

ESTUDO EXPERIMENTAL DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DA IMPEDÂNCIA ELETROMECAÂNICA PARA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DE PASTILHAS PZT EM RELAÇÃO À FALHAS ESTRUTURAIS

Carolina Bittencourt

Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC), Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Avenida João Naves de Ávila, 2121

carol.bittencourt@yahoo.com.br

Heléa Cristina Pinto Gruppioni

Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC), Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Avenida João Naves de Ávila, 2121

heleagruppioni@yahoo.com.br

Karina Mayumi Tsuruta

Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC), Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Avenida João Naves de Ávila, 2121

karinamayumi@yahoo.com.br

José dos Reis Vieira de Moura Júnior

Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC), Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Avenida João Naves de Ávila, 2121

mourajr@mourajr.com.br

Domingos Alves Rade

Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC), Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Avenida João Naves de Ávila, 2121

domingos@ufu.br

Raquel Santini Leandro Rade

Instituto de Física (INFIS), Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Avenida João Naves de Ávila, 2121

rslr@ufu.br

Resumo: As técnicas de monitoramento de integridade estrutural (SHM) têm recebido crescente interesse na aplicação na área aeroespacial, em estruturas civis, veículos e máquinas. Entre as técnicas SHM, o método baseado na impedância eletromecânica é considerado um dos mais promissores. Trata-se de um método não-destrutivo que utiliza a junção nas propriedades eletromecânicas de materiais piezelétricos para monitorar a ocorrência e evolução de falha estrutural. A aplicação desta técnica consiste em colar materiais piezelétricos, mais frequentemente na forma de pastilhas finas, na estrutura a ser monitorada. O comportamento eletromecânico do sistema pode ser caracterizado pela impedância eletromecânica, que é uma função da frequência, definindo a relação entre a tensão de entrada e a corrente elétrica. Assim, através das variações observadas na impedância eletromecânica, é possível avaliar as mudanças estruturais induzidas pelo dano. Apesar do fato de que a eficácia do método de impedância eletromecânica ser posta em evidência em estudos anteriores, no estágio atual alguns fatores ainda influenciam sua capacidade e merecem atenção. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar experimentalmente a influência da posição de pastilhas PZT (titanato zirconato de chumbo) em relação às falhas, influência esta de grande importância na aplicação prática em sistemas de SHM. A metodologia experimental adotada consiste em testar uma placa de alumínio em que vários PZTs são colados em

posições e distâncias distintas da falha, sendo esta simulada por um corte feito com uma mini-retífica. Através de um analisador de impedância, mede-se inicialmente a impedância eletromecânica da placa sem falha, e posteriormente, para a placa com dano, considerando cada um dos PZTs sucessivamente. Definindo uma métrica do dano que permite avaliar os desvios entre as funções eletromecânicas para a placa com e sem falha, se avalia a sensibilidade destas funções em relação à evolução e a posição relativa em relação ao dano. A sensibilidade é então considerada como critério de seleção para a configuração mais favorável para a malha de transdutores em que permite estabelecer diretrizes na situação em que a localização da falha é desconhecida.

Palavras-chave: *Impedância Eletromecânica, Detecção de Falha, Monitoramento de Integridade Estrutural, PZT.*

1. INTRODUÇÃO

Os diversos tipos existentes de sistemas estruturais estão inevitavelmente sujeitos a esforços e influências externas que podem levar à ocorrência de falhas, comprometendo a segurança e a eficiência operacional.

Um dos projetos mais importantes de Engenharia na área de estruturas é o desenvolvimento de técnicas de monitoramento de integridade estrutural em tempo real, para aplicação em estruturas de custo elevado e de grande importância dentro de um sistema. Desse modo, o estudo e aprimoramento destas técnicas são altamente necessários e tem sido alvo de inúmeras parcerias entre empresas e universidades.

Existem várias técnicas destinadas ao monitoramento da ocorrência e propagação de danos estruturais, que se baseiam em diferentes princípios, desde a inspeção visual, o uso de raios-x e ultra-som. Todavia, seu uso prático é limitado pelo fato que a inspeção é localizada, o que torna estes métodos demorados e onerosos.

Mais recentemente, foram desenvolvidos métodos de monitoramento baseados no uso de materiais ditos inteligentes, que exibem características específicas que os tornam adaptados a esta finalidade. Citam-se, como principais exemplos, os materiais piezelétricos e as fibras ópticas (GIURGIUTIU, 2000; TOOD, 2004).

Uma das técnicas bastante estudada, fundamentada nos transdutores piezelétricos, é a técnica baseada na impedância eletromecânica. Esta técnica baseia-se no acoplamento eletromecânico estrutura-elemento piezoelétrico PZT (titanato zirconato de chumbo). Assim, através de curvas características da impedância, variações da rigidez da estrutura decorrentes do aparecimento de falhas, podem ser avaliadas. Como a perda de rigidez progressiva está intimamente relacionada com a falha estrutural, a correlação é feita utilizando ferramentas já descritas pela bibliografia (Davis, 2002; Kabeya, 1998; Kim, 2002; Raju, 1997).

