

## ESTUDO PRELIMINAR DA DINAMICA NO TRANSPORTE PNEUMÁTICO

Mauricio Zago Gali (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Luiz Mario de Matos Jorge  
(Coorientador), Paulo Roberto Paraíso (Orientador), e-mail:  
prparaíso@uem.br

Universidade Estadual de Maringá/Departamento de Engenharia  
Química/Maringá, PR.

### 3.06.00.00-6 - Engenharia Química

**Palavras-chave:** transportador, soja, construção.

**Resumo:** O objetivo principal do projeto é a construção e instalação de um transportador pneumático horizontal para obtenção de dados referentes à dinâmica do transporte de partículas. Para tanto, foi construído um transportador pneumático em escala piloto para realização de testes e aquisição de dados. Assim, foram feitos testes para que fosse analisado o funcionamento do equipamento. Os resultados se mostraram satisfatórios mostrando que o modulo construído corresponde às expectativas iniciais e abre caminho para novos desenvolvimentos e análises.

### Introdução

O transporte pneumático tem sido amplamente utilizado para a movimentação de produtos sólidos e fluidos em indústrias e sistemas de armazenagem, como silos e docas. Especificamente no caso da soja, grão cuja produtividade nacional na safra 2015/2016 foi de 96,5 milhões de toneladas (USDA, 2017), é notável sua participação nos contextos industriais e de armazenagem. Parte da produção é utilizada localmente nas indústrias de alimentos ou de extração de óleo e o restante da produção segue para exportação, sendo que nestes locais o transporte pneumático é utilizado, em geral, para realizar a distribuição dos grãos pelos processos industriais e também para o armazenamento em silos para posterior transporte rodoviário, ferroviário, fluvial e marítimo. <sup>[1]</sup>

A partir de meados do século passado estudos começaram a ser desenvolvidos para determinar o comportamento de partículas submetidas ao transporte pneumático, onde um gás, frequentemente o ar, era pressurizado. Tais estudos foram desmembrados em escoamentos dispersos, onde não ocorre a aglomeração de partículas, e em escoamentos densos, onde ocorre a aglomeração. <sup>[2]</sup>

Considerando que, quando comparado a outros meios de transporte, esse sistema tende a ser menos eficiente <sup>[3]</sup>, esse trabalho se propôs a estudar soluções para a redução do consumo energético desse equipamento. Para isso foi construído um transportador pneumático em

escala piloto, onde foram realizados os testes para analisar o seu funcionamento.

## Materiais e métodos

O objetivo do aparato experimental é possibilitar o transporte de material particulado, de um recipiente a outro, a fim de viabilizar o estudo da dinâmica do escoamento denso. Assim, alguns modelos experimentais foram propostos. Os dois utilizados estão representados na Figura 1.

O primeiro modelo está representado no lado direito da Figura 1.

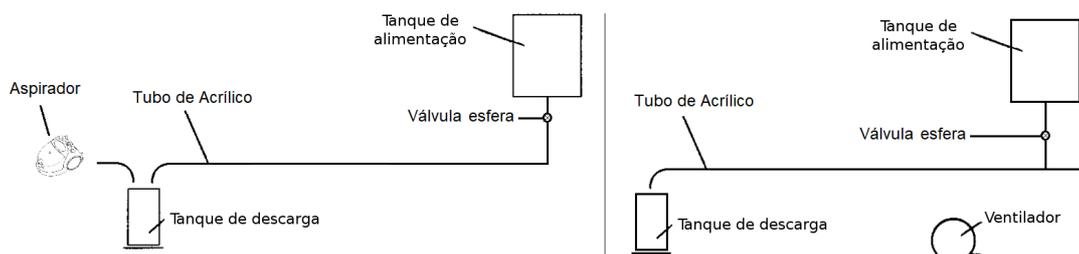


Figura 1 - Diagrama dos modelos de transportador.

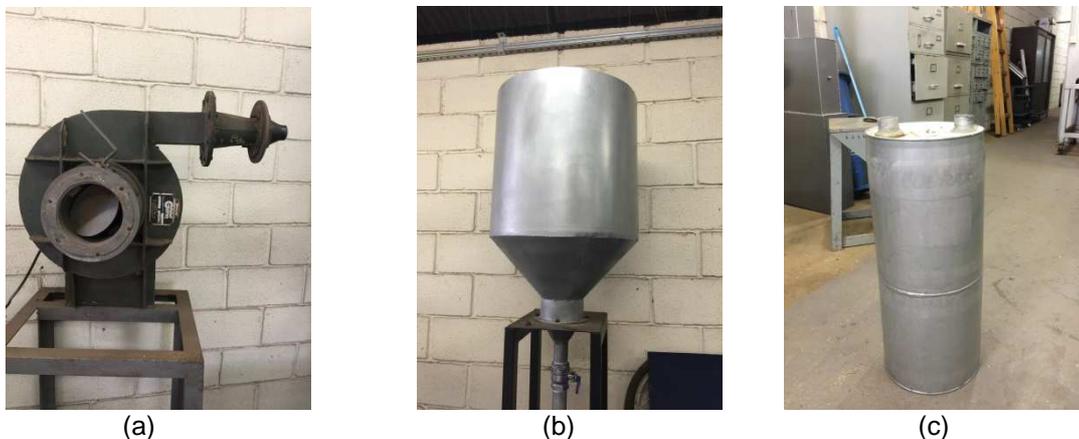
Utilizou-se os seguintes materiais na construção: tubo de acrílico transparente com 2,0 m de comprimento e 4,0 cm de diâmetro; um tanque de alimentação com 0,13 m<sup>3</sup>; um soprador de ar, modelo radial, uma válvula esfera e um tambor de metal com 0,10 m<sup>3</sup>. O tanque de alimentação foi acoplado por meio de tubos de metal à válvula esfera que tinha a função de reter o material na tubulação antes de entrar em contato com o tubo de acrílico. Em seguida, utilizando um T, foi conectado um tubo de acrílico transparente, a fim de conseguir visualizar o escoamento, de um lado e do outro o soprador, que foi conectado à tubulação por meio de um tubo sanfonado, e por fim o tubo de acrílico foi conectado a um tambor de duas entradas que exerceu o papel de um ciclone, separando o material particulado do ar que chegava ao final da tubulação. Porém, durante o funcionamento desse primeiro modelo, percebemos que a pressão aplicada pelo soprador dentro do tubo, acabou, em vezes, por repelir os grãos de volta para o tanque de alimentação, em outras, aplicando um escoamento disperso, o que não é alvo desse trabalho. O segundo modelo é o



