



# **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE ALIMENTAÇÃO DE ÓLEO NO COMPORTAMENTO DE MANCAIS HIDRODINÂMICOS SOB OPERAÇÃO CRÍTICA**

**Palavras-Chave:** Simulação CFD, Mancais THD, Cavitação

**Autores(as):**

**DANIEL HIRATA FERNANDES DA SILVA, FEM – UNICAMP**  
**Prof. Dr. GREGORY BREGION DANIEL (orientador), FEM – UNICAMP**

---

## **INTRODUÇÃO:**

O projeto de IC relaciona-se à modelagem de mancais hidrodinâmicos (HD) em operação crítica, via simulação CFD usando software comercial. Especificamente, há um enfoque na análise dos efeitos de subalimentação de óleo, ou seja, a redução da vazão de óleo de alimentação do mancal. Além disso, avalia-se também o efeito da variação da temperatura do lubrificante, o que altera a viscosidade e, portanto, a capacidade de sustentação do mancal.

## **DESCRIÇÃO DA PESQUISA:**

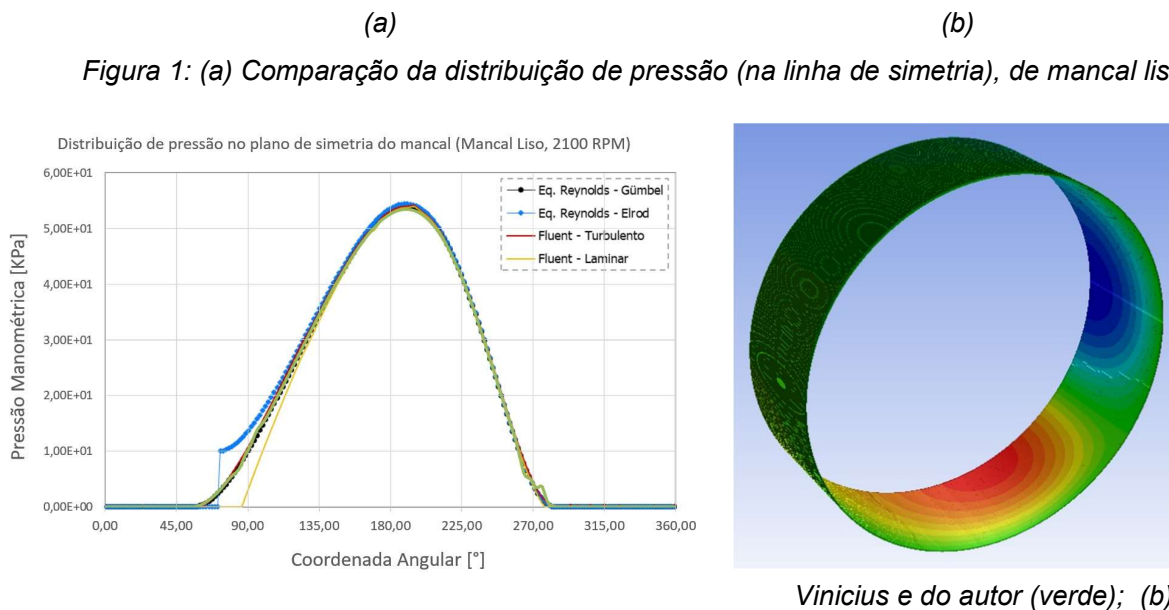
A seguir está um detalhamento das atividades, em sequência de desenvolvimento:

- A. Revisão bibliográfica sobre modelagem de mancais hidrodinâmicos;
- B. Estudo sobre a modelagem clássica (equação de Reynolds) de mancais hidrodinâmicos;
- C. Estudo sobre a modelagem de mancais hidrodinâmicos através do software Ansys Fluent;
- D. Desenvolvimento de modelos preliminares para testes de malhas e condições de convergência (software Ansys Fluent);
- E. Desenvolvimento de modelos de mancais hidrodinâmicos e análise das diferentes condições de alimentação de óleo (software Ansys Fluent) – lubrificação hidrodinâmica (sem efeito térmico);
- F. Desenvolvimento de modelos de mancais hidrodinâmicos e análise das diferentes condições de alimentação de óleo (software Ansys Fluent) – lubrificação termohidrodinâmica (com efeito térmico);
- G. Determinação das principais condições e parâmetros da alimentação de óleo que influenciam o comportamento do mancal;
- H. Relatórios parcial e final.

