

## INFLUÊNCIA DE TÊ SAÍDA DE LADO E CURVA DE TRÊS GOMOS NA PERDA DE CARGA A MONTANTE E A JUSANTE EM UNIDADE PILOTO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO.

Felipe Henrique Zanette, Lucas Bernardo Monteiro, Mariana Repa de Mendonça, Mayara do Carmo Carbono, Robson Luiz Sanches Pimentel, Ronaldo Moura Santa Rosa, Viviane Queija Sansone, Marlene Silva de Moraes, Deovaldo de Moraes Junior

*Faculdade de Engenharias e Arquitetura e Urbanismo da Universidade Santa Cecília*

Recebido em: 18/08/09 Aceito em: 05/10/09 Publicado em: 04/06/10

### RESUMO

O transporte pneumático é uma operação, cujo princípio baseia-se no deslocamento de particulados, dentro de uma tubulação, através de uma corrente de ar. Este processo é mais vantajoso, se comparado com outros métodos de transporte, como o elevador de canecas ou a correia transportadora, pois ao deslocar os sólidos através de um conduto, evita a perda de material, reduz a poluição ambiental e minimiza acidentes. Este tipo de transporte pode apresentar duas fases: a fase densa e a diluída. Esta última, apesar do desgaste na parte inferior dos dutos e das singularidades, é a de menor custo de aquisição e operação. Não é raro o emprego de tê saída de lado (com maior perda de carga) para alterar a direção do escoamento uma vez que o acúmulo de partículas na parte cega do tê reduz o desgaste da conexão. O presente trabalho utilizou em seu dispositivo de transporte, junções do tipo "tê-cego" e curva de três gomos, objetivou determinar experimentalmente a perda de carga nos dutos antes e depois destas singularidades. A avaliação se deu através do estudo da curva característica da perda de carga em função da velocidade do ar e da vazão mássica do particulado. As partículas de polipropileno, utilizadas no experimento, alimentaram desde o silo até o conduto por meio de uma válvula rotativa. O estudo indicou que o emprego da singularidade "tê-cego", causou turbulência nos pontos montante e jusante, deformando as curvas características de perda de carga. Em contrapartida, a utilização da curva de três gomos, apresentou menos perturbações. Porém, com o uso desta, em altas vazões de sólido, existe o risco de um maior desgaste na curva. Já com o uso de "tê-cego" o acúmulo do sólido na zona estagnada causa o amortecimento das partículas transportadas, evitando a erosão do duto.

*Palavras-chave. Pneumático; polipropileno; diluída.*

### 1. Introdução

O transporte pneumático é uma operação unitária que consiste em transportar sólidos particulados através de uma corrente de ar gerada por um ventilador ou soprador (SANTOS, 2009). É frequentemente empregado na indústria no transporte de cavacos de madeira, cimento, polímeros, entre outros (PERRY, 1997). Como exemplo regional pode-se citar o Porto de Santos, que utiliza esse tipo de transporte para carga e descarga de cereais dos navios e dos silos de armazenagem. As vantagens deste processo são os custos reduzidos de operação e manutenção, altíssima capacidade de movimentação de material em longas

distâncias, e por transportar o material através de condutos, reduz a poluição ambiental e minimiza acidentes (CORRÊA Et al, 2009).

O objetivo deste trabalho foi comparar as curvas características de perda de carga, quando usadas as junções tê saída de lado (ou "tê-cego") e a curva de três gomos.

### 2. Materiais e Métodos

A Figura 1 fornece um esboço da unidade experimental e a figura 2 a vista geral do equipamento.

