

Análise qualitativa de tensões em materiais fotoelásticos a partir de polariscópio plano

Qualitative analysis of stresses in photoelastic materials from flat polariscope

RESUMO

Maikel da Silva
maikel@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Bruno Bellini Medeiros
brunomedeiros@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

O presente trabalho tem por objetivo apresentar e disseminar a técnica da fotoelasticidade como um método experimental para análise e medição de tensões ou deformações, na engenharia mecânica e nas demais engenharias. Fotoelasticidade é uma técnica experimental não destrutiva, que usa luz polarizada e um polariscópio, sobre materiais que apresentem as propriedades: isotropia, continuidade, transparência e birrefringência ou refração dupla. Quando estes materiais estão submetidos a esforços externos ou internos de caráter permanente ou temporário, o padrão visual assemelha-se às amostras de elementos finitos, sendo possível observar o contorno de cores que representa a distribuição de tensões, que ocorre devido às alterações nos estados de polarizações da luz transmitida através de sua estrutura. Em situações em que o material não apresenta a propriedade de transparência, é necessário cobrir a peça com uma resina birrefringente; porém, esta análise requer um polariscópio com recursos tecnológicos avançados. O experimento utilizando um polariscópio plano e aplicando conceitos fotoelásticos demonstrou possibilidade, de visualização das tensões no interior de materiais fotoelásticos.

PALAVRAS-CHAVE: Fotoelasticidade. Polariscópio. Análise de tensões e deformações.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

The present work aims to present and disseminate the technique of photoelasticity as an experimental method for analysis and measurement of stresses or deformations, in mechanical engineering and other engineering. Photoelasticity is a non-destructive experimental technique, which uses polarized light and a polariscope, on materials that have the properties: isotropy, continuity, transparency and birefringence or double refraction. When these materials are subjected to external or internal stresses of a permanent or temporary nature, the visual pattern resembles samples of finite elements, being possible to observe the color outline that represents the stress distribution, which occurs due to changes in the states of polarizations of the light transmitted through its structure. In situations where the material does not have the property of transparency, it is necessary to cover the part with a birefringent resin, however this analysis requires a polariscope with advanced technological resources. The experiment using a flat polariscope and applying photoelastic concepts demonstrated the possibility of visualizing the stresses inside photoelastic materials.

KEYWORDS: Photoelasticity. Polariscope. Stress and deformation analysis.

INTRODUÇÃO

Durante a manufatura de quaisquer materiais ocorre o desenvolvimento de tensões, podendo ser temporárias e/ou permanentes. Estas tensões surgem intencionalmente ou como consequência do processo de tratamento; e para um controle de processo adequado, é necessário que seja possível detectá-las. Uma técnica não destrutiva para esta finalidade se dá por meio de um polariscópio, utilizando a técnica da fotoelasticidade.

Esta técnica baseia-se no princípio de que alguns materiais apresentam diferentes índices de refração em situações de esforços mecânicos. Quando um feixe de luz polarizado atravessa o material, na face oposta podem ser visualizadas franjas coloridas cujo aspecto é relacionado à tensão a qual a estrutura está exposta. A análise destas franjas coloridas da imagem da peça é uma medida indireta da tensão mecânica (PEROSA, 2006).

Um polariscópio é um instrumento utilizado para observar objetos iluminados por luz polarizada; e também, analisar franjas fotoelásticas que surgem em uma amostra tensionada. De forma sintética, ele consiste em uma fonte de luz, um polarizador, entre os quais a amostra a ser analisada é posicionada e um analisador que faz a captura visual do experimento (FERREIRA e BERMUDES, 2004).

De acordo com Smith Neto, Ribeiro e Andrade (2000), a Fotoelasticidade é um conjunto de técnicas e métodos experimentais que permitem analisar e mensurar tensões e deformações em materiais de propriedades fotoelásticas. Os estados de tensões e deformações podem ser internos e externos, permanentes ou temporárias. Estudar por meio da fotoelasticidade, os estados de tensões e deformações, e a forma como elas atuam, é de suma importância para fins acadêmicos, científicos e tecnológicos, a fim de visualizar, quantificar e qualificar as distribuições os níveis de tensões nas peças, objetos ou superfícies.

Segundo Silva et al. (2015), esta metodologia tem sido amplamente utilizada desde, aproximadamente, a década de 70 na avaliação de tensões de estruturas de complexidade variável quando submetidas a condições de cargas específicas.

O propósito desse trabalho é apresentar por meio de imagens, as distribuições de tensões em materiais birrefringentes, exibindo os pontos de tensões e esforços externos e internos, ocorridos em seus processos de fabricação, ou têmpera. Para isso, utilizou-se um polariscópio plano, que emite luz polarizada, atravessando amostras de poliestireno e vidro temperado, e por meio de um analisador e uma câmera fotográfica, são captadas imagens e observar-se-á a distribuição de franjas de interferência de acordo com os níveis de tensões. Para a análise e comparação dos resultados será utilizado o método do tripleto RGB (*Red, Green e Blue*).

