

REPROJETO DE UMA MÁQUINA DE ENSAIO DE FADIGA DE FLEXÃO ROTATIVA

Nicholas Cunha Peres Rodrigues; Joseph Kalil Khoury Junior; Gustavo de Souza Verissimo; Geice Paula Villibor; Eliene Oliveira Lucas

ODS 8 - Trabalho Decente e Crescimento Econômico

Pesquisa

Introdução

A fadiga é um desafio crítico na engenharia, causando cerca de 80% das falhas em componentes mecânicos. Este trabalho aborda o reprojeto de uma máquina de ensaio de flexão rotativa R.R. Moore do Laboratório de Ensaios Mecânicos da UFV, que estava inoperante. O principal objetivo foi restabelecer a confiabilidade do equipamento, visando seu uso como uma ferramenta confiável para fins acadêmicos e de pesquisa.

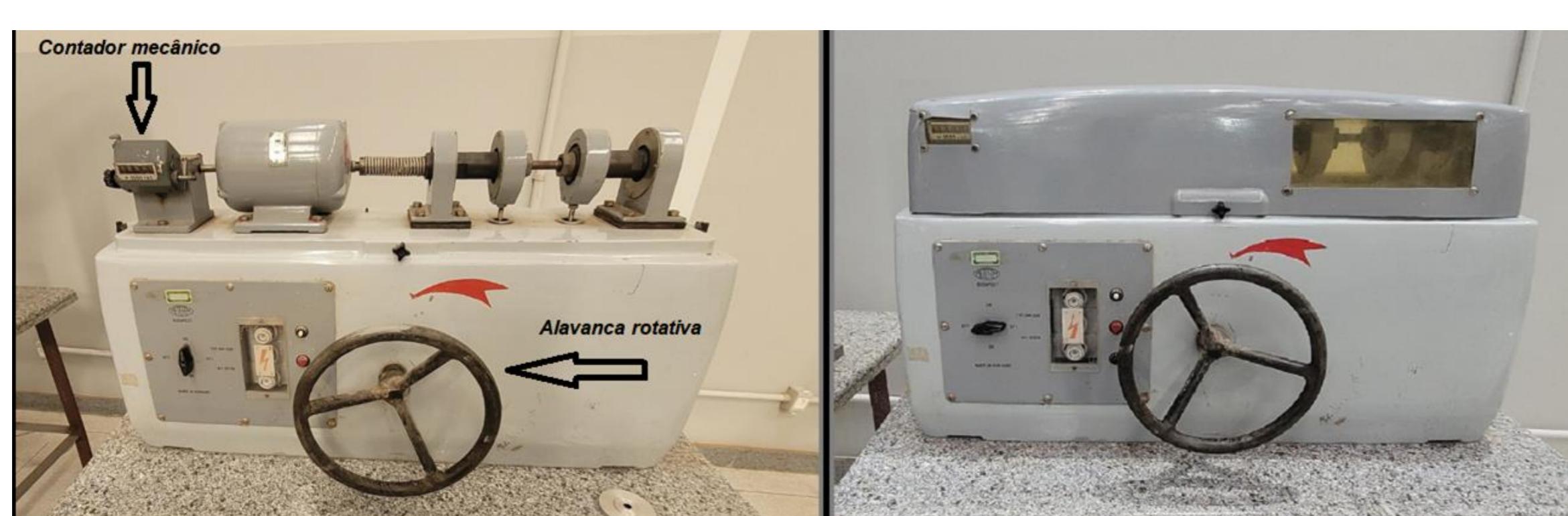


Figura 1 - Máquina de ensaio de fadiga R.R. Moore do LEM/UFV antes das adaptações.

Objetivos

Este trabalho teve como objetivo principal recuperar e adaptar a máquina de ensaio de flexão rotativa R.R. Moore. Isso envolveu o reparo de seus componentes, a realização de ensaios para determinar a resistência à fadiga de um material e a comparação dos dados experimentais com a teoria.

