

COMSOL CONFERENCE 2015 CURITIBA

5 E 6 DE NOVEMBRO DE 2015



Universidade de São Paulo
Brasil



Efeito da pulsação do ar durante a
fluidização de partículas de amido de milho

Prof. Dr. Gustavo Cesar Dacanal

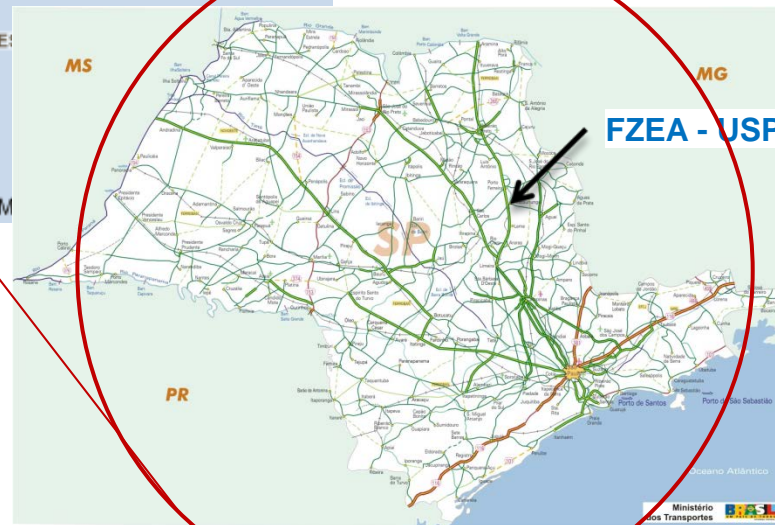
M. G. Thomazi, R. Ribeiro, G. C. Dacanal
Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, Brasil

► Local da pesquisa

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
FZEA - USP
Pirassununga, SP



Brasil



FZEA - USP

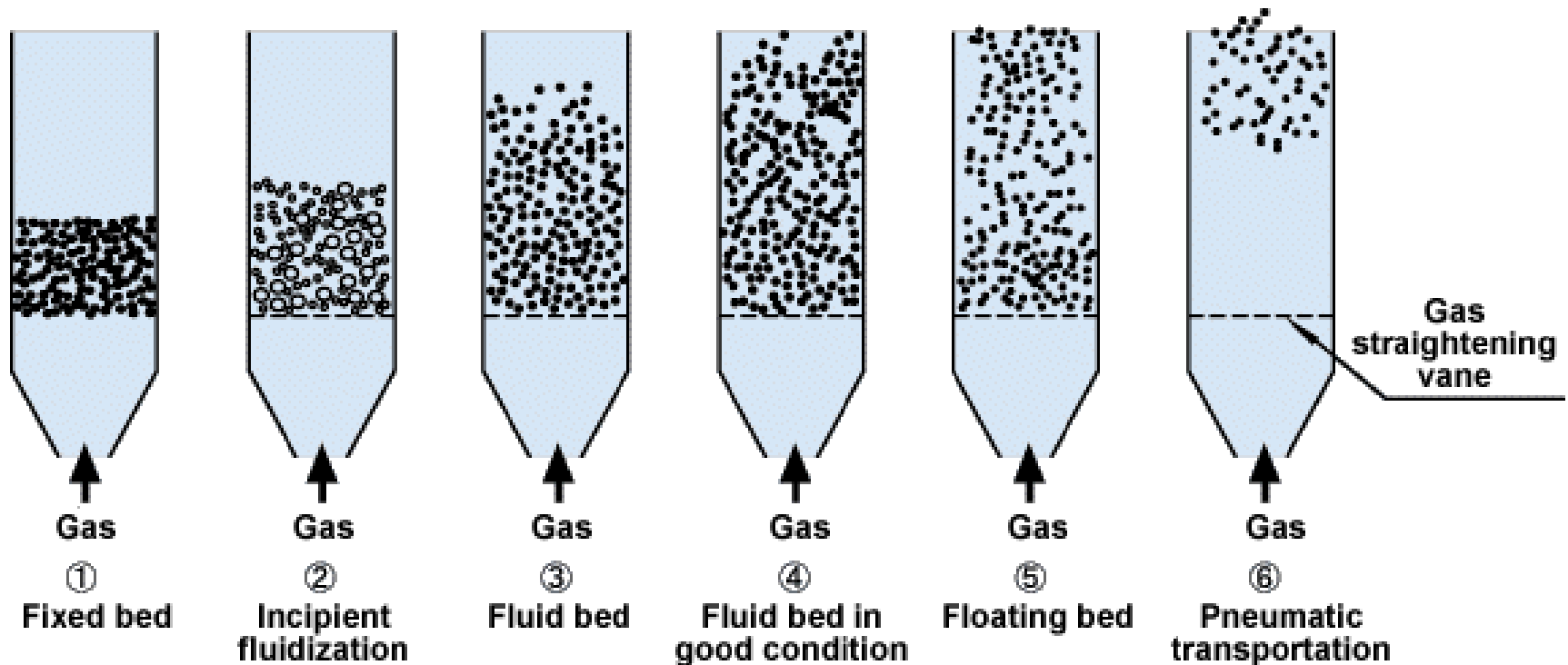
Introdução – Leito Fluidizado

- ▶ Vídeo: O que é um Leito Fluidizado?



