



Fadiga em componentes mecânicos: estudo para redução de perdas econômicas e de vidas.

Alex Gutierrez de Lima
alexgutierrezlima@gmail.com
AEDB

Kayan Alcantara da Silva Cunha
kayandem21@gmail.com
AEDB

Matheus Costa Carvalho
carvalho.matheuscosta@gmail.com
AEDB

Heloiza Alves Gomes Machado
heloizaagmachado@gmail.com
AEDB

Resumo: A indústria 4.0 já é uma realidade, porém existem desafios a serem superados para o sucesso desse novo modelo de indústria, um dos grandes desafios está nos problemas técnicos, ou seja, problemas relacionados ao bom funcionamento das máquinas, pois uma parada de produção irá custar muito caro para empresa. Faz-se necessário estudos voltados a manter as máquinas operantes e eficazes, sendo cerca de 90% das falhas em corpos metálicos (principal material dos componentes mecânicos) causada pela fadiga, seu estudo é de extrema relevância quanto à implantação deste modelo de indústria. Este artigo tem por objetivo clarificar o porquê de componentes mecânicos sofrerem fratura após um certo período de utilização mesmo que as tensões aplicadas a ele não cheguem a ultrapassar o limite de ruptura do material, e como podemos estimar a vida útil desse componente, podendo assim prever o seu tempo e condições de utilização, evitando paradas ou falhas inesperadas. Pretende-se chegar a este objetivo identificando o conceito de fadiga em metais e sua influência na vida útil de um componente mecânico, apresentando métodos para entender e estimar a vida útil de um material através de um ensaio de fadiga a partir de esforços simultâneos de flexão e rotação.

Palavras Chave: Fadiga - Indústria 4.0 - Falhas - Ensaio - Vida Útil



1. INTRODUÇÃO

As falhas por fadiga constituem um custo significativo para a economia, além do custo monetário pode envolver também o custo de vidas humanas, pois diversos acidentes ocorrem devido a falhas causadas pela fadiga do material.

Segundo Callister (2002), a fadiga é a maior causa individual de falha em metais, representando cerca de 90% dos casos de falhas em componentes mecânicos. Vários são os exemplos de falhas por fadiga que poderiam ter sido evitadas se um estudo adequado fosse aplicado antes da utilização do componente, dentre esses inúmeros acidentes podemos citar:

O primeiro avião a jato comercial de passageiros, o inglês Comet despedaçou-se em 1954 devido a falhas por fadiga em sua fuselagem, consequência dos ciclos de pressurização e depressurização da cabine.

Em 1988 o Boeing 737 de uma linha área do Havaí, perdeu cerca de um terço da sua cobertura enquanto voava a 25000 pés de altitude.

Um acidente ocorrido em 1994 é fato marcante na história brasileira, porém o que poucos sabem é que o acidente que levou a morte do piloto brasileiro Ayrton Senna, pode ter sido causado por uma falha na barra de direção do veículo devido a uma fratura por fadiga.

A fadiga em metais é um tema relativamente novo no campo da mecânica, seu estudo é iniciado por volta do século XIX com August Wöhler, engenheiro alemão que realizou ensaios de carregamento cíclicos para entender falhas geradas em eixos de vagões ferroviários. Considerado recente quando se comparado a outras áreas de estudo dentro da mecânica, o estudo da fadiga é de extrema relevância para todo e qualquer projeto que utilize materiais para sua execução.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. FADIGA – HISTÓRIA E CONCEITOS

2.1.1 CONCEITOS

Existem vários conceitos para o termo fadiga, de maneira geral podemos descrever como: Uma redução gradual da capacidade de carga do componente, pela ruptura lenta do material, consequência do avanço quase infinitesimal das fissuras que se formam no seu interior. Este crescimento ocorre para cada flutuação do estado de tensões. As cargas variáveis, sejam cíclicas ou não, fazem com que, ao menos em alguns pontos, tenhamos deformações plásticas também variáveis com o tempo. Estas deformações levam o material a uma deterioração progressiva, dando origem à trinca, a qual cresce até atingir um tamanho crítico, suficiente para a ruptura final, em geral brusca, apresentando características macroscópicas de uma fratura frágil. (DA ROSA, 2002, p. 223)

A fadiga pode ocorrer em quase todas as categorias de materiais, neste artigo o foco será seu estudo aplicado a corpos metálicos. É possível que no decorrer da vida útil de um componente ele nunca seja submetido à tensões acima de seu limite de ruptura, ou mesmo seu limite de escoamento, e mesmo assim ele venha a romper, esta ruptura pode estar associada a uma perda das propriedades do material, ou seja, este componente foi ao longo do tempo se deteriorando, mesmo que a nível microscópico, possivelmente devido as tensões dinâmicas as quais foi submetido, a este fenômeno pode ser atribuído o nome “falha por fadiga”.



2.1.2 HISTÓRIA

A história da fadiga pode ter seu início datado no ano de 1837, onde Wilhelm Albert, então funcionário do setor de minas, verificou e estudou falhas em correntes transportadoras utilizadas na mineração, os resultados de seus estudos fazem parte do primeiro ensaio de fadiga conhecido.

O termo “fadiga”, até então desconhecido no campo da mecânica, foi utilizado pela primeira vez para descrever um processo no qual o material fraturado parecia ter se cansado e se tornado frágil devido a aplicação de cargas no decorrer de um certo período.