De acordo com Silva et al. (2017), na birrefringência, uma onda linearmente polarizada incide no material e se divide em onda ordinária e onda extraordinária, com índices de refração distintos, ao passar pelo plano que contém o eixo óptico do material. Essas ondas emergentes possuem estados de polarizações ortogonais entre si, cuja diferença de índice de refração produzida faz com que elas tenham uma diferença de fase que resulta em um padrão de interferência para o observador.

O protótipo desenvolvido neste trabalho tem o intuito de fornecer uma opção rápida e de baixo custo para análise da têmpera em materiais com as propriedades

físicas: isotropia, continuidade, transparência e birrefringência ou refração dupla; e por tratar-se de um ensaio não destrutivo.

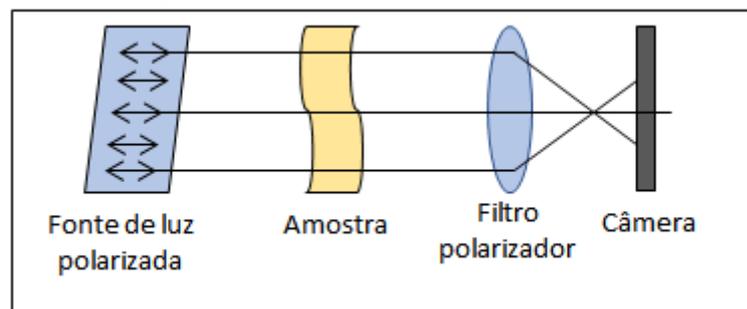
MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados compreendem:

- Fonte de luz polarizada.
- Filtro polarizador montado em base rotacional com indicação de ângulo.
- Amostras de poliestireno e vidro temperado para análise de tensões.
- Câmera fotográfica para registro.

A metodologia adotada consistiu em posicionar a amostra a ser analisada entre a fonte de luz polarizada e o filtro polarizador, como ilustra a Figura 1. Uma fonte de luz branca polarizada interage com a amostra e em seguida, passa por um filtro polarizador, denominado analisador.

Figura 1 – Posicionamento dos materiais



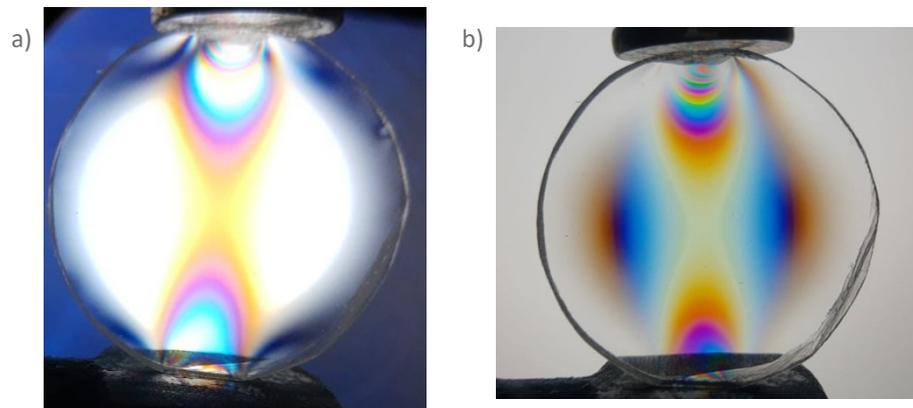
Fonte: Autoria própria (2020).

Após o correto posicionamento, foi realizada a determinação do melhor ângulo do filtro para visualização do padrão de franjas fotoelásticas e então se efetuou a análise visual para diagnóstico das regiões de acúmulo de tensão no material.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, observa-se franjas isoclínicas em um disco (amostra 1) submetido à compressão diametral mais fraca (Figura 2 a)) e mais forte (Figura 2 b)). As isoclínicas são as franjas negras, enquanto as bandas coloridas são as franjas isocromáticas.

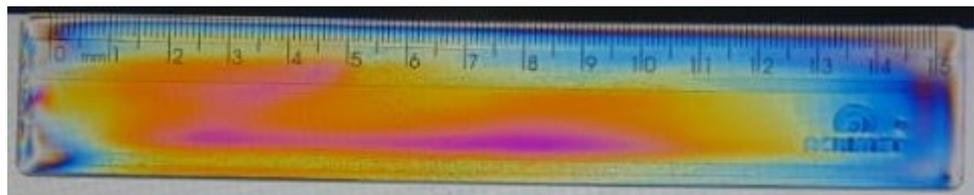
Figura 2 – Franjas isoclínicas em amostra submetida a tensão externas diametral mais fraca (a) e mais forte (b)



Fonte: Autoria própria (2020).

As Figuras 3 a 6 apresentam as tensões internas da amostra 2, em que não foram aplicadas tensões externas. A amostra foi fotografada por meio de luz branca (Figura 3), vermelha (Figura 4), verde (Figura 5) e azul (Figura 6).

