

EFEITOS DA MODIFICAÇÃO ESTRUTURAL POR INSERÇÃO DE MATERIAL ELASTOMÉRICO NO COMPORTAMENTO DINÂMICO DE UMA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO.

João Morais da Silva Neto, joão.morais@indt.org.br¹
Cleber Pagliosa, cleber.pagliosa@indt.org.br¹

¹Instituto Nokia de Tecnologia, Av. Torquato Tapajos, 7200, Manaus-AM, Brasil, CEP 69093-415

Resumo: Equipamentos eletrônicos portáteis frequentemente estão sujeitos a carregamentos dinâmicos durante o período de utilização, como por exemplo, impacto devido à queda sobre uma superfície rígida. Nestas condições, não apenas o revestimento externo pode ser danificado, como também os diversos componentes eletrônicos, placa de circuito impresso e conexões elétricas. O principal indutor de falhas elétricas é a flexão excessiva da placa, resultando num movimento relativo entre esta e os componentes que pode originar tensões mecânicas superiores ao limite de resistência do material das conexões elétricas e das vias do circuito impresso. A redução da amplitude de vibração da placa proporciona uma redução das tensões mecânicas nas conexões elétricas e circuito impresso, com consequente redução do risco de falha.

Placas de circuito impresso são estruturas de materiais compostos constituídas por lâminas de resina epoxy reforçada com fibra de vidro onde são impressos os circuitos elétricos. Neste trabalho, é apresentada uma modificação estrutural da placa, consistindo na inserção de camadas de material viscoelástico no laminado com o objetivo de reduzir a amplitude das vibrações, mitigando os efeitos das cargas de impacto na faixa de frequência de maior significância. O efeito desta modificação estrutural no comportamento dinâmico da placa é investigado através de simulação numérica, gerando um modelo de elementos finitos de uma placa convencional e validando o mesmo utilizando resultados de ensaios de impacto. O modelo validado é então modificado inserindo camadas de amortecimento com as propriedades materiais viscoelásticas previamente determinadas. São obtidas as respostas de diferentes configurações de laminados sob diferentes condições de carregamento e os resultados são comparados com a resposta da placa convencional.

Palavras-chave: viscoelasticidade, elementos finitos, placa de circuito impresso

1. INTRODUÇÃO

Vibrações mecânicas são, usualmente, consideradas inaceitáveis para uma grande quantidade de situações. Contudo, existem algumas aplicações em que o fenômeno vibratório é de substancial utilidade. Algumas sofisticadas utilizações da vibração podem ser elencadas sem maiores dificuldades, constatando assim, a importância desse corriqueiro fenômeno no dia-a-dia. A utilização de ultra-som para limpezas de pele, de peças metálicas, nas detecções de falhas em materiais metálicos e compósitos e a geração de música em instrumentos musicais, são alguns, dentre os muitos exemplos que podem ser citados.

Vibrações mecânicas são originadas pelos mais diferentes tipos de fontes. Nos ambientes residenciais, normalmente, máquinas de lavar, ventiladores e condicionadores de ar; são geradores de ruídos e vibrações como consequência do desbalanceamento existente nos sistemas rotativos desses equipamentos. Em automóveis, caminhões e trens são fontes vibratórias importantes o motor e a superfície rugosa por onde esses veículos trafegam. Em barcos e submarinos, têm-se os motores, assim como nos aviões, mísseis e aeronaves de forma em geral, os propulsores são as principais fontes de geração de vibração e fadiga sônica. Em todos estes casos, há também a contribuição da interação fluido-estrutura entre o escoamento e a superfície destas estruturas.

Uma característica importante e peculiar a todos esses sistemas mecânicos, é que a utilização, o funcionamento e o desempenho das referidas máquinas e estruturas estão relacionados com a utilização de dispositivos eletrônicos. Em muitos desses sistemas eletrônicos, não é permitida a falha mecânica causadora de falhas elétricas, pois a ocorrência destas seria catastrófica, (Steinberg, 2000; Marjamäki *et al*, 2006; Mattila, 2008). Contudo, grande parte desses dispositivos eletrônicos está sujeita a vibração mecânica intensa. Essas vibrações são causadoras de falhas mecânicas, tais como a delaminação da estrutura de material composto das placas de circuito impresso (PCIs), trincas em

componentes eletrônicos e conexões elétricas, Fig. (1). Em algumas ocasiões, estas falhas podem gerar grandes prejuízos financeiros e de vidas humanas.