A pesquisa fora iniciada com uma revisão bibliográfica, na qual diversas literaturas foram estudadas. Entre os trabalhos levantados, pode-se destacar trabalhos experimentais de visualização de cavitação em mancais (Cole, 1956); trabalhos relacionados a definição do modelo multifásico Volume of

Fluid (Nichols, 1981) e estudos mais recentes nesta temática, tendo como foco a aplicação de CFD em diferentes tipos de mancais. Ainda, tendo como base a abordagem clássica de mancais hidrodinâmicos via equação de Reynolds, foi possível compreender as simplificações tomadas nos modelos numéricos do Laboratório LAMAR, e assim, justificou-se a necessidade de modelos mais completos via CFD.

Como base de início para o uso de CFD, o trabalho de graduação de Vinicius Eduardo de Almeida Malta orientado pelo Professor Gregory foi utilizado para fins comparativos, o que ocorreu, com sucesso, como pode ser observado na figura 1.



*Visualização de campo de pressão de modelo preliminar de mancal HD, sem cavitação, mostrando os característicos antissimétricos. (Fonte: elaboração própria)*

Para o avanço das simulações, observou-se a necessidade de buscar um maior aprofundamento teórico e também a adoção de trabalhos disponíveis na literatura que abordam uma modelagem mais completa no mancal. Neste ponto, o modelo ainda apresentava limitações, tal como: a falta de uma malha facilmente parametrizada, uma modelagem multifásica para a transferência de massa (cavitação) e a possibilidade de visualização de fração de volume, sendo este um parâmetro importante e característico na definição e localização da interface das fases. Neste sentido, os trabalhos levantados na revisão bibliográfica foram revistados e um estudo aprofundado foi realizado.

Retornando às simulações, primeiramente foi realizada a implementação de modelos multifásicos, tomando como base o método *Volume of Fluid* (VOF) e o modelo *Schnerr-Sauer* de cavitação. Para isso, foram simulados diferentes mancais lisos e, posteriormente, devido à falta de estabilidade (convergência), avaliou-se que era necessário a introdução da injeção de óleo por meio de *grooves*, conforme mostrado na Figura 2(a). A Figura 2(b) mostra a presença do ângulo de abertura de óleo entrando na espessura do mancal e os característicos *fingers* na região divergente do filme (após o local de espessura mínima), onde ocorre a cavitação do óleo no mancal.

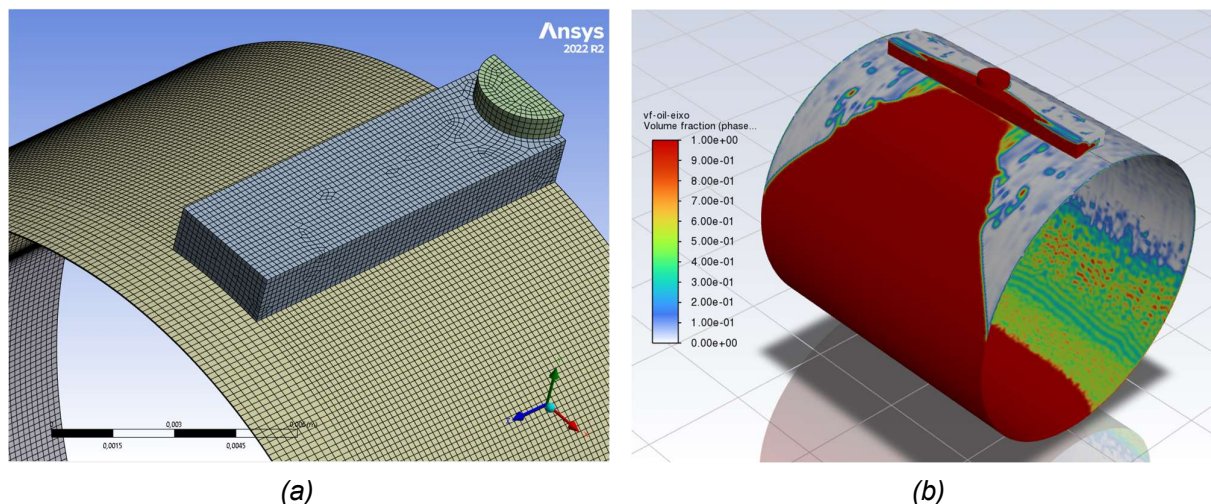
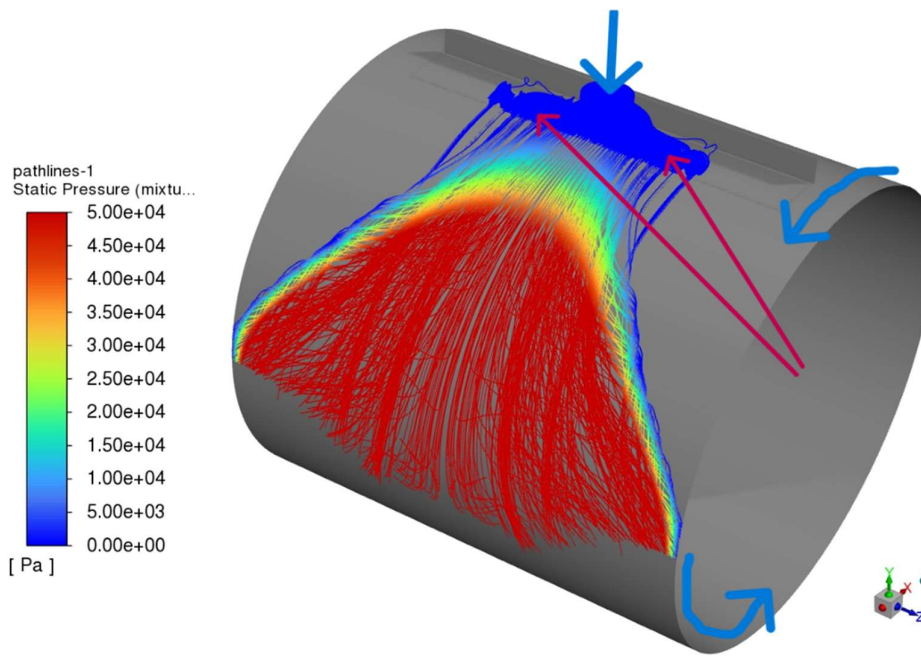