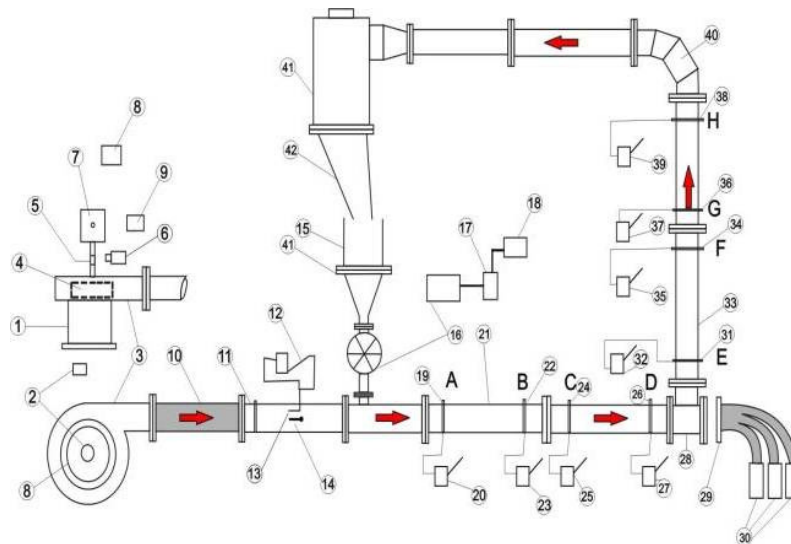


Figura 1- Unidade Experimental contendo: (1) duto de sucção do ventilador; (2) anemômetro; (3) ventilador; (4) rotor do ventilador; (5) eixo motor/ventilador com papel refletor para a contagem da rotação; (6) tacômetro para a medida da rotação; (7) motor do ventilador; (8) inversor de frequência do ventilador; (9) dinanômetro; (10) duto adaptador, saída quadrada do ventilador para redonda; (11) retificador para reduzir as oscilações do ar; (12) manômetro inclinado; (13) tubo de pitot vertical; (14) tubo de pitot horizontal; (15) silo; (16) válvula rotativa; (17) motor da válvula rotativa; (18) variador de velocidade da válvula rotativa; (19) anel piezométrico no ponto A (saltitação); (20) tubo inclinado do ponto A; (21) tubulação de transporte (horizontal, saltitação); (22) anel piezométrico do ponto B; (23) tubo inclinado do ponto B; (24) anel piezométrico no ponto C (saltitação); (25) tubo inclinado do ponto C; (26) anel piezométrico do ponto D; (27) tubo inclinado do ponto D; (28) tê saída de lado; (29) coletor com 9 distribuições; (30) sacos perfurados (9 unidades) para o estudo da distribuição de partículas na seção transversal do duto; (31) anel piezométrico no ponto E (afogamento); (32) tubo inclinado do ponto E; (33) tubulação de transporte (vertical, afogamento); (34) anel piezométrico do ponto F; (35) tubo inclinado do ponto F; (36) anel piezométrico no ponto G (afogamento); (37) tubo inclinado do ponto G; (38) anel piezométrico do ponto H; (39) tubo inclinado do ponto H; (40) curva com 4 gomos; (41) ciclone; (42) bolsa de passagem.

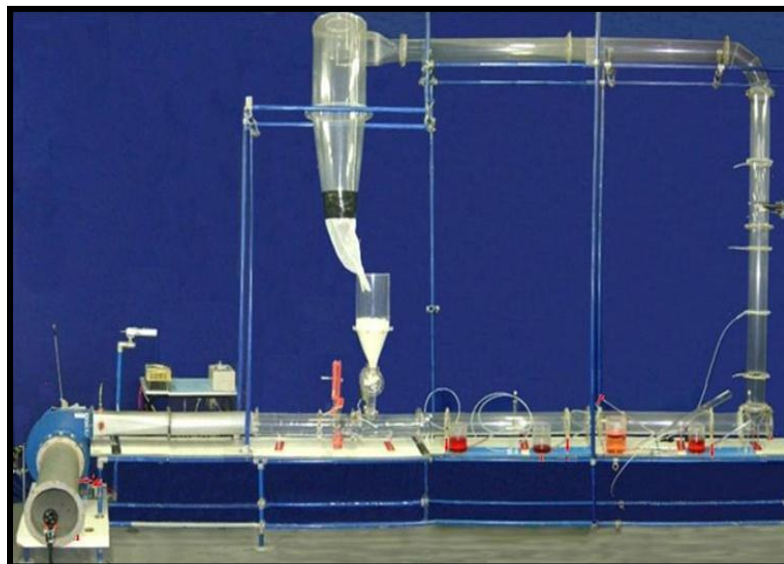


Figura 2 - Transporte Pneumático em fase diluída. Vista Geral.

Na parte experimental foram estipuladas velocidades de saída do ventilador de 5, 10, 15, 20 e 25 (m/s), medidas por anemômetro na entrada do ventilador e corrigidas pela equação da continuidade (ASME, 1946).