O estudo das falhas ocorridas pelo fenômeno já então denotado como fadiga ganha força com início do século XIX, onde houve um grande número de falhas em eixos de vagões ferroviários, estas falhas estavam ocorrendo mesmo em um curto período de utilização. Estes eixos haviam sido projetados e fabricados com todo o conhecimento disponível na época, porém estes conhecimentos se baseavam apenas em tensões estáticas, e mesmo sendo confeccionados em material dúctil, os eixos apresentavam fratura repentina e de aparência frágil. Este período foi de extrema importância para os estudos no campo da fadiga, pois foi o marco inicial para a análise de carregamentos dinâmicos aplicados no decorrer do tempo.

Com o objetivo de analisar as falhas dos eixos ferroviários, o engenheiro alemão August Wöhler, considerado como pai da fadiga, realizou ensaios em tais eixos, submetendo-os a carregamentos alternados até sua falha. Através destes ensaios descobriu-se que a falha ocorrida devia-se a quantidade de ciclos de tensão a quais o material estava sendo submetido ao longo do tempo. As pesquisas do engenheiro duraram cerca de 12 anos e através delas foi descoberto a existência de uma tensão limite de resistência a fadiga para aços, ou seja, foi possível definir uma tensão para qual os eixos pudessem resistir a milhões de ciclos de tensões alternadas. A partir deste estudo surge o diagrama S x N (tensão x número de ciclos), também conhecido como curva de Wöhler, ferramenta essencial até os dias de hoje para determinação deste limite e estudo da vida em vida de corpos metálicos.

A tabela abaixo mostra em ordem cronológica os principais acontecimentos relacionados ao estudo da fadiga.

Tabela 1: Cronologia das principais realizações e eventos de pesquisa sobre falha por fadiga.

Ano	Pesquisador	Evento ou realização
1829	Albert	Primeiro a documentar uma falha devido a cargas repetidas.
1839	Poncelet	Primeiro a utilizar o termo fadiga.
1837	Rankine	Discutiu a teoria da cristalização da fadiga.
1849	Stephenson	Discutiu a responsabilidade do produto associada às falhas por fadiga em eixos ferroviários.
1850	Braithwaite	Primeiro a utilizar o termo fadiga em publicação de língua inglesa e também discutiu a teoria da cristalização da fadiga.
1864	Fairbairn	Relatou os primeiros experimentos com cargas repetidas.
1871	Baschinger	Desenvolveu um extensômetro com espelho com uma sensibilidade igual a 10^{-6} e estudou a tensão – deformação inelástica.
1886	Baschinger	Propôs um “limite elástico natural” cíclico abaixo do qual nunca iria ocorrer fadiga.
1903	Ewing / Humfrey	Descobriram linhas de deslizamento, trincas de fadiga e o crescimento da trinca até a falha, mostrando os erros da teoria da cristalização da fadiga.
1910	Bairstow	Verificou a teoria do limite elástico natural de Bauschinger e o limite de fadiga de Wöhler.



1910	Basquim	Desenvolveu a lei exponencial para testes de fadiga (a equação de Basquim)
1915	Smith / Wedgewood	Separaram a componente cíclica da deformação plástica da deformação plástica total.
1921	Griffith	Desenvolveu um critério de falha e relacionou a fadiga ao crescimento da trinca.
1927	Moore / Kommers	Quantificaram os dados de fadiga de alto ciclo para diversos materiais em “A Fadiga dos Metais”.
1930	Goodman / Sod	Determinaram, de forma independente, a influência das tensões médias na fadiga.
1937	Neuber	Publicou a equação de Neuber sobre concentração de tensão em entalhes (tradução inglesa em 1946)
1953	Peterson	Publicou “Fatores da Concentração de Tensão para Projeto”, fornecendo uma abordagem para considerar os entalhes
1955	Coffin / Manson	Publicaram, de forma independente, a lei da fadiga de baixo-ciclo baseada na deformação específica (lei de Coffin-Manson)
1961	Paris	Publicou a lei da mecânica da fratura de Paris para o crescimento de trincas na fadiga.
1973	Hashin e Rotem / Sims e Brogdon	Preveram a fadiga de um compósito submetido à uma condição uniaxial de carregamento em diferentes direções.
1990	Ellyin e El Kadi	Demonstraram que a origem da densidade energética pode ser utilizada como um critério de fadiga.
1994	Ellyin e Fawaz	Modelo capaz de prever a vida de fadiga dos materiais estabelecendo-se em diferentes direções.
1999	Philippidis e Vassilopoulos	Mostrou que o modelo de Ellyin e Fawaz é muito sensível à linha de referência e os previsíveis resultados deste modelo não são adequados para cilindros.
1999	Plumtree e Cheng	Desenvolveram um novo modelo de fadiga para compósitos que seja independente do nível de stress.
2001	Plumtree e Petermann	Apresentou um outro critério para a vida em fadiga para simulação de compósitos.
2004	Kawai	Modelo de previsão da vida em fadiga sob uma camada ortotrópica em níveis positivos e negativos de stress e de direções arbitrárias.

Fonte: NORTON (2004)

2.2 FALHAS POR FADIGA

As falhas por fadiga geralmente se iniciam a partir de uma pequena trinca ou fissura do material, estas são geradas a partir de elementos considerados como concentradores de tensão, ou seja, detalhes presentes na peça onde as maiores tensões se concentram. Desta forma é de extrema importância que peças que serão submetidas a tensões dinâmicas sejam projetadas para minimizar esses concentradores, a fim de aumentar a vida útil do componente.