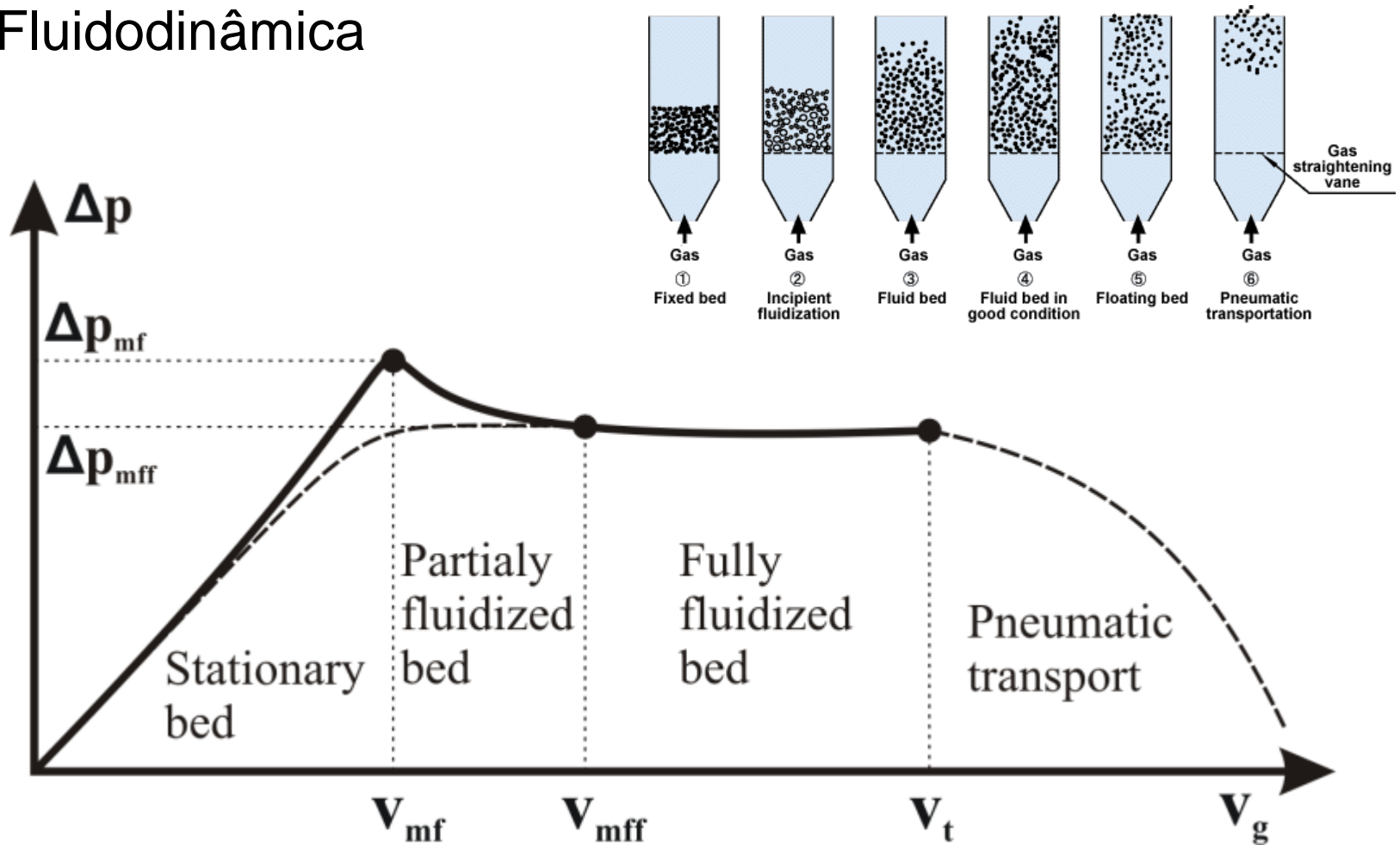
Introdução – Leito Fluidizado

► Leito Fluidizado



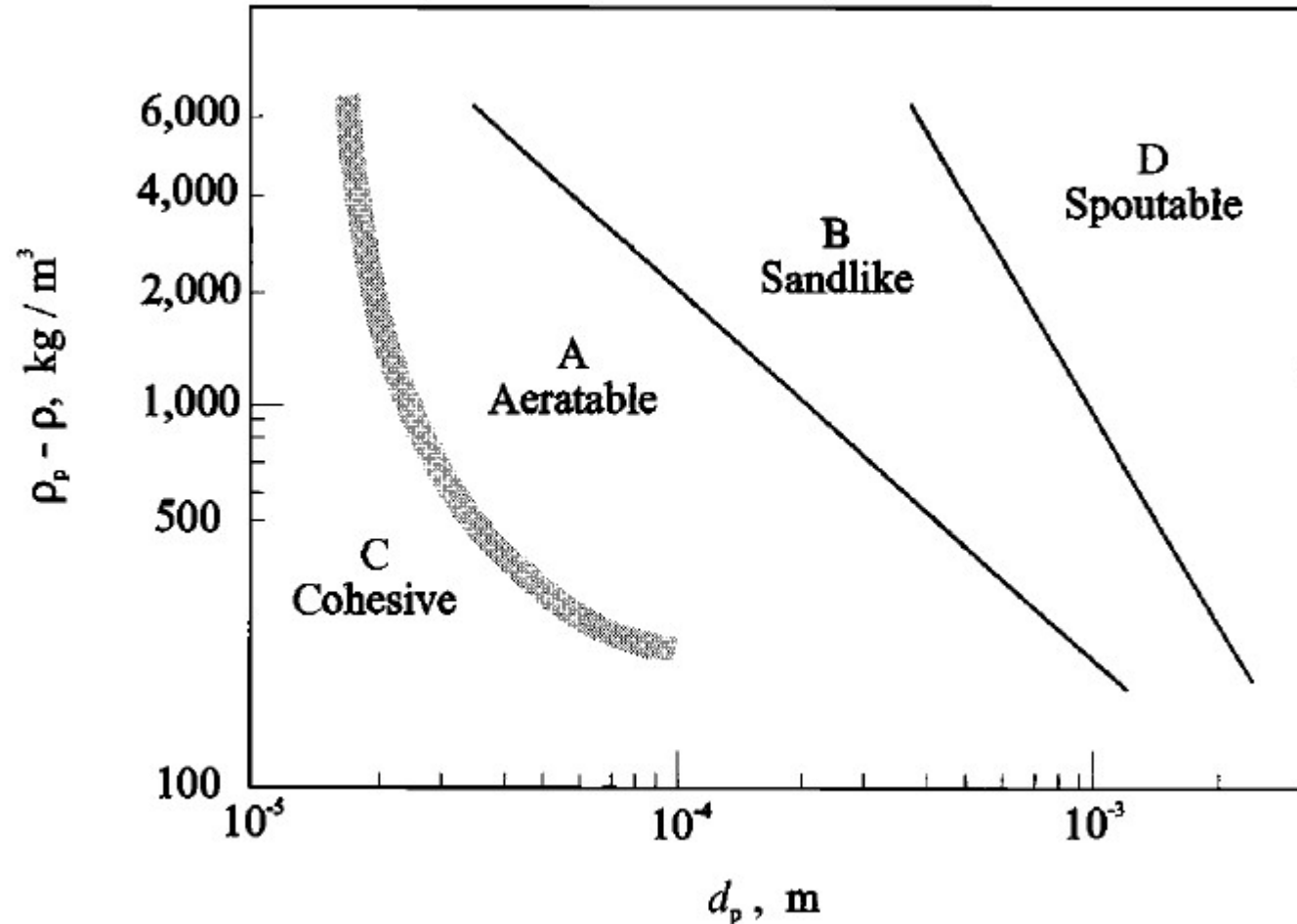
Introdução – Leito Fluidizado

▶ Fluidodinâmica



Introdução – Leito Fluidizado

► Classificação em Grupos de Geldart



Introdução

▶ Outros Vídeos Fluidização

Grupo A



Grupo C



Introdução

▶ Outros Vídeos Fluidização

Grupo B

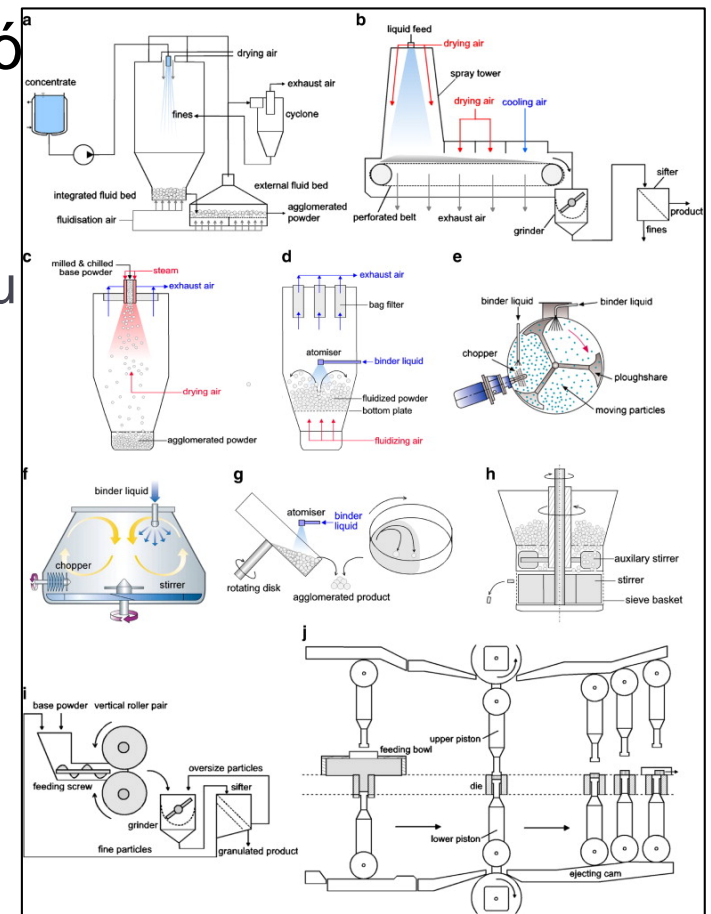
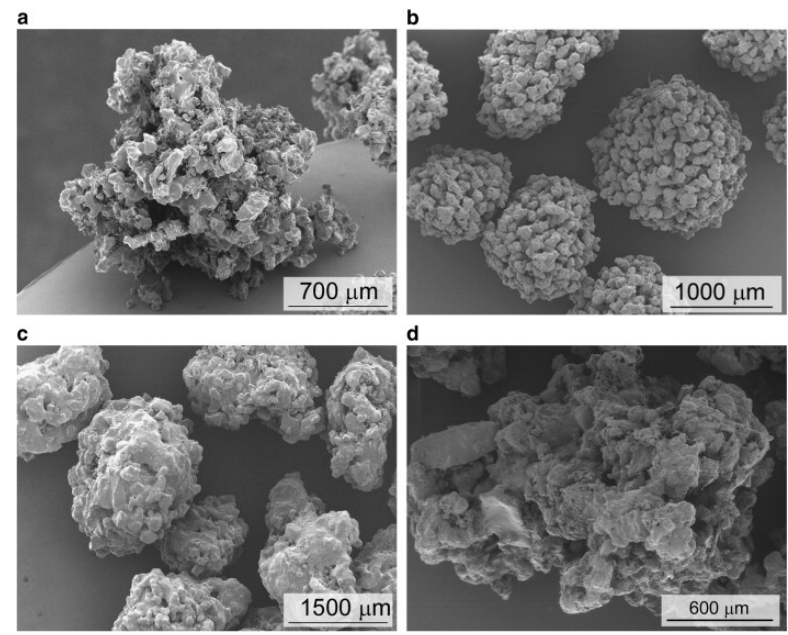


Grupo D



Introdução - Histórico e motivação da pesquisa

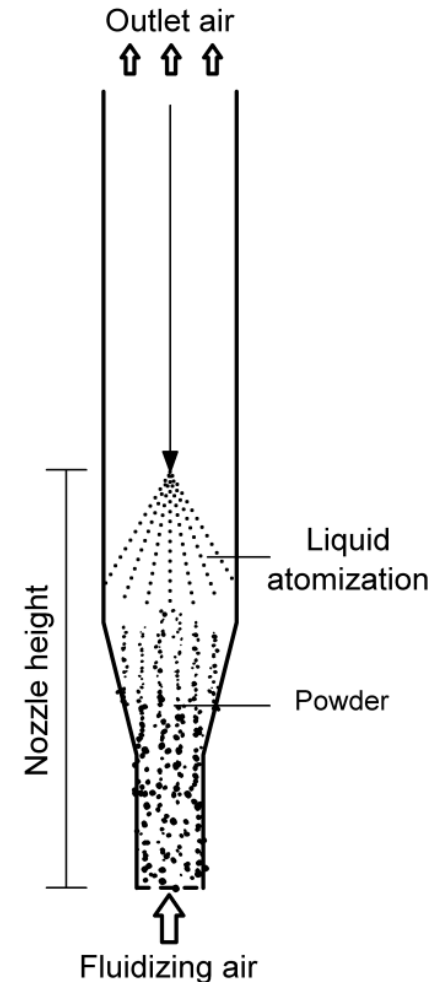
- ▶ **Aglomerção de alimentos em pó**
 - ▶ Produção de grânulos porosos
 - ▶ Elevada molhabilidade
 - ▶ Elevada dispersabilidade em água ou
 - ▶ Produtos instantaneizados



St. Palzer, Powder Technology (v206, 2011)
9th International Symposium on Agglomeration
and 4th International Granulation Workshop,
2009

Introdução

- ▶ **Aglomerção em leito fluidizado**
 - ▶ Atomização de um líquido ligante sobre as partículas em fluidização com ar quente;
 - ▶ Mecanismos de crescimento:
 - ▶ Depende das condições operacionais;
 - ▶ Propriedades do sólido;
 - ▶ Condições de secagem;
 - ▶ Fluidodinâmica do Sistema.
 - ▶ Alimentos em pó (caracterização)
 - ▶ Finos e coesivos;
 - ▶ Fluidização apresenta formação de canais preferenciais;
 - ▶ Classificação – grupos de Geldart's C ou A



Introdução

▶ Leito fluidizado pulsado

- ▶ A pulsação do ar pode aumentar a homogeneidade do leito;
- ▶ Redução do comportamento coesivo;
- ▶ Permitir a fluidização em menores vazões de ar (30–50%);
- ▶ É possível fluidizar partículas frágeis sem que ocorra quebra;
- ▶ Aplicação de menores queda de pressão para atingir a velocidade mínima de fluidização;
- ▶ Menores taxas de elutriação.






