



## DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA DETERMINAÇÃO DA VIDA À FADIGA DE COMPONENTES ESTRUTURAIS

**Abílio M. P. de Jesus**

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000 Vila Real, Portugal

**Alfredo S. Ribeiro**

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000 Vila Real, Portugal

**Artur Portela**

FCT, Universidade Nova de Lisboa, Quinta da Torre, 2825-114 Caparica, Portugal

**Paulo M. T. de Castro**

FEUP, Rua dos Bragas, 4050-123 Porto Codex, Portugal

**António A. Fernandes**

FEUP, Rua dos Bragas, 4050-123 Porto Codex, Portugal

**Resumo.** *A vida total à fadiga de um componente estrutural pode ser determinada estimando independentemente a fase de iniciação e a fase de propagação. Tendo como objectivo estimar a vida à fadiga de componentes estruturais, foi desenvolvido um programa em Visual Basic, de interface amigável, típica do ambiente Windows, sendo este constituído por quatro módulos. Um dos módulos é dedicado à previsão da fase de iniciação de defeitos em componentes estruturais, baseando-se em métodos de aproximação local. A história das deformações e tensões localizadas em entalhes são convertidas em dano o qual é responsável pela redução da vida esperada para iniciação de um defeito. Dois dos módulos permitem estimar o número de ciclos passados na fase de propagação, tendo por base os conceitos da Mecânica da Fractura Linear Elástica (MFLE). Enquanto que um destes módulos recorre a formulações do factor de intensidade de tensões (FIT) disponíveis na literatura, o outro módulo utiliza o método dos elementos de fronteira para estimativa do estado de tensão na extremidade da fenda. Finalmente existe um módulo que consiste numa base de dados contendo as propriedades dos materiais necessárias à previsão da vida à fadiga de componentes estruturais.*

**Palavras-chave:** *Fadiga, Iniciação, Propagação, Fractura*

### 1. INTRODUÇÃO

Solicitações cíclicas associadas a pormenores concentradores de tensão resultam em tensões e deformações localizadas importantes, responsáveis por processos de fadiga. Estes processos de fadiga caracterizam-se por um período inicial de acumulação de dano que culmina com a iniciação de uma fenda, seguindo-se um período de propagação da fenda até atingir as dimensões críticas às quais se dá a sua propagação instável, com consequente rotura do componente. Assim, o número de ciclos de carga total que um componente pode suportar

até atingir a rotura será a soma do número de ciclos passados na fase de iniciação de um defeito com o número de ciclos passados na fase de propagação do mesmo.

As fases de iniciação e propagação têm pesos, na vida total de um componente, que podem variar de acordo com vários factores, tais como os processos de fabrico, condições de serviço, qualidade do material, etc. Em algumas situações a fase de iniciação pode representar cerca de 90% da vida total de um componente.

No presente trabalho foi desenvolvido o programa FAD-IDMEC o qual permite determinar a vida à fadiga de componentes estruturais prevendo de forma independente a fase de iniciação e a fase de propagação. O programa FAD-IDMEC foi desenvolvido em Visual Basic 5.0 sendo compatível com os sistemas operativos Windows 95 e Windows 98.

O programa FAD-IDMEC apresenta uma filosofia modular sendo constituído por quatro módulos distintos. Um dos módulos consiste numa base de dados que reúne algumas propriedades necessárias à previsão da vida à fadiga de componentes estruturais. Dentro das diversas propriedades destacam-se as propriedades de resistência e ductilidade monótonas e cíclicas, constantes de leis de propagação e valores críticos de tenacidade.

Outro módulo do programa é dedicado à previsão da fase de iniciação. Este módulo recorre aos conceitos da fadiga oligocíclica, a qual se caracteriza por acentuadas deformações plásticas na raiz dos entalhes. A aplicação das regras de Neuber, Seeger e Heuler ou Glinka permite estimar os valores reais das tensões e deformações localizados em entalhes os quais vão ser usados na estimativa do dano induzido num dado componente.

