

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

# Simulação Computacional e Análise da Estabilidade da Dinâmica de um Sistema Dosador de Adubo à Taxa Variável

Mauricio da Silva Pinto<sup>1</sup>Ronei Osvaldo Ziech<sup>2</sup>Antonio Carlos Valdiero<sup>3</sup>Luiz Antonio Rasia<sup>4</sup>

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, DCEEng, Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas, NIMASS, UNIJUÍ, Panambi, RS

## 1 Introdução

Apresentam-se os resultados da simulação computacional e da análise da estabilidade do comportamento dinâmico de um sistema dosador de adubo à taxa variável, com base em um modelo matemático de primeira ordem. O objetivo é prever e analisar a resposta dinâmica da quantidade de adubo dosada. Nota-se o desenvolvimento da informatização do meio rural e do crescimento da agricultura de precisão [1], propiciando a modernização da mecanização agrícola e conseqüentemente a necessidade de pesquisa e desenvolvimento para a evolução dos sistemas de controle à taxa variável. Embora existam equipamentos no mercado, ainda há uma carência no desenvolvimento de semeadoras-adubadoras à taxa variável para os fabricantes nacionais de equipamento agrícola. Portanto, busca-se com este trabalho contribuir para o desenvolvimento do controle à taxa variável.

A seção seguinte descreve a análise da estabilidade do sistema dosador de adubo à taxa variável e também apresenta resultados das simulações computacionais.

## 2 Análise de Estabilidade do Sistema e Simulação Computacional

Considere o seguinte modelo matemático:  $\dot{\omega} = \frac{T_m}{I_{eq}} - \frac{B}{I_{eq}} \cdot \omega$ , que representa a dinâmica da velocidade angular  $\omega$  (*rad/s*) do eixo dosador de adubo,  $T_m$  (*N.m*) para um torque de entrada do motor,  $I_{eq}$  (*kg.m<sup>2</sup>*) para momento de inércia do sistema e  $B$  (*N.m.s*) é caracterizado pela dissipação de energia devido ao atrito do sistema. Para a análise dos

---

<sup>1</sup>mauriciospinto@gmail.com

<sup>2</sup>roneiziech@gmail.com

<sup>3</sup>valdiero@unijui.edu.br

<sup>4</sup>rasia@unijui.edu.br

possíveis pontos de equilíbrio do sistema, escreve-se a equação na forma de variável de estado:

$$\begin{cases} x_1 = \omega \\ \dot{x}_1 = \frac{T_m}{I_{eq}} - \frac{B}{I_{eq}} \cdot x_1 \end{cases} \quad (1)$$

Segundo [2], um sistema está em equilíbrio se a saída permanece invariante. Como a entrada do sistema é dada por  $T_m$ , quando  $\dot{x}_1 = 0$ , a saída permanece invariante e define múltiplos pontos de equilíbrio dados por  $x_1 = \frac{T_m}{B}$ . Para investigar a estabilidade foi utilizado a Teoria de Lyapunov [2], que consiste em encontrar uma função positiva escalar  $V(x_1)$ , que representa uma função de energia, cuja derivada nula ou negativa prove uma condição de estabilidade. Definindo a seguinte função de Lyapunov:  $V(x_1) = \frac{1}{2} \cdot [I_{eq} \cdot (x_1)^2]$ . Derivando-se a função de Lyapunov e substituindo a dinâmica do dosador, obtendo-se:  $\dot{V}(x_1) = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot [I_{eq} \cdot x_1 \cdot (\frac{1}{I_{eq}} \cdot T_m - \frac{B}{I_{eq}} \cdot x_1)]$ . Controlando-se a entrada  $T_m = B \cdot x_1$  de acordo com o ponto de equilíbrio desejado, obtém-se  $\dot{V}(x_1) = x_1 \cdot (B \cdot x_1) - (x_1)^2 \cdot B = 0$ , ou seja  $\dot{V}(x_1) = 0$  e o sistema é estável. Para as simulações computacionais, utilizou-se a equação (1) como valores de parâmetros  $I_{eq} = 0.5kg.m^2$  e  $B = 1N.m.s$ , com diferentes condições iniciais e variando-se o valor do torque de entrada  $T_m$ , obtendo-se os resultados conforme Figura 1.

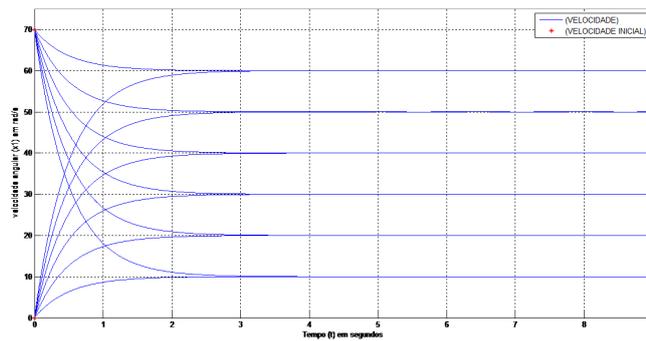


Figura 1: Gráfico do sistema

Os resultados das simulações computacionais ilustram o comportamento estável do sistema que sempre converge para os pontos de equilíbrio (dependentes de  $T_m$ ), independentemente da condição inicial do estado  $x_1$ .

## Referências

- [1] O. D. C. Machado, A. S. Alonco, T. R. Francetto, D. P. Carpes. Acurácia e tempos de resposta de máquinas para aplicação de defensivos agrícolas à taxa variável, *Cienc. Rural*, número 3, 45:440-449, 0103-8478, 2015.
- [2] J. J. Slotine, and W. Li. *Applied Nonlinear Control*. Prentice Hall, New Jersey, 1991.