Introdução

▶ Trabalhos anteriores



Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed

G.C. Dacanal, F.C. Menegalli   

Laboratory of Process Engineering, College of Food Engineering, University of Campinas, UNICAMP, Cx. P. 6121, 13083-970, Campinas, São Paulo, Brazil

<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2008.04.076>, How to Cite or Link Using DOI


 Permissions & Reprints

✓ 2009 - Acerola powder: sugar-based product



Introdução

▶ Trabalhos anteriores

	<p>Powder Technology</p> <p>Volume 203, Issue 3, 25 November 2010, Pages 565–573</p>	
---	---	---

Selection of operational parameters for the production of instant soy protein isolate by pulsed fluid bed agglomeration

G.C. Dacanal^a, F.C. Menegalli^b  

^a Department of Food Engineering, FZEA, University of São Paulo, 13635-900, Pirassununga, São Paulo, Brazil

^b Laboratory of Process Engineering, College of Food Engineering, University of Campinas, UNICAMP, 13083-970, Campinas, São Paulo, Brazil

<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2010.06.023>, How to Cite or Link Using DOI

 Permissions & Reprints

✓ 2010 - Soy protein isolate: protein-based product



Introdução

▶ Trabalhos anteriores



Powder Technology

Volume 245, September 2013, Pages 174–181



Effect of operational conditions on the properties of pectin powder agglomerated in pulsed fluid bed

T.A.M. Hirata^a, G.C. Dacanal^b, F.C. Menegalli^a  

^a Laboratory of Process Engineering, School of Food Engineering, University of Campinas, UNICAMP, 13083–862, Campinas, SP, Brazil

^b Department of Food Engineering, Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo, FZEA-USP, 13635–900, Pirassununga, SP, Brazil

<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2013.04.047>, How to Cite or Link Using DOI

 Permissions & Reprints

✓ 2013 - Pectin powder: polysaccharide-based product



Materiais e métodos

- ▶ ... Neste trabalho foi usado partículas amido de milho (semi-crystalline granules)
- ▶ **Materiais:**
- ▶ **Amido de milho comercial**
 - ▶ Ingredion do Brasil (Mogi-Guaçu)
 - ▶ Massa de amostra 0.50 kg

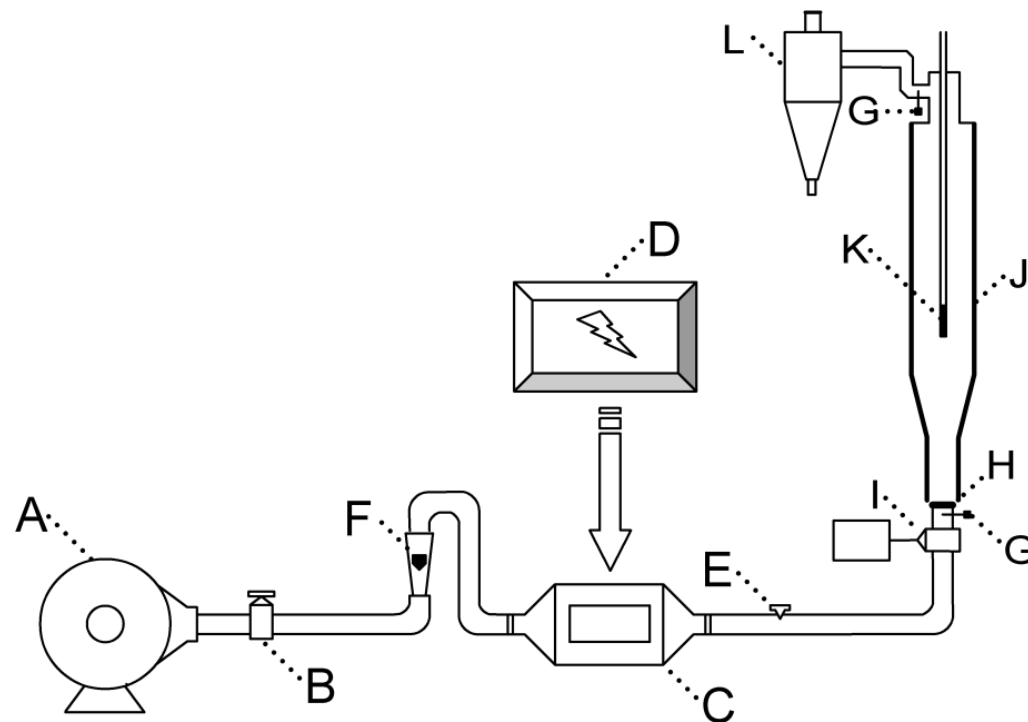


milho

Materiais e métodos

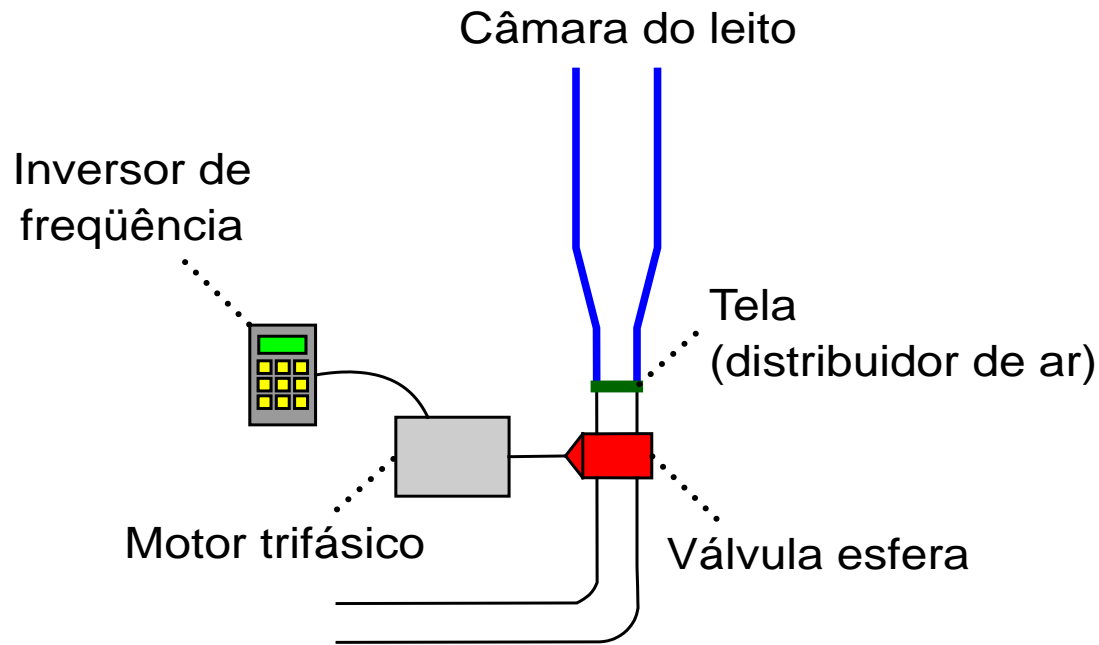
▶ Equipamento

- ▶ A–Ventilador;
- ▶ B–Válvula esfera;
- ▶ C–Resistência elétrica;
- ▶ D–controle PID;
- ▶ E–Desvio de ar;
- ▶ F–Rotâmetro;
- ▶ G–Sensor de temperatura;
- ▶ H–Distribuidor de ar;
- ▶ I–Válvula esfera rotativa;
- ▶ J–Câmara do Leito;
- ▶ K–Bico atomizador;
- ▶ L–Ciclone



