

## **SIMULAÇÃO DINÂMICA DA TRAJETÓRIA DE UMA PARTÍCULA DE FERTILIZANTE EM UM DISTRIBUIDOR A LANÇO**

**ANTÔNIO H. B. RIBEIRO<sup>1</sup>, ANDREI GRESPAN<sup>2</sup>, HUGO R. FERNANDES<sup>3</sup>, FABRÍCIO T. SOARES<sup>3</sup>, ANGEL P. GARCIA<sup>4</sup>,**

1 Tec<sup>o</sup> Mecânico, Mestrando, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), UNICAMP, Campinas – SP.

2 Graduando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola UNICAMP, Campinas – SP.

3 Eng<sup>o</sup> Agrícola, aluno de mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola UNICAMP, Campinas – SP.

4 Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Dr., Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), UNICAMP, Campinas – SP.

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

**RESUMO:** Distribuidores à lanço são extensamente utilizados devido a sua simplicidade operacional, construtiva e de baixo custo. Entretanto, estes equipamentos apresentam deficiências para a aplicação homogênea de fertilizantes em sua faixa de trabalho. Isso se deve às características construtivas, as propriedades do produto a ser aplicado, a velocidade angular dos discos e as configurações de operação. A caracterização da cinemática da partícula, através de um modelo balístico tridimensional, é a proposta do presente trabalho. O objetivo foi avaliar, por meio de modelos matemáticos analíticos, a trajetória da partícula e sua interação com o disco. Neste trabalho utilizou-se um modelo que considera a interação entre a partícula e o disco com aletas radiais. Foram simuladas, como parâmetros de entrada a posição inicial da partícula, o ângulo de inclinação e a velocidade angular do disco. A resposta do modelo foi a velocidade de saída da partícula que foi a condição inicial do movimento balístico após esta deixar de ter contato com o disco. Por meio dessas simulações foi possível observar que há influência significativa destes fatores na trajetória dos grãos de fertilizante e subsequente distância de aterrissagem no solo. Estas simulações podem auxiliar em projetos para o melhor desempenho dos distribuidores à lanço.

**PALAVRAS-CHAVE:** dosador de fertilizante, adubo, máquinas agrícolas

## **DYNAMIC SIMULATION OF THE MOTION OF A FERTILIZER PARTICLE IN A CENTRIFUGAL SPREADER**

**ABSTRACT:** Centrifugal spreaders are widely used due to operational simplicity, design and low cost. However, these devices present trouble for homogeneous fertilizer application in the working range. This fact is due to the constructive characteristics, product properties, angular velocity of the disks and operational settings. The kinematics characterization for the particle using a three-dimensional ballistic model is the purpose of this paper. The objective was to evaluate, with a analytical mathematical model the trajectory of the particle and her interaction

with the disc. In this study we used a model that considers the interaction between the particle and the disk with radial vanes. Were simulated as input, the initial position of the particle, the slant angle and the angular velocity of the disc. The model's response was the particle output speed which was the initial condition of the ballistic motion after it no longer own contact with the disc. With these simulations was possible note that there is significant influence of these factors in the trajectory of fertilizer grains and consequently landing distance in the soil. These simulations can assist in projects for the best performance of centrifugal spreaders.

**KEYWORDS:** fertilizer applicator, fertilizer, agricultural machines

**INTRODUÇÃO:** Defini-se como agricultura de precisão (AP) uma abordagem que considera a variabilidade espacial e temporal visando o uso racional de insumos aumentando a rentabilidade do produtor. No que tange ao uso de equipamentos, o conhecimento dos modelos matemático e simulações podem auxiliar em projetos otimizados e sistemas de controle, neste contexto Molin (2008) observa que os distribuidores a lança são implementos que podem ser utilizados na AP. Teixeira et. al (2009) classificam como dosadores volumétricos centrífugos, os equipamentos que transportam continuamente o adubo por meio do uso de um disco distribuidor. A quantidade do insumo aplicado é realizado por meio do controle da velocidade da esteira dosadora que alimenta um disco dosador que tem a função de lançar o fertilizante. A distância longitudinal que a partícula percorre é função entre outras da velocidade angular e do raio do disco, da rugosidade do material utilizado na composição dos discos, o tamanho e peso das partículas bem como seu formato.

A caracterização da cinemática da partícula, através de um modelo balístico tridimensional, é a proposta do presente trabalho. O objetivo foi avaliar, por meio de modelos matemáticos analíticos, a trajetória da partícula e sua interação com o disco.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os modelos utilizados na simulação da trajetória da partícula no disco lançador consideraram os seguintes esforços, com mostrado no Diagrama de Corpo Livre (DCL), Figura 1.