Finalmente o programa FAD-IDMEC inclui dois módulos dedicados à previsão da fase de propagação de um defeito desde uma dimensão inicial até uma dimensão final. Em ambos os módulos o número de ciclos decorridos durante a fase de propagação é determinado integrando leis de propagação de fendas previstas pela MFLE. Um destes módulos prevê um conjunto restrito de geometrias para as quais existem disponíveis na literatura formulações do FIT. O outro módulo recorre ao método dos elementos de fronteira para estimativa do estado de tensão na extremidade da fenda. O recurso a este método numérico permite determinar os factores de intensidade de tensão em modo I e em modo II para as extremidades das fendas existentes em domínios bidimensionais de forma arbitrária. Com base nestes valores é ainda possível simular a propagação de fendas em modo misto.

## **2. APRESENTAÇÃO DA BASE DE DADOS**

A resolução de problemas de fadiga passa pela utilização de modelos mais ou menos elaborados, os quais se baseiam no conhecimento de um conjunto de propriedades do material do componente. A criação de uma base de dados que reúna um conjunto mais ou menos extenso de propriedades confere ao programa FAD-IDMEC uma maior autonomia e consistência.

A base de dados foi construída segundo a filosofia de base de dados relacional, permitindo desta forma guardar a informação de modo mais eficiente.

Esta base de dados foi dotada de uma interface que permite realizar pesquisas, visualizar as propriedades dos materiais, introduzir propriedades relativas a novos materiais, editar os dados relativos a materiais existentes na base de dados, imprimir resultados de pesquisas e propriedades dos materiais.

As propriedades dos materiais incluídas na base de dados encontram-se agrupadas nos seguintes grupos: propriedades monótonas, propriedades cíclicas, constantes de leis de propagação, propriedades de tenacidade e outras propriedades.

A base de dados para além das propriedades inclui outras informações sobre os materiais, tais como sistemas de designação equivalentes, composição química, aplicações típicas, condições de apresentação do material (tratamentos térmicos, semiproducto, dureza, etc),

condições dos ensaios para obtenção das propriedades e referências às fontes de onde foram retiradas as propriedades.

### 3. PREVISÃO DA FASE DE INICIAÇÃO DE UM DEFEITO

#### 3.1 Modelo teórico para estimativa da fase de iniciação

Os modelos de previsão da fase de iniciação de fendas têm como função converter uma história de carga, uma dada geometria e um dado material constituinte em vida à fadiga.

Numa primeira fase identifica-se a zona crítica do componente, normalmente um pormenor concentrador de tensões e determinam-se, nessa zona, as tensões e deformações originadas pelo carregamento remotamente aplicado. O valor das tensões e deformações correspondentes à zona crítica são utilizados numa segunda fase para a determinação do dano. Este dano acumula ao longo da história de carga até atingir um determinado valor crítico correspondente à avaria. No presente trabalho o critério de avaria será a iniciação de um defeito. O ponto da história do carga correspondente à avaria corresponde à vida estimada para a iniciação de um defeito.

O método descrito previamente corresponde ao método directo, pois o dano é avaliado directamente a partir dos valores locais das tensões e deformações. O método directo pode também ser designado de método local. Em oposição a este método existem os métodos indirectos ou nominais os quais avaliam o dano indirectamente, a partir das tensões e deformações remotas amplificadas, por forma a terem em consideração a concentração de tensões provocada pelo entalhe. Estes métodos indirectos negligenciam a deformação plástica que ocorre no entalhe.

Desde os estudos de Coffin (1954) e Manson (1953) sobre a fadiga oligocíclica, caracterizada por acentuada deformação plástica, que se passou a considerar a deformação total no entalhe, incluindo a deformação plástica como sendo o parâmetro mais importante na caracterização do dano.

**Regras de cálculo dos valores locais das tensões e deformações.** Em situações de elasticidade total o factor teórico de concentração de tensões,  $K_t$  relaciona os valores locais das tensões com os respectivos valores nominais. Em situações de fadiga a utilização deste factor conduz a resultados sobrestimados, sobretudo se o material apresentar alguma ductilidade. Nestas situações o factor teórico de concentração de tensões é substituído pelo factor de redução de resistência à fadiga,  $K_f$ . O factor de redução de resistência à fadiga pode ser determinado recorrendo às relações empíricas de Peterson, Heywood e Radaj as quais exprimem este factor em função do factor teórico de concentração de tensões.