Materiais e métodos

► Equipamento: Sistema de pulsação do ar

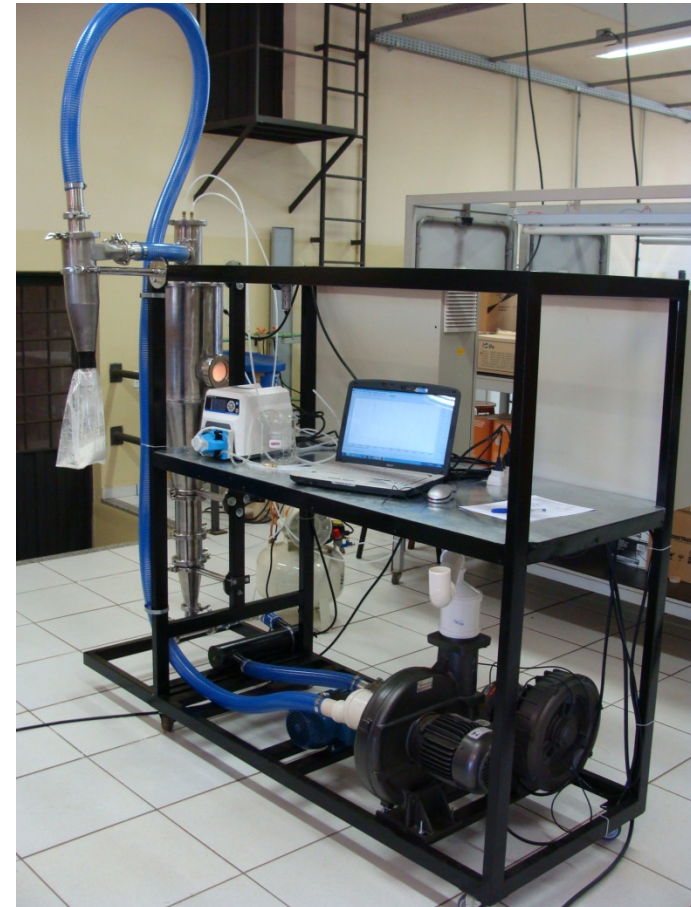


Materiais e métodos

► Detalhe do equipamento



Fluid bed chamber
304 stainless steel

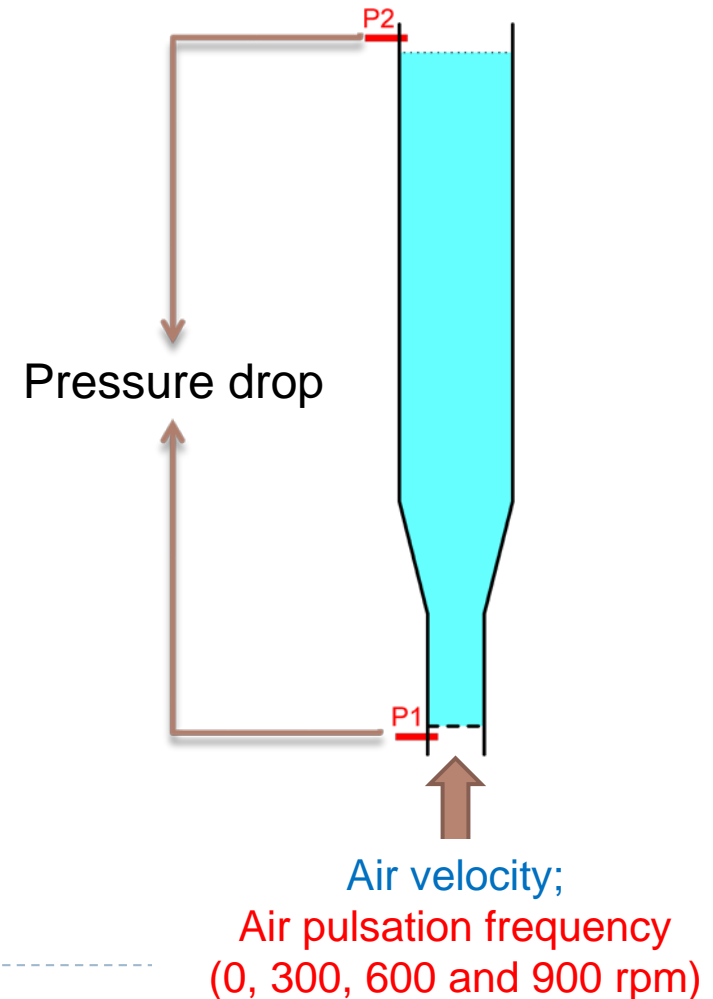


Data aquisition

Materiais e métodos

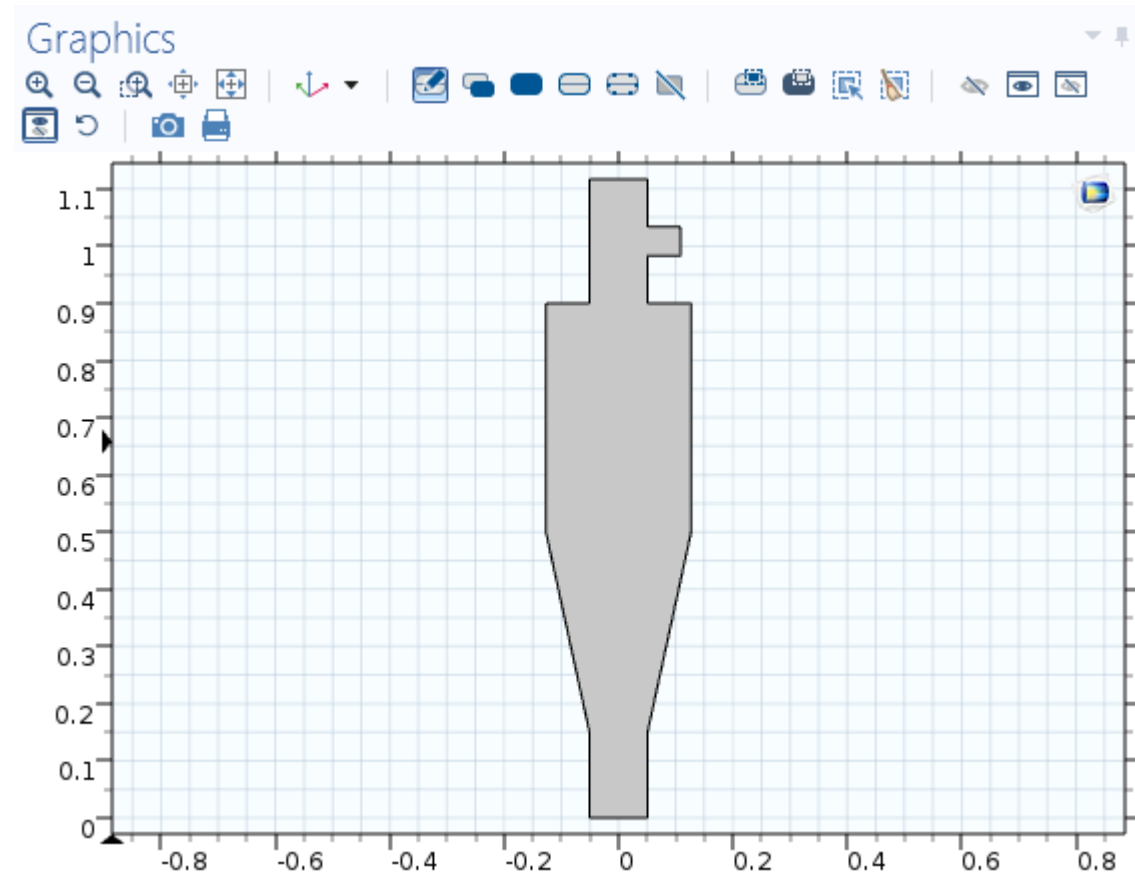
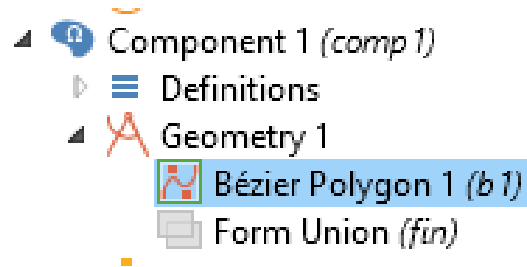
▶ Fluidodinâmica

- ▶ A velocidade mínima de fluidização foi determinada pela medida de diferença de pressão no leito, com a variação da velocidade do ar.
- ▶ Os perfis experimentais de fluidodinâmica foram obtidos para a frequência de pulsação do ar:
 - ▶ 0 Hz (sem pulsação)
- ▶ As simulações numéricas em COMSOL foram realizadas para as seguintes frequências de pulsação:
 - ▶ 0 Hz
 - ▶ 5 Hz
 - ▶ 10 Hz
 - ▶ 15 Hz



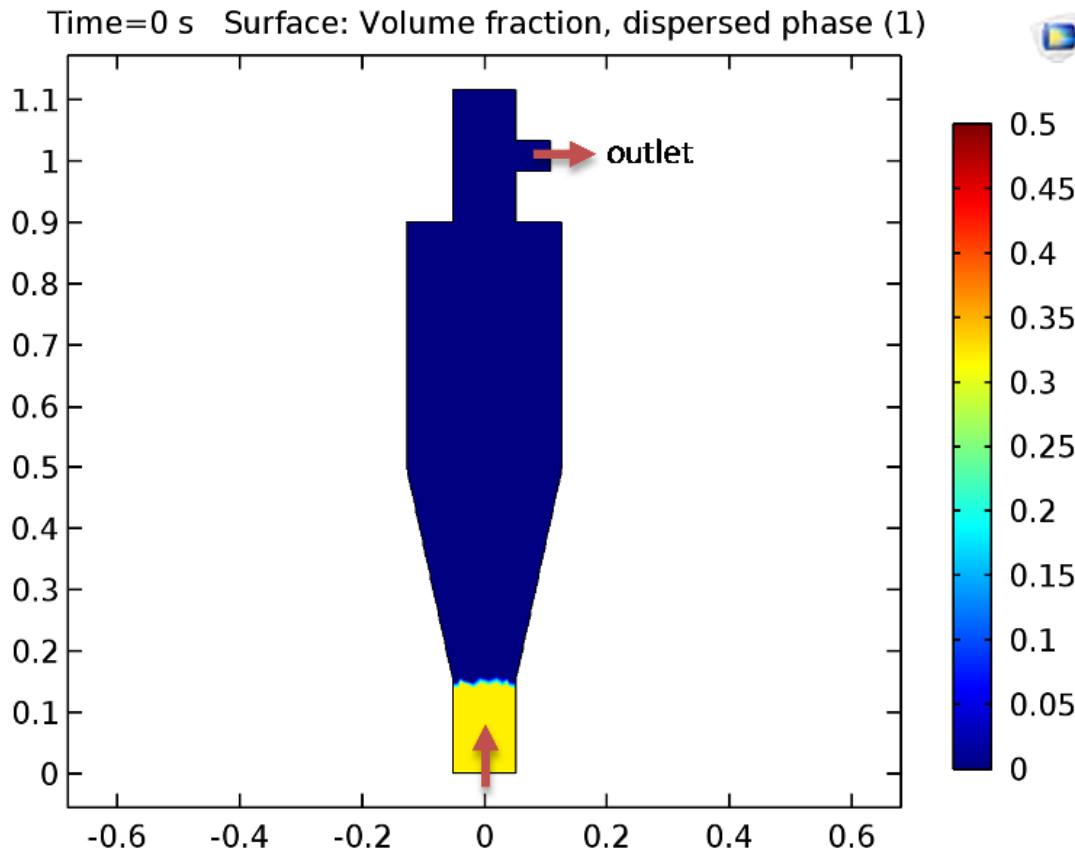
Materiais e métodos

- ▶ Construção da Geometria com as mesmas dimensões do equipamento



Materiais e métodos

► Condições de contorno do problema



- Physics: escoamento multifásico

- ▲ Fluid Flow
 - ▶ Single-Phase Flow
 - ▶ Thin-Film Flow
 - ▲ Multiphase Flow
 - ▶ Bubbly Flow
 - ▶ Mixture Model
 - ▶ Euler-Euler Model
 - ▶ Two-Phase Flow, Level Set