Metodologia

A máquina foi adaptada com a troca do contador mecânico por um digital com sensor magnético. Na calibração experimental, verificou-se que o sistema aplica 147,20 N ao corpo de prova sem massa adicional na extremidade da alavanca (F1 na Figura 2) e que a força não é multiplicada 10 vezes como esperado, resultando na equação (1). Determinou-se então a constante de correção ($K \approx 0,885$), válida apenas para cargas acima de 19,62 N, abaixo desse valor, K diminui conforme o gráfico na Figura 3. Por fim, realizaram-se os ensaios de fadiga em corpos de prova de aço 1045 trefilado.

$$F_2 = 10 \cdot K \cdot F_1 + 147,2 \quad [N] \quad (1)$$

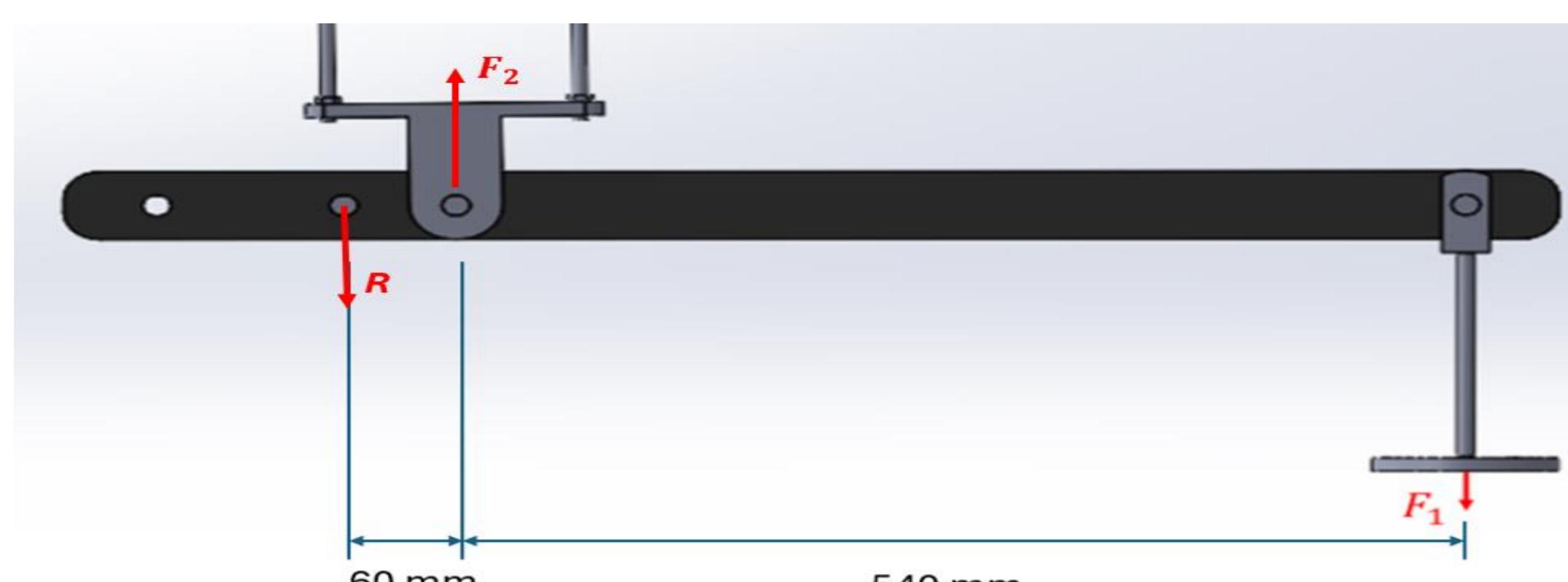


Figura 2 - Esquema do mecanismo de alavanca com o diagrama de forças, onde F1 é a carga adicionada na extremidade da alavanca, R a reação e F2 é a força que chega no corpo de prova