Para situações de fadiga oligocíclica as deformações plásticas são consideráveis exigindo uma análise elastoplástica de tensões e deformações na raiz do entalhe. As regras de análise elastoplástica incluídas foram as regras de Neuber (1958), Seeger e Heuler (1980) e Glinka (1985).

A regra de Neuber tem a forma geral apresentada na Eq. (1),

$$K_t = \sqrt{K_\sigma K_\epsilon} \quad (1)$$

onde  $K_\sigma$  e  $K_\varepsilon$  são respectivamente o factor de concentração de tensões elastoplástico e o factor de concentração de deformações elastoplástico. A regra de Neuber, para solicitações nominais no domínio elástico reduz-se à forma apresentada na Eq. (2),

$$K_t \Delta\sigma_{nom} = (\Delta\sigma \Delta\varepsilon E)^{0.5} \quad (2)$$

onde  $\Delta\sigma_{nom}$ ,  $\Delta\sigma$ ,  $\Delta\varepsilon$  e  $E$  são respectivamente a gama de tensão nominal, a gama de tensão local, a gama de deformação local e o módulo de elasticidade.

Alguns autores, nomeadamente Topper *et al* (1969) sugerem que o factor teórico de concentração de tensões,  $K_t$  que surge na regra de Neuber seja substituído pelo factor de redução de resistência à fadiga  $K_f$ . A regra de Neuber associada à curva cíclica do material, que relaciona as tensões com as deformações em regime elástico e plástico, conduz à Eq. (3), onde  $K'$  e  $n'$  são os parâmetros da curva cíclica do material.

$$\frac{(K_f \Delta\sigma_{nom})^2}{4E} = \frac{\Delta\sigma^2}{4E} + \frac{\Delta\sigma}{2} \left( \frac{\Delta\sigma}{2K'} \right)^{1/n'} \quad (3)$$

A equação anterior permite determinar a tensão local à qual corresponde uma deformação local dada pela curva cíclica do material.

A regra de Seeger e Heuler é uma extensão da regra de Neuber para situações em que as solicitações nominais excedem o domínio elástico. Esta regra associada à curva cíclica do material conduz à Eq. (4), análoga à Eq. (3).

$$\frac{K_f^2 \Delta\sigma_{nom}}{2} \left[ \frac{\Delta\sigma_{nom}}{2E} + \left( \frac{\Delta\sigma_{nom}}{2K'} \right)^{1/n'} \right] = \frac{\Delta\sigma^2}{4E} + \frac{\Delta\sigma}{2} \left( \frac{\Delta\sigma}{2K'} \right)^{1/n'} \quad (4)$$

A relação de Glinka é uma relação que se baseia em considerações energéticas. Esta relação está representada na Eq. (5).

$$K_f^2 \left[ \frac{\Delta\sigma_{nom}^2}{4E} + \frac{\Delta\sigma_{nom}}{(n'+1)} \left( \frac{\Delta\sigma_{nom}}{2K'} \right)^{1/n'} \right] = \frac{\Delta\sigma^2}{4E} + \frac{\Delta\sigma}{(n'+1)} \left( \frac{\Delta\sigma}{2K'} \right)^{1/n'} \quad (5)$$

**Relações para a determinação da vida à fadiga.** As primeiras relações apresentadas com o objectivo de estimar a vida à fadiga de componentes caracterizam-se por relacionar a amplitude de tensão nominal aplicada ao componente com o número de ciclos necessários à iniciação de um defeito. No presente trabalho foi incluída a regra de Basquin (1910) a qual apresenta o aspecto da Eq. (6), onde  $\sigma_a$ ,  $\sigma'_f$ ,  $b$  e  $2N_f$  são respectivamente a amplitude de tensão nominal, o coeficiente de resistência à fadiga cíclico o expoente de resistência à fadiga cíclico e  $2N_f$  é o número de ciclos para a iniciação de um defeito.