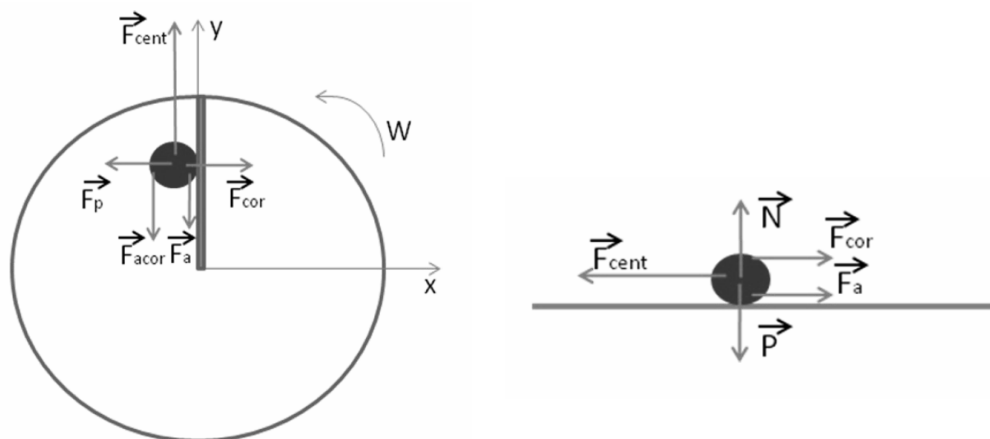


FIGURA 1. DCL do modelo utilizado; (a) vista superior; (b) vista lateral; em que  $F_{cent}$  – Força centrífuga,  $F_{cor}$  – Força de Coriolis,  $F_a$  – Força de atrito entre granulo e disco,  $F_p$  – Força de reação da aleta,  $F_{acor}$  – Força de atrito entre parede e granulo devido à coriolis,  $P$  – Força peso,  $N$  – Força Normal,  $W$  – velocidade angular do disco lançador.

Os modelos matemáticos dos esforços apresentados no DCL são definidos a seguir pelas equações (1), (2) e (3). Por meio destas, foram simulados, no programa Matlab/SIMULINK a trajetória da partícula ao longo do disco e posteriormente o movimento balístico da partícula após esta deixar o disco lançador.

$$F_{cent} = \omega^2 \cdot m \cdot R_{per} \tag{1}$$

em que,

- $F_{cent}$  - Força centrífuga, N;
- $\omega$  - Velocidade Angular do disco lançador,  $\text{rad s}^{-1}$ ;
- $m$  - Massa do granulo, kg, e
- $R_{per}$  - Raio percorrido pelo Granulo, m.

$$F_a = m \cdot g \cdot \mu \cdot g/d \tag{2}$$

em que,

- $F_a$  - Força de Atrito, N;
- $g$  - Aceleração da gravidade,  $\text{m s}^{-2}$ , e
- $\mu \cdot g/d$  - Coeficiente de Atrito (granulo com disco).

$$F_{acor} = [2 \cdot m (\nu \times \omega)]. \mu \cdot g/p \tag{3}$$

em que,

- $F_{acor}$  - Força de atrito por Coriolis, N, e
- $\mu \cdot g/p$  - Coeficiente de Atrito (granulo com palheta).

Por meio do modelo gerado em Matlab/SIMULINK (Figura 2) se variou as características de disco de lançamento e sua velocidade angular com a finalidade de se verificar a influencia de tais parâmetros na distância percorrida longitudinalmente pela partícula.

