. Os experimentos foram efetuados com MAP granulado - tamanhos médios de 2,1 e 3,7 mm. Isso representa os tamanhos extremos de fertilizantes comerciais. Usando a Equação (4), sendo a área transversal ao escoamento de ar de 65 cm², foi quantificada a velocidade do ar, como referência para deslocar as menores partículas em um meio diluído, obtendo-se 4 m/s. As amostras retiradas da Caixa de Hoffmeister foram submetidas análise granulométrica com a série Tyler de peneiras e o Índice de Segregação foi obtido com a Equação (5), sendo m_2 e m_4 as frações de partículas de 2,1 mm e 3,7 mm em cada compartimento (região) da caixa. O índice de segregação da pilha consistiu da média aritmética dos índices de segregação de cada região da pilha, de acordo com a proporção da massa total da região com a massa total da pilha, para prestigiar a contribuição sobre a massa total de partículas em cada compartimento. Os resultados finais são sumarizados na Tabela 1, sendo analisados o sistema submetido à força de arrasto do ar e o sistema desprovido de ar (controle).

$$I = \frac{|m_2 - m_4|}{m_2 + m_4} 100 \quad (5)$$

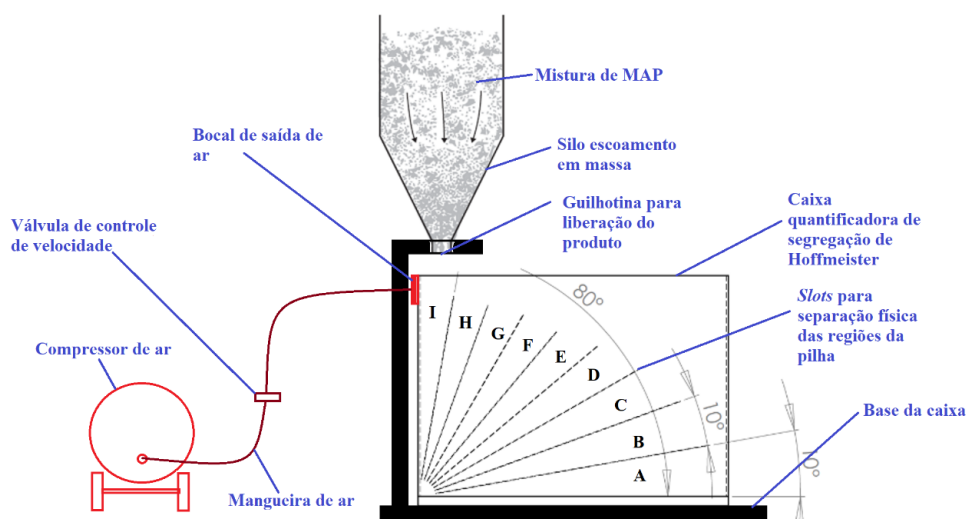


Figura 3 – Dispositivo de determinação do índice de segregação – Caixa de Hoffmeister, com dimensões de 0,25 por 0,35 m (Da Silva, 1997).

5. CONCLUSÕES

Verifica-se no cálculo do índice de segregação da pilha (Tabela 1) que existe uma



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

notável diferença na segregação, onde o grupo teste (aquele com o uso da injeção de ar) apresentou índice 33,65% menor que o grupo controle. O resultado mostra o potencial do novo método de atenuação de segregação.

Tabela 1 – Índices de segregação corrigidos de cada região da pilha para os dois grupos e o valor total do índice de segregação global da pilha para os dois grupos.

REGIÃO	GRUPO CONTROLE	GRUPO TESTE
A	8,23%	1,70%
B	0,98%	1,44%
C	2,12%	2,46%
D	2,08%	1,57%
E	1,74%	0,46%
F	1,08%	0,42%
G	0,60%	0,97%
H	0,46%	1,52%
I	0,38%	1,36%
Z	0,50%	0,17%
TOTAL	18,16%	12,05%

6. REFERÊNCIAS

CARVALHO FMC, *A segregação de partículas no contexto das misturadoras de fertilizantes*. Dissertação. PPGEQ – Engenharia Química, 121p, 2018.

DA SILVA GA, The effect of the physical properties of particles of bulk-blended fertilizers on segregation by coning. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 14(3), 00, 1997.

FARNISH, RJ.; BRADLEY, M SA., Segregation during fertilizer handling: occurrence, assessment and control, Proceedings n° 600, *The International Fertilizer Society*, York, p. 1-29, 2007.

FAYED ME, OTTEN L, *Handbook of Powder Science and Technology*. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1984.

GORDON G, PEISHAKOV L, *Dust collection and gas cleaning*. Moscow: Mir Publishers, 1972.

HOFFMEISTER G, WATKINS SC, SILVERBERG J. Bulk Blending of Fertilizer Material: Effect of Size, Shape, and Density on Segregation, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 12, p. 64-69, 1964.

PURUTYAN H, PITTENGER BH, CARSON JW, Six Steps to Designing a Storage Vessel that Really Works, *Powder and Bulk Engineering*, v. 13, p. 56-58, 1999.

RHODES M, *Introduction to Particle Technology*. Chichester: John Wiley & Sons. 2008.

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG, à Cinética Sistemas LTDA e à UNIUBE pelo suporte dado à apresentação deste trabalho no COBEQ 2018.