

Estudo preliminar de viabilidade de aplicação do microscópio acústico para análise de falhas em componentes eletrônicos espaciais

Tatiana Regina da Fonseca, Priscila Custódio de Matos
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Resumo - Técnicas experimentais não destrutivas no âmbito da área análise de falhas permitem que numa mesma amostra possam ser realizados vários ensaios, sem danificá-la, aumentando consideravelmente as informações obtidas daquela amostra. Com isso, melhora-se o entendimento da causa de falha e facilita-se a determinação da causa raiz do problema. O Laboratório de Qualificação de Componentes (LQC) pertence ao Laboratório de Integração e Testes (LIT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e vêm estudando técnicas experimentais que possam auxiliar na investigação de falhas em componentes eletrônicos empregados na fabricação de satélites. Os satélites são submetidos a condições severas durante a operação em ambiente espacial no espaço e, durante a simulação dessas condições, podem apresentar falhas que muitas vezes estão associadas a componentes eletrônicos. Para este estudo, a técnica não destrutiva a ser avaliada é a microscopia acústica de varredura (SAM-Scanning Acoustic Microscopy). O laboratório pretende identificar para quais possíveis falhas e tipos de componentes eletrônicos o SAM é capaz de fornecer de informações relevantes para a solução do problema. A análise da técnica será feita por meio de estudo de caso dos laboratórios de pesquisa do mundo, especificamente para capacitores cerâmicos de multicamada. A técnica SAM para os capacitores se mostrou promissora e deverá ser aplicada futuramente na instituição.

I. INTRODUÇÃO

Os ensaios não destrutivos na análise de falhas são selecionados determinando-se parâmetros como: tipo de falha a ser observada, resolução da técnica, tamanho da falha. A microscopia acústica de varredura (SAM) é uma técnica experimental não destrutiva, consolidada no mercado de análise de falhas para componentes eletrônicos e desenvolvida em meados dos anos 1980 [1, 2]. Os componentes eletrônicos em geral possuem a particularidade de construção que geralmente estão envolvidos em um pacote ou encapsulamento (*package*) como proteção. O SAM possui a capacidade de avaliar os componentes com os *packages*, sem danificá-los, e observar defeitos como: trincas, delaminações e buracos [3]. A técnica utiliza-se de sinais ultrassônicos que variam na faixa de frequência de MHz até GHz, com resoluções faixa de milímetro até micrometro. A resolução é diretamente ligada à frequência do sistema acústico e à abertura dos transdutores. Além disso, a forma de onda do eco refletida nessa área (A-scan) confirma a inversão de fase do feixe refletido. Esse é um comportamento normalmente atribuído às interfaces aéreas (rachaduras, vazios ou delaminações) ou à transição para um meio de menor densidade [4].

O princípio de funcionamento da técnica de forma simplificada consiste em selecionar um transdutor com uma frequência já estabelecida de fábrica. A escolha do transdutor depende da construção e dos materiais da amostra. A amostra e o transdutor são acusticamente acoplados por meio de água deionizada. Os pulsos acústicos de banda larga são fixados em um ponto dentro da amostra e a varredura é feita de acordo com a área selecionada a ser investigada. O transdutor é varrido com precisão em um plano paralelo ao plano da superfície para imagens microscópicas. Nas interfaces internas, a fração da energia acústica incidente é refletida e detectada pelo mesmo transdutor piezoelétrico e convertido de volta em sinal elétrico. O sinal de eco é analisado e as características do sinal são usadas para formar imagens de estruturas internas e defeitos. Técnicas sofisticadas de análise de sinais são usadas para extrair características do sinal de eco como amplitude, fase e profundidade. Sendo que o som é uma onda mecânica tridimensional e longitudinal que pode sofrer fenômenos ondulatórios de reflexão, refração, difração e interferência a técnica é sensível mesmo a pequenos defeitos como: buracos, trincas e delaminações [2].

O LQC é responsável por auxiliar nos testes elétricos, nos testes ambientais e por realizar a análise de falhas dos componentes eletrônicos utilizados nos programas espaciais do INPE. No ano de 2018 foi adquirido o microscópio acústico do fabricante PVA TePla SAM, modelo AM 300, e desde então há estudos da capacidade de análise deste equipamento para diferentes componentes eletrônicos e defeitos.

