

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS APLICADO À SIMULAÇÃO DO ESCOAMENTO DE GRÃOS¹

Maurício Dos Santos Dessuy², Manuel Osório Binelo³, Victor Noster Kürschner⁴, Lucas Kieslich⁵

¹ Projeto de Iniciação Científica

² Aluno do Curso de Graduação em Ciência da Computação da UNIJUI, bolsista PIBIC/UNIJUI.

³ Professor do Programa de Pós Graduação em Modelagem Matemática.

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUI.

⁵ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUI.

Introdução

Uma das principais atividades do Brasil é o cultivo de grãos, responsável por 23% do PIB Brasileiro. No Brasil o grão que é produzido em maior escala é a soja, sua produção é tão grande que o Brasil ocupa o posto de segundo maior produtor de soja do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos como mostra na Figura 1.

Produção Mundial (milhões de t)					Consumo Mundial (milhões de t)				
Países	Safras		Variação		Países	Safras		Variação	
	14/15	15/16 ¹	Abs.	(%)		14/15	15/16 ¹	Abs.	(%)
EUA	106,9	108,4	1,5	1,4%	China	86,7	93,2	6,5	7,5%
Brasil	96,2	100,0	3,8	4,0%	EUA	54,9	55,1	0,2	0,3%
Argentina	60,8	57,0	-3,8	-6,3%	Argentina	45,2	47,1	1,9	4,1%
China	12,4	11,5	-0,9	-6,9%	Brasil	43,0	43,1	0,1	0,3%
Demais	42,5	44,2	1,7	4,0%	Demais	69,5	73,9	4,4	6,3%
Mundo	318,7	321,0	2,3	0,7%	Mundo	299,2	312,3	13,1	4,4%

Figura 1 - Comparação das safras entre os países.

Após a colheita dos grãos é necessário realizar dois processos para manter a qualidade do produto, o processo de secagem e o de armazenamento (Lima, 2014).

Quando o grão é colhido ele possui um alto nível de umidade e impurezas por causa disto é necessário que os grãos passem pelo processo de secagem artificial, este procedimento reduz a umidade dos grãos para um nível mais adequado e evita que se desenvolvam fungos e microrganismos dentro do dele, o mantendo em boa qualidade para ser armazenado e futuramente comercializado (Lima, 2014).

O processo de secagem possui um certo nível de periculosidade pois nele se trabalha com o uso de correntes de ar aquecidas para realizar a secagem do grão. O fluxo dos grãos é um fator de suma importância a ser analisado na hora da construção de uma torre de secagem, pois caso uma massa de grãos fique tempo demais recebendo correntes de ar aquecidas, ela pode aumentar as chances incêndios no interior do secador.

Hoje em dia o equipamento de secagem de grãos mais utilizado é o tipo torre com fluxo misto. Seu funcionamento permite secar grãos com uma taxa de impurezas mais elevada, os secadores são construídos com estruturas de metal com capacidade de secagem de 40 até mais 400 toneladas por hora. Seus principais componentes são:

- 1 - Bases de concreto;
- 2 - Funil e rosca de descarga;
- 3 - Mesa de descarga;
- 4 - Torre de secagem e resfriamento;
- 5 - Fornalha;
- 6 - Difusor de entrada do ar quente;

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

- 7 - Caixa e funil de carga com controle de nível;
- 8 - Difusor de saída do ar;
- 9 - Ventilador axial;
- 9 - Elevador de carga;
- 10 - Cano de retorno;

Na Figura 2 pode-se observar o funcionamento de um secador do tipo torre com fluxo misto.