Segundo Norton (2004), existem três estágios característicos de uma falha por fadiga, são elas: início ou nucleação das trincas, propagação (linhas de praia) e ruptura, conforme demonstrado nas figuras 1 e 2

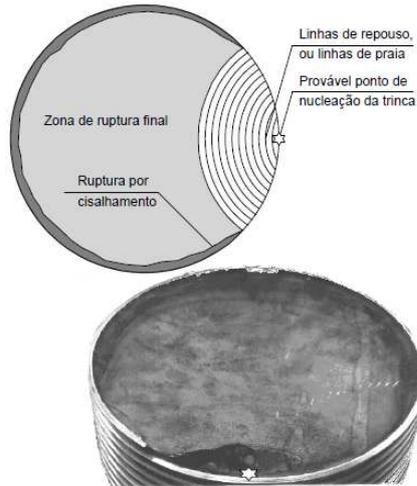


Figura 1: Ruptura por Fadiga

Fonte: DA ROSA (2002)

O primeiro estágio pode ter pequena duração, as trincas podem já estar presente na manufatura do material ou serem geradas durante seu uso, são de modo geral imperceptíveis a olho nu, sendo visíveis somente em escala microscópica. Uma vez iniciada, a trinca vai aumentando de tamanho, ou seja, se inicia o processo de propagação. A segunda fase deste processo é a mais longa e pode estar presente durante toda vida útil do material, durante este processo é formado na região da fratura uma estrutura que se assemelha a marcas de praia, esta estrutura é característica do processo de propagação da trinca, as linhas representam as etapas do aumento da descontinuidade. O terceiro estágio é caracterizado pela ruptura repentina do material, o momento em que ocorre a fratura depende de características como material utilizado, tipo de carregamento aplicado, valor de tensões, entre outros.

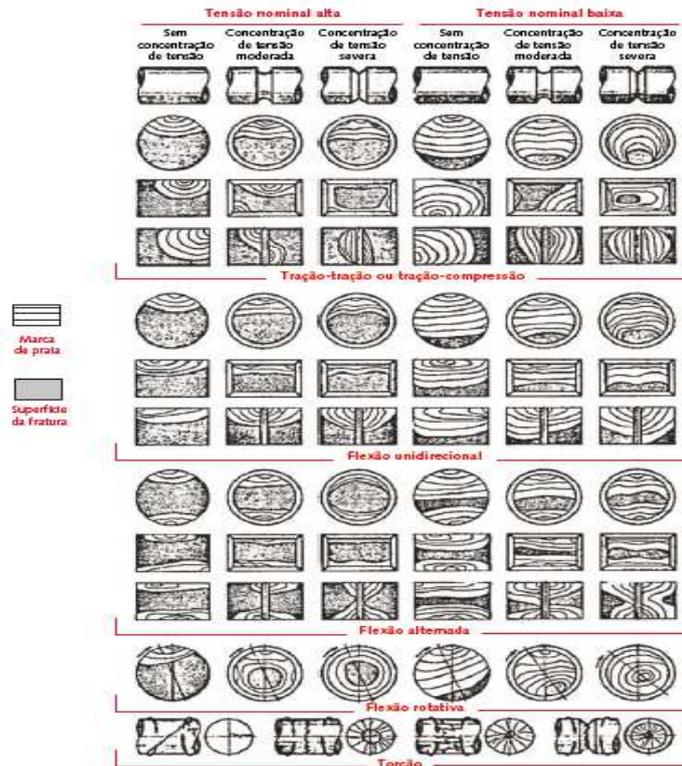


Figura 2: Ruptura por Fadiga

Fonte: DA ROSA (2002)



2.3 TIPOS DE ENSAIO

O ensaio de fadiga é utilizado para estimar os limites de tensão e tempo de uso a que um produto, peça ou elemento de máquina pode ser submetido, sendo que a partir destes é possível determinar o melhor material para composição de um produto.

Determina o comportamento do material quando em vida útil, este período é também conhecido como vida em fadiga, onde o componente está submetido a cargas cíclicas variantes no tempo. Existem diversos tipos de ensaios mas algumas condições são necessárias a todos eles, sendo a aplicação de cargas alternadas e a contagem do número de ciclos necessários para produzir a ruptura no material.

Este tipo de ensaio é muito aplicado em indústrias para definir o material adequado para confecção de componentes e peças, por exemplo nas indústrias aeroespaciais, é utilizado para análise dos materiais e prevenção de possíveis falhas, através dos esforços solicitados durante um voo, estes esforços são simulados através de um ensaio a estrutura do avião é colocada em uma célula de ensaio que simula vários ciclos de vida da peça para testar a forma como o avião responde ao longo do tempo.

Segundo Jim Ogonowski, vice-presidente de estruturas da Boeing Commercial Airplanes, “Ao contrário dos ensaios estáticos, onde as cargas são aplicadas à estrutura do avião para simular tanto a operação normal quanto condições extremas de voo, o teste de fadiga é um processo muito mais longo que simula até três vezes mais o número de ciclos de voos que um avião provavelmente experimentará durante toda sua vida de serviço” (PORTAL FATOR BRASIL, 2010)

O ensaio de fadiga é um ensaio dinâmico, onde corpos de prova padronizados são submetidos a esforços repetidos. Existem diversas maneiras de realizar o ensaio, de acordo com o tipo de solicitação a qual será aplicada, elas podem ser: Torção, Tração-Compressão, Flexão e Flexão-Rotativa, dentre estes será dado enfoque ao de flexão rotativa, ensaio base para elaboração de nosso projeto.