Figura 2 – Imagem da montagem final

representado ao lado esquerdo na Figura 1. Utilizou-se ao invés de um soprador, um aspirador de pó mudando a perspectiva, ao invés de uma pressão ser aplicada, aplicamos um vácuo ao final da tubulação de tal forma que o material

fosse sugado. Na Figura 2, podemos visualizar como ficou a montagem final.



**Figura 3** – Imagens dos equipamentos utilizados. (a) soprador de ar; (b) tanque de alimentação; (c) tanque de descarga.

Para a análise do funcionamento do equipamento e extração de dados preliminares do escoamento, a soja foi pesada. Em seguida, após certificar que a válvula de entrada estava completamente fechada, ela foi despejada no tanque de alimentação. A ponta do tubo do aspirador foi introduzida no tambor de descarga e vedada utilizando fita adesiva. A válvula de entrada foi levemente aberta, para que a soja pudesse entupir o tubo de metal que antecede ao tubo de acrílico. Assim que cessou o barulho da soja escoando, para cada um dos ensaios, a válvula foi deixada em uma posição. O botão liga/desliga do aspirador e o cronometro simultaneamente. Quando o escoamento cessou, o cronometro foi parado e o aspirador desligado.



**Figura 4** – Entradas do tambor

## Resultados e Discussão

Os dados relativos aos ensaios realizados com variação da abertura da válvula de entrada estão agrupados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Variação da abertura da válvula de entrada

Ensaio	Massa inicial (Kg)	Tempo (s)	Vazão (Kg/min)
1	9,880	177,08	3,348
2	9,735	155,15	3,765
3	9,790	161,01	3,648



Figura 5 – Abertura da válvula de entradas dos ensaios 1, 2 e 3, respectivamente.

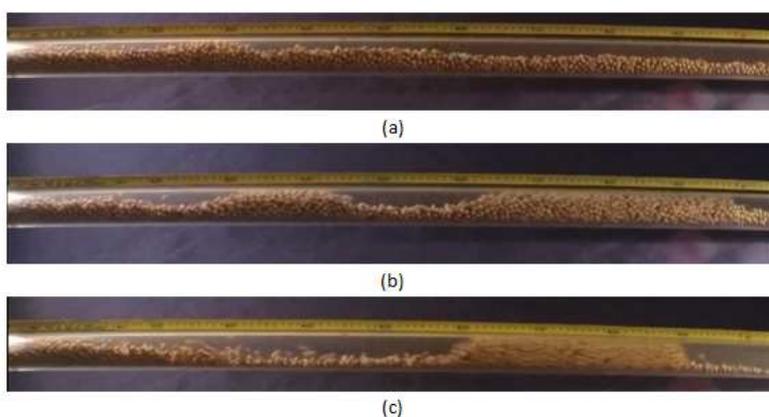


Figura 6 – Perfis de escoamento para os ensaios realizados: (a) Ensaio 1; (b) Ensaio 2; (c) Ensaio 3

## Conclusões

Com os resultados obtidos, no presente trabalho, pode-se afirmar que o módulo construído possui grandes potencialidades e por meio de seu uso podem ser feitas análises de redução do consumo energético e aumento da velocidade de transporte do material particulado, conseguindo assim a reduzir duas das desvantagens inerentes ao transporte pneumático.

## Agradecimentos

Agradeço à Fundação Araucária pelo apoio financeiro a pesquisa, ao orientador e coorientador pelos ensinamentos e ao doutorando Marcelo Alba que me acompanhou todo este período.

## Referências

- [1] USDA, (2017), **World Agricultural Production**, Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>.
- [2] Klinzing, G. E.; Marcus, R. D.; Rizk, F. **Pneumatic Conveying of Solids**. 2nd ed. Glasgow: Chapman & Hall, 599 p., 1997.
- [3] Mills, D. **Pneumatic Conveying Design Guide**. 2nd ed., Oxford: Elsevier, 637 p., 2004.