Materiais e métodos

► Condições de contorno do problema (baseado em Yang, N. et. al.,)

Propriedades da Fase Contínua

- Densidade do ar: $1,2 \text{ kg/m}^3$
- Viscosidade do ar: $1,8 \times 10^{-5} \text{ Pa.s}$
- Velocidade de entrada: 0 a $1,0 \text{ m/s}$

Propriedades da Fase Dispersa

- Densidade das partículas: $1446,7 \text{ kg/m}^3$
- Diâmetro das partículas: $100 \times 10^{-6} \text{ m}$
- Fração de sólidos no instante inicial: 0,32
- Condição de maior empacotamento: $\phi_{id} = 0,62$

Modelos da mistura

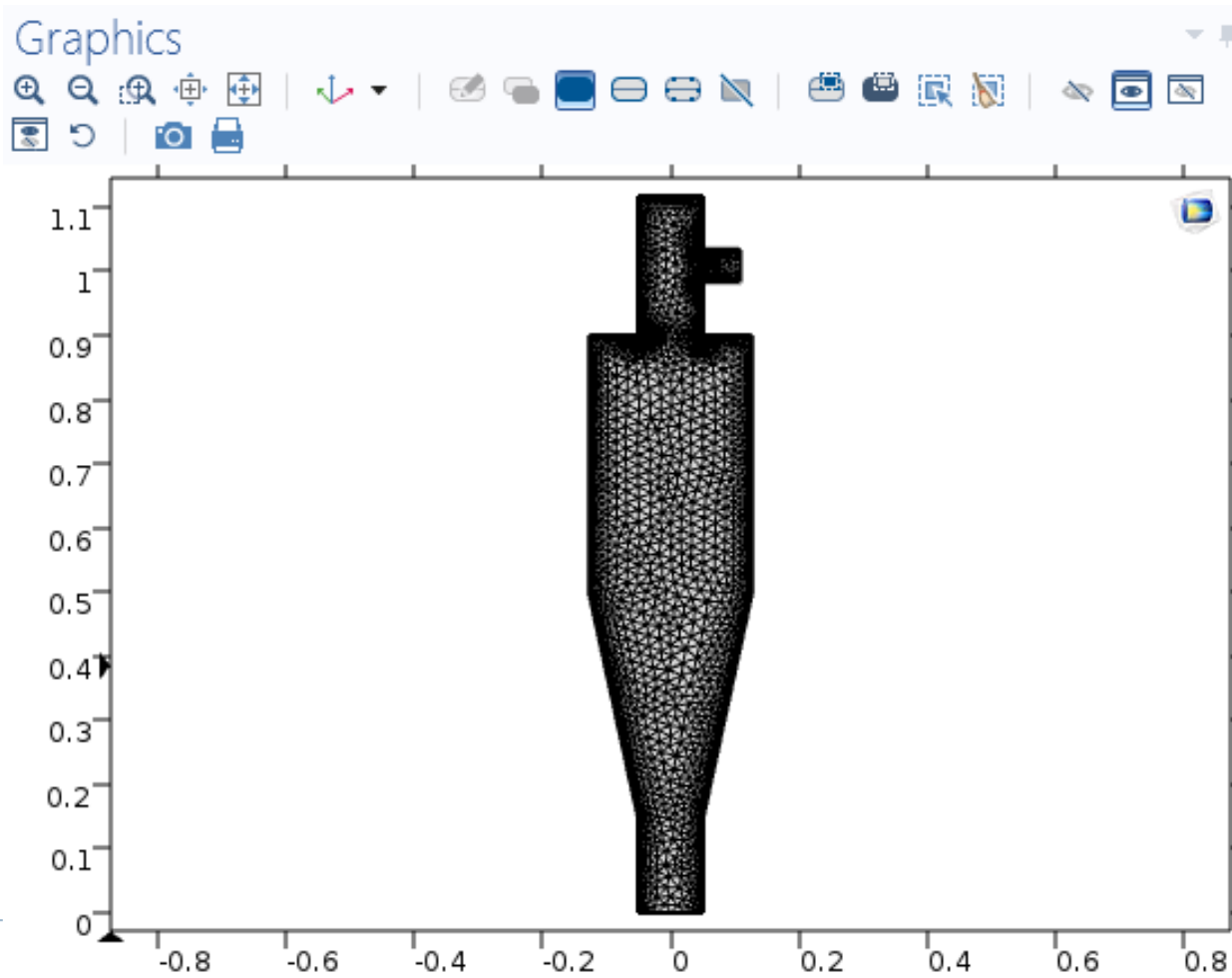
- Modelo de viscosidade da mistura: “Krieger type”
- Drag model: Gidaspow
- Solid pressure model: Gidaspow-Ettehadieh
- Gravidade: sim

Escorregamento nas paredes:

- Fase contínua: Não-escorregamento
 - Fase dispersa: Sim
-

Materiais e métodos

- ▶ Construção da Malha
 - ▶ Physics-controlled Mesh





Materiais e métodos

- ▶ Estudo dependente do tempo
 - ▶ Range(0, 0.1, 10)
- ▶ Em definições: Função analítica da Pulsação do Ar
 - ▶ (Exemplo: 300 rpm, ou 5 Hz`
frequencia (300 rpm)

Settings

Analytic

 Plot  Create Plot

Label:

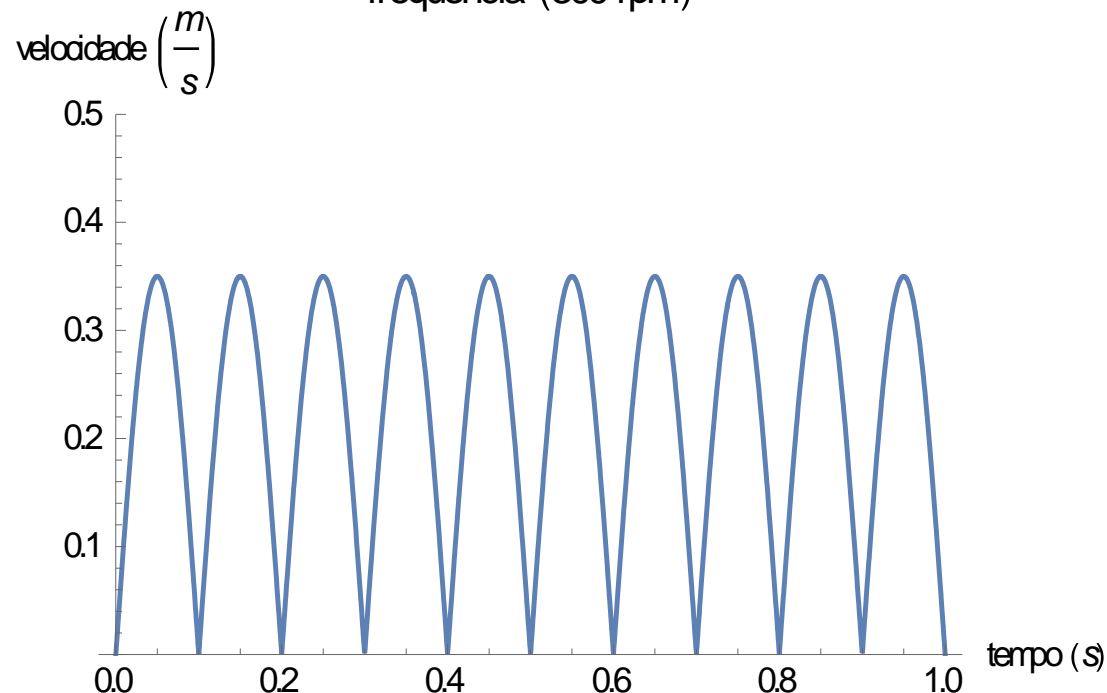
Function name:

▼ Definition

Expression:

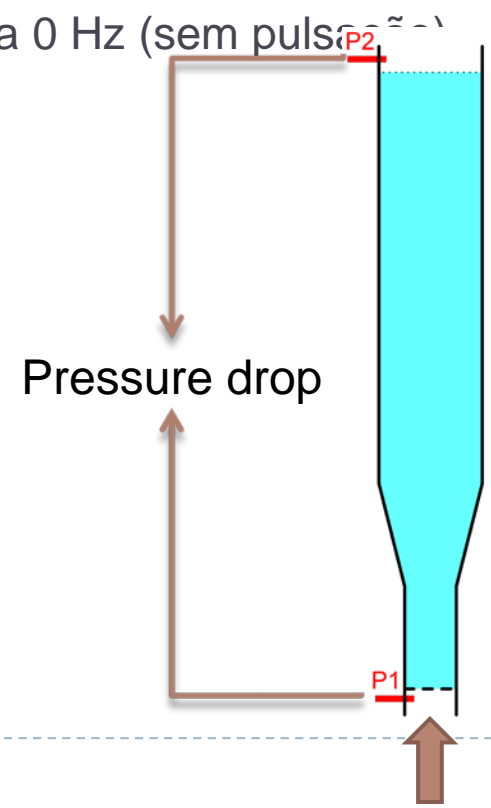
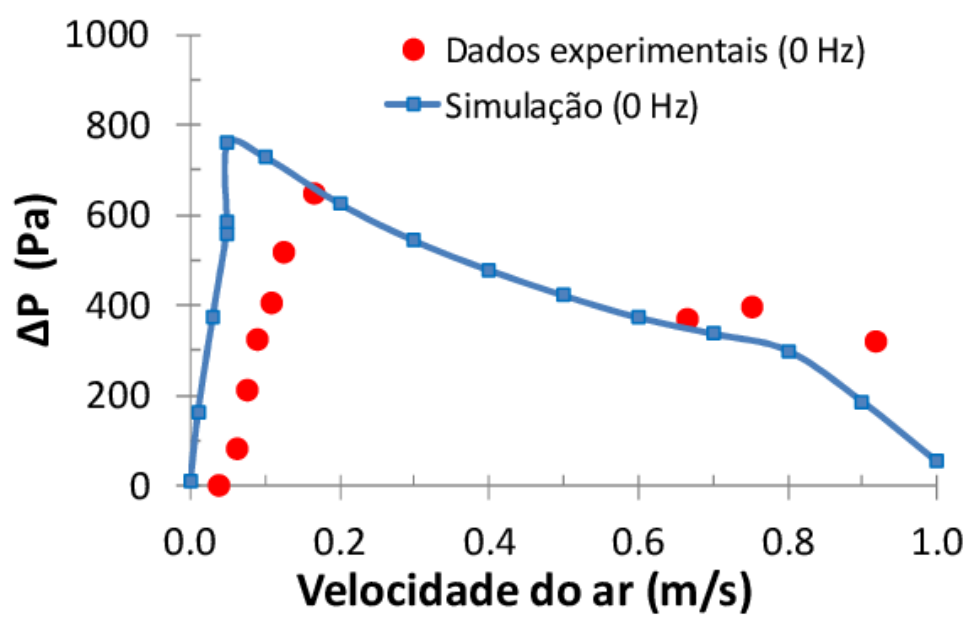
Arguments:

Derivatives:



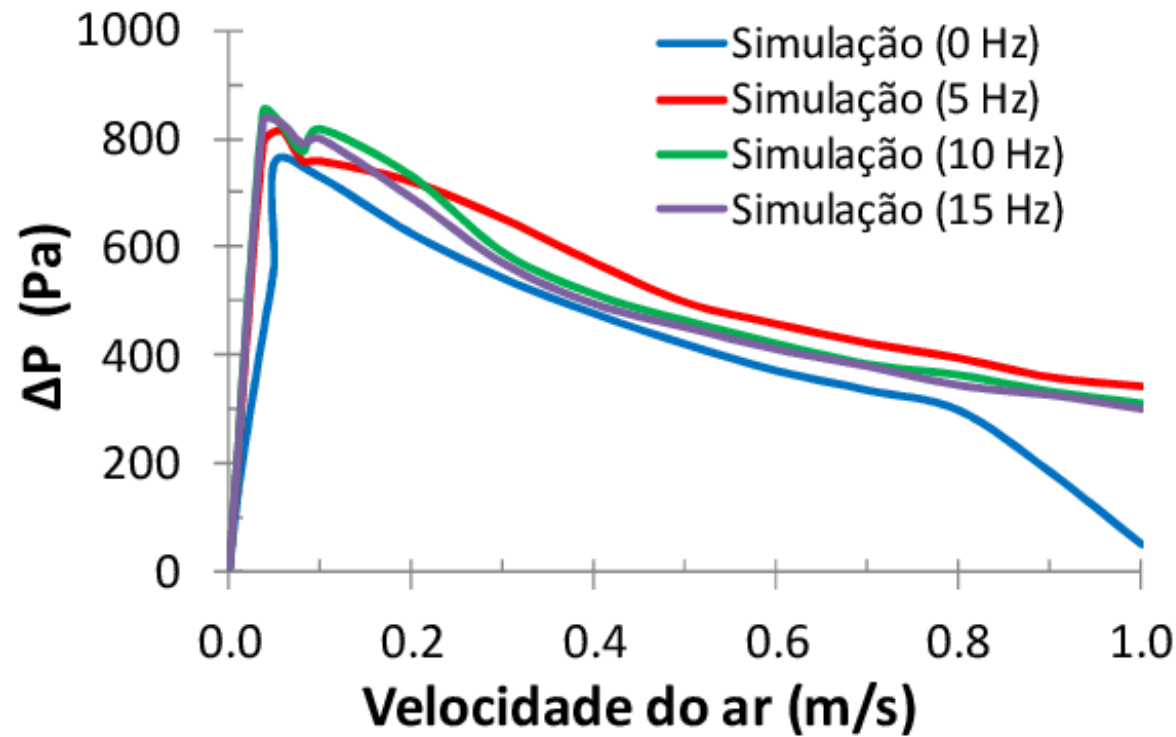
Resultados

- ▶ Obtenção dos perfis de diferença de pressão pela velocidade
 - ▶ Uso da ferramenta “*Domain Point Probe*” para aquisição dos pontos de interesse
 - ▶ Ajuste do diâmetro equivalente, e validação aos dados experimentais
- ▶ Realização dos Ensaio de simulação e validação a 0 Hz (sem pulsação)