2.3.1 ENSAIO FLEXO ROTATIVO

O ensaio Flexo rotativo é um método muito usado para determinar o efeito de variações no material, geometria, condição da superfície, tensão e definir a expectativa de vida de um determinado componente ou material que está sujeito a tensão direta em números relativamente grandes de ciclos. Este método consiste em submeter um corpo de prova a solicitações de flexão enquanto é rotacionado em seu próprio eixo por um motor de alta rotação e conectado a um contador de giros, caracterizando assim uma aplicação de tensões cíclicas, conforme apresentado na figura 3.

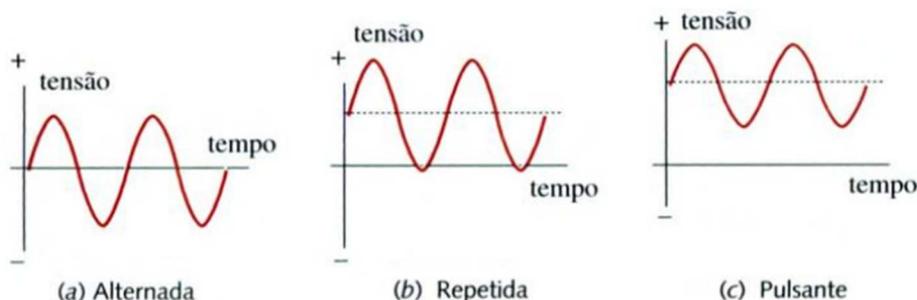


Figura 3: Tensões que variam com o período

Fonte: TAKAHASHI (2014)



Para a imagem acima, temos: (a) a tensão é alternada, ($\sigma_m = 0$), em (b) tensão média diferente de zero e em (c) tem-se tensão pulsante com tensões mínima e máxima de mesmo sinal.

As tensões cíclicas são esforços ou cargas que se repetem regularmente ao longo de um determinado período, sendo caracterizado por uma função senoidal, em que os valores de tensão são representados no eixo das ordenadas e o número de ciclos no eixo das abscissas. A tensão em um ponto da superfície localizado na região de menor diâmetro pode ser descrita por duas variáveis: tensão máxima (S_{max}) e mínima (S_{min}) (Takahashi 2014). As tensões aplicadas são representadas de forma que a Tração é positiva e Compressão negativa.

Para que se possa entender e analisar como é o comportamento de cada material com determinados tipos de solicitações, utiliza-se CP's (Corpos de Provas) padronizados com superfícies cuidadosamente usinadas e polidas em uma direção axial para evitar interferências por parte de acabamentos superficiais e não podendo haver tratamentos térmicos. O CP possui formato de Ampulheta, para que a fratura ocorra na superfície com menor diâmetro (região desejada). Sua confecção deve ser feita de modo que não tenha entalhes ou riscos superficiais, de modo que não haja concentradores de tensões, sendo que o fator para concentração de tensão causado pelo formato padrão seja o mais próximo possível de 1 (não gerando alteração nos resultados devido a concentração de tensão). O corpo de prova utilizado em ensaios de fadiga por flexão rotativa pode ser ilustrado na figura 4.

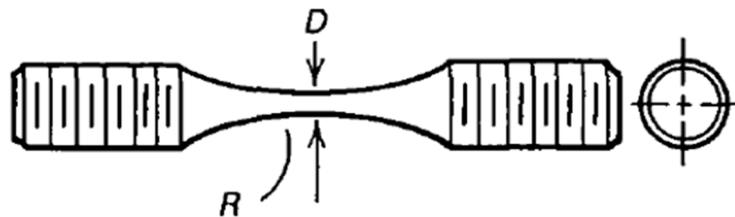


Figura 4: CP usado nos ensaios por Flexão Rotativa

Fonte: TAKAHASHI (2014)

O CP é rotacionado até o seu rompimento, na qual o momento Fletor que o mesmo está sujeito é uniforme em toda a sua extensão. Após o rompimento, é gerado um Gráfico de curvas S-N para cada carga aplicada, em que para se obter um curva completa, ao todo são utilizados dez corpos de provas do mesmo material, sendo que o ensaio se inicia com a carga máxima utilizada, porém abaixo do limite de Escoamento do aço estudado e se reduz a cada CP rompido, obtendo desta forma quantos ciclos o material suporta para cada solicitação.

Para materiais onde a curva S-N não é assintótica, como para alumínio, ligas de metais não ferrosos, alguns aços inoxidáveis e aços carbono de alta resistência, o limite de fadiga é muitas vezes arbitrariamente definido numa vida longa específica, dita 107 ou 108 ciclos (Oliveira 2002), conforme demonstrado na figura 5.

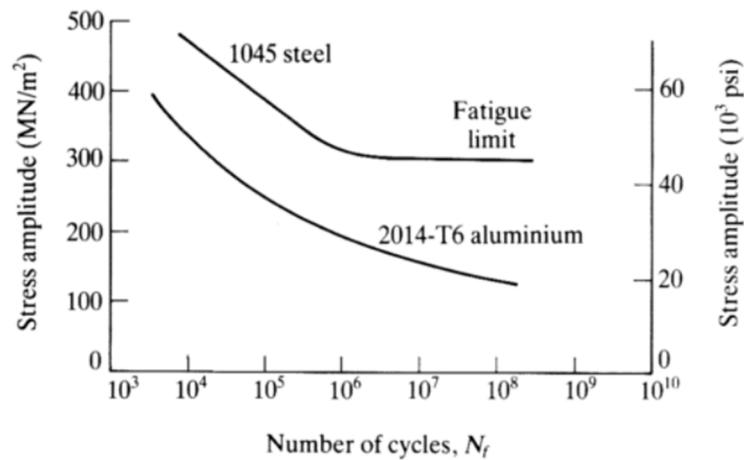


Figura 5: Modelo de Curva S-N de materiais distintos. Aço 1045 e Alumínio 2014-T6

Fonte: NOGUEIRA (2014)

Para este tipo de ensaio a padronização é feita em cima das normas: ASTM-E 466, que padroniza os ensaio de Fadiga para a obtenção da Curva S-N, partindo de corpos de provas padronizados, Norma DIN 50113, ISO 1143, E739 Practice for Statistical Analysis of Linearized Stress-Life (SN) and Strain-Life (ϵ -N) Dados da fadiga, STP 566 Manual de Ensaio de Fadiga, STP 588 Manual de Planejamento Estatístico e Análise de Experiências de Fadiga e STP 731 Tabelas para Estimativa dos Limites Medianos de Fadiga.