$$\sigma_a = \frac{\Delta\sigma}{2} = \sigma'_f (2N_f)^b \quad (6)$$

A relação de Basquin apresenta bons resultados para domínios de fadiga de longa duração onde predominam as deformações elásticas. Para domínios de fadiga oligocíclica Coffin e Manson apresentam uma regra alternativa representada na Eq. (7), onde  $\Delta\varepsilon_p$ ,  $\varepsilon'_f$  e  $c$  são

respectivamente a gama de deformação plástica na raiz do entalhe, o coeficiente e expoente de ductilidade à fadiga cíclicos.

$$\frac{\Delta \varepsilon_p}{2} = \varepsilon'_f (2N_f)^c \quad (7)$$

As relações anteriores complementam-se podendo ser combinadas dando origem a uma relação mais geral válida em qualquer domínio da fadiga, relação esta representada na Eq. (8), onde  $\Delta \varepsilon$  é a amplitude de deformação total na raiz do entalhe.

$$\frac{\Delta \varepsilon}{2} = \frac{\sigma'_f}{E} (2N_f)^b + \varepsilon'_f (2N_f)^c \quad (8)$$

As equações de Basquin, Coffin e Manson são válidas para solicitações nominais de amplitude constante e tensão média nula, sendo a relação definida na Eq. (8) também válida para este tipo de solicitação. Morrow (1965) apresentou uma relação para estimativa da vida à fadiga que tem em consideração o efeito da tensão média, a qual se apresenta na Eq. (9), onde  $\sigma_{med}$  é a tensão média da solicitação alternada.

$$\frac{\Delta \varepsilon}{2} = \frac{(\sigma'_f - \sigma_{med})}{E} (2N_f)^b + \varepsilon'_f (2N_f)^c \quad (9)$$

No presente trabalho também foram previstas solicitações do tipo amplitude variável mas com blocos de amplitude constante. Para este tipo de solicitação usou-se uma regra de acumulação de dano proposta por Miner (1945), a qual prevê uma acumulação linear de dano.

### 3.2 Alguns resultados obtidos com o módulo de previsão da fase de iniciação

Nesta secção apresentam-se alguns resultados obtidos com o módulo de previsão da fase de iniciação. As geometrias podem ser definidas indicando o factor teórico de concentração de tensões correspondente a um entalhe, ou seleccionando uma geometria dentro de um conjunto de geometrias especificadas.

A Fig. 1 apresenta um conjunto de curvas que mostram a variação do número de ciclos para a iniciação de um defeito com a amplitude de tensão nominal e para 4 materiais diferentes: aços MAN-TEN e SAE 950X e alumínios Al6061-T6 e Al7075-T6. O componente considerado apresenta um  $K_t=3$  com o factor de redução da resistência à fadiga determinado segundo Radaj. A solicitação considerada é alternada com valor médio nulo ( $R=-1$ ) e foi usada a regra de Neuber para estimativa dos valores locais das tensões de deformações.

Constata-se que o alumínio Al 7075-T6 apresenta maior resistência para domínios de fadiga de longa duração, invertendo-se a situação para domínios de fadiga oligocíclica. Em domínios de fadiga oligocíclica o aço MAN-TEN apresenta melhores características de resistência à iniciação.

Na Fig. 2 representa-se uma junta topo a topo a qual faz parte do conjunto de geometrias especificadas neste módulo. Na mesma figura apresentam-se curvas que fornecem o número de ciclos necessários à iniciação de um defeito em função da amplitude de tensão e para diversos raios no pé do cordão. Verifica-se que a resistência à fadiga diminui com a diminuição do raio no pé do cordão. Existe um valor de raio crítico para o qual a resistência à fadiga é mínima. A formulação do raio crítico é apresentada por Young e Lawrence (1985).