Figura 2: (a) Malha parametrizada de mancal com injeção de óleo e grooves; (b) Visualização de campo de fração de volume de óleo no mancal da fig. 2 (a) (Fonte: elaboração própria)

Até o momento da entrega do relatório parcial foi possível realizar, de forma adiantada, um conjunto de simulações com efeitos térmicos, onde a inclusão dos mesmos tornou avançado o problema de lubrificação hidrodinâmica (HD) para um de lubrificação termohidrodinâmica (THD). Vale destacar que o autor notou uma relativa simplicidade de adicionar a equação de energia, demandando somente a adição das respectivas condições de contorno e a escolha de seu método de discretização. De modo geral, os resultados mostraram gradientes térmicos factíveis e esperados para cada típica configuração, por exemplo, eixo isotérmico e mancal adiabático ('iso-adi') e outras, abreviadas, como: 'adi-iso', 'iso-iso' e 'adi-adi'.

Sendo assim, até então, o autor considera que possui uma configuração de simulação - incluindo setup de malha, escolha de modelos físicos e *solvers* - capaz de comportar diferentes proporções geométricas de mancais hidrodinâmicos, com injeção de óleo e prever, com precisão e facilidade, o campo de pressão formado. Desta forma, o modelo atual descreve, com precisão e estabilidade satisfatória: (1) o ângulo de abertura do óleo entrando na região convergente; (2) a formação de *fingers* na região divergente; (3) a vazão de entrada e saída de óleo, embora ainda com um erro de aproximadamente 15%. Por último, a maior discrepância com os artigos mais recentes está na formação de uma recirculação lateral dentro do *groove*, algo não previsto nem na literatura ou experimentalmente, conforme pode ser observado na Figura 3.



*Figura 3: Mancal HD com injeção de óleo, Linhas coloridas por campo de pressão, escala fixada por autor para visualização. Setas azuis indicam injeção de óleo e rotação do eixo. Setas vermelhas apontam regiões de recirculação lateral nos grooves (Fonte: elaboração própria)*

Finalizando, tendo em mente os resultados da figura 3, vale mencionar que as atividades da pesquisa foram interrompidas após a entrega do relatório parcial, algo ocasionado pelo autor ter iniciado estágio na área de calibração automotiva. Atualmente o mesmo encontra-se já contratado e trabalhando na área. Dessa forma, não foi possível explorar mais configurações de efeito térmico ou avançar nos tópicos de subalimentação do mancal. Recomenda-se para eventuais leitores que seja dado bastante tempo ao estudo dos *solvers* e métodos de discretização pois esses são cruciais para a obtenção de uma simulação estável e precisa, algo necessário para explorar justamente esses efeitos de baixa vazão e formação de vazios dentro de mancais THD com *grooves*.