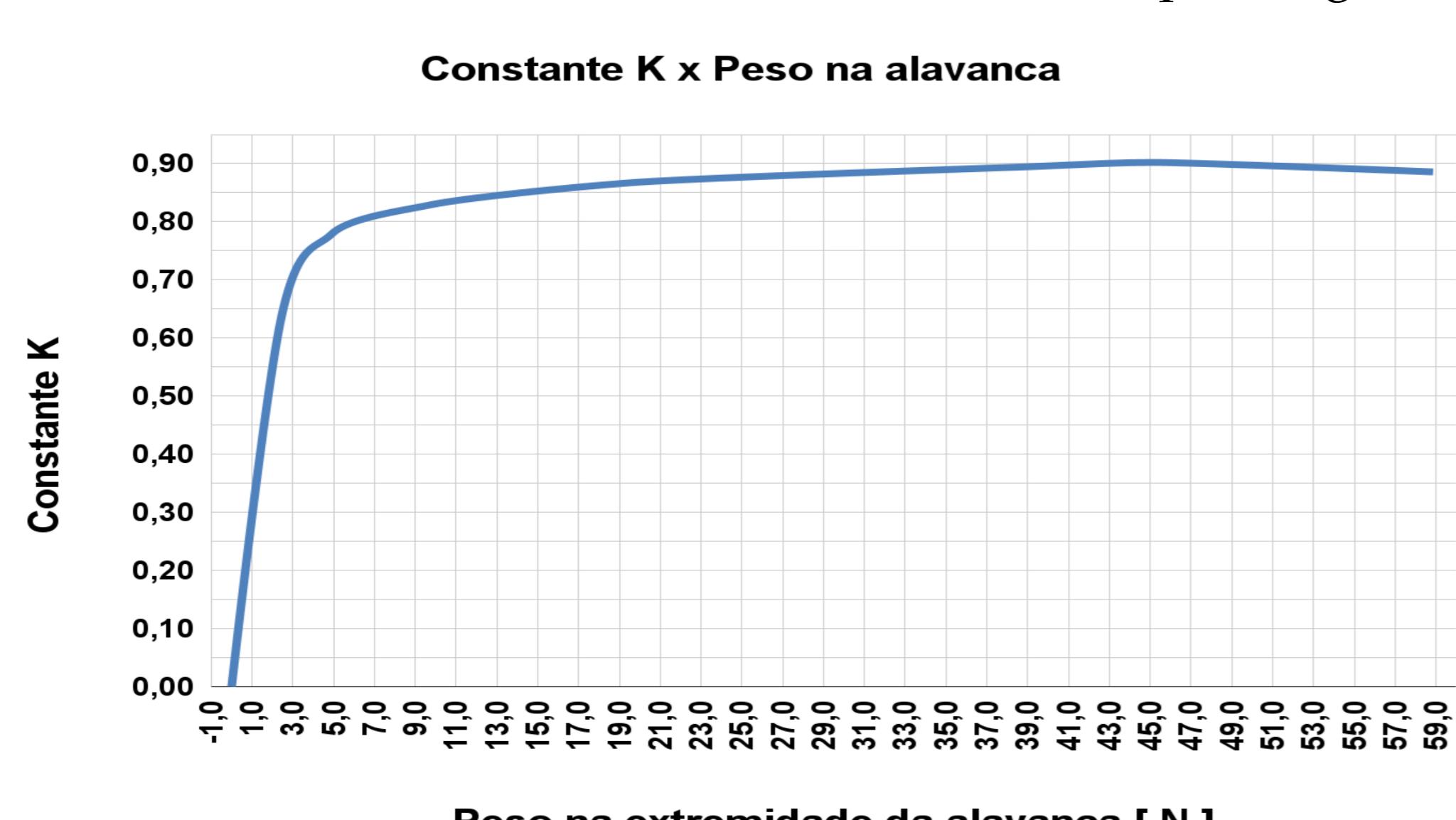


Figura 3 - Gráfico do comportamento da constante K.

Apoio Financeiro



Resultados

A análise dos resultados demonstrou uma forte correlação entre o comportamento experimental e o modelo teórico, especialmente na região de baixa ciclagem, onde o erro foi de apenas 0,01% para 1000 ciclos. Como esperado, a divergência entre a teoria e a prática aumentou em alta ciclagem, atingindo um erro de aproximadamente 21%. A análise da superfície de fratura dos corpos de prova confirmou o modo de falha, evidenciando as "marcas de praia" (Figura 5), que são características do crescimento progressivo de trincas de fadiga. O resultado mais significativo foi a determinação do limite de resistência à fadiga do material. Considerando que o corpo de prova ensaiado a 324,60 MPa rompeu, enquanto o de 312,59 MPa não falhou após 1,8 milhão de ciclos, estima-se que o limite de resistência à fadiga experimental se encontra entre 312,59 MPa e 324,60 MPa. Este intervalo é coerente com a literatura, que posiciona o limite para aços na faixa de 0,4 S_{ut} a 0,6 S_{ut} .