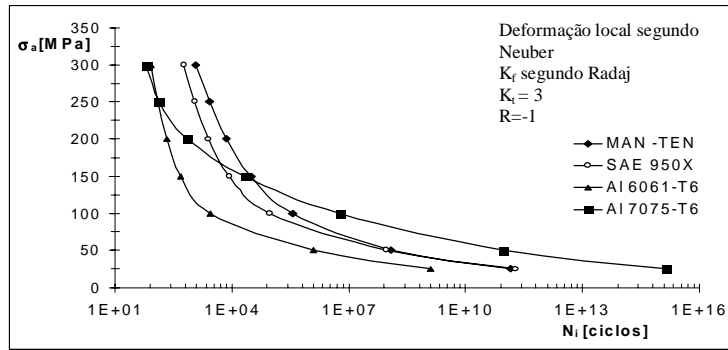


Figura 1 –  $N_i$  em função de  $\sigma_a$  para os aços MAN-TEN e SAE 950X e para os alumínios Al 6061-T6 e Al 7075 -T6.

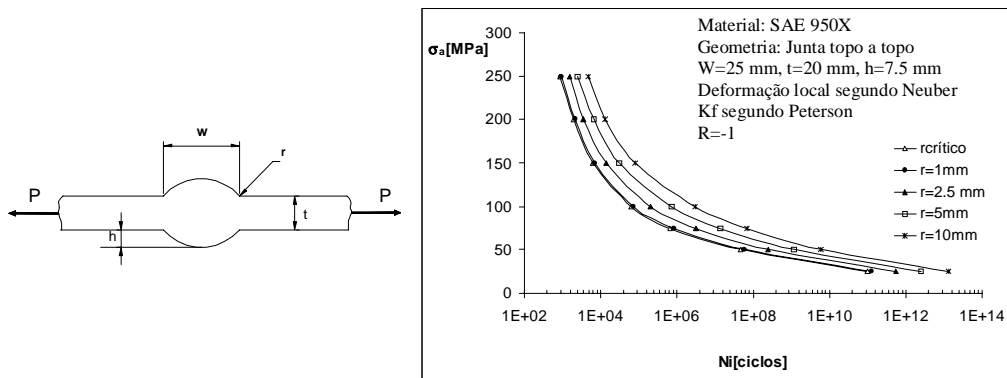


Figura 2 – Geometria e relações  $N_i$  versus  $\sigma_a$  de uma junta topo-a-topo em aço SAE 950X e com diversos raios na pé do cordão.

#### 4. PREVISÃO DA FASE DE PROPAGAÇÃO DE DEFEITOS

Após a iniciação de um defeito este propagar-se-á até atingir dimensões críticas às quais ocorre a rotura do componente. O número de ciclos de carga necessários à propagação de uma fenda desde uma dimensão inicial até uma dimensão final pode ser determinado integrando as leis de propagação de fendas prevista pela MFLE. Com efeito a MFLE estabelece leis de propagação com a forma geral seguinte:

$$da/dN = f(\Delta K) \quad (10)$$

onde  $da/dN$  é a taxa de propagação da fenda e  $\Delta K$  é a gama do FIT. O número de ciclos correspondente à fase de propagação será dado pela Eq. (11), onde  $a_i$  e  $a_f$  são as dimensões iniciais e finais da fenda respectivamente.

$$N = \int_{a_i}^{a_f} \frac{da}{f(\Delta K)} \quad (11)$$

As leis de propagação previstas no presente trabalho foram a lei de Paris(1963) e a lei de Forman (1967) definidas na Eq. (12) e Eq. (13) respectivamente, onde  $C$ ,  $m$  e  $p$  são constantes,  $R$  é a razão de tensões e  $K_c$  é a tenacidade crítica.

$$da/dN = C\Delta K^m \quad (12)$$

$$\frac{da}{dN} = \frac{C\Delta K^p}{K_c(1-R) - \Delta K} \quad (13)$$

Ambos os módulos dedicados à previsão da fase de propagação recorrem aos conceitos da MFLE apresentados no início desta secção. A principal diferença entre estes módulos reside na forma de obtenção das formulações do FIT. Enquanto que um dos módulos apresenta um conjunto restrito de geometrias para as quais existem formulações do FIT disponíveis na literatura, o outro módulo permite a definição de geometrias bidimensionais com formas arbitrárias. Neste segundo módulo a aplicação do método numérico dos elementos de fronteira permite determinar o estado de tensão na extremidade das fendas, a partir do qual se determinam os factores de intensidade de tensão em modo I e modo II.