Em vista da importância do desenvolvimento de metodologias de monitoramento estrutural, o presente trabalho visa estudar a influência da posição de pastilhas piezelétricas utilizadas para o monitoramento da impedância eletromecânica em relação à posição de falhas em uma placa de alumínio.

1.1 – Impedância

O método de monitoramento de integridade estrutural baseado em impedância tem sido desenvolvido como uma ferramenta promissora para identificação de falhas estruturais em tempo real e é considerado como um novo método de avaliação não destrutiva.

A técnica utiliza pastilhas piezelétricas, que funcionam como sensores e atuadores, coladas ou incorporadas na estrutura, para realizar o monitoramento em tempo real. O princípio consiste na utilização de frequências elevadas (acima de 30 KHz) aplicadas às pastilhas de PZT para detectar mudanças decorrentes do aparecimento de falhas internas, falhas superficiais e danos em juntas (lesões em soldas, por exemplo), avaliando as modificações dos sinais capturados pelo sensor.

Os materiais piezelétricos são utilizados devido à dificuldade de se medir diretamente a impedância eletromecânica de uma estrutura. A impedância elétrica do material PZT pode ser associada diretamente à impedância mecânica da estrutura à qual a pastilha de PZT esteja colada.

A impedância elétrica é compreendida como sendo uma oposição que o circuito ou dispositivo oferece à passagem de uma corrente alternada em uma dada frequência. Similarmente, como a impedância elétrica pode ser compreendida como a razão entre a voltagem de energização pela corrente resultante, a impedância mecânica é calculada pela razão entre a força aplicada na estrutura e a velocidade com que a mesma desloca-se.

No sistema PZT versus estrutura estudada neste trabalho será medida a impedância eletromecânica do sistema. Supondo que a impedância elétrica do sistema não varia, a variação encontrada nas medidas é atribuída à parte mecânica, sendo esta resultante das modificações geométricas da estrutura ou de suas propriedades mecânicas, caracterizando a evolução de um dano.

1.2 – Sensores e atuadores Piezelétricos

A principal característica que possibilita a utilização do PZT como sensor e atuador, é seu efeito piezelétrico. A aplicação de um campo elétrico produz uma deformação no material (efeito inverso), e a aplicação de uma tensão mecânica resulta no aparecimento de um campo elétrico (efeito direto). Esta característica, associada aos conceitos de impedância elétrica e falha métrica, permite a localização e o monitoramento da falha.

Dentro de um material piezelétrico, a tensão mecânica, a deformação, o campo elétrico e o deslocamento elétrico, podem ser completamente descritos por um par de equações eletromecânicas. A relação definida por (Crawley et al., 1983) que descreve o acoplamento entre as variáveis elétricas e mecânicas são descritas pelas Equações 1 e 2, as quais representam, respectivamente, o efeito inverso e direto do PZT:

$$S_i = s^E_i T_j + d_m E_m \quad (1)$$

$$D_m = d_m T_j + \varepsilon^T_{mk} E \quad (2)$$

Ou na forma Matricial:

$$\begin{bmatrix} S \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s^E & d_t \\ d & \varepsilon^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T \\ E \end{bmatrix} \quad (3)$$

onde:

S : vetor das deformações [m/m]

T : vetor das tensões [N/m²]

E : vetor campo elétrico [V/m]

D : vetor deslocamento elétrico [C/m²]

s : tensor de flexibilidade [m²/N]

d : tensor das constantes piezelétricas em deformação [m/V]

ε : permissividade elétrica [F/m]

Os índices i, j e m indicam as direções da tensão e da deformação e o índice k a do campo elétrico.

1.3. O método de monitoramento baseado na impedância

O monitoramento da estrutura é feito aplicando-se um campo elétrico alternado no PZT, através de um analisador de impedância, que está colado à mesma. Dessa forma, o mesmo se deforma conjuntamente com a estrutura fazendo com que o conjunto vibre. Se a frequência de excitação for muito alta, a resposta dinâmica da estrutura refletirá apenas o comportamento de uma pequena região próxima ao PZT. A excitação elétrica causa uma excitação mecânica

correspondente na estrutura, que se deformará. A partir desta resposta dinâmica, o PZT se deforma gerando um campo elétrico. Assim, o mesmo funciona como um atuador e um sensor de deformações. Quando algum tipo de dano ou uma fissura aparecem na estrutura, a resposta dinâmica da mesma é alterada e percebida através da resposta elétrica do PZT, ou seja, o princípio básico consiste em monitorar a variação da impedância mecânica, causada devido a uma mudança estrutural (falha), através da impedância elétrica.