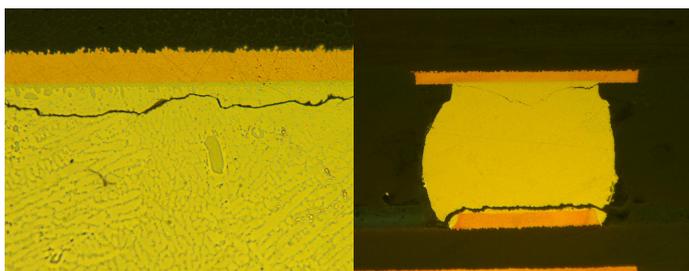


Figura 1: Falhas em conexões elétricas provocadas por vibração em uma PCI

Dentre as falhas mecânicas mais comuns, têm-se o rompimento das conexões elétricas entre os componentes eletrônicos, *chips*, e o circuito impresso na PCI. Este tipo de falha é crucial para a interrupção de todo o funcionamento de uma máquina, parar um carro ou provocar a queda de um avião. Desta forma, visando evitar esse tipo de falha, tem-se desenvolvido vários tipos de ensaios mecânicos em PCIs com o objetivo melhorar a confiabilidade mecânica e determinar critérios mais confiáveis de projeto. Alguns dos ensaios largamente utilizados nas indústrias de equipamentos eletrônicos são os de impacto. Nestes ensaios, a PCI e todos os componentes conectados a ela são submetidos a cargas dinâmicas extremas e altas taxas de aceleração, exigindo ao máximo a estrutura da placa, assim como as conexões entre os componentes e a placa. Em análise de tensões e vibrações, estes dispositivos eletrônicos constituem sistemas mecânicos, normalmente formados por um conjunto de capacitores, diodos, resistores, processadores, etc., Fig. (2) e por uma estrutura de material composto (resina epóxi reforçada com fibra de vidro E, Fig. (2)), a placa, onde é impressa uma ou várias camadas de trilhas do circuito eletrônico. Além de suporte para as trilhas deste circuito, a placa de material composto é utilizada como suporte estrutural para os dispositivos eletrônicos. As PCIs apresentam, em geral, boa rigidez estrutural, estabilidade dimensional, servindo como isolante térmico e elétrico, (Coombs Jr., Printed Circuit Handbook). Nestas análises, as conexões elétricas entre componentes eletrônicos e o circuito impresso na placa, são estruturas mecânicas constituídas por uma liga metálica de Cu, Ag e Sn.

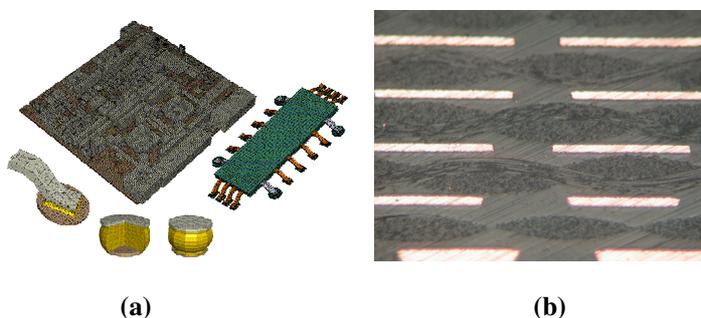


Figura 2: a) Placa de circuito impresso e componentes; b) Seção transversal de uma placa ampliada: as trilhas de cobre e as fibras com a resina epóxi

Este artigo tem por objetivo avaliar o comportamento dinâmico de uma placa de circuito impresso quando submetida a um impacto provocado por um dispositivo de ensaio mecânico. Para tal, são analisadas duas situações, a saber: uma PCI é submetida a ensaios de impacto e seu comportamento mecânico é simulado numericamente, sendo os resultados cotejados e validados. Em uma segunda etapa, simulações numéricas através do método dos elementos finitos são realizadas para avaliar o efeito de modificações estruturais no comportamento mecânico da placa e das conexões elétricas. As análises realizadas são apresentadas e os resultados obtidos são devidamente discutidos no trabalho.

2. MATERIAL ELASTOMÉRICO.

Materiais elastoméricos são resilientes e com excelente capacidade para mitigar vibrações devido à grande quantidade de amortecimento contida nesses materiais. Devido a essa importante propriedade, esses materiais são amplamente utilizados no controle de vibrações e ruído irradiado. Os elastômeros apresentam parte elástica e parte viscosa, o que faz com que esses materiais quando submetidos à excitação dinâmica apresentem o módulo de elasticidade como uma função do tempo, ou melhor, o módulo desses materiais depende do tempo e da temperatura de trabalho, (Murayama, 1977; Jones, 1980; Nashif *et al*, 1988 Espíndola, 2003;). Devido a essa importante característica dessa classe de materiais, é imperativo que o comportamento do módulo de elasticidade seja obtido para uma ampla faixa de tempo e temperatura.