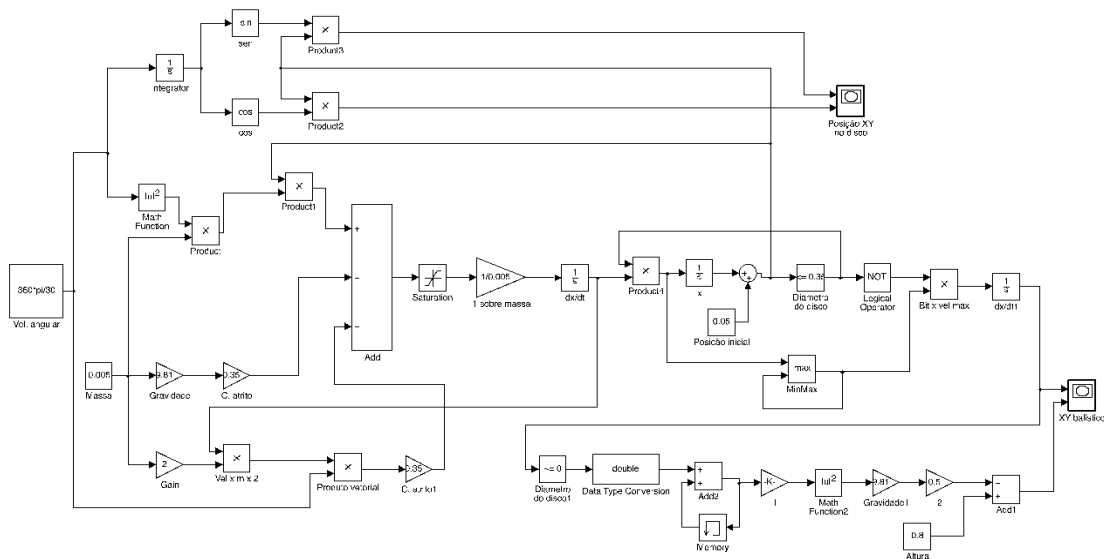


FIGURA 2. Diagrama do programa desenvolvido em Matlab/SIMULINK.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Por meio das simulações foi possível se obter a trajetória da partícula em dois estágios: a partícula em contato com o disco de lançamento e após o lançamento, conforme ilustram os gráficos da Figuras 3a e 3b.

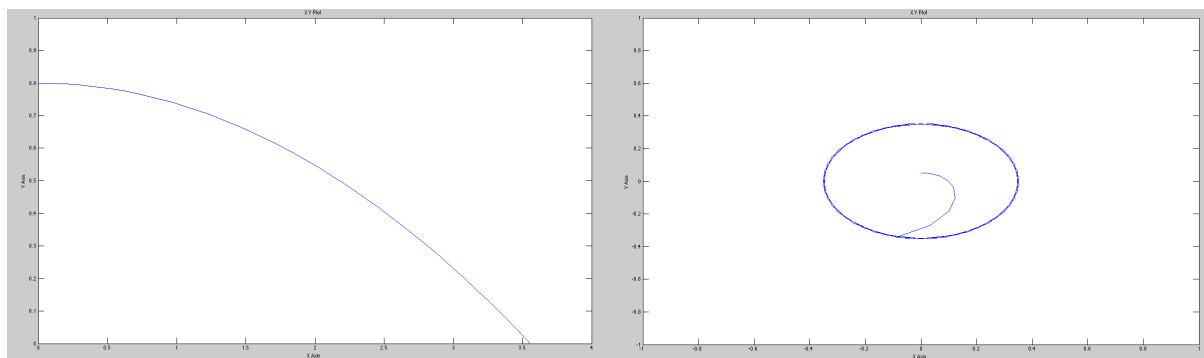


FIGURA 3. Trajetória da partícula simulada (a) em contato com o disco; (b) após o lançamento.

Foram obtidos os seguintes resultados por meio das simulações e apresentados na TABELA 1. Nesta pode-se observar que a velocidade angular do disco lançador tem maior influência na distância de lançamento do que o tamanho do disco. Desta forma uma atuação efetiva na velocidade angular pode alterar significativamente a distância de lançamento.

TABELA 1. Resultados da distância e lançamento da partícula em função do raio do disco lançador e de sua velocidade angular.

Teste	Raio [m]	Vel. Angular [rpm]	Distância percorrida [m]
1	0,25	360	3,7
2	0,25	540	5,8
3	0,35	360	4,0
4	0,35	540	6,0
5	0,50	360	6,6
6	0,50	540	8,9

**CONCLUSÕES:** Neste trabalho pode-se verificar, por meio de simulações, que os parâmetros de velocidade angular do disco lançador do disco influenciam na distância de lançamento da partícula. A distância que a partícula pode percorrer varia de 3,7 à 8,9 m, para o raio do disco de 0,25 m e velocidade angular de 360 rpm e 0,50 m e 540 rpm, respectivamente.

## BIBLIOGRAFIA

MOLIN, J.P. **Agricultura de Precisão: o gerenciamento da variabilidade**. 3. ed. Piracicaba, SP. 2008. 83p.

SILVEIRA, G.M. **Máquinas Para Plantio e Condução das Culturas**. Viçosa-MG. Editora Aprenda Fácil, 2001, 336 p.

TEIXEIRA, M. M.; QUEIROZ, D. M.; E.A. OLIVEIRA. **Distribuidoras de adubos e calcário: operação e manutenção**. 2. ed. Brasília: SENAR, 2009. 116 p.