#### 4.1 Alguns resultados obtidos com o módulo de previsão da fase de propagação baseado em formulações do FIT existentes na literatura

O módulo de previsão da fase de propagação que recorre a formulações do FIT disponíveis na literatura inclui um conjunto de geometrias restrito. As geometrias prevêm defeitos iniciais bidimensionais e tridimensionais. Os defeitos bidimensionais são do tipo fendas de frente recta e os tridimensionais são do tipo fendas de frente elíptica. Foi dada preferência às juntas soldadas pela sua importância como elemento estrutural.

Com o objectivo de ilustrar os resultados obtidos com este módulo são apresentadas curvas S-N relativas a uma junta soldada em T com fenda no pé do cordão de dimensão inicial  $a_i = 0.25$  mm, solicitada em tracção e flexão, construída em aço SAE 8630, representada na Fig.3. A formulação do FIT usada para esta geometria foi proposta por Dijkstra *et al* (1989) e tem a forma seguinte:

$$K = \left[ M_{k,m} M_m \sigma_m + M_{k,f} M_f \sigma_f \right] \sqrt{\pi a} \quad (14)$$

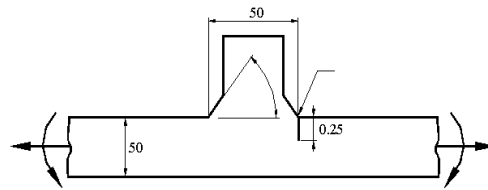


Figura 3 - Junta soldada em T.

onde  $M$  é o factor de correcção do FIT para placa finita com bordo entalhado e  $M_k$  é o factor de correcção do FIT que têm em consideração o efeito concentrador do cordão. Os índices  $f$  e  $m$  dizem respeito a solicitações de tracção e flexão. O factor de correcção  $M_k$  é determinado segundo o mesmo autor pela Eq. (15), onde  $f_L$ ,  $f_\phi$  e  $f_\rho$  são funções de ajuste a resultados experimentais que têm em consideração a influência da largura, ângulo e raio no pé do cordão.

$$M_k = f_L(a/T, L/T) \cdot f_\phi(a/T, \phi) \cdot f_\rho(a/T, \rho/T) \quad (15)$$

As curvas S-N apresentam-se na Fig. 4 e foram obtidas com base na aplicação da lei de Paris cujas constantes são iguais a  $C=7.49818E-14$  [mm/ciclo,  $Nmm^{-1.5}$ ] e  $m=3.03$ . A dimensão crítica da fenda foi determinada com base no valor crítico da tenacidade do material,  $K_{IC} = 4269$   $Nmm^{-1.5}$ . Da análise das curvas S-N constata-se que as solicitações de flexão são mais severas que as solicitações de tracção. Ângulos de cordão superiores são conduzem a vidas esperadas mais baixas.

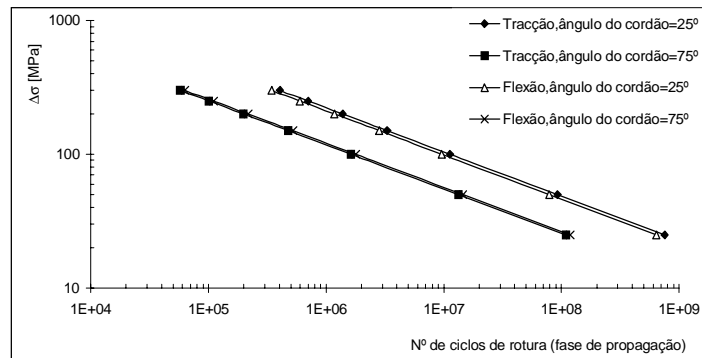


Figura 4 - Curvas S-N para junta em T solicitada em tracção e flexão com ângulos do cordão de 25° e 75°.