Resultados do Ensaio de Fadiga para Corpos de Prova de Aço 1045 Trefilado

● Curva experimental — log(Sf) = -0,11 * log(N) + 3,15 ; $R^2 = 0,984$ ● Curva teórica — log(Sf) = -0,0727 * log(N) + 3,04

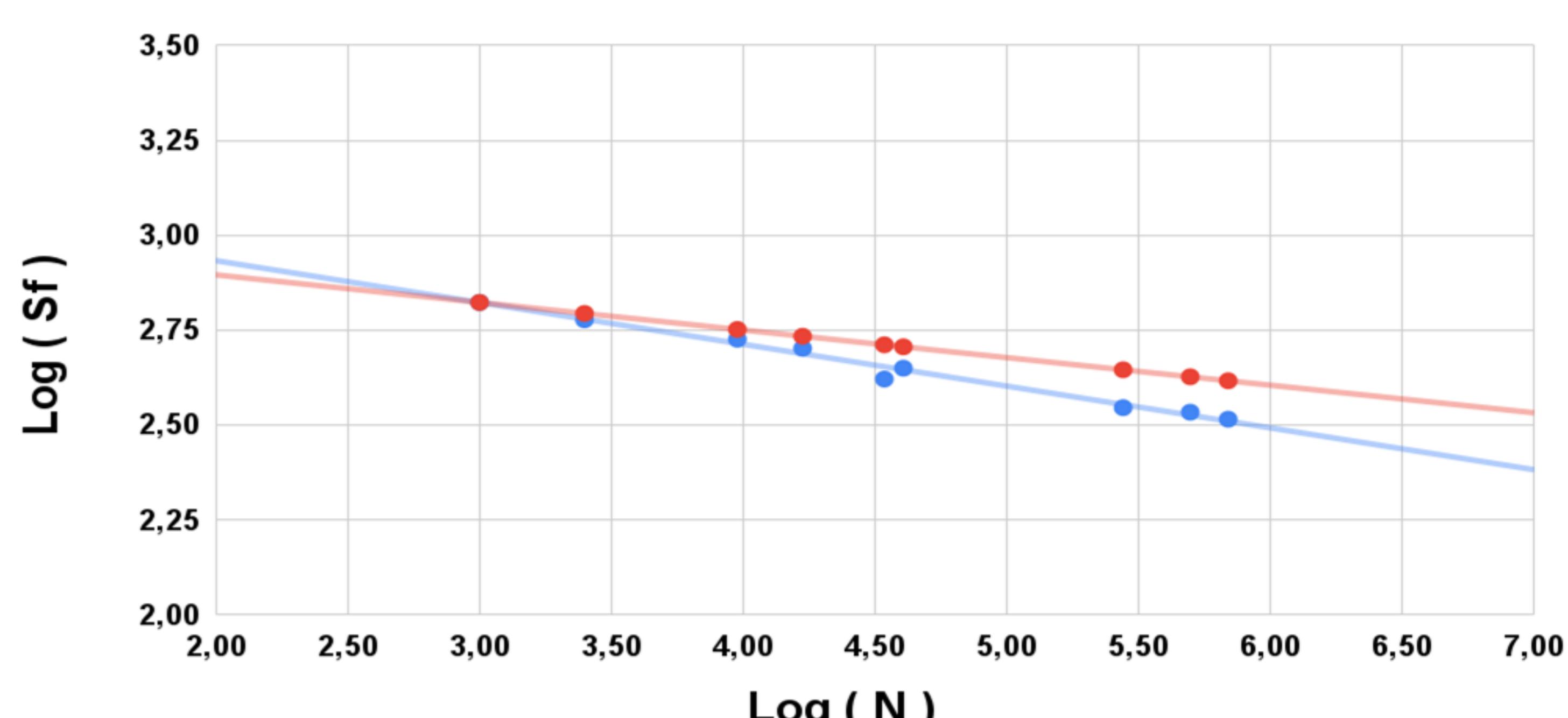


Figura 4 - Comparação entre as curvas S-N experimental e teórica para o aço 1045 trefilado. Os pontos e curva em azul representam os dados experimentais de fratura, enquanto os pontos e curva em vermelho representam os dados teóricos.