Um modelo simples, como mostrado na Figura 1, pode descrever a interação entre um PZT e a estrutura a ele vinculada. O PZT é considerado como uma barra fina exposta a uma vibração axial em resposta a aplicação de tensão elétrica alternada. Uma extremidade é fixada e a outra é conectada na estrutura, representando um sistema com um grau de liberdade.

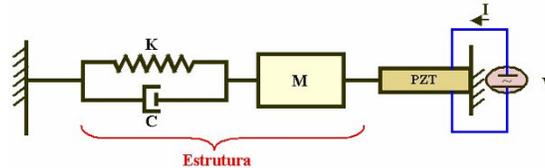


Figura 1: Modelo unidimensional do acoplamento eletromecânico utilizado pelo método baseado em impedância.

onde:

K: constante da mola.

M: massa.

C: coeficiente do amortecedor.

V: Voltagem de entrada no atuador PZT.

Partindo do pressuposto de que as propriedades mecânicas do PZT não variam ao longo do tempo que o mesmo é utilizado para o monitoramento estrutural, Liang et al. (1994) demonstraram que a admitância $Y(\omega)$ do atuador PZT é uma função combinada da impedância mecânica do atuador PZT, $Z_a(\omega)$ e da estrutura, $Z(\omega)$, como mostra a Equação 4.

$$Y(\omega) = \frac{I}{V} = i\omega a \left(\bar{\epsilon}_{33}^T - \frac{Z(\omega)}{Z(\omega) + Z_a(\omega)} d_{3x}^2 \hat{Y}_{xx}^E \right) \quad (4)$$

onde:

V: Voltagem de entrada no atuador

I: Corrente de saída do PZT.

a : Constante geométrica.

d_{3x} : Constante de acoplamento piezoeletrico.

Y_{xx}^E : Módulo de Young.

$\bar{\epsilon}_{33}^T$: Constante dielétrica complexa do PZT com tensão zero.

Portanto, a impedância elétrica do PZT é diretamente relacionada, através da Equação 4, com a impedância mecânica da estrutura, levando à utilização dos sinais de impedância elétrica do PZT para o monitoramento da integridade estrutural do sistema representado pela impedância mecânica da estrutura.

Segundo Raju 1997, a técnica consiste basicamente na obtenção de funções de respostas em frequência (FRFs) da estrutura e posterior avaliação da modificação destes sinais. Idealmente, uma modificação destas FRFs indicaria uma modificação estrutural e, portanto, algum tipo de dano.

2. FALHA MÉTRICA

A falha métrica é um índice usado para monitorar a ocorrência de falhas e, é definida como a soma da raiz das diferenças quadráticas das mudanças de impedância para cada frequência, dividida pelo quadrado da impedância do PZT medido sob condições iniciais.

Este índice simplifica a interpretação das variações de impedância e fornece informações do sinal em impedância para região de influência do atuador (Lopes et al. 2000).

O monitoramento de cada PZT é feito separadamente, isto é, cada PZT é continuamente monitorado na faixa de frequência especificada. Para cada PZT, deve-se definir um valor mínimo, acima do qual é uma indicação de falha naquela região.

O valor de M , descrito como “desvio da raiz média quadrática”, é definido por Sun et al. (1995):

$$M = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{[\text{Re}(Z_{i,1}) - \text{Re}(Z_{i,2})]^2}{[\text{Re}(Z_{i,1})]^2}} \quad (5)$$

onde :

M : representa a medida da falha.

$Z_{i,1}$: representa o PZT medido sob condições iniciais

$Z_{i,2}$: representa o sinal a ser comparado, para o i -ésimo valor da frequência.

3. METODOLOGIA

No ensaio realizado utilizou-se uma placa quadrada de alumínio com 1 mm de espessura e dimensões 600x600mm, e cinco pastilhas piezelétricas numeradas de 1 a 5 com dimensões 10x15 mm, conforme demonstradas na figura 2 (a) e (b). Os PZTs 1, 2 e 3 foram colados na parte superior direita com um ângulo de 45°, a uma distância do centro da placa de 350, 250 e 150 mm, respectivamente, já os PZTs 4 e 5 foram colados na parte inferior da placa, a uma distância de 150 e 250 mm do centro da mesma, respectivamente, com um ângulo -90°. Na figura 2(b) estão demonstradas as dimensões e a localização das falhas na placa, verifica-se que as falhas 1 e 2 possuem dimensões de 10 e 16 mm, respectivamente.