Para preparação dos corpos de provas metálicos, são levadas em consideração as seguintes normas: E467 Prática para Verificação de Forças Dinâmicas de Amplitude Constante em um Sistema de Teste de Fadiga Axial; E468 Prática para Apresentação de Resultados do Teste de Fadiga de Amplitude Constante para Materiais Metálicos; Método de Teste E606 / E606M para Teste de Fadiga Controlada por Tensão; E739 Prática para Análise Estatística de Dados de Fadiga Linearizada ou Linearizada (SN) e Strain Life (-N); E1012 Prática para Verificação de Enquadramento de Testes e Alinhamento de Amostras Sob Aplicação de Força Axial de Compressão e Tração e E1823 Terminologia relativa ao teste de fadiga e fratura.

2.3.2 CURVA S-N

As curvas S-N (Stress-Number of cycles) também conhecida como curva de Wöhler, caracterizam a Força aplicada, ou seja, caracteriza a magnitude da forças aplicada sobre o CP pelo número de ciclos até o rompimento. Este método serve para prever e controlar o número de ciclos com uma determinada carga até o rompimento. Um material possui vida infinita a partir de 10⁵ números de ciclos.

Segundo Shigley, Budynas e Nisbett (2011), através do levantamento das curvas S-N, pode-se demonstrar o comportamento do material quanto a sua resistência à fadiga.

Segundo Turatti (2017) quanto ao número de ciclos, classifica-se a fadiga em: fadiga de baixo ciclo (FBC) com número de até 10³ ciclos, ou ainda fadiga de alto ciclo (FAC), que corresponde a números de ciclos superiores a 10³ ciclos, conforme demonstrado na figura 6.

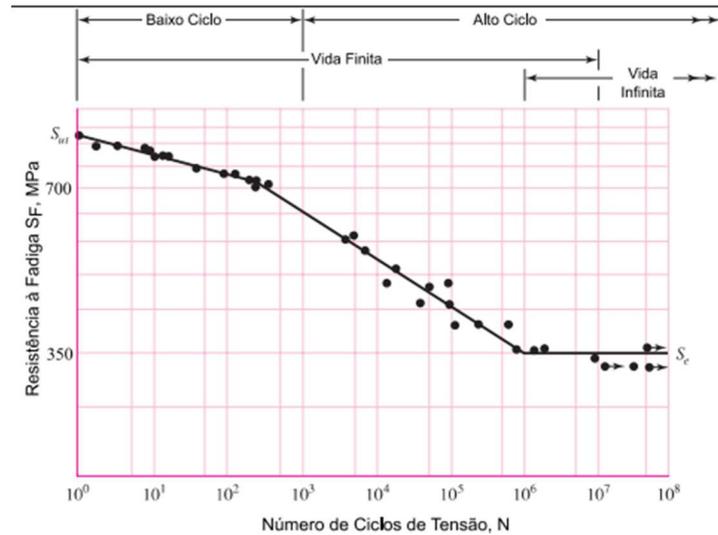


Figura 6: Curvas S-N

Fonte: SHIGLEY, BUDYNAS E NISBETT (2011)

Esse método é conhecido como Método ϵ -N, o qual utiliza a deformação local em um componente como parâmetro de fadiga, fornecendo uma visão precisa do estágio de iniciação da trinca (Turatti 2017).

Na Figura 7 pode-se observar a curva de deformação total, que é a soma da deformação elástica com a deformação plástica (SHIGLEY; BUDYNAS; NISBETT, 2011).

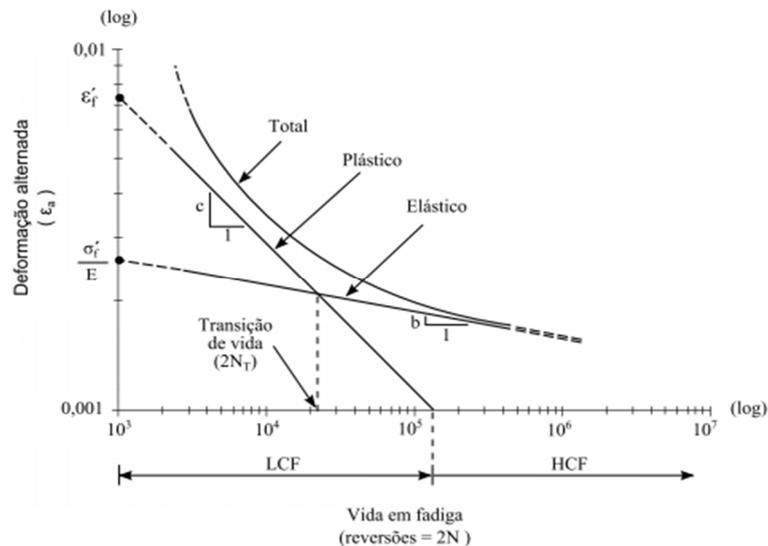


Figura 7: Gráfico para cálculo de vida em fadiga

Fonte: TAKAHASHI (2014)

Quanto maior a intensidade da amplitude de tensão empregada ao corpo de prova, menor será a quantidade de ciclos que o material conseguirá suportar até sua fratura. O limite de fadiga do material representa o valor mais elevado de amplitude de tensão, o que não acarreta na fratura do material, mesmo considerando uma quantidade de ciclos infinito (MACHADO, 2005).