Figura 3 – Visualização das franjas e pontos de tensões por meio de luz branca



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 4 – Visualização das franjas e pontos de tensões por meio de luz monocromática vermelha



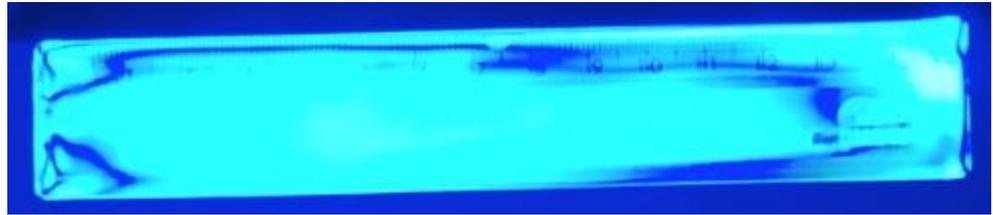
Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 5 – Visualização das franjas e pontos de tensões por meio de luz monocromática verde



Fonte: Autoria própria (2020).

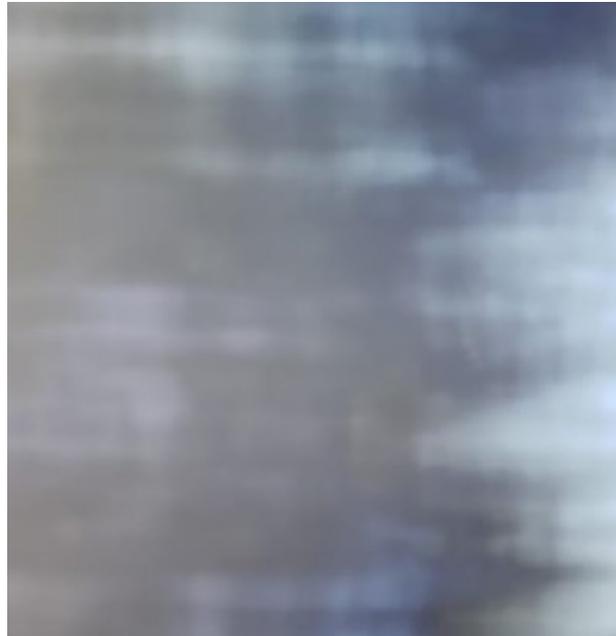
Figura 6 – Visualização das franjas e pontos de tensões por meio da luz monocromática azul



Fonte: Autoria Própria (2020).

A Figura 7 apresenta a amostra 3 (vidro temperado) sem submissão a tensões externas, com tensões internas representadas pelas franjas isoclínicas.

Figura 7 – Visualização de franjas isoclínicas por meio de luz branca em vidro temperado



Fonte: Autoria Própria (2020).

CONCLUSÃO

A metodologia apresentada mostrou-se eficiente na detecção qualitativa de acúmulo de tensões nas amostras analisadas. No entanto, para se determinar a distribuição quantitativa de forma precisa, é necessário o emprego de técnicas mais elaboradas e, conseqüentemente, mais dispendiosas.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Universidade Tecnológica Federal do Paraná por disponibilizar os materiais necessários para este trabalho, e ao orientador Professor Bruno Medeiros, à Heloisa esposa amada e ao seu filho Heitor pelo apoio.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, A. L. S.; BERMUDES, R. L. **Análise fotoelástica: construção e utilização de um polariscópio plano de transmissão**. 2004. Projeto de Graduação (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004. Disponível em:
http://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/antnio_luiz_e_rafael.pdf. Acesso em 08 out. 2020.

PEROSA, E. A. **Desenvolvimento de um programa computacional visando o aprimoramento do uso da técnica da fotoelasticidade**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em:
<https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/5497/1/000451033-Texto%2BCompleto-0.pdf>. Acesso em: 04 set. 2020.

SILVA, S. L. **Estudo de tensões em amostras fotoelásticas com holografia digital – Análise quantitativa**. 1. Ed. [s.l.]: Novas Edições Acadêmicas, 2017.

SILVA, S. L.; LIMA, A. V.; SILVA, L. N.; SILVA, C. R.; GOMES, C.; SANTOS, E. G. R.; BATISTA, H. S.; TA GEIN, L. A. **Análise qualitativa de tensões em estruturas sólidas acopladas a amostras de resina fotoelástica**. Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada. V.1, n.2, 2015. Disponível em:
<https://pdfs.semanticscholar.org/365b/6b995303116addb675a98f9e269fcd02e337.pdf>. Acesso em 08 out. 2020.

SMITH NETO, P.; RIBEIRO, J. L. S.; ANDRADE, C. A. **Projeto de um polariscópio plano e circular de transmissão para utilização no laboratório de Análise Experimental de tensões da PUC-Minas**. Cadernos de Engenharia (PUCCAMP), Belo Horizonte, v. 9, n.9, p. 28-36, 2000. Disponível em:
<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/19/artigos/308.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.