

## **ANÁLISE DE ESTRUTURA DE COMPÓSITO COM SHEAROGRAFIA: TEORIA E PRÁTICA**

Rafael Kerber Ciotti<sup>1</sup>, Daniel Pedro Willemann<sup>2</sup>, Mauro Eduardo Benedet<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica – CCT – Bolsista PIBITI/CNPq

<sup>2</sup> Orientador, Departamento de Engenharia de Pesca – CERES – daniel.willemann@udesc.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Eng. Mecânica – LABMETRO/UFSC

Palavras-chave: Materiais compósitos, Ensaio Não-Destrutivo, Shearografia.

É notório o crescimento do uso de materiais compósitos na indústria nos últimos anos. Este fato ocorre devido a vantagens como uma maior relação resistência-peso e uma melhor resistência à corrosão obtidas pelos compósitos quando comparados aos materiais metálicos. Porém, como em todo processo produtivo, estes materiais também podem apresentar defeitos de fabricação.

Materiais compósitos são obtidos através da união de diferentes materiais, como, por exemplo, resinas e fibras de vidro, permitindo excelente controle das propriedades desejadas: mecânicas e/ou térmicas. Deste modo, sua aplicação é muito conveniente nas indústrias aeronáutica, naval, eólica, óleo e gás e em muitos outros setores industriais. Na área aeronáutica, sua utilização se deve principalmente à redução de massa da aeronave mantendo-se a rigidez e a resistência da estrutura.

Um dos principais tipos de materiais compósitos utilizados na indústria são os polímeros reforçados com fibra de carbono, que podem ser apresentados na forma de “laminado sólido” e fazer parte de estruturas em “sanduíche”. Estruturas sanduíche são constituídas por um material com baixo módulo de elasticidade em seu núcleo mais espesso (responsável por suportar a flambagem da estrutura) recoberto nas faces externas por um material mais rígido (como lâminas de carbono) responsável por suportar os esforços de flexão, visto que um lado sofrerá compressão e o outro tração.

Por se tratar de materiais de fabricação elaborada, principalmente em geometrias complexas, é possível surgir diversas falhas internas na estrutura, como inclusões de bolhas de ar, descontinuidades, desalinhamentos entre as fibras, descolamentos entre camadas, entre outros. A grande maioria dos defeitos são gerados por um método de fabricação inadequado desses materiais. Porém, defeitos podem surgir também com a estrutura em serviço.

Desta maneira, é clara a necessidade de inspeção de tais estruturas a fim de evitar o colapso e acidentes durante sua aplicação. Existem diferentes técnicas de inspeção como holografia eletrônica, inspeção visual, ultrassom, emissão acústica, entre outras. Além das citadas, tem-se a shearografia, ou interferometria de deslocamento lateral, que mede deformações na superfície da estrutura inspecionada a partir da aplicação de uma carga determinada. A shearografia se trata de uma técnica óptica de inspeção.

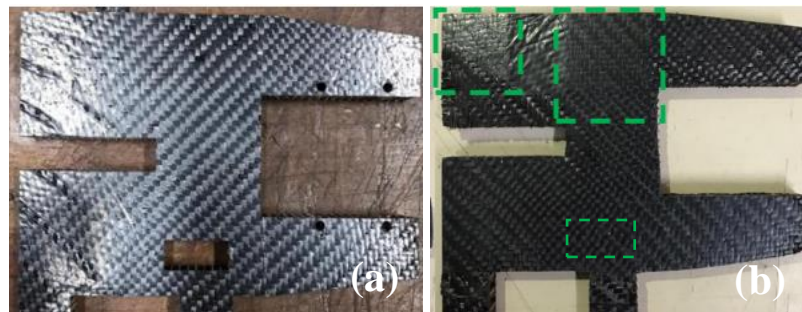
O nome shearografia é proveniente do termo inglês *shearography* que é a composição das palavras *shear* que significa “cisalhamento” e *graphy* que significa “registro de”. Sua principal vantagem em relação aos demais métodos ópticos é a sua aplicação em campo, devido, principalmente, à sua menor sensibilidade às vibrações externas. Além disso, a shearografia tende a ser uma técnica de inspeção muito veloz, pois a inspeção é feita por áreas e não por pontos.

Composto por um arranjo óptico conhecido como interferômetro de Michelson modificado, que consiste em um espelho móvel, um espelho inclinável, um divisor de feixes e uma câmera digital, o aparato de shearografia é compacto e de fácil transporte e manuseio. Além deste módulo de aquisição de

imagens, o equipamento clássico conta com um módulo de iluminação a laser, um módulo de carregamento e um módulo eletroeletrônico para controle de todo o sistema.