Bannantine, Comer e Handrock (1990) aponta três formas para a construção das curvas S-N, com uma variação nos eixos das abcissas e ordenadas, sendo eles: S-N, S-logN e logS-logN. Dessa maneira, a escala logarítmica acaba que por facilitar a comparação dos dados



obtidos e proporcionando curvas para materiais distintos de forma semelhante e em uma escala menor.

Este método de ensaio tem o objetivo de estudar a fadiga e entender como se ocorre este fenômeno, de modo a encontrar uma forma mais adequada de prevenção.

2.4 PROJETO MÁQUINA DE ENSAIO DE FADIGA

Conforme descrito anteriormente existem diversos métodos para analisar a fadiga de um material, dentre eles, escolhemos o ensaio flexo rotativo para elaboração do nosso projeto.

Tem-se como proposta a construção de uma máquina de ensaios de fadiga baseada no método flexo rotativo, a partir desta, será possível realizar ensaios em corpos de prova de diferentes materiais e através dos resultados será possível validar o ensaio e analisar o comportamento de cada amostra quando submetidos a um carregamento cíclico ao longo do tempo, em resumo será possível entender como o componente irá se comportar quando em utilização, podendo, por exemplo, estimar após quanto tempo de uso o material estará sujeito a uma falha repentina. Esta informação é muito útil, pois será possível atuar, seja preventivamente ou preditivamente, a fim de evitar a quebra ou parada de uma máquina que utilize o componente ensaiado.

Para construção da máquina de ensaios, alguns parâmetros devem ser respeitados para seu bom funcionamento e captação de dados, partindo destes, elaboramos o projeto conforme demonstrado nas figuras de 8 a 14.

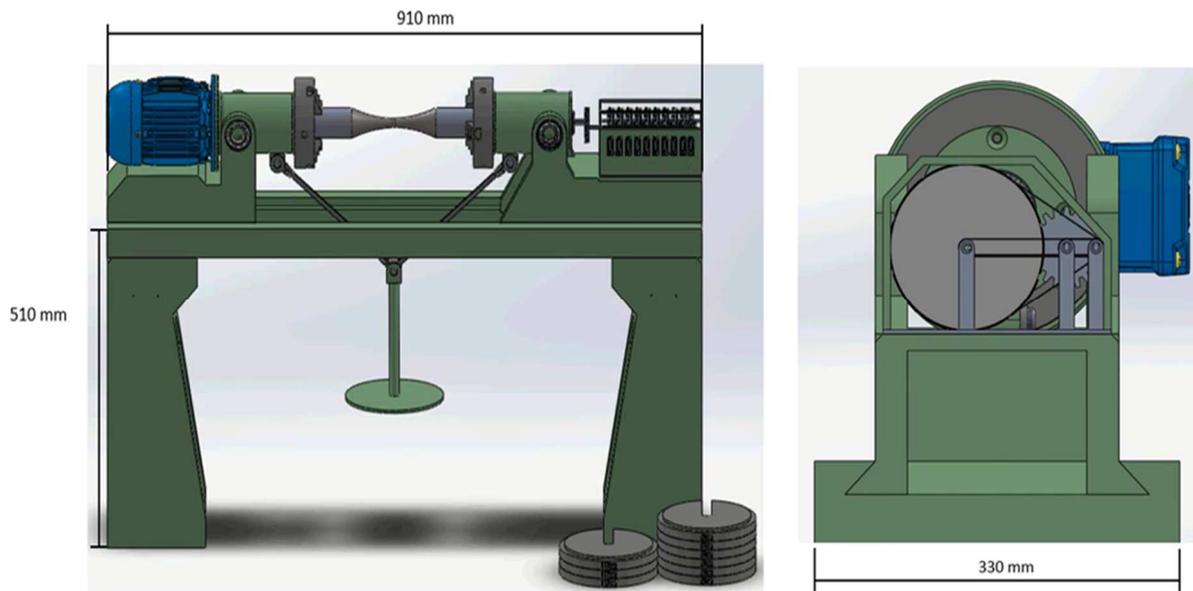


Figura 8: Projeto Máquina Ensaio de Fadiga

Fonte: Adaptado de Ponce (2001)

O ensaio deve ocorrer com uma carga “X” (conhecida) sendo aplicada a um corpo de prova, enquanto este rotaciona em torno de seu próprio eixo (a rotação será aplicada por um motor elétrico de 3500 RPM), aplicando um carregamento cíclico ao CP.