#### 4.2 Alguns resultados obtidos com o módulo de previsão da fase de propagação que recorre ao método dos elementos de fronteira

Este módulo permite simular a propagação de fendas para geometrias de forma arbitrária. Para o efeito é necessário criar um modelo para posterior análise pelo método dos elementos de fronteira. A criação de um modelo envolve as etapas seguintes: definição da geometria, discretização da fronteira, introdução das condições fronteira, definição das propriedades do material e definição dos parâmetros de controlo da simulação da propagação.

A aplicação do método dos elementos de fronteira permite determinar os campos de deslocamentos, tracções, tensões e deformações. Estes resultados são usados conjuntamente com a técnica do integral J para a determinação do FIT em modo I e modo II,  $K_I$  e  $K_{II}$ . Na Fig. 5 apresenta-se uma placa rectangular com 3 furos e fendas a emanar dos furos. Na mesma figura representa-se o modelo usado na análise pelo método dos elementos de fronteira. Na Tabela 1 apresentam-se os valores dos factores de intensidade em modo I e modo II obtidos com o presente módulo, para os vários extremos das fendas da placa da Fig. 5.

Conhecidos os factores de intensidade de tensão na extremidade das fendas é possível simular a propagação destas. Para o efeito recorreu-se a uma técnica incremental, a qual se baseia na aplicação de incrementos sucessivos, de dimensão constante, ao extremo da fenda. A direcção de cada incremento é determinada considerando que a fenda se propaga na direcção normal à direcção da tensão principal máxima. O número de ciclos correspondente ao incremento da fenda é determinado integrando a lei de propagação. A lei de propagação prevista foi a lei de Paris.

Para exemplificar a simulação de propagação de uma fenda considere-se a placa rectangular representada na Fig. 6 com 3 furos e uma fenda a emanar de um dos furos

Na Fig. 7 representa-se a trajectória descrita pela fenda. Na figura 8 representa-se a curva de propagação respectiva como também a variação da resistência residual da placa, normalizada para a resistência residual no início da propagação.



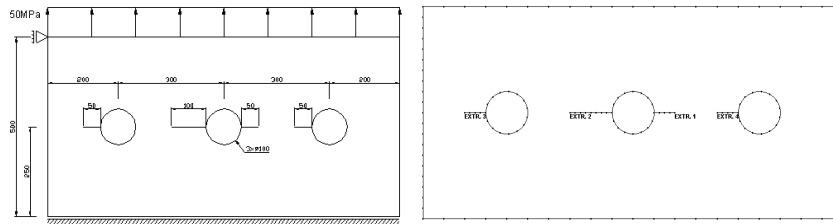


Figura 5 – Placa rectangular fendida e respectivo modelo.

Tabela 1. Valores dos FIT para os extremos das fendas da placa da Fig. 5

Extremo	$K_I$	$K_{II}$
	$MPa.m^{0.5}$	
1	13,30515	-0,08613
2	22,16094	-0,66707
3	30,41251	0,8681
4	12,82934	0,109011

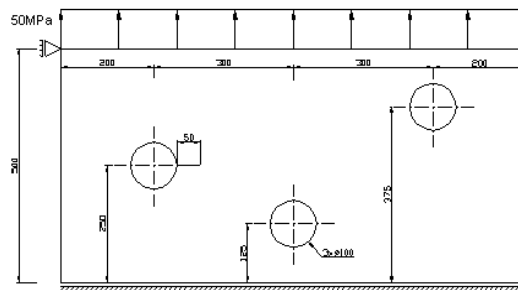


Figura 6 – Placa rectangular com 3 furos e uma fenda a emanar de um furo.

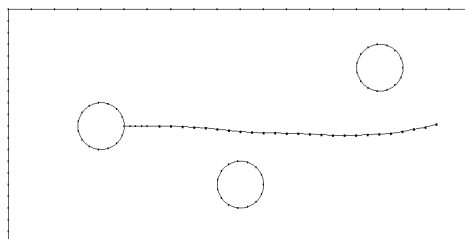


Figura 7 – Simulação da propagação de uma fenda recorrendo à técnica incremental.

