

ANÁLISE DA ESTABILIDADE DO MODELO NÃO LINEAR DE UM SISTEMA CARRETA-PULVERIZADOR UTILIZANDO DIAGRAMAS DE BIFURCAÇÃO

Nadine Thiele¹

Cássio Luiz Mozer Belusso²

Resumo: A modelagem matemática de sistemas reais é uma atividade complexa, pois os sistemas dependem de variáveis e parâmetros que precisam ser modelados de forma a melhor representá-los. Um dos principais métodos de modelagem de sistemas é através de equações diferenciais não lineares, as quais, muitas vezes, não possuem solução analítica. Por causa disso, buscam-se aproximações destas soluções através da análise de pontos de equilíbrio de sistemas mais simples e de sua estabilidade. Neste trabalho, utiliza-se a modelagem matemática para analisar a estabilidade de um modelo matemático que descreve o comportamento de um pulverizador agrícola do tipo torre. O modelo é composto por um sistema de equações diferenciais ordinárias não lineares, no qual cada uma delas representa um movimento distinto do pulverizador. Os parâmetros de controle escolhidos para analisar a estabilidade foram a rigidez da junção torsional da torre, a amplitude e a frequência dos sinais de excitação, pois as mesmas têm influência direta na estabilidade do equipamento. A rigidez da junção torsional foi escolhida por estar associada ao movimento da torre de pulverização, que é a parte do pulverizador mais propícia a sofrer com os efeitos das vibrações devido à sua grande altura. Os parâmetros de amplitude e frequência dos sinais de excitação foram escolhidos por estarem relacionados às irregularidades do solo por onde o equipamento transita, as quais resultam em vibrações advindas do contato dos pneus com o solo. Baseado nisso, para tornar a análise mais rica e atrativa, optou-se por estudar neste trabalho o deslocamento angular da torre. Durante a pesquisa, utilizou-se simulação computacional para a geração de diagramas de bifurcação com o intuito de identificar diferentes comportamentos para determinados valores dos parâmetros, comparando os resultados obtidos com resultados presentes na literatura para os parâmetros de rigidez da junção torsional e da frequência dos sinais de excitação. Esta comparação foi feita para verificar a eficácia do algoritmo computacional criado para a construção dos diagramas. Feito isso, de forma complementar, a análise foi estendida para um terceiro parâmetro, a amplitude dos sinais de excitação. As simulações referentes ao deslocamento angular da torre mostraram que a mesma sofre influência da frequência e da rigidez da junção torsional, comprovando os resultados da literatura, incluindo a presença de comportamento caótico para valores mais altos de frequência. Além disso, foram identificadas variações de comportamentos dependendo dos valores utilizados para a amplitude de excitação, uma vez que ela também está relacionada à irregularidade do solo. Com isso, pode-se comprovar que os diagramas de bifurcação são ferramentas muito úteis para análise de sistemas não lineares, pois possibilitaram a análise do deslocamento angular da torre para todo um intervalo de parâmetro, permitindo uma visão geral das respostas do sistema em relação à variação de determinado parâmetro. De

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo. Bolsista PRO-ICT/UFFS, edital nº 281/UFFS/2015. nadithiele@hotmail.com.

² Professor orientador, Mestre em Modelagem Matemática, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo. cassio.belusso@uffs.edu.br.

forma geral, com os diagramas de bifurcação, foi possível detectar o momento exato no qual o sistema passou da estabilidade para a instabilidade, ou seja, quando ocorreram mudanças qualitativas no sistema, cumprindo fielmente os objetivos deste trabalho.

Palavras-chave: Modelo matemático. Simulação numérica. Dinâmica não linear. Caos.