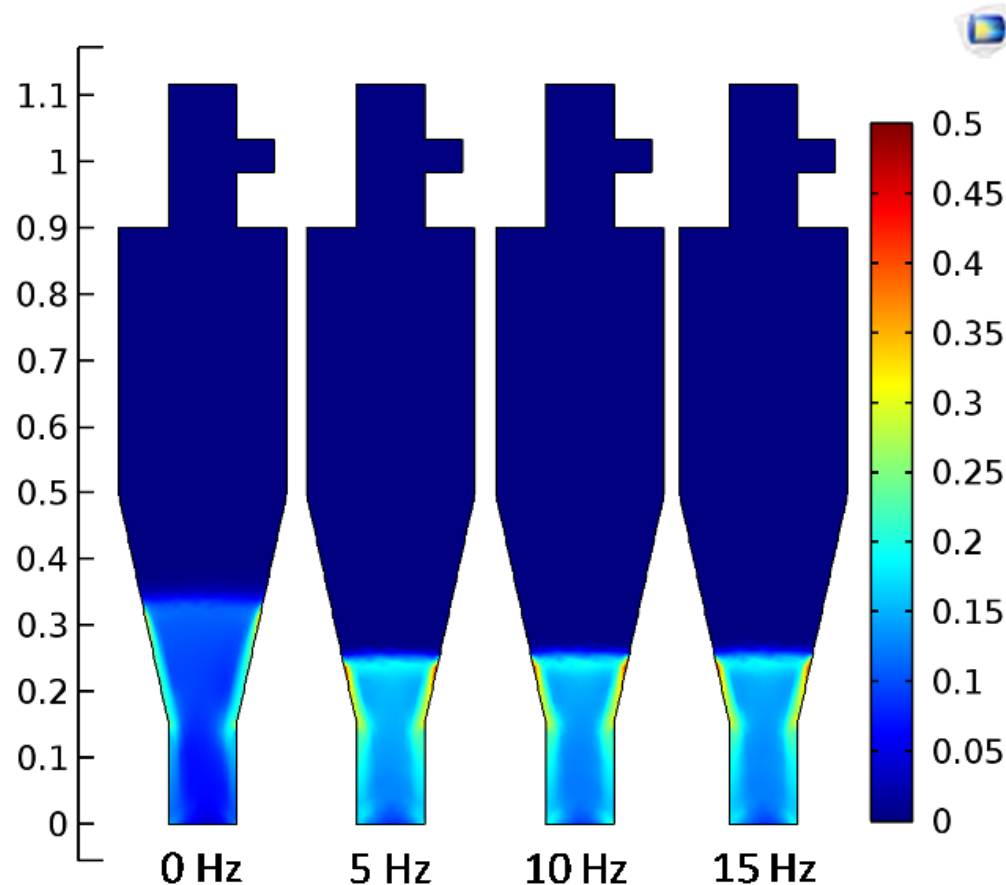
Resultados

- ▶ Ensaio de simulação para diferentes frequências de pulsação do ar

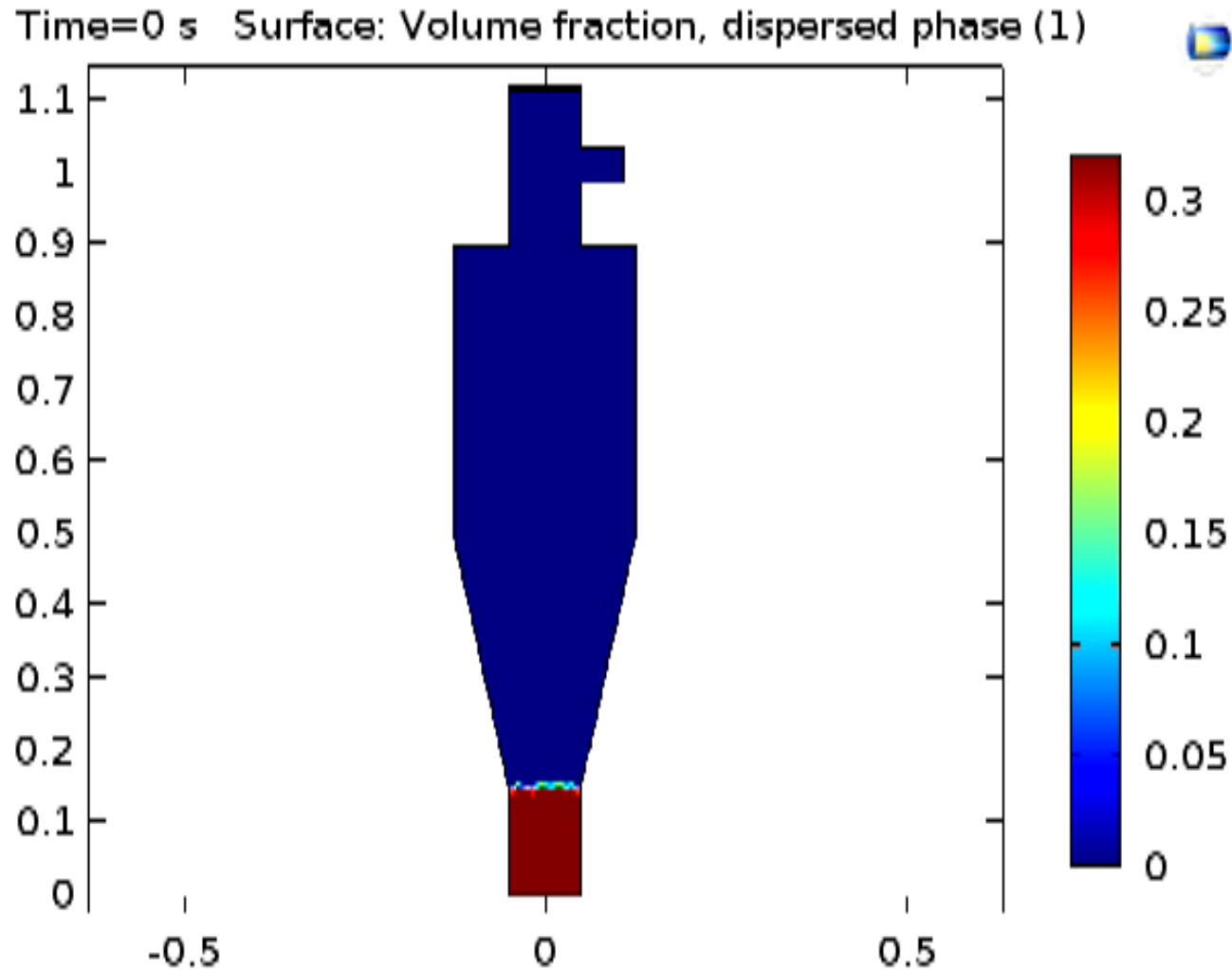


Resultados

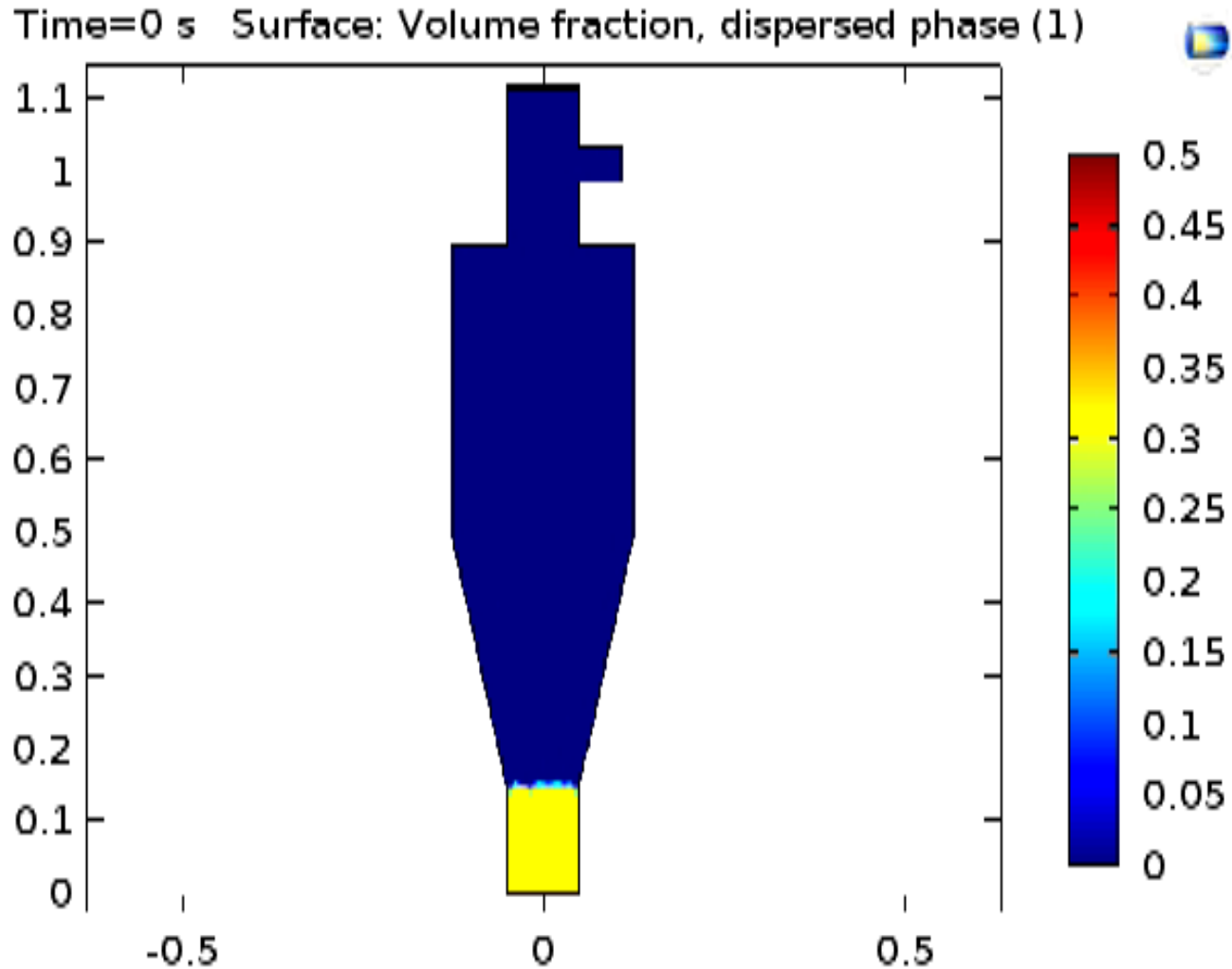
- ▶ Ensaios de simulação para diferentes frequências de pulsação do ar
- ▶ Gráfico comparativo para Velocidade em 0,40 m/s



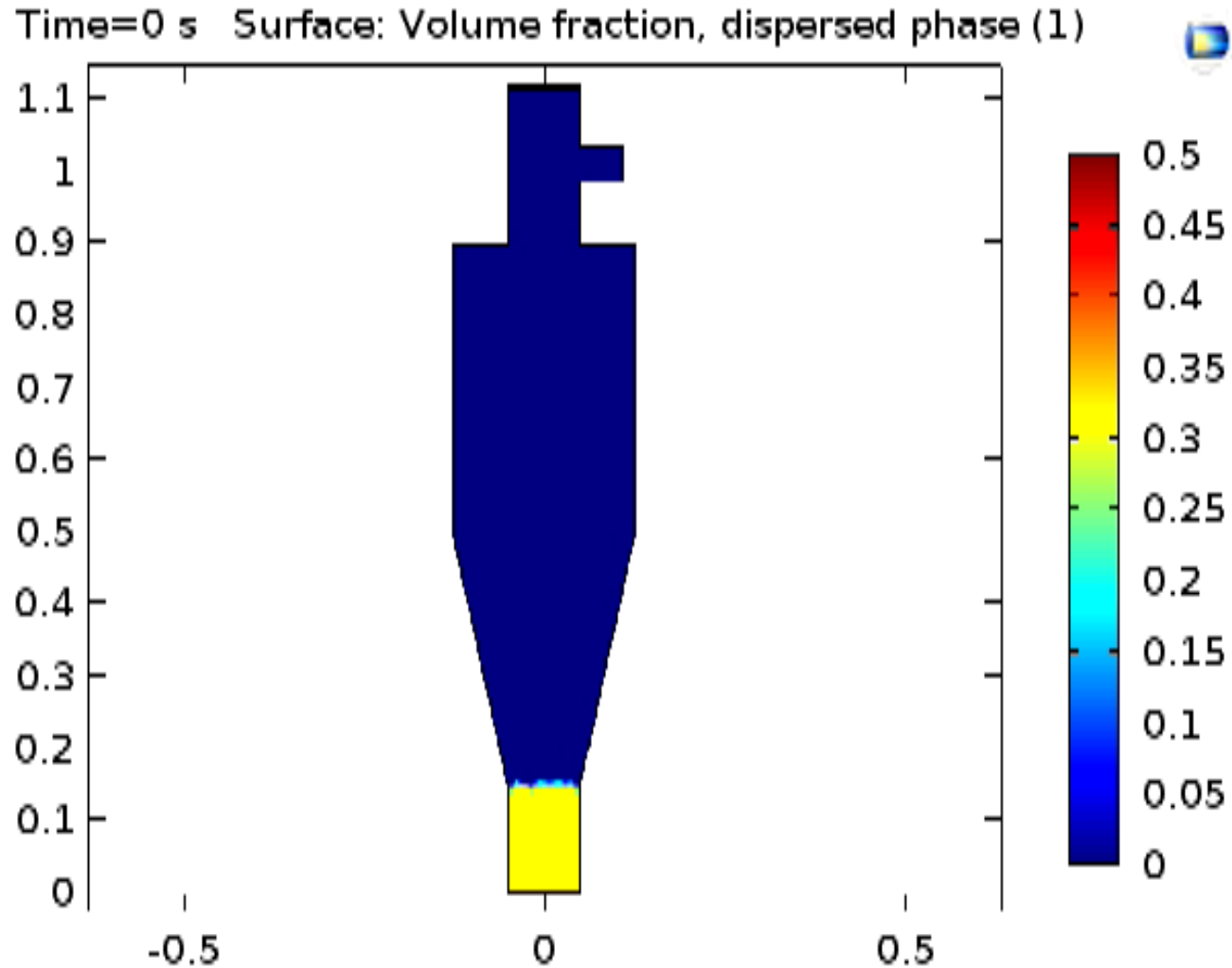
Vídeo simulação: $f = 0$ Hz; $v = 0,40$ m/s