DIMENSÕES (mm)																								
	A	B	C	ØD j6	E	F	C	H	K	L	M	ØN	ØO j6	ØP	Q	R	S	T	U	V	W	ØX	Y	Z
150	80	63	25	7	17	-	-	77	8	6	4	65	50	M5	2,5	130	147	95	-	100	83	90	85	1/2" BSP
156	90	71	36	9	20	3	7,2	79	8	6	4	65	50	M5	2,5	157	177	106	3	110	91	110	94	1/2" BSP
163	100	80	40	11	23	4	8,5	88	8	6	4	75	60	M5	2,5	168	191	120	4	120	100	114	97	1/2" BSP

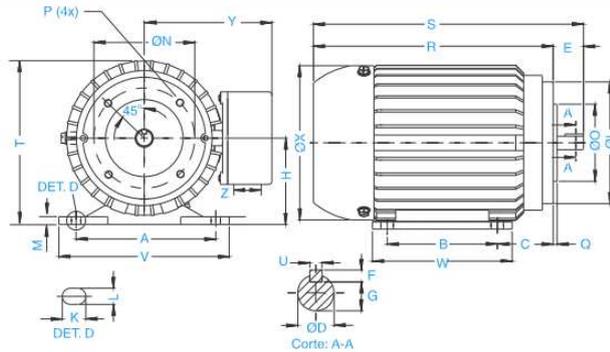


Figura 9: Motor elétrico de alta rotação

Fonte: IBRAM (2014)

O corpo de prova padronizado será fixado por um conjunto de dois mandris de 1/2", dispostos na direção axial ao CP, sendo ligados em série, de um lado pelo motor e de outro pelo contador de revoluções, conforme mostrado nas figuras 10 e 11.

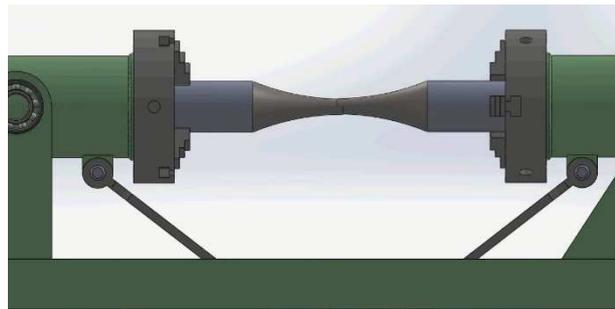


Figura 10: Fixação do Corpo de Prova

Fonte: Adaptado de PONCE (2001)

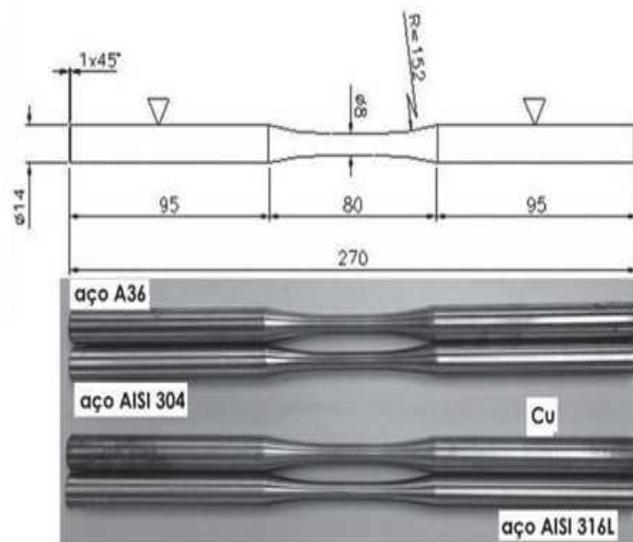


Figura 11: Corpo de Prova Padrão

Fonte: MANSUR, GOMES (2011)



Durante o tempo de execução do ensaio um contador mecânico cujas dimensões estão descritas na figura 12, é responsável pela contagem do número de revoluções (ciclos) a que o corpo de prova é submetido. O ensaio é interrompido no momento da ruptura do corpo de prova, conforme ilustrado na figura 13, e é verificado o número de ciclos suportados com a aplicação da carga “X”. Este ensaio deverá ser realizado em pelo menos 10 amostras do mesmo material, sendo a carga total aplicada “X” reduzida a cada ensaio a partir da carga máxima (Ensaio 1).

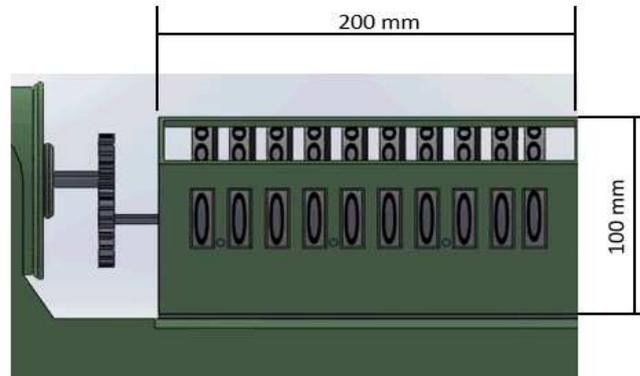


Figura 12: Contador Mecânico

Fonte: Adaptado de PONCE (2001)

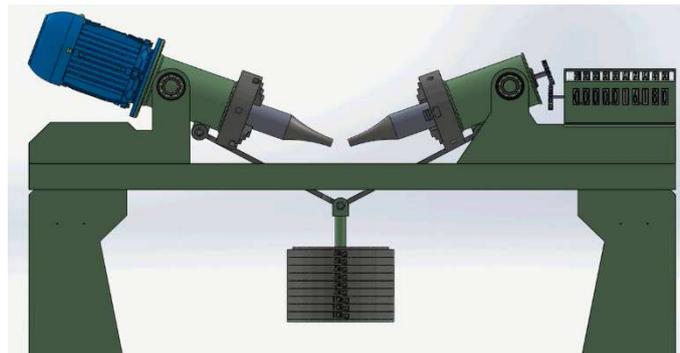


Figura 13: Rompimento do Corpo de Prova

Fonte: Adaptado de PONCE (2001)

Após o término dos ensaios, os dados fornecidos (carga aplicada x número de ciclos) serão plotados no gráfico SxN (Tensão x Número de ciclos), e a partir deste gráfico será possível estimar o limite de fadiga do material, ou seja poderemos estimar a vida útil de um componente feito a partir deste material e submetido a uma carga determinada, conforme demonstrado na figura 14.

