



CONGRESSO BRASILEIRO
DE ENGENHARIA QUÍMICA EM
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

21-24 Julho de 2019
Uberlândia/MG



QUANTIFICAÇÃO EXPERIMENTAL DO COEFICIENTE K EM CURVA DE 90° EM UNIDADE SEMI-INDUSTRIAL DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE POLIESTIRENO

L.E.R.P.BUENO¹, H.S.D.MATOS¹, T.R.PONGELUPE², M.S.MORAES³, D.MORAES JÚNIOR³

¹ Alunos de graduação, Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia de Petróleo

² Alunos de graduação, Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia de Química

³ Doutores orientadores, Universidade Santa Cecília - UNISANTA

E-mail para contato: marlene@unisanta.br

RESUMO - O transporte pneumático é uma técnica para deslocar, impulsionados por gás ou ar, material particulado no interior de dutos como “pellets” de poliestireno, arroz, trigo, soja, milho, algodão, areia, calcário e serragem. A literatura disponibiliza valores genéricos para seleção dessas unidades e é carente de dados da perda de carga de singularidade em função do tipo de sólido transportado e velocidade do gás ou ar. O presente trabalho visou obter experimentalmente a perda de carga do bifásico ar e “pellets” de poliestireno ao percolar uma curva de 90° de três gomos. A equação do fator K da perda de carga obtida indicou uma variação linear decrescente em função da velocidade do ar.

1. INTRODUÇÃO

O transporte pneumático baseia-se no deslocamento de sólidos particulados por meio de tubulação usando comumente o ar ou um gás como o nitrogênio quando existe risco de explosão.

As vantagens do transportador pneumático em relação ao de correia, um dos mais empregados industrialmente, é a conservação de massa, a facilidade de distribuição para diversos pontos de uma indústria; a possibilidade de operar em qualquer inclinação; a baixa necessidade de mão de obra e o baixo custo de manutenção por apresentar poucas peças móveis. (Mills, 2016). Como desvantagens, pode-se citar o desgaste das partículas e do sistema de transporte. (Green e Southard, 2019).

O projeto de um sistema de transporte pneumático deve contemplar: o diâmetro interno do tubo, a densidade aparente da partícula, o sistema a ser utilizado (direto ou indireto); a fase (densa ou diluída); a vazão do ar (ou gás) de transporte; o comprimento da tubulação, o tipo e número de acessórios e a potência do ventilador ou soprador. (Mills, 2016).

O sistema direto, com alimentação a montante do ventilador é o mais utilizado quando se trata de partículas com baixa granulometria. Já no indireto, a sua alimentação é após o



ventilador, por isso são utilizados sólidos maiores, succionando somente o ar ou um gás inerte para o processo, caso haja necessidade. (Green e Southard, 2019).

O transporte pneumático é classificado em duas fases: densa e diluída. A fase densa, é frequentemente utilizada para material fluidizável, abrasivo ou no caso onde a partícula necessita ser deslocada com baixa velocidade. Ao contrário da fase densa, o transporte em fase diluída, atua com baixa concentração de sólido, menor que 1% em volume, velocidade acima de 10 m/s e pressão abaixo de 15 psi, logo não se enquadra como vaso de pressão. (Moraes, 2012).

Equações para se prever a perda de carga de dutos e singularidades são imprescindíveis para o projeto de um sistema de transporte pneumático. Equações genéricas que não consideram o tipo e a geometria do sólido produzem erros normalmente não desprezíveis. Moraes *et al* apresentaram em 2017 uma equação para curva de 90° de três gomos com ar e “pellets” de polipropileno. (Equação 1).

$$K = 2,1024 \exp(-0,0582 v) \quad (1)$$

Com velocidade do ar (v) em m/s e coeficiente (K) adimensional. As vazões de ar variaram de 9 a 16,5 m/s e a de polipropileno de 114,84; 219,69 e 325,87 kg/h em duto de 117 mm de diâmetro interno.

2. OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo quantificar experimentalmente o fator multiplicador da carga cinética referente a perda de carga em curva de 90° de três gomos usando “pellets” de poliestireno em unidade piloto de transporte pneumático, em fase diluída com sistema indireto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado para coleta de resultados, uma unidade piloto de transporte pneumático. (Figura 1), em escala semi-industrial, com uma curva de 90° de três gomos (Figura 2) construída e instalada no laboratório de Operações Unitárias da Universidade Santa Cecília – UNISANTA. Os “pellets” de poliestireno eram de formato cilíndrico com diâmetro aproximado de 2,5 mm e comprimento de 3,3 mm.