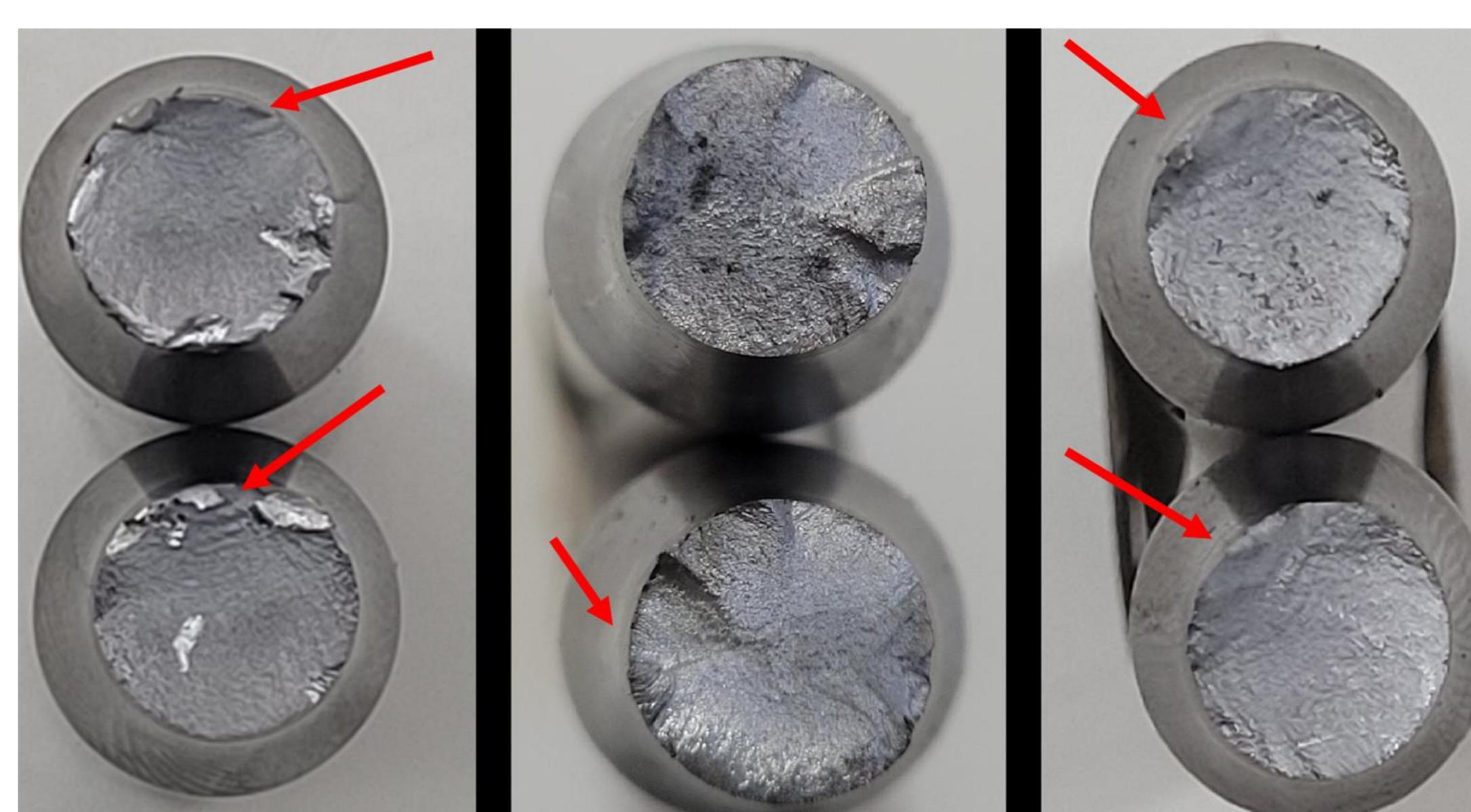


Figura 5 - Superfície de fratura por fadiga de alguns corpos de prova, evidenciando as marcas de praia (apontadas em vermelho).

Conclusões

O reprojeto e a calibração da máquina R.R. Moore foram bem-sucedidos, restaurando sua confiabilidade metrológica. Com isso, o equipamento está apto para ser utilizado como uma ferramenta confiável em pesquisas e no ensino de engenharia.

Bibliografia

- BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. Elementos de máquinas de Shigley: projeto de engenharia mecânica. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1143:2021 - Metallic materials - Rotating bar bending fatigue testing. Geneva: ISO, 2021.
- MOORE, H. F.; KOMMERS, J. B. The fatigue of metals: with chapters on the fatigue of wood and of concrete. 1.ed. New York-USA: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1927.
- NORTON, Robert L. Projeto de máquinas. Bookman editora, 2013.