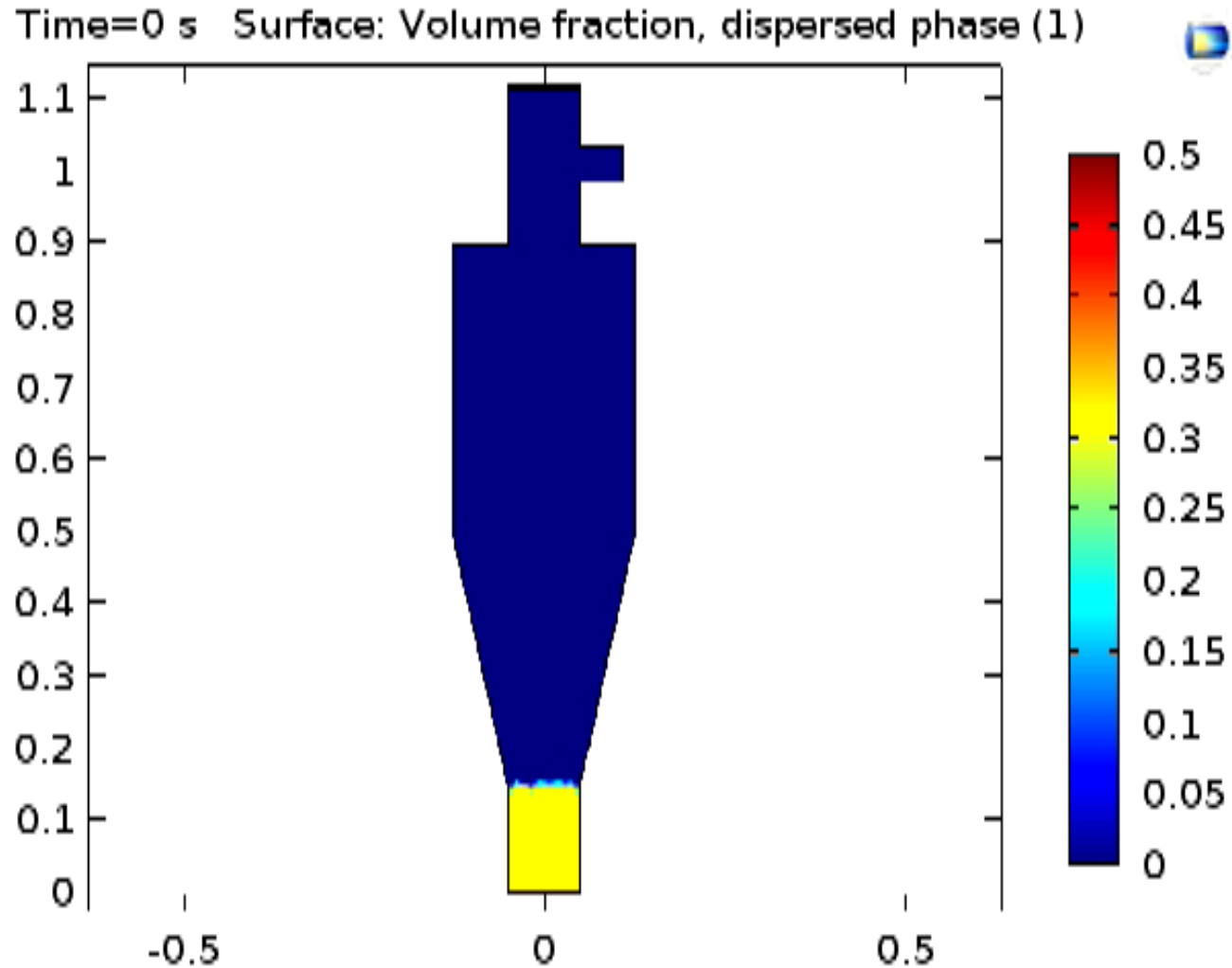
Vídeo simulação: $f = 5 \text{ Hz}$; $v = 0,40 \text{ m/s}$



Vídeo simulação: $f = 10 \text{ Hz}$; $v = 0,40 \text{ m/s}$

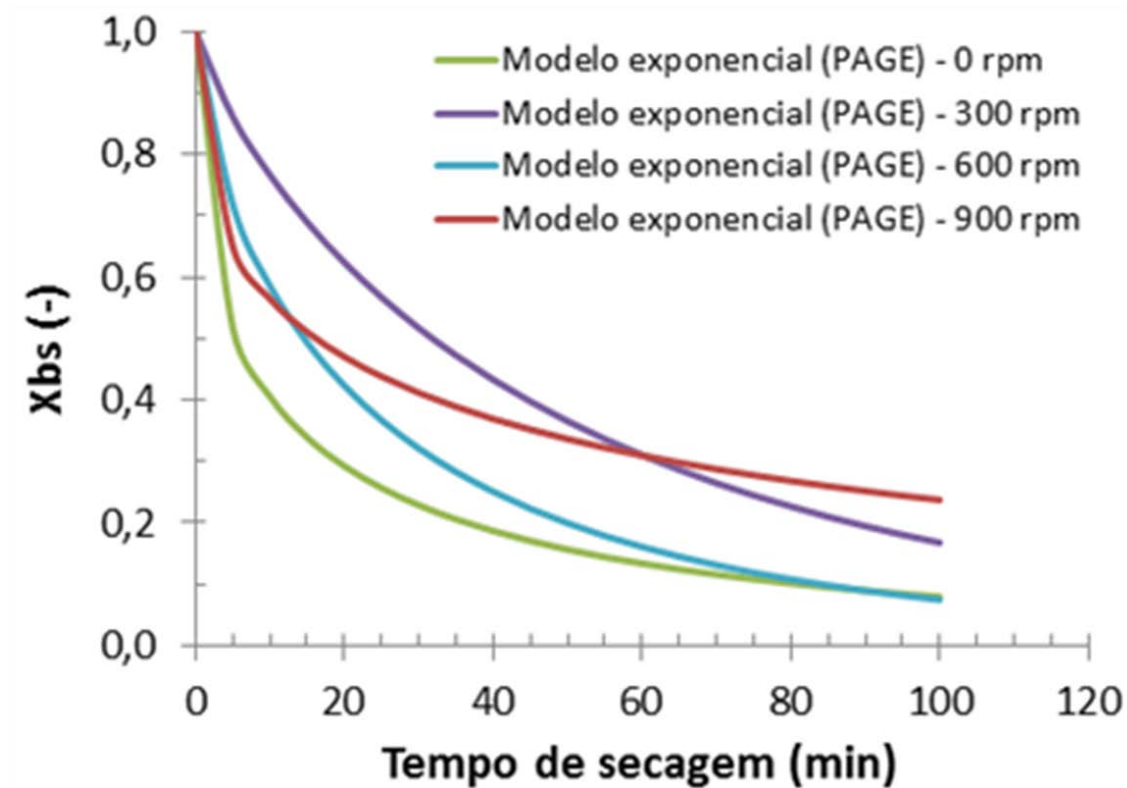


Vídeo simulação: $f = 15 \text{ Hz}$; $v = 0,40 \text{ m/s}$



Aplicações e estudos em andamento

► Efeitos da pulsação do ar na taxa de secagem



► Fonte: Da canal G.C. e Silva, G. B., Obtenção dos perfis de secagem de partículas de amido de milho em leito fluidizado pulsado, SIICUSP, 2015.

Aplicações e estudos em andamento

► Otimização de Processos de aglomeração




-
- ▶ **Agradecimentos**
 - ▶ FAPESP
 - ▶ CNPq
 - ▶ Comitê COMSOL



Referências Bibliográficas

Rayo, L.M. et. al., Production of instant green banana flour (*Musa cavendishii*, var. Nanicão) by a pulsed-fluidized bed agglomeration, *LWT - Food Science and Technology*, 63 (1), 461-469, 2015.

Yang, N. et. al., CFD simulation of concurrent-up gas–solid flow in circulating fluidized beds with structure-dependent drag coefficient, *Chemical Engineering Journal* 96, p. 71–80, 2003.



▶ Obrigado pela atenção!

gdacanal@usp.br

<http://www.usp.br/laflusp/>