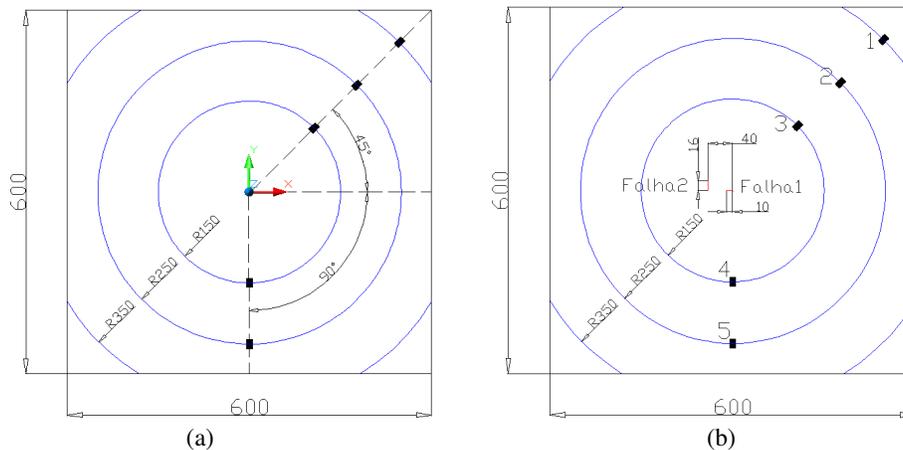


Figura 2: (a) Dimensões da placa e parâmetros de colagem dos PZTs e (b) Numeração dos PZTs e localização das falhas de referência.

A impedância elétrica foi mensurada no analisador de impedância HP4194A (Fig. 3), e o processo de aquisição de dados foi realizado pelo computador. O analisador de impedância foi configurado com os seguintes parâmetros: OSC Level: = 1 Volt; AVG = 8 (Número de médias) e pontos amostrados = 401. Foram utilizadas três bandas de frequência, no entanto, analisou-se apenas uma banda de frequência, de 35 a 40 KHz.

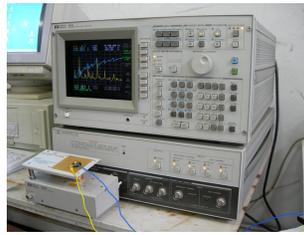


Figura 3: Analisador de impedância modelo HP 4194

O esquema da montagem do experimento está demonstrado na figura 4, juntamente com as falhas causada nesta. A condição de contorno da placa no experimento foi livre-livre. Com o auxílio de uma mini-retífica, introduziu-se um rasgo de 10 mm, falha 1, com o objetivo de servir como referência e auxiliar no aumento progressivo desta. Aumentou-se este rasgo progressivamente de 3 em 3 mm, até chegar-se a uma trinca de 12 mm, medindo-se o sinal de impedância eletromecânica três vezes a cada novo aumento da falha. Posteriormente, confeccionou-se a falha 2 com 16 mm, tendo o mesmo propósito da falha 1, auxiliar no aumento da mesma, e o mesmo procedimento foi realizado, tanto no aumento progressivo da falha quanto nas medições na falha 1.

A tabela 2 abaixo apresenta a configuração e numeração dos ensaios realizados no experimento, relacionando o número do PZT, a faixa de frequência utilizada e o tamanho da falha inserida, está foi utilizada tanto para falha 1 como para a falha 2.

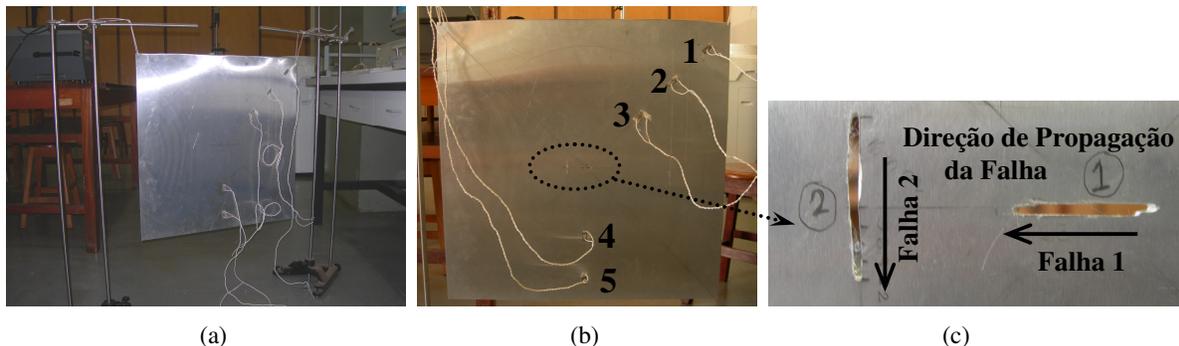


Figura 4: (a) Esquema do Experimento (b) Posição de cada PZTs na Placa (c) Direção de propagação das falhas.