II. METODOLOGIA

Na busca de viabilizar as técnicas de ensaios não destrutivos para aplicação no LQC, foi feito o estudo de caso de aplicações práticas em laboratórios de pesquisas nacionais e internacionais. O estudo de caso consiste na coleta e registro de informações sobre um ou vários casos, elaborando relatórios críticos, organizados e avaliados, que darão origem a decisões sobre o objeto escolhido para a investigação [5].

III. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso terá como função analisar e identificar a eficácia no emprego da técnica SAM em componentes eletrônicos, mais precisamente, capacitores cerâmicos de multicamadas. Os capacitores cerâmicos são largamente utilizados nos projetos de eletrônica, devido à sua grande capacidade de armazenamento de energia em uma pequena área de construção [6].

Estudos feitos por um laboratório europeu com especialidade em confiabilidade em componentes, Alter Technology Group TÜV Nord, mostram o emprego e a eficácia da técnica acústica na detecção de anomalias internas, que normalmente são difíceis de detectar por meio de outras técnicas. O SAM é uma técnica que fornece várias informações da mesma amostra, tais como: análise de amplitude dos picos de resposta, análise de fases e análise de profundidade. Comumente, esses componentes apresentam falha no desempenho elétrico e a investigação física da falha é realizada por metalografia, ensaio destrutivo por meio da microseção, em conjunto com a microscopia. Com o emprego da técnica acústica a análise possibilitaria uma melhor investigação antes da destruição da amostra. A Figura 1 mostra uma análise realizada pela Alter Technology com o emprego do SAM em um capacitor cerâmico na qual, pela inspeção visual externa (*external view* – figura 1 a) não é visualizado o defeito. Com a análise por SAM nas partes com defeito (Figura 1 b) é possível ver por imagens um defeito localizado na metade superior do capacitor, na qual na imagem da referência não é mostrado [4].



Figura 1 – Imagem obtida pela empresa Alter, a) inspeção visual externa e b) Imagem por SAM das partes com defeito e a referência [4].

A Figura 2 mostra todas as informações possíveis de serem obtidas pelo SAM para investigação da falha. O defeito é claramente visto pela análise de amplitude dos picos de resposta com a reflexão mais forte na localização do defeito (Figura 2a). Pela análise de fases, figura 2b, o defeito se mostra nas áreas vermelhas/amarelas. A análise de profundidade Figura 2c) indica que a reflexão principal detectada no defeito é gerada em um nível mais próximo a superfície, quando se compara a imagem de referência. A amostra com falha possui uma camada defeituosa a uma profundidade entre 0,25 mm e 0,50 mm, aproximadamente, da superfície [4].