Figura 1 – Unidade piloto do transporte pneumático em fase diluída em escala semi-industrial.

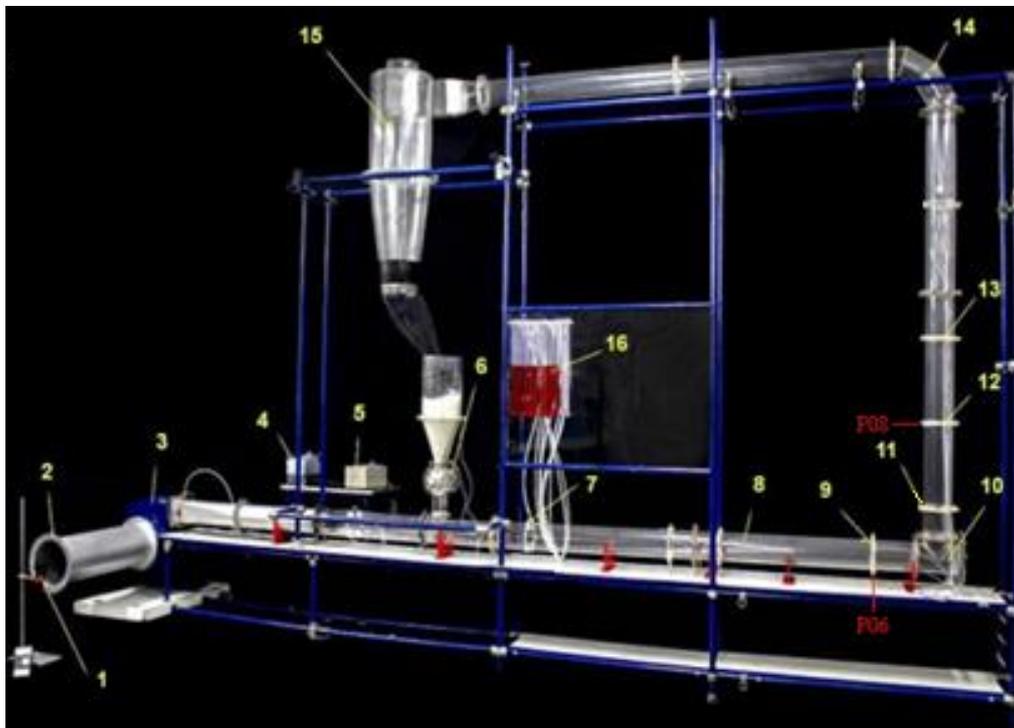
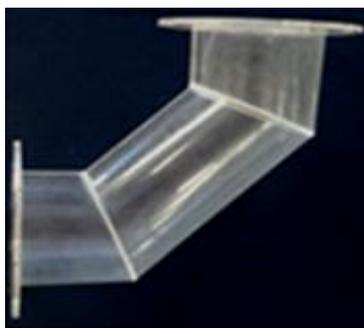


Figura 2 – Curva de 90° de três gomos.



Os componentes da unidade piloto da Figura 1 são: 1- anemômetro (medidor de velocidade do ar); 2- tubo de diâmetro interno de 217 mm (sucção do ventilador); 3- ventilador centrífugo; 4- inversor de frequência (rotação do ventilador); 5- potenciômetro da válvula rotativa; 6- alimentação de sólido, com válvula rotativa abaixo do silo; 7- tomadas piezométricas após a alimentação de sólido; 8- tubulação de acrílico de 117 mm de diâmetro interno (descarga do ventilador); 9- tomadas piezométricas a montante da singularidade; 10- ponto das singularidades removíveis; 11, 12 e 13- tomadas piezométricas a jusante da singularidade; 14- curva de 90° de quatro gomos; 15- ciclone; 16- banco de manômetros de tubo em “U”. P6 e P8 são os pontos de análise.