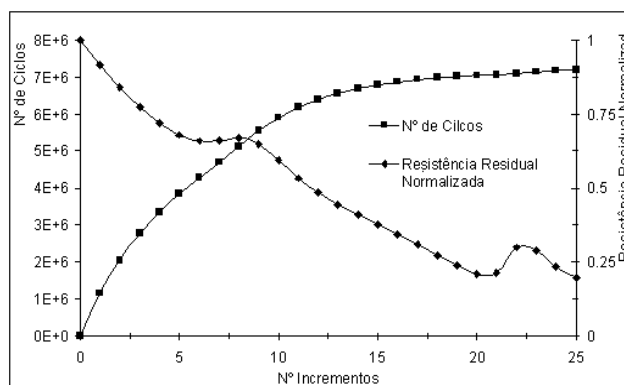


Figura 8 – Variação do número de ciclos de propagação e resistência residual normalizada com o número de incrementos da fenda.

## REFERÊNCIAS

- Basquin, O. H., 1910, Proc. ASTM 10, Part II, 625.
- Coffin, L.F., 1954, A Study of the Effects of Cyclic Thermal Stresses on a Ductile Metal, Trans. ASME, Vol. N° 76, pgs. 931-950.
- Dijkstra, O. D., Snijder, H. H., van Straalen, IJ. J., 1989, Fatigue Crack Growth Calculations Using Stress Intensity Factors for Weld Toe Geometries, OMAE Europe'89.
- Forman, R. G., Kearney, V. E. and Engle, R. M., 1967, Numerical Analysis of Crack Propagation in Cyclic Loaded Structures, J. Bas. Eng., Trans., ASME, Vol. 89, pags 459.
- Glinka, G., 1985, Energy Density Approach To Calculation Of Inelastic Strain-Stress Near Notches and Cracks, Engineering Fracture Mechanics, Vol. 22, N° 3, pags. 485-508.
- Manson, S.S., 1953, Behaviour of Materials Under Conditions of Thermal Stress, Heat Transfer Symposium, University of Michigan, Eng. Research Inst., pgs. 9-75.
- Miner, M. A., 1945, Journal of Applied Mechanics, Vol.12, pgs. A159.
- Morrow, J. D., Tuler, F.R., 1965, Low Cycle Fatigue Evaluation of Inconel 713C and Waspally", Journal of Basic Eng. 87, N° 2, pgs. 275-289.
- Neuber, H., 1858, Theory of Notch Stress, Springer Verlag, 2nd Edition.
- Paris, P. C., and Erdogan, F., 1963, A Critical Analysis of Crack Propagation Laws, J. Bas. Eng. Trans., ASME, pgs 528.
- Seeger, T. and Heuler, P., 1980, Generalised Application of Neuber's Rule", J. Test. Eval. 8, pgs. 199-204.
- Topper, T.H., Wetzel, R. M., and Morrow, JoDean, 1969, Neuber's Rule Applied to Fatigue of Notched Specimens, Journal of Materials, JMLSA, Vol. 4, N°.1, pags. 200-209.
- Yung, J.Y., Lawrence, 1985, F. V., Analitical and Graphical Aids For The Fatigue Design of Weldments, Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Strutures, vol. 8, N° 3, pp. 223-241.

## SOFTWARE DEVELOPMENT FOR THE FATIGUE LIFE PREDICTION OF STRUCTURAL COMPONENTS

**Abstract.** *Fatigue life of a structural component can be evaluated calculating independently the initiation and propagation phases. A software package based on Windows Visual Basic, with an user friendly interface was developed for predicting fatigue life. The package is composed of four modules. The first module covers the evaluation of the initiation phase in structural components containing defects, using local approach methods. Notch load and strain spectra are converted into damage, responsible for the reduction of the initiation fatigue life. Second and third modules allow the evaluation of the propagation phase using linear elastic fracture mechanics concepts. In one of the modules stress intensity factor formulations available in the literature are used; in the other the boundary element method is used to evaluate the stress field at the tip of the notch. The fourth module contains a database on materials properties relevant for fatigue life prediction*

**Key-words:** *Fatigue, Initiation, Propagation, Fracture*