Tabela 2 – Numeração e configuração dos ensaios

Dimensão da Falha	Faixa de Frequência	PZT 1			PZT 2			PZT 3			PZT 4			PZT 5		
Sem Falha	35-40 KHz	1	2	3	10	11	12	19	20	21	28	29	30	37	38	39
3 mm	35-40 KHz	46	47	48	55	56	57	64	65	66	73	74	75	82	83	84
6 mm	35-40 KHz	91	92	93	100	101	102	109	110	111	118	119	120	127	128	129
9 mm	35-40 KHz	136	137	138	145	146	147	154	155	156	163	164	165	172	173	174
12 mm	35-40 KHz	181	182	183	190	191	192	199	200	201	208	209	210	217	218	219

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise dos dados obtidos das falhas 1 e 2

Primeiramente fez-se uma análise individual das falhas 1 e 2, que auxiliaram na realização do experimento, conforme explicado na metodologia. Obtiveram-se medidas de impedância eletromecânica antes e após a confecção destas. Com isso foi possível tratar os sinais, aplicando-se a estes a equação 5, para obtenção da métrica do dano. As figuras 5 e 6 representam os gráficos para a falha 1 e 2, respectivamente. Sendo que nos gráficos (a) representa-se os sinais da parte real da impedância eletromecânica do PZT 1, mostrando que houve uma pequena modificação do sinal sem

falha em relação ao sinal com falha, tanto na falha de 10 mm quanto na de 16 mm. Já os gráficos (b) indicam os valores das médias da métrica do dano obtidas em cada PZT.

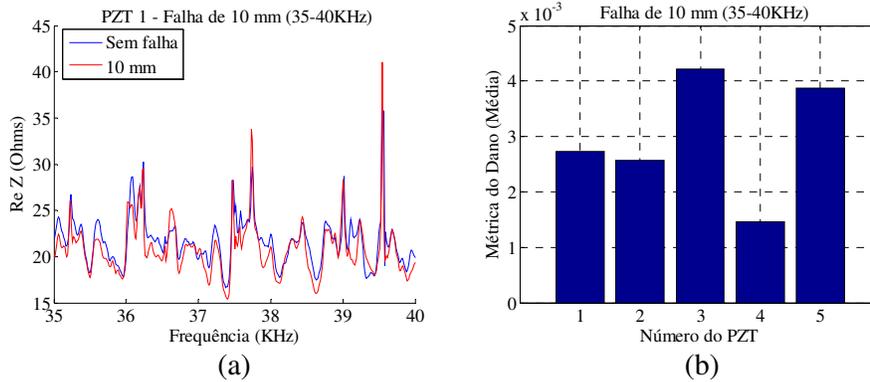


Figura 5: Gráficos relacionados à falha 1 de 10 mm (a) Gráfico do sinal de impedância eletromecânica (parte real) do PZT 1 (b) Gráfico de barras da média da métrica do dano obtidas a partir do sinal de impedância dos PZTs 1, 2, 3, 4 e 5.

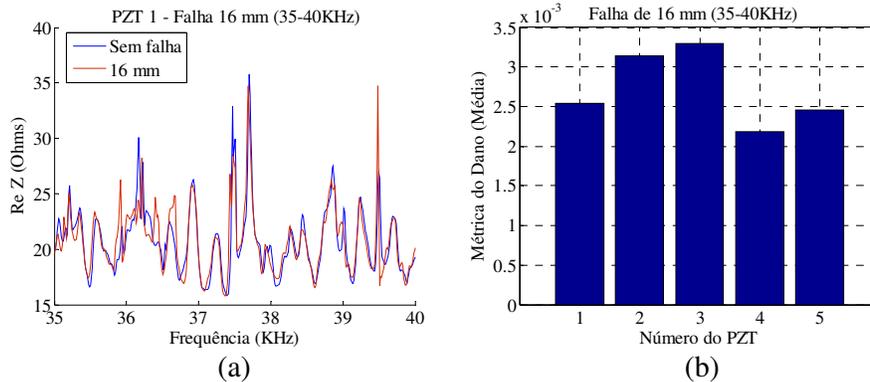


Figura 6: Gráficos relacionados à falha 2 de 16 mm (a) Gráfico do sinal de impedância eletromecânica (parte real) do PZT 1 (b) Gráfico de barras da média da métrica do dano obtidas a partir do sinal de impedância dos PZTs 1, 2, 3, 4 e 5.

Analisando os gráficos 5(b) e 6(b), com auxílio da figura 4 e tabela 3, percebe-se que quanto mais próximo o PZT se encontra da falha, maior a métrica do dano, no entanto este comportamento não foi observado nos PZTs 4 e 5. O fato da métrica do dano ter sido maior para o PZT 5, mesmo este localizado em uma posição mais longe da falha, pode ser explicado pela influência da direção de propagação da trinca em relação ao PZT. Nota-se que o desvio padrão das métricas do dano foi pouco significativo. E observando as variações nas medidas de impedância (parte real) e valores da métrica do dano, pode-se dizer que o método pode ser utilizado na detecção do dano e ser aplicado no monitoramento da integridade da estrutura.

Tabela 3 – Valores da média e desvio padrão da métrica do dano de cada PZT para as falhas de dimensões de 10 e 16 mm.