Nesse trabalho foram obtidos os comportamentos dos módulos à temperatura de 20 °C e 0 °C e para um tempo relativamente considerável. A verdade é que a informação foi obtida por meio de um processo de caracterização no domínio da frequência utilizando o conceito de série de Prony com o método de caracterização da transmissibilidade, (Lopes *et al*, 2004; Espíndola *et al*, 2005; Pagliosa, 2004; Silva Neto & Pagliosa, 2008, 2009). As curvas obtidas durante o processo de caracterização podem ser visualizadas na Fig. (3) a seguir.

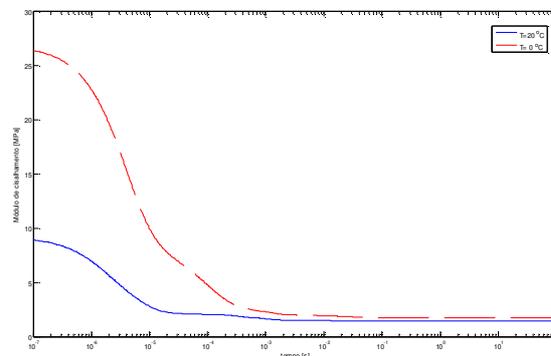


Figura 3: Módulos de relaxação obtidos por meio da série de Prony

A Fig. (3) mostra o comportamento do material elastomérico em função do tempo para as temperaturas apresentadas no gráfico, o comportamento obtido é bastante coerente com o de outros materiais observados na literatura técnica, (Ferry, 1980). Os coeficientes da série de Prony que foram obtidos durante o processo de identificação são mostrados no desenvolvimento numérico.

3. MODELO NUMÉRICO

O efeito da modificação estrutural na placa de circuito impresso, a inserção de material elastomérico, é investigado através de simulação numérica do ensaio de flexão dinâmica. Este ensaio consiste no impacto direto devido à queda de uma massa. Esta massa é um veículo de impacto, que atinge uma das faces de uma placa de circuito impresso montada em um suporte, ver Fig. (4). O veículo de impacto desce em queda livre de certa altura e atinge a placa ao final de seu curso, impondo um deslocamento a mesma. Logo após o impacto, é cessada a interação entre o veículo e a placa, a qual passa a vibrar livremente.

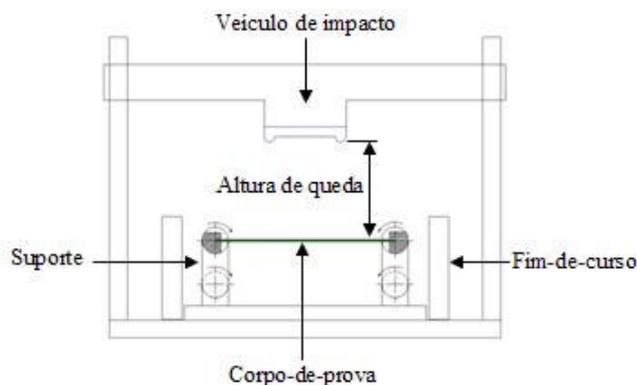


Figura 4: Representação esquemática do ensaio de flexão dinâmica

Um modelo de elementos finitos é construído usando um programa comercial, o ABAQUS[®], para simular o efeito da modificação estrutural em diferentes condições de carregamento, Fig. (5). Um modelo simplificado do sistema de ensaio é gerado para reduzir o tempo de processamento e utilização de memória no cálculo da solução. Somente os componentes principais do experimento de impacto são modelados, a saber: o veículo de impacto, o dispositivo fim-de-curso e o corpo-de-prova (uma placa de circuito impresso).

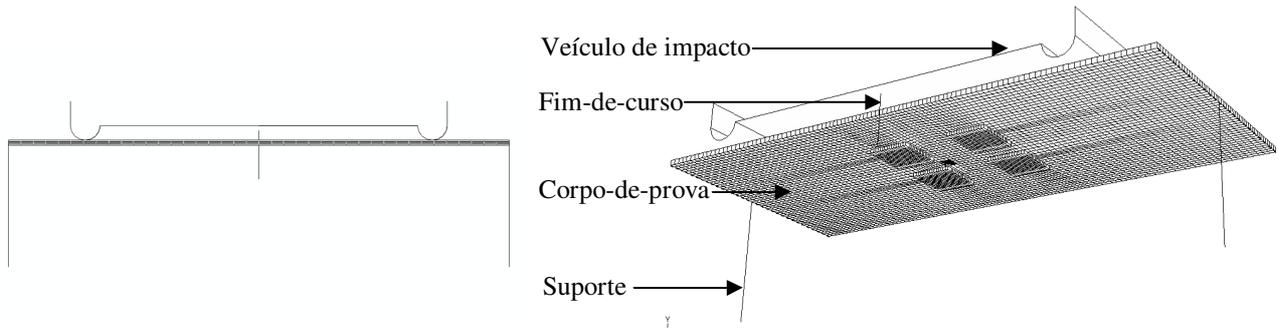


Figura 5: Modelo de elementos finitos do ensaio de flexão dinâmica

A rigidez do veículo de impacto é muito superior à da placa de circuito impresso e por esta razão o veículo é modelado como um corpo rígido com a massa total concentrada em um único nó de referência. A velocidade de impacto é atribuída ao nó de referência como uma condição inicial.

