

# ESTUDO DE ROLAMENTOS EM MÁQUINAS-FERRAMENTA

Lucas Matheus Silva Pereira<sup>1</sup>, Renato Marques de Barros<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica, FEI

lucas.lmspereira@gmail.com<sup>1</sup> rmb.fatec113@gmail.com<sup>2</sup>

**Resumo:** O principal objetivo do estudo foi analisar o comportamento de mancais de rolamentos submetidos a carregamentos excêntricos. A influência da excentricidade do carregamento e da rigidez radial dos rolamentos na precisão de giro de eixos de máquinas-ferramenta foram avaliadas numericamente e analiticamente. Alterando-se a distância entre os rolamentos presentes no mancal principal, os resultados das simulações foram comparados com o modelo analítico desenvolvido. Boa concordância entre as abordagens foi obtida.

## 1. Introdução

Em máquinas-ferramenta, os principais critérios de desempenho são: segurança de operação, precisão e capacidade de produção. Segundo Koenigsberger [1], parâmetros de operação, como velocidade de corte, materiais e geometria de ferramenta, determinam as forças que agirão sobre o equipamento.

Esse carregamento define as diretrizes de projetos de eixos. Reshetov [2] afirma que eixos sob flexão e torção devem ser rígidos e apoiados em rolamentos específicos. Além disso, Acherkan [3] cita como principais critérios de performance para eixos: precisão rotacional, rigidez e resistência a vibrações e desgaste.

Desses critérios, o autor focou na precisão rotacional. Trata-se do controle do deslocamento transversal da ponta do eixo, determinante na qualidade do trabalho da máquina em questão.

Em primeiro lugar, foi estabelecido um modelo matemático. O eixo foi simplificado a uma viga com um pino, simulando o mancal fixo, e um apoio deslizante, simulando o mancal axialmente livre.

## 2. Metodologia

A abordagem analítica se baseia na aplicação do método da linha elástica da Mecânica dos Sólidos no modelo desenvolvido. A equação 1, para a flecha na ponta, em função de geometria, materiais e carregamento, foi obtida para a viga Euler-Bernoulli.

$$d_1 = \frac{1}{3EI} \left\{ \frac{F_2}{2} \left[ \left(1 - \frac{k}{a}\right)(a+m)^3 - (b+m)^3 + \frac{k}{a}m^3 + \frac{b^3 - a^3 + ka^2}{a}(a+m) \right] + Mma - F'm^2(a+m) \right\} \quad (1)$$



Figura 1 - Nomenclatura utilizada na equação 1. Fonte: Autor.

Já o estudo numérico foi feito no software de análise estrutural Ftool, desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). A estrutura 2D é montada; os dados sobre materiais, inseridos; e o carregamento, aplicado aos nós de interesse. Além disso, foi desenvolvido um segundo modelo, testado apenas numericamente. Ele simula o mancal fixo, antes apoio pinado, com duas molas (figura 2). Isso objetiva criar no sistema o momento fletor de resistência desse mancal, fator importante na precisão do eixo da máquina-ferramenta.



Figura 2 - Modelo usado nos testes. Fonte: Autor.

Para esse segundo modelo, utilizou-se a equação (2) (desenvolvida em [4] com o intuito de determinar a rigidez radial de rolamentos rígidos de esferas) para atribuir a rigidez das molas. Tal expressão foi então incluída em testes iterativos de convergência da rigidez no Ftool. Os valores de flecha na ponta e  $\alpha$  (coeficiente referente ao momento gerado pelo mancal principal) foram comparados com os obtidos mediante a equação (1).

$$C_r = 1,19 \cdot z^{2/3} \cdot D_k^{1/3} \cdot F_r^{1/3} \quad (2)$$

## 3. Resultados

A tabela 1 fornece as divergências entre as abordagens analítica e numérica. Como se pode observar, foi alcançada grande consistência entre as duas abordagens utilizadas.

|       | $\alpha$ | Flecha |
|-------|----------|--------|
| 25 mm | 0,46%    | 0,42%  |
| 50 mm | 2,22%    | 4,85%  |

Tabela 1 - Divergências entre métodos numérico e analítico. Fonte: Autor.

#### ***4. Conclusões***

As pequenas divergências entre os métodos numérico e analítico reafirmam o modelo utilizado. No entanto, se obteve valores de  $\alpha$  em faixas de 0,5 a 0,9, bem acima daquela indicada pela literatura, de 0,3 a 0,35. Essa discordância pode exigir futuro refino da análise. Entretanto, deve-se levar em consideração que o intervalo da literatura [3], o único encontrado pelo autor, não é explicado de qualquer forma e nenhuma referência é apontada a respeito.

O autor pretende continuar essa linha de pesquisa na FEI, expandindo-a com o uso do método dos elementos finitos (FEA) e testes experimentais.

#### ***5. Referências***

- [1] KOENIGSBERGER, F. **Design principles of metal-cutting machine tools**. Berlin: Pergamon Press, 1964.
- [2] RESHETOV, D. N. *et al.* **Atlas de construção de máquinas**. Moscou, Editora Construção de Máquinas, 1961.
- [3] ACHERKAN, N. *et al.* **Machine tool design**. Moscou: Mir Publishers, 1969. (Vol. 3).
- [4] ATANASOVSKA, Ivana; MITROVIC, Radivoje; STEFANOVIC, Sonja; SOLDAT, Natasa; MIŠKOVIĆ, Žarko. Calculation of radial stiffness for single-row ball bearing with finite element analysis. **Machine Design**. Servia, 2014, 6, 85-90, Set. 2014.

#### ***Agradecimentos***

À instituição FEI e ao Prof. Renato Marques pela oportunidade de ingressar em pesquisa científica.

<sup>1</sup>Aluno de IC (12.115.645-9) do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 08/17 a 08/18.