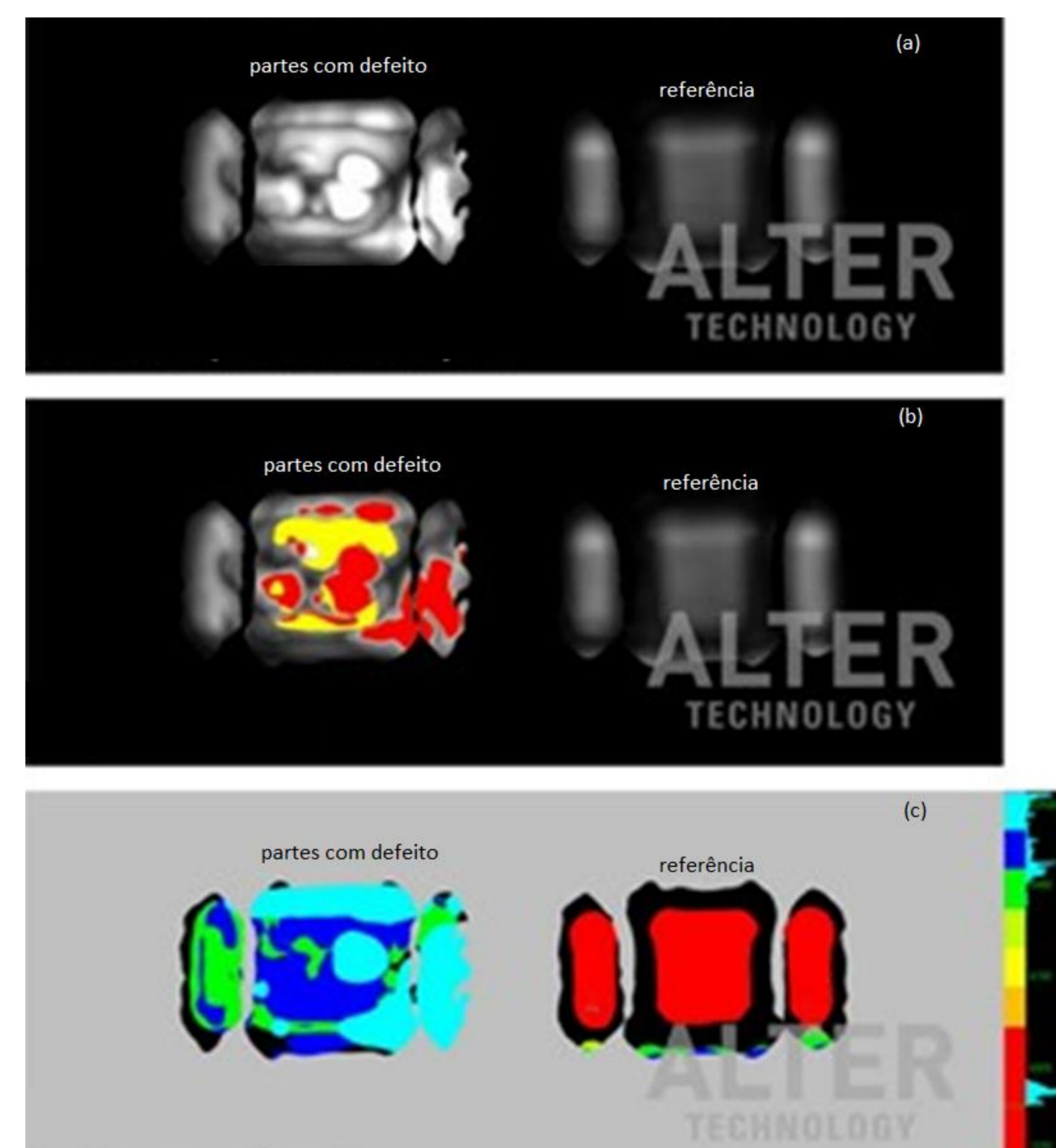


Figura 2 – Imagem obtida pela empresa Alter, dados fornecidos pela técnica SAM por: a) análise de amplitude dos picos de resposta, b) análise de fases e c) análise de profundidade [4]

IV. CONCLUSÃO

A microscopia acústica de varredura provou ser uma ferramenta eficaz para a detecção de defeitos internos pequenos (aproximadamente 200nm de espessura) em capacitores cerâmicos de multicamadas no âmbito dos ensaios não destrutivos.

Além disso, a técnica possibilita a identificação e a localização do defeito por meio de imagens obtidas da resposta acústica da amostra. Esses defeitos em capacitores no geral são apresentados na forma de delaminação, vazios, trincas e partículas estranhas. A técnica possibilita realizar uma inspeção interna no componente eletrônico sem sua destruição durante a análise e as informações obtidas por meio desta pode detectar defeitos mesmo antes de ser observada uma falha catastrófica. Ou seja, a análise por resposta acústica do material mostra-se sistematicamente viável para análise de falhas e possíveis qualificações de um novo produto, em que a construção e o desempenho ainda não são conhecidos.

A eficácia deste tipo de técnica (acústica) com outras técnicas não destrutivas, pode ser ampliada, de forma que, a informação recebida na análise acústica auxilia e complementa outras análises, como microscopia eletrônica de varredura ou raios-x [2]. Futuramente, o LQC pretende realizar estudos complementares da técnica de microscopia acústica associada à técnica de raios-x.

REFERÊNCIAS

1. S. Brand, P. Czurratis, P. Hoffroge, et. Al, "Extending acoustic microscopy for comprehensive failure analysis applications", J5. Mater Sci: Mater Electron, vol. 22, p.1580–1593, 2011.
2. C. D. Hartfield, T. M. Moore "Acoustic Microscopy of Semiconductor Packages", Microelectronics6. Failure Analysis, vol. 6, p. 362-382, 2011.
3. T. M. Moore "C-mode acoustic microscopy applied to integrated circuit package inspection", Solid State Electronics, vol. 35, p. 411-421, 1992.
4. EEE Components DataBase Alter Technology,
5. D. F. Silva, C. Parizzi, "Análise da viabilidade econômico-financeira do projeto de abertura de uma empresa de alimentação coletiva", Ling. Acadêmica, vol. 6, p. 9-26, 2016.
6. T. Fonseca, E. Antonelli, "Análise de falhas em capacitores cerâmicos de multicamadas", dissertação de mestrado, p.1-2, 2017.