

Análise de Desempenho em Simulações Utilizando em Software Livre o Método dos Elementos Discretos *

Ricardo K. Lorenzoni¹, Mauricio Dessuy¹, Saul V. Winik¹, Victor N. Kurshner¹,
Manuel O. Binelo¹, Oleg Khatchatourian¹, Edson L. Padoin¹

¹Universidade Reg. do Noroeste do Estado do Rio G. do Sul (UNIJUI)
Ijuí – RS – Brasil

{ricardo.lorenzoni, saul.winik, binelo, olegkah, padoin}@unijui.edu.br,

{vickurschner, mauriciodessuy}@hotmail.com

Resumo. Evitar erros no processo de secagem e entender o comportamento dos grãos dentro de um secador é de grande importância para garantir a qualidade dos grãos armazenados. O método dos elementos discretos (MED) é um método numérico para a simulação do comportamento mecânico de materiais granulares. O objetivo desta pesquisa é analisar o desempenho do software WOO, utilizado para simulações MED, buscando apresentar opções que melhorem o desempenho da aplicação.

1. Introdução

Minimizar as perdas pós colheita é de grande importância em qualquer cultura de grãos, um dos processos utilizados neste intuito é a secagem, que visa reduzir a umidade dos grãos a um teor aceitável para o armazenamento. A secagem incorreta pode acarretar em perda de produto e até em incêndios no interior do secador [de Lima et al. 2015]. Para evitar tais riscos, emprega-se a modelagem matemática e simulações computacionais [Weber 2005].

O Método dos Elementos Discretos (MED) é uma técnica numérica para simulação do comportamento mecânico de materiais granulares [González-Montellano et al. 2012], devido ao alto custo computacional, a simulação realística deste comportamento é um dos grandes desafios da pesquisa atualmente [Xu et al. 2011].

O *software* livre WOO, é um ambiente amplamente utilizado que aplica o MED, e permite a modelagem do cenário, possibilitando a simulação de variados cenários reais. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é analisar o desempenho de uma simulação no *software* WOO em um computador equipado com processador de propósito geral.

2. Trabalhos Relacionados

Diversos trabalhos na literatura utilizam o método dos elementos discretos para simular o fluxo de materiais granulares. Em seu trabalho, Peng et al. simularam as regiões de fluxo em funis cilíndricos de fundo plano e gravitacional para investigar a velocidade e distribuição de partículas em uma GPU utilizando o MED [Peng et al. 2016].

Gan et al. implementaram um algoritmo de simulação do MED e realizam diversas simulações diferentes, envolvendo diferentes formas geométricas e diferentes casos de

*Trabalho parcialmente apoiado por UNIJUI e CNPq. Pesquisa realizada no contexto do Laboratório Internacional Associado LICIA e tem recebido recursos do edital da VRPGPE de bolsa e PIBIC/UNIJUI

simulação utilizando uma ou muitas GPUs [Gan et al. 2016]. Diferente destes, o presente trabalho avalia o desempenho da utilização de *OpenMP* em um programa utilizado para simulações MED, avaliando o *speedup* alcançado utilizando diversas quantidades de *threads*.

3. Metodologia

A simulação utilizada nesta pesquisa trata do escoamento de uma camada de grãos de soja dentro de um aparato que simula em escala reduzida um secador de grãos. O escoamento dos grãos ocorre por uma abertura na parte inferior do aparato.

Os experimentos serão realizados em uma CPU com processador de propósito geral, os resultados serão uma média de 30 execuções. Serão adquiridos dados de tempo de execução e consumo de energia. O consumo de energia será avaliado por meio da utilização do equipamento *Dranetz Power Platform 4400*.

O *software* a ser avaliado já possui implementação paralela, onde os desenvolvedores utilizaram a diretiva `#pragma omp parallel for` para paralelizar o laço principal do programa de simulação. Focando no ganho de desempenho, serão realizadas diversas modificações no programa. Dentre as modificações propostas, encontrar metodologias alternativas para a execução do laço principal do *kernel* do programa é a principal delas.

4. Resultados Preliminares

Resultados preliminares mostram que o *speedup* obtido pela técnica de paralelização utilizada pelos desenvolvedores foi de 2,25 com 8 *threads*, obtendo uma eficiência de 0,28 na utilização dos recursos computacionais disponíveis.

Ao final da pesquisa, espera-se apresentar qual a melhor implementação de paralelismo a ser utilizada neste *software*, bem como, um ganho de desempenho na utilização deste *software*, e, conseqüentemente, um ganho de eficiência energética. Trabalhos futuros incluem portar o *software* utilizado para GPUs.

Referências

- [de Lima et al. 2015] de Lima, R. F., Winik, S. V., Faoro, V., Binelo, M. O., and Khatchatourian, O. (2015). Simulação do escoamento de grãos de soja em um secador com fluxo contínuo. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, 3(1).
- [Gan et al. 2016] Gan, J., Zhou, Z., and Yu, A. (2016). A gpu-based dem approach for modelling of particulate systems. *Powder Technology*, 301:1172–1182.
- [González-Montellano et al. 2012] González-Montellano, C., Fuentes, J., Ayuga-Téllez, E., and Ayuga, F. (2012). Determination of the mechanical properties of maize grains and olives required for use in dem simulations. *Journal of Food Engineering*, 111(4):553–562.
- [Peng et al. 2016] Peng, L., Xu, J., Zhu, Q., Li, H., Ge, W., Chen, F., and Ren, X. (2016). Gpu-based discrete element simulation on flow regions of flat bottomed cylindrical hopper. *Powder Technology*.
- [Weber 2005] Weber, E. (2005). Excelência em beneficiamento e armazenamento de grãos. *Cañoas, RS: Editora Salles*.
- [Xu et al. 2011] Xu, J., Qi, H., Fang, X., Lu, L., Ge, W., Wang, X., Xu, M., Chen, F., He, X., and Li, J. (2011). Quasi-real-time simulation of rotating drum using discrete element method with parallel gpu computing. *Particuology*, 9(4):446–450.