FREQ A		PZT1 - MD1		PZT2 - MD2		PZT3 - MD3		PZT4 - MD4		PZT5 - MD5	
Tamanho da Falha de ref(mm)	Média	Desvio Padrão									
10	0,00273233	0,00009486	0,00256553	0,00001246	0,00421320	0,00001831	0,00146600	0,00001244	0,00387033	0,00000401	
16	0,00253680	0,00002705	0,00314140	0,00000537	0,00329510	0,00000946	0,00218210	0,00000911	0,00246047	0,00003587	

4.2. Análise dos dados obtidos no aumento progressivo das falhas 1 e 2

Aplicando os sinais obtidos com o aumento progressivo da trinca na falha 1 na equação 5, adquiriram-se os gráficos da figura 5, sendo que cada gráfico representa um PZT distinto. Nota-se que o aumento do valor da métrica do dano apresentou comportamento linear para os PZTs 1, 2 e 3, os quais se encontram a 45° em relação ao posicionamento da falha, visto que a medida que a trinca crescia os valores da métrica do dano também aumentavam. Entretanto, para os PZTs 4 e 5, que se encontram perpendiculares a falha, notou-se uma pequena variação no sinal na falha de dimensão de 6 mm, que pode ter sido causada pela leitura de outros parâmetros dos PZTs e/ou talvez a influência de propagação da trinca em relação aos mesmos.

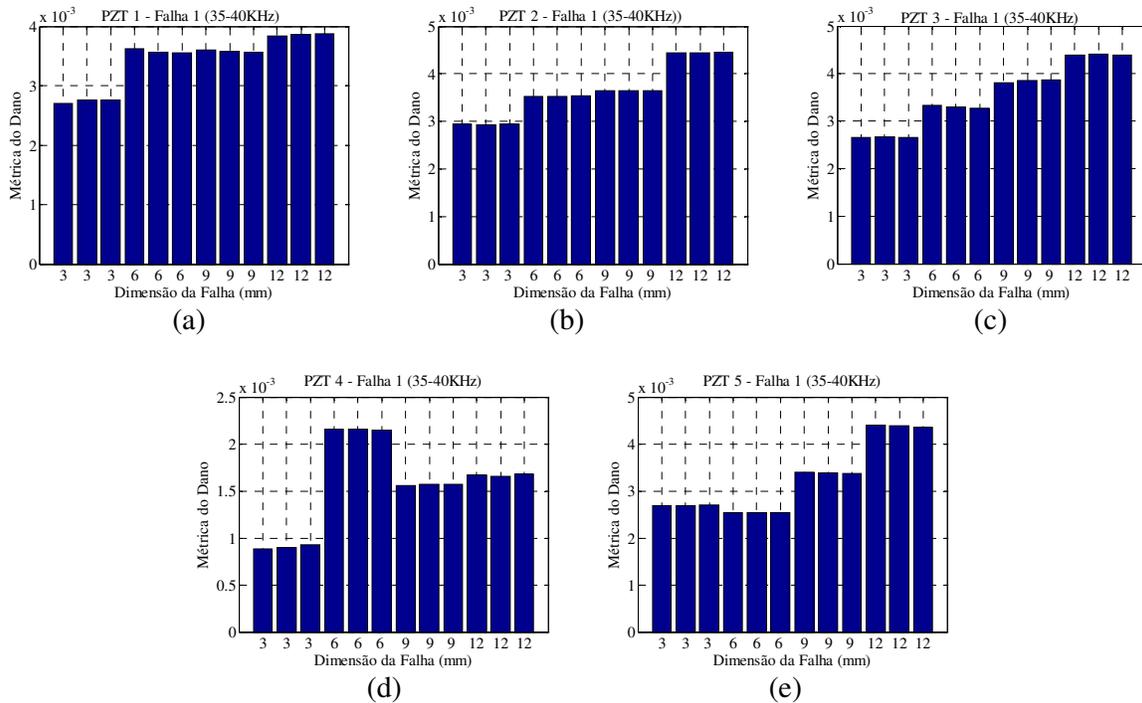
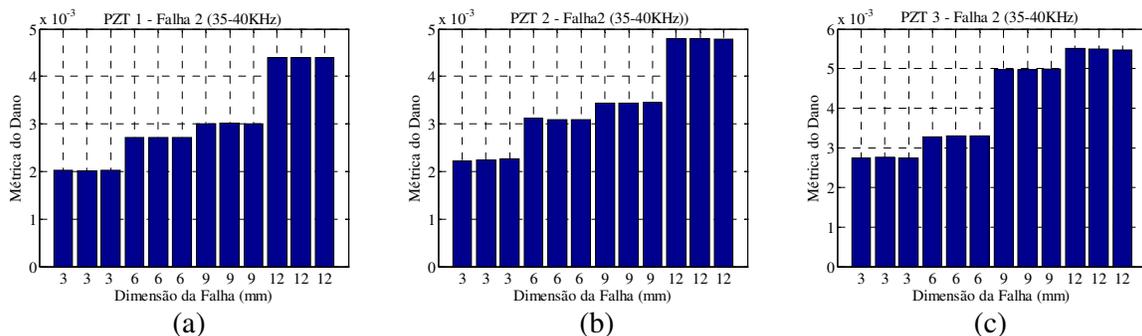


Figura 5: Gráficos de barras da dimensão da falha x métrica do dano da falha 1 (a) PZT 1 (b) PZT 2 (c) PZT 3 (d) PZT 4 (e) PZT 5.