3.1. Processo operacional

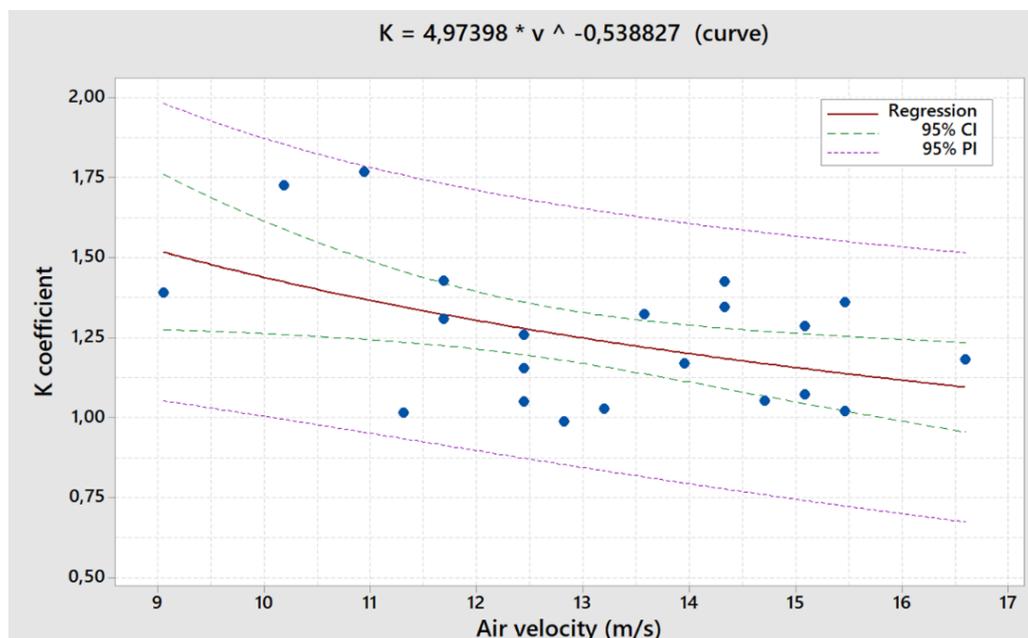
As vazões de poliestireno da presente pesquisa foram as mesmas fixadas por Moraes, *et al* (2017) para o polipropileno (esferas com diâmetro aproximado de 3 mm) ou seja: 114,84; 219,69 e 325,87 kg/h. Quantificou-se através de um anemômetro as velocidades no duto de sucção do ventilador. Com os valores da área da seção transversal de sucção do recalque, encontrou-se por meio da equação da continuidade a velocidade de descarga. Foram estudadas dez velocidades entre 9 e 16,5 m/s.

Com todos os valores da diferença de pressão entre a entrada e a saída da curva de 90° e de três gomos, foi calculado os coeficientes K (Green e Southard, 2019), a partir de 60 ensaios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se na Figura 3 os valores determinados na unidade da Figura 1 do coeficiente K, multiplicador da carga cinética referente a perda de carga da curva de 90° de três gomos em função da velocidade do ar para as três vazões de poliestireno. Obteve-se uma regressão não linear (Equação 2) no *software* MINITAB onde observou-se que os valores de K variam de maneira linear e decrescente (de 1,50 até 1,12) em função da velocidade (9 até 16,5 m/s).

Figura 3 – Coeficiente K em função da velocidade de ar para o poliestireno.



$$K = 4,97398 v^{(-0,538827)} \quad (2)$$

Sendo K o fator multiplicador da carga cinética (adimensional) e v a velocidade do ar em m/s para vazões de poliestireno de 114,84 até 325,87 kg/h.



Os valores de K obtidos com o polipropileno por Moraes *et al* (2017) foram, para as mesmas condições experimentais, inferiores ao do presente estudo com o poliestireno em função da geometria das partículas.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa permitiu concluir que, para a mesma tubulação, e mesmas vazões de ar e de sólidos, a curva de 90° de três gomos percolada no presente estudo por ar e poliestireno forneceu uma maior perda de carga (de aproximadamente 20 a 30%) que quando preenchida, conforme a literatura (Moraes, 2012), com ar e polipropileno. Pelo exposto, uma equação genérica que não considera o formato e o tipo de material, como a recomendada por Green e Southard (2019), pode resultar em um projeto com erros significativos.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MILLS, D. Pneumatic conveying design guide. 3ed. Oxford: British library. 2016. 779p.

MORAES, M.S. Tese de Doutorado. Convecção forçada de partículas poliméricas em fase diluída: curvas de pressão e distribuição de partículas. UNICAMP. 2012.

MORAES, M.S.; TORNEIROS, D.M.; ROSA, V.; HIGA, J.S.CASTRO, Y.R.; SANTOS, A.R.; COELHO, N.M.A.; MORAES JÚNIOR, D. Experimental quantification of the head loss coefficient K for fittings and semi-industrial pipe cross section solid concentration profile in pneumatic conveying of polypropylene pellets in dilute phase. Powder Technology 310. January 2017.

GREEN, D.W. & SOUTHARD, M.Z. editors. Perry's chemical engineers' handbook. 9ed. New York: Mc Graw Hill. 2019. 2243p.