Nestas análises, a hipótese das seções inicialmente planas permanecerem planas na configuração deformada é violada e, adicionalmente, elastômeros são materiais incompressíveis. Por estas razões, uma placa de circuito impresso de 48 mm x 101 mm e 1 mm de espessura é discretizada com elementos hexaédricos lineares com modos incompatíveis C3D8IH na forma híbrida. As propriedades materiais elásticas do laminado que constitui a estrutura da placa são homogeneizadas resultando em um módulo de elasticidade de 20 GPa e coeficiente de Poisson de 0.35. Propriedades viscoelásticas lineares são atribuídas às lâminas de amortecimento estrutural inseridas no laminado da placa, Tab. (1).

A resposta viscoelástica das lâminas de amortecimento no instante t depende de toda a seqüência anterior de carregamento. Assumindo que o comportamento deviatórico seja independente do comportamento volumétrico, o tensor de tensão cisalhante dependente do tempo $\tau(t)$ pode ser expresso pela convolução

$$\tau(t) = \int_0^t G(t-s) \dot{\gamma}(s) ds \quad (1)$$

onde $G(t)$ é o módulo cisalhante de relaxação e $\gamma(t)$ é a deformação cisalhante.

O módulo cisalhante de relaxação pode ser expresso como

$$G(t) = G_0 g(t) \quad (2)$$

onde G_0 é o módulo instantâneo de cisalhamento e

$$g(t) = 1 - \sum_{i=1}^n \alpha_i \left[1 - e^{-t/\lambda_i} \right] \quad (3)$$

é o módulo de relaxação adimensional na forma da série de Prony. Os parâmetros λ_i são os tempos de relaxação e α_i são as constantes de relaxação. Todos os parâmetros na Eq. (3) podem ser determinados através de um procedimento de identificação de parâmetros, (CONEM 2008, WCN2009)

O comportamento volumétrico pode ser representado analogamente pela eq. (4),

$$p(t) = - \int_0^t K(t-s) \dot{\varepsilon}_v(s) ds \quad (4)$$

onde $p(t)$ é a pressão hidrostática, $K(t)$ é o módulo volumétrico de relaxação e $\varepsilon_v(t)$ é a deformação volumétrica. Em virtude das deformações cisalhantes serem significativamente maiores que as deformações volumétricas, o módulo volumétrico é considerado linear elástico.

$$K = \frac{E_0}{3(1-2\nu_0)} \quad (5)$$

sendo E_0 o módulo elástico instantâneo e ν_0 o coeficiente de Poisson.

Tabela 1: Propriedades materiais viscoelásticas da série de Prony

$G_0 = 26,8 \text{ MPa } (T = 0^\circ \text{C})$		$G_0 = 9,2 \text{ MPa } (T = 20^\circ \text{C})$	
$\alpha_i (i = 1, \dots, 5)$	$\lambda_i (i = 1, \dots, 5)$	$\alpha_i (i = 1, \dots, 5)$	$\lambda_i (i = 1, \dots, 5)$
0,54	3,5E-06	0,45	5,3E-06
0,15	8,9E-06	0,31	1,3E-06
0,20	9,8E-05	0,22E-3	1,5E-04
0,03	8,7E-04	0,07	6,0E-04
0,009	3,2E-02	0,006	3,7E-02

Os 4 componentes eletrônicos de 10 mm x 10 mm montados na placa são modelados como estruturas de material composto de 3 lâminas, utilizando elementos de casca lineares com integração reduzida S4R. As propriedades materiais da resina epóxi com módulo de elasticidade de 26 GPa e coeficiente de Poisson de 0.39 são atribuídas ao substrato, o encapsulamento possui espessura de 0.2 mm. O núcleo de silício possui 0.105 mm de espessura, módulo de elasticidade de 131 GPa e coeficiente de Poisson de 0.3. As conexões elétricas entre os componentes e o circuito impresso na placa são modeladas utilizando elementos de viga linear do tipo B31. As propriedades materiais de liga metálica de Cu, Ag e Sn com módulo de elasticidade de 46 GP e coeficiente de Poisson de 0.4 são atribuídas a estes elementos.