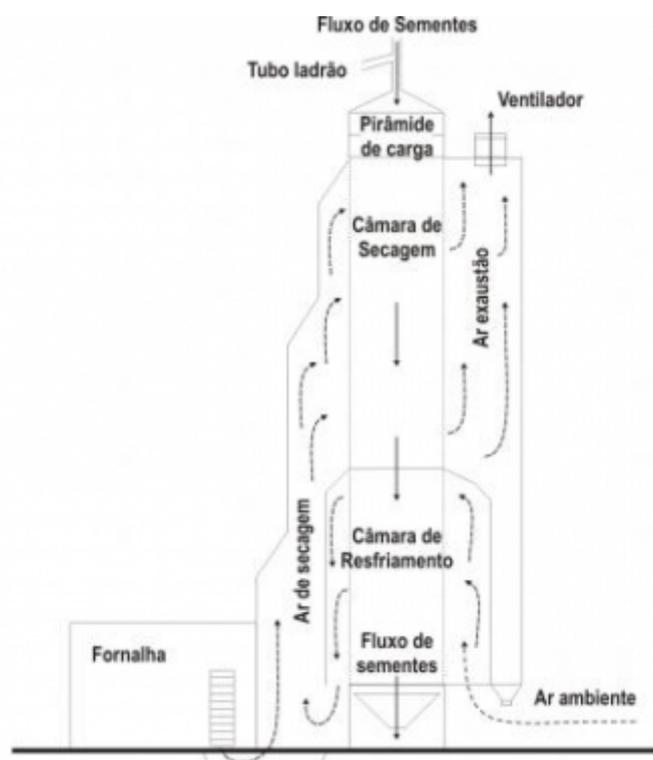


Figura 2 - Torre de Secagem com fluxo misto.

A principal estrutura do secador de fluxo misto é a torre de secagem. Sua função é fazer a passagem de correntes de ar para reduzir a umidade dos grãos. Esse componente está dividido em duas áreas diferentes a parte superior e a parte inferior. Na parte superior é onde ocorre a secagem do grão com a passagem de ar quente e na parte inferior acontece o resfriamento do grão para deixá-lo em uma temperatura ideal para o armazenamento (Lima, 2014).

Passado pelo processo de secagem artificial o grão precisa ser armazenado, para isso é necessário uma estrutura de armazenamento com condições favoráveis para a estocagem dos grãos, o armazém precisa ser previamente esterilizado para evitar o desenvolvimento de insetos, ácaros e microrganismos, além de possuir sistemas de controle de umidade e temperatura para desacelerar a atividade metabólica do grão fazendo com que seu consumo de reservas nutricionais seja menor, evitando deteriorações no grão e mantendo sua qualidade nutricional.

O objetivo do projeto de pesquisa é analisar o processo de escoamento e secagem de grãos através de experimentos físicos e simulações computacionais.

Materiais e Métodos

Para entender o processo de escoamento dos grãos a pesquisa se dividiu em duas partes. Uma com experimentos físicos

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

sobre o escoamento e a outra com a criação de simulações computacionais do processo de escoamento. Os experimentos físicos foram realizados com a utilização de um aparato experimental para realizar o escoamento dos grãos, como mostra na figura 3. Nestes experimentos foram testadas diversas situações de escoamento:

- Com variação no ângulo do aparato de 30°, 45° e 90° graus;
- Com variação na umidade dos grãos;
- Com variação na abertura do funil de escoamento do aparato.



Figura 3 - Aparato Experimental.

O fluxo de grãos é algo muito complexo de ser analisado por causa de sua natureza discreta. Para entendê-lo utiliza-se o método dos Elementos Discretos (MED) que é um método de simulação numérica utilizado para representar um grupo de partículas independentes, cada uma interagindo com as outras partículas e outras estruturas como obstáculos, paredes, caixas, etc. (Rios, 2002).

Para realizar as simulações do fluxo de grãos utilizou-se o software Yade (Yet Another Dynamic Engine). O Yade é um software livre que faz a implementação do MED, ele foi desenvolvido na linguagem de programação C++, porém os scripts de simulação são feitos na linguagem Python, por o software ser feito em C++ ele utiliza o paradigma da orientação a objetos e possui a licença GNU General Public License, permitindo com que a comunidade científica e qualquer pessoa possa ter acesso aos códigos fontes e possa modificá-los a fim de promover melhorias no software (Smilauer et al, 2015).

A linguagem Python é utilizada para uma construção mais rápida e concisa das cenas, controle da simulação, pós-processamento e depuração (Smilauer et al, 2015).

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

O software Yade possui um pequeno inconveniente no quesito portabilidade e compatibilidade, pois o programa apenas é executável em sistemas operacionais Linux e não apresenta compatibilidade com certas versões de distribuições Linux. Porém isto não é um problema, existe o software Woo que também implementa o MED, ele possui a licença GPL e possui compatibilidade com os sistemas operacionais Windows e Linux.