Aplicando os sinais obtidos com o aumento progressivo da trinca na falha 2 na equação 5, adquiriram-se os gráficos da figura 6, sendo que cada gráfico representa um PZT distinto. Nota-se que, na falha 2, para todos os PZTs, os valores obtidos para a métrica do dano apresentaram comportamento linear, visto que a medida que a trinca crescia os valores da métrica do dano também aumentavam.



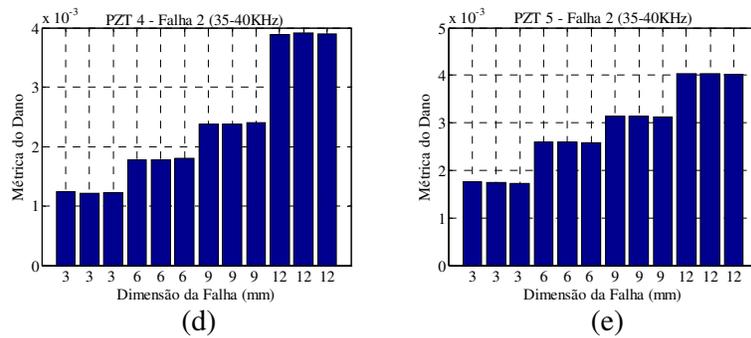


Figura 6: Gráficos da dimensão da falha x Métrica do dano da falha 2 (a) PZT 1 (b)PZT 2(c) PZT 3 (d) PZT 4 (e) PZT 5

Com auxílio da tabela 3 e da figura 2(b), observa-se que na falha 2, à medida que o transdutor piezelétrico se aproxima da falha, aumenta-se o valor da métrica do dano, o que indica que existe influência da distância do PZT em relação ao mesmo. No entanto, nos PZTs 4 e 5 (falha 1 e 2) quanto mais distante o PZT se encontra do dano, maior o valor da métrica, o que pode ter sido causada pela influência da leitura de outros parâmetros dos PZTs, influência da direção de propagação da trinca em relação aos mesmos ou o comprimento de onda da excitação ou recepção do sinal, fatores estes que serão analisados na seqüência deste trabalho.

Tabela 3 – Valores da média e desvio padrão da métrica do dano de cada PZT

Falha 1		PZT1 - MD1		PZT2 - MD2		PZT3 - MD3		PZT4 - MD4		PZT5 - MD5	
Tamanho da Falha (mm)		Média	Desvio Padrão								
3		0,002736333	0,000033375	0,002939267	0,000013232	0,002666967	0,000007943	0,000904267	0,000022933	0,002692233	0,000008193
6		0,003579033	0,000041081	0,003527033	0,00006590	0,003299967	0,000025673	0,002153533	0,000004881	0,002538467	0,000004041
9		0,003578267	0,000021962	0,003647767	0,000003894	0,003842900	0,000028216	0,001567900	0,000007858	0,003384433	0,000009084
12		0,003860633	0,000020934	0,004444967	0,000011170	0,004397400	0,000006815	0,001666267	0,000010673	0,004383033	0,000027114

Falha 2		PZT1 - MD1		PZT2 - MD2		PZT3 - MD3		PZT4 - MD4		PZT5 - MD5	
Tamanho da Falha (mm)		Média	Desvio Padrão								
3		0,002022833	0,000013239	0,002240467	0,000028215	0,002745567	0,000005605	0,001226867	0,000011201	0,001741300	0,000016465
6		0,002717333	0,000005630	0,003101633	0,000018695	0,003288600	0,000014010	0,001785733	0,000011980	0,002596200	0,000007831
9		0,003006300	0,000009299	0,003444233	0,000007073	0,004971700	0,000005246	0,002385667	0,000016876	0,003134533	0,000007234
12		0,004376767	0,000033061	0,004790067	0,000007328	0,005489800	0,000010850	0,003897433	0,000007125	0,004028633	0,000006093

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados analisados, verifica-se que o método da impedância eletromecânica pode ser utilizado para analisar a integridade estrutural do sistema, sendo o mesmo capaz de identificar a presença e a severidade das falhas. Além disso, o método se mostrou sensível à falhas de pequenas dimensões (3 mm) e foi possível observar que há influência da distância do PZT em relação ao dano e da direção de propagação da trinca.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG pela bolsa implementada para que a realização deste trabalho fosse possível.