O contato é modelado utilizando um algoritmo preditor/corrector para impor restrições cinemáticas, de forma a satisfazer a condição de penetração nula em todos os pares de contato. O suporte para fixação do corpo-de-prova é modelado usando elementos de barra T3D2 e condições de contorno impostas nas extremidades da placa. Os dispositivos de fim-de-curso são modelados como um único equivalente usando o elemento de barra. As deformações na face oposta à superfície de impacto da placa são capturadas usando elementos de membrana M3D4R adjacentes à malha de elementos hexaédricos. O modelo consiste de 3814 elementos e 23955 nós, resultando em um total de 64214 graus de liberdade ativos.

Inicialmente, o modelo de uma placa sem modificação estrutural é validado utilizando resultados de ensaios experimentais de flexão dinâmica. A seguir, estudos paramétricos são realizados para obter as respostas da placa de circuito impresso com as devidas modificações estruturais, submetida a diferentes combinações de cargas de impacto e temperatura. Os carregamentos mecânicos representam um impacto sob condições normais de operação de dispositivo eletrônico portátil e um impacto em condição extrema de operação. Duas modificações são propostas: placa com uma única lâmina viscoelástica inserida no plano médio da placa, Fig. (6 a), e placa com duas lâminas viscoelásticas simétricas em relação ao plano médio, Fig. (6 b).

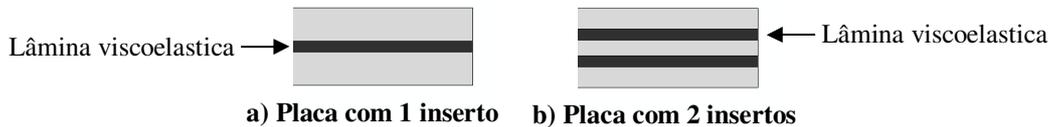


Figura 6: Detalhe dos inserts viscoelásticos na placa de circuito impresso

4. RESULTADOS

Uma configuração deformada da placa convencional é mostrada na Fig. (7). As variações de deformação ao longo do tempo, capturadas utilizando os elementos de membrana, são apresentadas na seqüência.

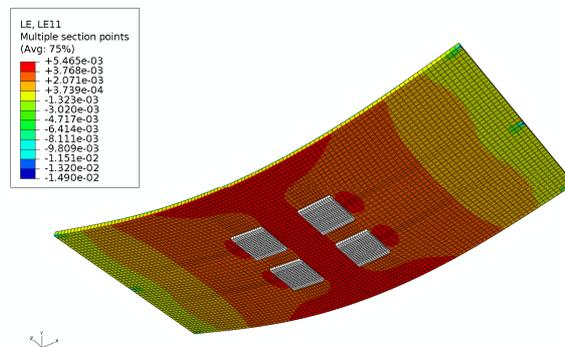


Figura 7: Configuração deformada da placa de circuito impresso

Inicialmente o modelo de elementos finitos de uma placa de circuito impresso convencional é validado utilizando os resultados de ensaios experimentais de flexão dinâmica. As Fig. (8) e (9) apresentam a correlação entre os resultados numéricos e experimentais para duas condições diferentes de carregamento: estas condições de carga representam um impacto equivalente a uma altura de queda de 1000 mm (operação normal do dispositivo eletrônico) e altura de queda de 1500 mm (alto impacto) respectivamente.

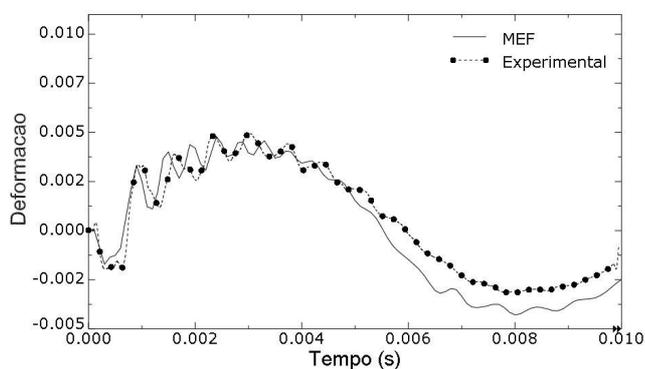


Figura 8: Comparação entre resultado numérico e experimental (operação normal)