Resultados e Discussão

Durante o período da pesquisa foram realizadas experiências físicas do escoamento de diversos tipos de grãos e foi gravado vídeos para facilitar posteriormente na análise. Dentre os grãos utilizados na experiências estão: A soja, milho, aveia e trigo.

Para cada um dos grãos anteriormente citados foram realizados diversos experimentos com algumas variações no processo como por exemplo alteração no ângulo do aparato, na umidade dos grãos e no tamanho da abertura do funil de escoamento.

Para realizar as simulações computacionais foi necessário medir o aparato para poder construí-lo com as proporções adequadas no software Yade, como mostra na Figura 3, após a implementação do aparato foi adicionado a simulação um pacote de esferas representando os grãos de soja, com suas características e propriedades, por causa do seu formato semelhante.

Com o aparato construído e os grãos adicionados começou a fase de comparação dos vídeos dos experimentos físicos com as simulações computacionais, e os resultados foram correspondentes para os experimentos com o grão da soja.

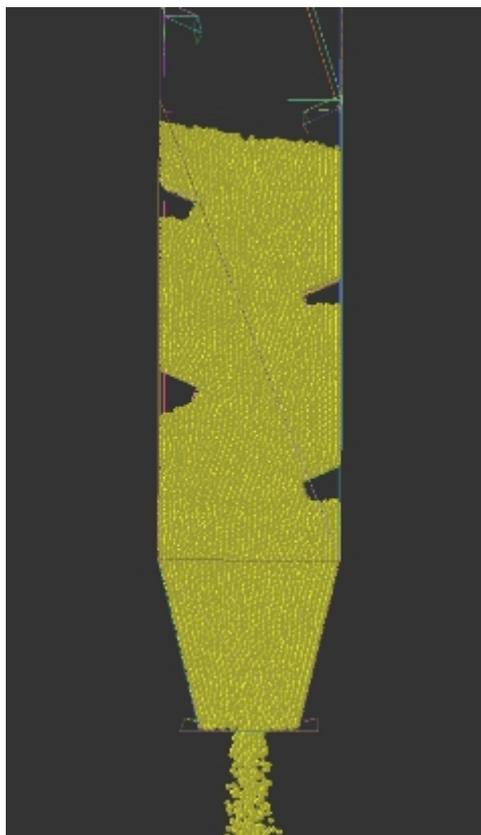


Figura 4 - Simulação Computacional de escoamento de soja.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

Após as comparações procurou-se realizar as simulações com o uso de threads para paralelizar o processo e tornar a execução mais rápida, e em média reduziu o tempo total da simulação de três a quatro minutos.

Conclusão

O projeto de pesquisa está apenas em sua fase inicial, pretende-se no futuro fazer os experimentos com diferentes tipos de grãos, adicionar sensores para pegar o nível de umidade do grãos antes deles passarem pelo aparato, realizar as simulações computacionais para os outros tipos de grãos e fazer o uso de processamento paralelo para realizar estas novas simulações.

Nas simulações com a soja utilizou-se pacotes de esferas para representa-las dado seu formato semelhante, porém para as novas simulações com os grãos de aveia e trigo precisará pensar em uma maneira diferente de modela-los no software, visto que possuem formatos diferentes, a aveia apresentando um formato cilíndrico com extremidades pontiagudas e o trigo apresentando um formato ovalado com extremidades arredondadas. Para as simulações com o milho o processo fica mais complexo pois ele possui um formato irregular.

Palavras-chave: Secagem Artificial; Yade; Simulação computacional; Fluxo de grãos, Soja.

Agradecimentos

Ao PIBIC e a UNIJUI pelo financiamento deste projeto, aos orientadores e coautores que auxiliaram no desenvolvimento do projeto.

Referencias

Smilauer et ai. (2015), Documentação Yade 2ª ed. O Projeto Yade. DOI 10,5281 / zenodo.34073 (<http://yade-dem.org/doc/>)

Lima, Rodolfo França de. "Modelagem matemática do escoamento de grãos de soja em um secador com fluxo misto usando o método dos elementos discretos." (2014).

Rios, Roberto Domingo. Aplicações do método dos elementos discretos em estruturas de concreto. Diss. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.