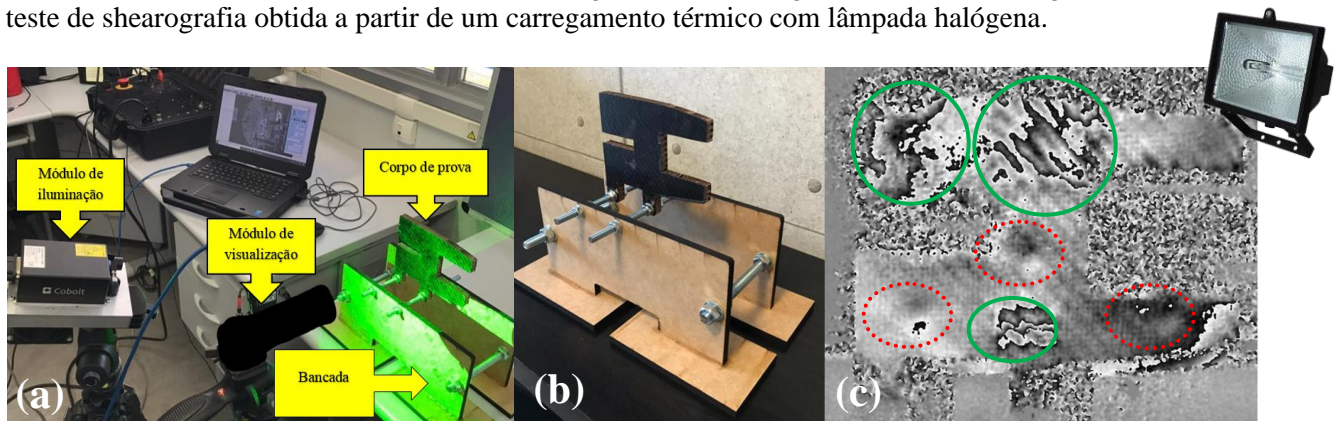
Basicamente, a inspeção consiste na subtração de duas imagens de interferência luminosa (conhecidas como padrões de *speckle*) capturadas anteriormente e posteriormente à aplicação de um determinado carregamento na estrutura. O carregamento pode ser térmico ou mecânico. A imagem resultante é o chamado “padrão de franjas” de shearografia, no qual é possível verificar a ocorrência de defeitos internos a partir da superfície analisada.

A facilidade de operação e a sua capacidade de aplicação em diferentes tipos de materiais possibilitam o uso da técnica em ambientes de competição. Dessa forma, optou-se por analisar falhas em um componente compósito da aeronave da Equipe Albatroz Aerodesign UDESC. O corpo de prova adotado foi a placa de fixação do motor da aeronave da Classe Regular de 2019. Dois descolamentos entre camadas foram inseridos com o auxílio de tiras de alumínio envolvidas em fita durex. Um defeito passante realizado durante o corte da peça. O corte foi realizado com jato d’água. A peça obtida está mostrada na Figura 1, sendo a Figura 1a o corpo de prova anterior à última etapa de laminação para inclusão dos descolamentos. Na Figura 1b tem-se o corpo de prova após a inclusão dos defeitos e suas posições.



**Figura 1.** (a) Peça sem defeitos artificiais. (b) Peça com defeitos artificiais inclusos.

Após o projeto e construção do corpo de prova, realizou-se a análise shearográfica (Figura 2a). A bancada construída em madeira é mostrada na Figura 2b. Já na Figura 2c, tem-se a imagem resultante do teste de shearografia obtida a partir de um carregamento térmico com lâmpada halógena.



**Figura 2.** (a) Arranjo Experimental; (b) Bancada (em destaque); (c) Resultado de shearografia.

A partir do resultado de shearografia (Figura 2b) é possível verificar a presença dos 3 defeitos artificiais (elipses verdes contínuas). Além disso, conclui-se que o processo de fabricação utilizado carece de ajustes, pois além dos defeitos incluídos de forma proposital, percebe-se descontinuidades que surgiram durante fabricação da peça (elipses vermelhas pontilhadas). Dada a comprovação da eficiência da shearografia na análise deste tipo de estrutura, sugere-se realizar um estudo para quantificar o impacto dos defeitos na resistência mecânica da peça a fim de estimar a vida útil e o possível colapso da estrutura.