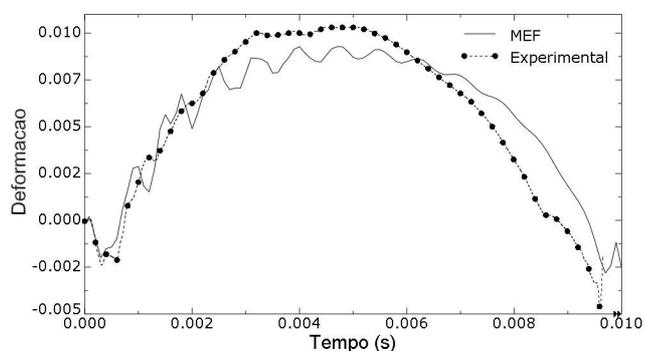


Figura 9: Comparação entre resultado numérico e experimental (alto impacto)

Os efeitos das modificações estruturais no comportamento mecânico das placas de circuito impresso são apresentados na Fig. (10) (operação normal) e Fig. (11) (alto impacto). As respostas de uma placa convencional são comparadas às da placa com um inserto viscoelástico e placa com dois insertos. Todas as curvas de deformação apresentadas nestes gráficos foram obtidas de simulações numéricas.

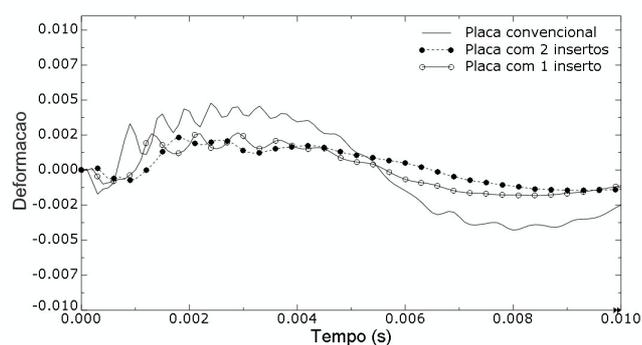


Figura 10: Efeito dos insertos viscoelásticos sob baixa carga de impacto

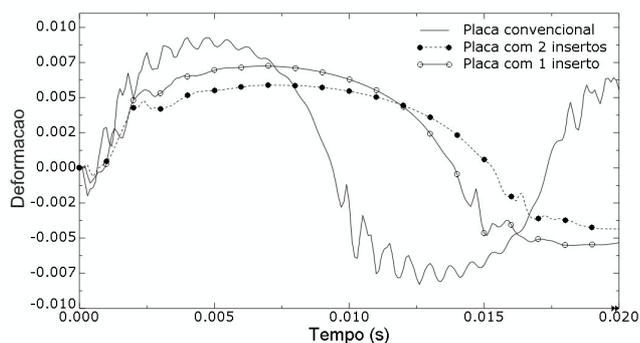


Figura 11: Efeito dos insertos viscoelásticos sob alta carga de impacto

Em virtude do comportamento mecânico dos elastômeros ser dependente da temperatura, foram realizadas simulações numéricas nas duas temperaturas distintas em que as propriedades materiais foram caracterizadas. Os resultados são apresentados na Fig. (12) (placa com um inserto viscoelástico) e Fig. (13) (placa com dois insertos viscoelásticos) ambos referentes à carga de alto impacto.

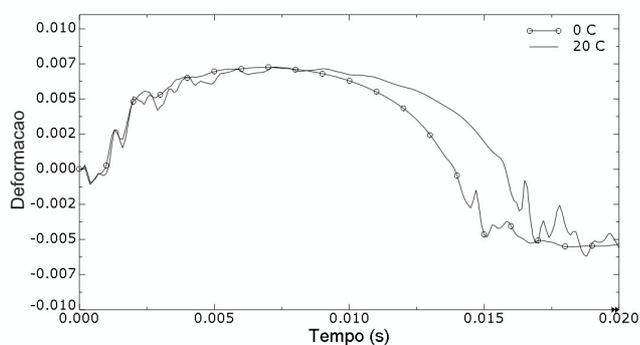


Figura 12: Efeito da temperatura em placa com um inserto viscoelástico

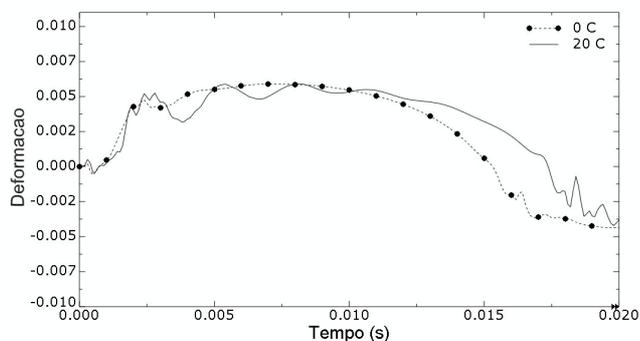


Figura 13: Efeito da temperatura em placa com dois insertos viscoelásticos

Em decorrência da atenuação da amplitude de vibração da placa de circuito impresso, reduzindo a diferença entre a deformação desta e a dos componentes eletrônicos, ocorre também uma redução das tensões mecânicas nas conexões elétricas. Observa-se que as conexões críticas estão localizadas nos vértices da matriz de conexões, fig. (14), onde as deformações e tensões são mais elevadas e, sujeitas à iniciação e propagação de trincas, com conseqüente rompimento do fluxo de corrente elétrica e perda da funcionalidade do componente.