A seqüência a seguir resume o método empregado para obtenção dos dados:

A - Fixou-se uma haste perpendicular ao eixo na carcaça do motor do ventilador para a medida da potência;

B - Mediu-se o comprimento do eixo do motor até o extremo da haste;

C - Instalou-se um dinamômetro para medir a força de tração do motor através da haste;

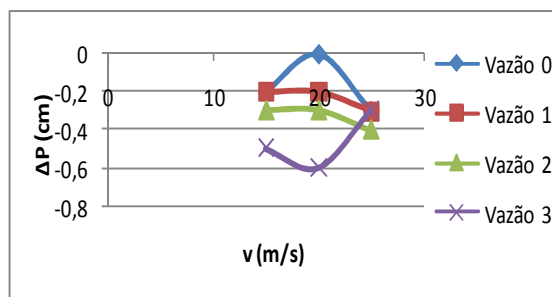
D - Introduziu-se as partículas de polipropileno no silo de alimentação de acrílico;

E - Instalou-se um anemômetro na entrada de ar do ventilador;

F - Ligou-se o inversor de frequência do motor do ventilador e ajustou-se a vazão de ar requerida conforme a sua frequência de referência;

G - Mediu-se a rotação do motor do ventilador com o auxílio de um tacômetro;

H - Mediu-se a velocidade de ar na entrada do ventilador através do anemômetro;



I - Mediu-se as pressões estáticas do ar nos oito pontos de tomadas piezométricas demarcadas pelo deslocamento do líquido no manômetro inclinado;

J - Ajustou-se as vazões mássicas do sólido: 0; 0,0752; 0,1539; 0,2244 (kg/s);

K - Ligou-se a válvula rotativa para a alimentação das partículas na linha de transporte pneumático;

L - Anotou-se após o estabelecimento da velocidade de ar, as pressões estáticas da mistura ar-sólido nos oito pontos de tomadas piezométricas demarcadas pelo deslocamento do líquido no manômetro inclinado. A perda de carga foi calculada pela diferença de pressão entre dois pontos (Balanço de Energia Mecânica) (MORAES, 2008);

M - Repetiu-se o mesmo procedimento para outras variáveis do sistema, como vazão mássica de sólido e velocidade de ar.

### 3. Resultados e Discussões

Pode-se observar na Figuras 3, os resultados dos ensaios.

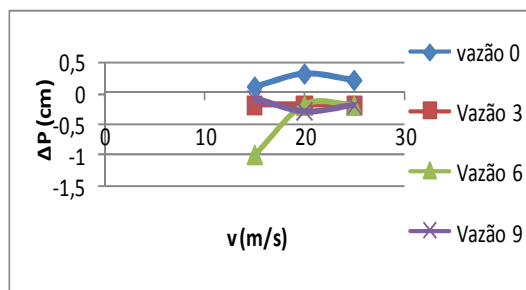


Figura 3 – Perda de carga ( $\Delta P$ ) em função da velocidade ( $v$ ) em trechos horizontal (esquerda) e vertical com singularidade curva de três gomos (direita)

As maiores oscilações observadas na Figura 3 (tê) são causadas pela variação brusca da direção, gerando turbulência tanto a montante quanto a jusante da singularidade.

### 4. Conclusão

O "tê-cego" fornece maior segurança para o processo, já que forma uma zona estagnada, criando assim um "colchão" de polipropileno, protegendo assim a tubulação contra um possível rompimento (ALVES, 2006). O inconveniente desta singularidade é a maior perda de carga e a perturbação nos dutos a montante e a jusante, interferindo em medidores de vazão e de pressão.

### 5. Referências

ALVES F. C. O. F.; SILVA F. A. Et al. Estudo da distribuição de polietileno e perda de carga em singularidades, curvas e tê, em sistema pneumático horizontal. Santos

(SP): UNISANTA, 2006. Trabalho de condução de curso.

ASME. Test code for fans. New York, 1946, p.5-17.

CORRÊA C. H. P.; RODRIGUES E. Et al. Montagem de uma unidade piloto de transporte pneumático em fase diluída para estudo da distribuição de partículas na seção transversal dos dutos, perda de carga em singularidades e velocidade de saltitação e afogamento. Santos (SP): UNISANTA, 2009. Trabalho de condução de curso.

H. PERRY, ROBERT; W. GREEN, DON. Perry's Chemical engineers handbook. 7 ed. McGraw – Hill, 1997.

MORAES Jr. D., SILVA E. L., MORAES M. S. Aplicações de estática e dinâmica dos fluidos, Santos: UNISANTA, 2008.

SANTOS S. M. Projeto e montagem de unidade piloto de transporte pneumático em fase diluída para estudo da relação entre a perda de carga e a distribuição de partículas granulares na seção transversal de dutos industriais. Campinas (SP): UNICAMP, 2009. Tese de doutorado.