7. REFERÊNCIAS

Crawley, P., The impedance Method of Non-destructive Inspection. Ultrasonics International, 1983.
 Farrar, C., and Damage Prognosis Team from Weapon Response Group, Los Alamos National Laboratory, 2003, "An Introduction to Damage Prognosis", Pan American Advanced Study Institute on Damage Prognosis, Florianopolis, SC, Brasil.

Giurgiutiu, V., “Actuators and Smart Structures”, Encyclopedia of Vibrations Academic Press, 2000.

Lopes, V. Junior, Turra, A. E., Muller, H. H., Brunzel, F., Inman, D. J. “A New Methodology of Damage Detection by Electron Impedance and Optimization Technique”, Diname, pp. 311-316, 2001.

Liang, C., Sun, F.P., and Rogers, C.A., 1994, “Coupled Electromechanical Analysis of Adaptive Material Systems – Determination of the Actuator Power Consumption and System Energy Transfer”, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 5, 12 – 20.

Moura Jr, J. R. V. and Steffan Jr, V., 2004, “Impedance based Health Monitoring: Frequency Band Evaluation”, XXII IMAC, Dearborn, MI – USA. Raju, V. Implementing Impedance-Based Health Monitoring. Master thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg – USA, 1997.

Sun, F. P., Chaudhry, Z., Liang, C., and Rogers, C.A. “Truss Structure Integrity Identification Using PZT Sensor-Actuator”, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 6, 134-139, 1995.

EXPERIMENTAL STUDY USING THE ELECTROMECHANICAL IMPEDANCE METHOD TO ANALISE THE INFLUENCE OF THE POSITION OF THE PZT IN RELATION OF STRUCTURES FAILURES

Carolina Bittencourt

Faculty of Mechanical Engineering - Federal University of Uberlândia
João Naves de Ávila Av. 2121, Uberlândia, MG, Brazil
carol.bittencourt@yahoo.com.br

Heléa Cristina Pinto Gruppioni

Faculty of Mechanical Engineering - Federal University of Uberlândia
João Naves de Ávila Av. 2121, Uberlândia, MG, Brazil
heleagruppioni@yahoo.com.br

Karina Mayumi Tsuruta

Faculty of Mechanical Engineering - Federal University of Uberlândia
João Naves de Ávila Av. 2121, Uberlândia, MG, Brazil
karinamayumi@yahoo.com.br

José dos Reis Vieira de Moura Júnior

Faculty of Mechanical Engineering - Federal University of Uberlândia
João Naves de Ávila Av. 2121, Uberlândia, MG, Brazil
mourajr@mourajr.com.br

Domingos Alves Rade

Faculty of Mechanical Engineering - Federal University of Uberlândia
João Naves de Ávila Av. 2121, Uberlândia, MG, Brazil
domingos@ufu.br

Raquel Santini Leandro Rade

Institute of Physics - Federal University of Uberlândia
João Naves de Ávila Av. 2121, Uberlândia, MG, Brazil
rslr@ufu.br

Abstract: Structural health monitoring (SHM) techniques have been receiving ever growing interest as applied to aerospace, and civil structures, vehicles and machines lately. Among the SHM techniques, the method based on the electromechanical impedance is considered to be one of the

most promising. It is a nondestructive method which explores the electro-mechanical coupling property of piezoelectric materials to monitor the occurrence and evolution of structural damage. The application of this technique consists in bonding piezoelectric materials, more frequently under the form of thin patches, to the monitored structure, in such a way that a composite piezoelectric system is obtained. The electromechanical behavior of this system can be characterized by the electromechanical-impedance, which is a function of frequency, defining the ratio between the input voltage and the electrical current. This function depends also upon the mechanical features (inertia and stiffness of the base structure). Thus, through the variations observed in the electromechanical impedance, it is possible to assess information about structural changes induced by damage. Despite the fact that the effectiveness of the electromechanical impedance method has been put in evidence by previous studies, in the current stage a number of factors influencing its capability still deserve further investigation. In this context, the goal of this paper is to analyze experimentally the influence of the relative position and distance of the damage location with respect to the piezoelectric transducer mesh. Such influence is believed to be of primordial importance in the design of the SHM systems in practical applications. The methodology adopted consists in testing an aluminum plate in which a crack is simulated by a saw-cut and several PZT patches are bonded in various positions and distances from the crack. By using an impedance analyzer, the electromechanical impedance functions are measured initially for the healthy, undamaged plate and subsequently for the damaged plate, considering each of the individual PZT patches successively. By defining a metrics that enables to evaluate the deviations between the electromechanical impedance functions in both undamaged and damaged states, the sensitivity of those functions with respect to damage is evaluated for each relative position and distance considered. This sensitivity is considered as the criterion for the selection of the most favorable configuration and enables to establish some directives for the design of the transducer mesh in actual situation in which the damage location is unknown.

Keywords: *Electro-Mechanical Impedance, Damage Detection, Structural Health Monitoring, PZT.*