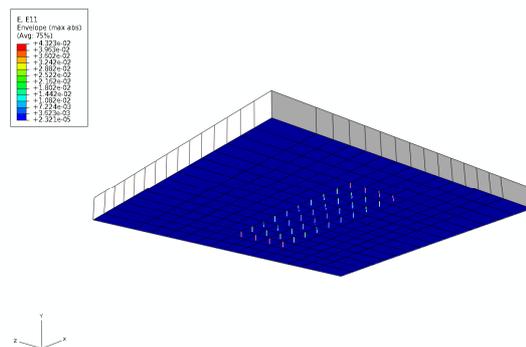


Figura 14: Conexões críticas em componente eletrônico

As Fig. (15) e (16) apresentam a redução do valor da máxima tensão normal em uma conexão crítica devido às modificações estruturais propostas. Os resultados apresentados em ambos os gráficos são obtidos utilizando as propriedades materiais do elastômero a 20^o C.

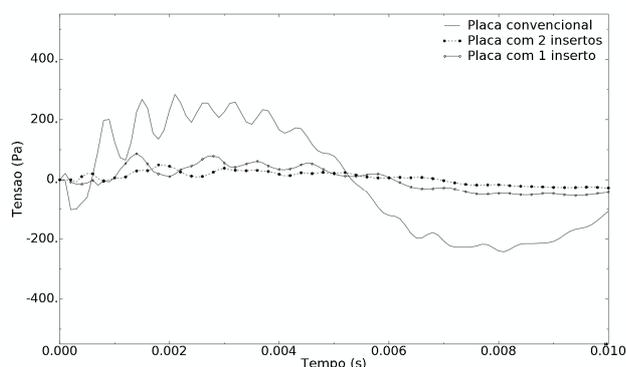


Figura 15: Efeito dos insertos viscoelásticos na tensão normal em conexão elétrica (operação normal)

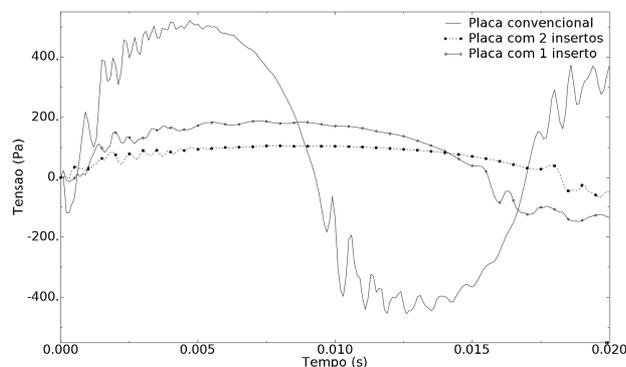


Figura 16: Efeito dos insertos viscoelásticos na tensão normal em conexão elétrica (alto impacto)

A exemplo das deformações obtidas na placa de circuito impresso, um efeito similar nas máximas tensões nas conexões é obtido utilizando as propriedades materiais do elastômero a 0^o C.

5. CONCLUSÕES

Conforme apresentado nas Fig. (8) e (9), o modelo de elementos finitos de uma placa de circuito impresso convencional representa satisfatoriamente o comportamento mecânico da placa real. Por esta razão, é esperado que os resultados obtidos por simulação numérica sejam estimativas aceitáveis do comportamento de placas com as modificações estruturais propostas.

Baseando-se nas curvas de deformação apresentadas nas Fig. (10) e (11), pode-se observar uma redução significativa das amplitudes e frequências de deformação. Os efeitos mais pronunciados das modificações estruturais ocorrem em condições normais de impacto, assim como em baixas temperaturas, observando-se uma redução máxima de aproximadamente 40% no nível de deformação na placa com dois insertos de material elastomérico. Efeito

semelhante pode ser obtido com um único inserto de material elastomérico localizado no plano médio da placa, local onde as deformações cisalhantes são máximas. De acordo com os resultados das simulações, as modificações estruturais propostas são eficientes também em condições de cargas extremamente elevadas de impacto, obtendo-se redução de 20% e 35% no nível de deformação nas placas com um inserto e dois insertos respectivamente.