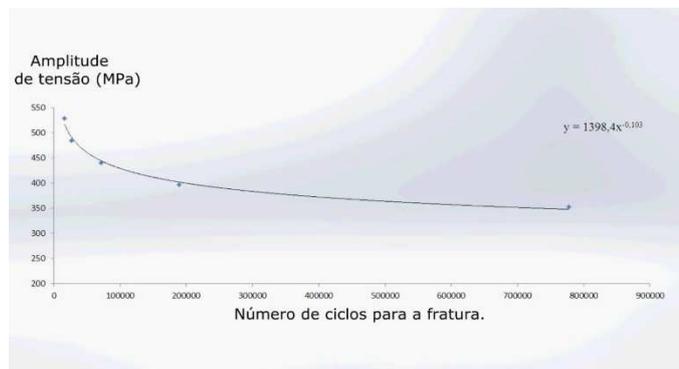


Figura 14: Curva S-N do ensaio

Fonte: Adaptado de PONCE (2001)



3. CONCLUSÕES

O estudo da fadiga é de extrema importância para mecânica, pois através dele é possível determinar qual o melhor material para construção de um componente, peça ou produto, estimar a vida útil deste componente, verificar seu comportamento quando em utilização. Com esses dados é possível, por exemplo, programar manutenções antes de uma falha catastrófica que pode levar a perdas de produção e por consequência perdas econômicas.

Além do fator econômico, o estudo da fadiga é também importante para redução de acidentes, pois muitos destes são causados devido a falhas geradas pela perda das propriedades do material devido a fadiga.

Verificou-se que o ensaio de fadiga por flexão rotativa é adequado para estimar o limite de fadiga de um material, sendo que, a partir deste é possível iniciar a análise e dimensionamento de componentes mecânicos, conhecendo sob quais cargas e período de tempo este poderá ser utilizado, podendo assim prevenir falhas inesperadas e acidentes causados pela fratura de componentes devido a fadiga.



4. REFERÊNCIAS

BANATINE, J.A, Ph.D., COMER, J.J. Ph.D & HANDROCK, J.L. Ph.D. Fundamentals Of Metal Fatigue Analysis. Pratices Hall. Englewood Cliffs, New Jersey 07632. 1990.

BUDYNAS. R.G. & NISBETT. J. K. Elementos de Máquinas de Shigley. Projeto de Engenharia Mecânica. V 8. P 230-283. Mc Graw Hill. Bookman. 2011.

CALLISTER JR., WILLIAM D., Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução, 1a ed., Rio de Janeiro, LTC, 2002

DA ROSA, EDSON. Análise de Resistência Mecânica (Mecânica da Fratura e Fadiga) Grupo de Análise e Projeto Mecânico, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina 2002.

IBRAM. Motores Elétricos Linha I. São Paulo, 2014. IBRAM – Indústria Brasileira de Máquinas Ltda. 2014.

MACHADO. F.A. Influência do Grau de Deformação e do Tratamento Térmico de bake hardening na Propagação de Trinca Por Fadiga em Dois Aços Bifásicos Usados em Rodas Automobilísticas. 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

MANSUR, T.R, FILHO. N.N.A, GOMES. P.T.V, RABELLO. E.G, SILVA. L.L, SCORALICK. G.A, SANTOS. M.C.V & BRACARENSE. A.Q. Estudo das tensões residuais em juntas soldadas de materiais dissimilares e determinação dos limites de resistência à fadiga dos metais de base. Soldagem & Inspeção. Artigos Técnicos. São Paulo, 2011. Vol. 16. Nº 3.

NOGUEIRA. R.M. Máquina de Testes de Fadiga Mecânica Por Flexão Rotativa. 2014. 29 f. Tese (Graduação em Engenharia Mecânica) – Pontífca Universidade Católica do Rio de Janeiro – Departamento de Engenharia Mecânica. 2014.

NORTON, ROBERT L. Projeto de Máquinas, uma abordagem integrada, Bookman, 4ª Ed. 2004.

OLIVEIRA, P.C. Previsão da vida em fadiga de alto ciclo em aço ABNT 4140 – Parte II: R=0,3. Projeto de iniciação científica. Departamento de Engenharia Mecânica – UNIFEI. 2002.

PONCE, ALINE SZABO. Previsão da vida em fadiga do aço ABNT 4140 Temperado e revenido a 300 ° C por 1 hora, Projeto de iniciação científica. Departamento de Mecânica – UNIFEI. 2001. Disponível em: <http://fei.edu.br/~rodrmag/PROJETOS_IC/Aline.pdf>. Acesso em 30/05/2018, as 21:00.

PORTAL FATOR BRASIL, boeing começa o teste de fadiga na estrutura do 787 dreamliner. Disponível em: <<https://www.pista73.com/noticias/boeing-comeca-o-teste-de-fadiga-na-estrutura-do-787-dreamliner/>>. Acesso em 30/05/2018 as 19:00.

TAKAHASH. B.X. Metodologia Moderna para Análise de Fadiga Baseada em Elementos Finitos de Componentes Sujeitos a Fadiga Uni e Multiaxial. 2014. 374 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014.

TURATTL. E. Avaliação do comportamento do Aço SAE 4140 submetido a ensaios de Fadiga. 2017. 103 f. Tese (Graduação em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário Univates. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Curso de engenharia mecânica. 2017.