Devido à redução da deformação da placa de circuito impresso, ocorre também uma redução da diferença entre a deformação da placa e dos componentes eletrônicos, indutora de distorções nas conexões elétricas. A diminuição destas distorções durante um evento de impacto proporciona uma diminuição do nível de tensão mecânica nestas conexões, como mostrado na Fig. (15) e Fig. (16). A eficiência das modificações estruturais pode ser estimada, considerando uma redução de ao menos 60% na tensão normal em conexão entre componente e placa com 1 inserto viscoelástico e uma redução máxima de 80% na tensão em conexão entre componente e placa com 2 insertos. O próximo passo neste desenvolvimento consiste na fabricação de protótipos físicos e execução de ensaios experimentais para validar as modificações estruturais propostas.

6. REFERÊNCIAS

- Coombs Jr., C. F., 2001, "Printed Circuits Handbook", Fifth Edition, MacGraw-Hill.
- Espíndola, J. J., 2003, "Notas de aulas sobre Viscoelasticidade", UFSC.
- Espíndola, J. J., 2005, *et ali*, "A Generalized Fractional Derivative Approach to Viscoelastic Material Properties Measurement.", Applied Mathematics and Computation, Vol. 164, No. 2, pp. 493-506.
- Ferry, J. D., 1980, "Viscoelastic Properties of Polymers", Third Edition, John Wiley & Sons.
- Jones, D. I. G., 1980, "Viscoelastic Material for Damping Applications", Damping Applications for Vibration Control.
- Lopes, E. M. O., *et ali*, 2004, "Caracterização Integrada de Elastômeros por Derivadas Generalizadas", III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM), Belém-Pa, Brasil.
- Marjamäki, P., *et ali*, "A Comparative Study of the Failure Mechanisms Encountered in Drop.", Proc. 56th Electronic Components and Technology Conference, San Diego, CA, USA, June 2006, pp 95-101.
- Mattila, T. T., *et ali*, 2008, "Replacement of the Drop Test with the Vibration Test – The Effect of Test Temperature on Reliability", .", Proc. 58th Electronic Components and Technology Conference, Lake Buena Vista, FL, May, pp 629-637.
- Murayama, T., 1977, "Dynamic Mechanical Analysis of Polymeric Materials", Elsevier, New York.
- Nashif, A. D., Jones, D. I. G., Henderson, J. P., 1985, "Vibration Damping", John Wiley & Sons.
- Pagliosa, C., 2004, "Determinação Experimental de Propriedades Viscoelásticas de um Material Polimérico", Dissertação de mestrado, PPGEM, UFSC, 110 pp.
- Silva Neto, J. M., Pagliosa, C., 2008, "Comparação do Método de Series de Prony e das Derivadas Generalizadas na Modelagem de Materiais Poliméricos", V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM), Salvador-Ba, Brasil.
- Silva Neto, J. M., Pagliosa, C., 2009, "computer-aided modelling of the dynamic behavior of polymers: material properties obtained from transmissibility curves", The NAFENS World Congress-NWC09, Creta, Grécia.
- Steinberg, D. S., 2000, "Vibration Analysis for Electronic Equipment", Third Edition, John Wiley & Sons.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

EFFECT OF STRUCTURAL MODIFICATIONS IN THE DYNAMIC BEHAVIOR OF PRINTED CIRCUIT BOARDS WITH VISCOELASTIC INSERTS

João Morais da Silva Neto, joao.morais@indt.org.br¹
Cleber Pagliosa, cleber.pagliosa@indt.org.br¹

¹Instituto Nokia de Tecnologia, Av. Torquato Tapajos, 7200, Manaus-AM, Brasil, CEP 69093-415

Abstract. *Portable electronic devices may undergo impact and vibration loads during their service life, e.g., when a portable device is dropped into the floor, resulting in stresses in electrical interconnects that may lead to catastrophic failures. During an impact event, the printed wiring board (PWB) is prone to excessive flexing and high stress levels may develop in solder joints due to the relative motion between the PWB substrate and the components mounted on it. Minimizing the resonant vibrations of the PWB would lead to lower stress levels in solder joints, and in turn, reduction in failure risks.*

PWBs are multilayer composite structures with a glass-fiber reinforced resin substrate. In this study, it is proposed a modification of the substrate by adding viscoelastic damping layers into the laminate in order to reduce the amplitude of resonant vibrations. The effect of thin damping layers in the dynamic behaviour of PWB assemblies is investigated through numeric simulations. A finite element (FE) model of a conventional PWB with surface mounted electronic components is built and validated through experimental testing. The validated FE model is modified adding damping layers with viscoelastic material properties previously determined, and the responses of different laminate layups determined from virtual tests are compared with the response of the actual PWB.

Keywords: *viscoelasticity, finite element analysis, printed circuit board*