

7

Conclusões e Considerações Finais

No presente trabalho foi desenvolvida uma nova ferramenta / metodologia para determinação de campos de deformações, em particular em estruturas entalhadas, quantificado-as para posterior análise.

Na metodologia, foram incorporadas técnicas avançadas de visão computacional, como a técnica SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) em conjunto com sistemas de visão estereoscópica e reconstrução espacial. A principal contribuição desta tese se resume na fusão destas técnicas com os métodos sem malha, melhorando significativamente a precisão na medição de altos gradientes de deformação observados próximos aos entalhes.

A utilização dos descritores SIFT demonstrou nos experimentos aqui realizados sua praticidade e robustez computacional, permitindo a medição dos deslocamentos de pontos característicos extraídos em imagens obtidas do material para estados diferentes de deformação, ao invés de correlacionar as imagens com o uso de sub-janelas (*image-based techniques*) como feito nos sistemas tradicionais de medição.

A utilização de um sistema de visão estereoscópica permite que a metodologia seja facilmente expandida para medições no espaço tridimensional e assim, estruturas complexas possam ser analisadas.

A utilização dos pontos SIFT como nós na formulação sem malha possibilita o mapeamento completo da região analisada sem o uso de malhas, garantindo a continuidade da solução e, desta forma, modelando satisfatoriamente o campo de deslocamento e as suas derivadas.

No desenvolvimento da formulação sem malha, foi proposto um domínio de influência variável, associando a cada nó do domínio um tamanho de domínio específico através de uma função proposta, fornecendo uma melhor quantificação das deformações induzidas na proximidade de elementos concentradores de tensão, como são os entalhes.

A efetividade da metodologia proposta foi validada tanto em simulações quanto em experimentos. Desta forma, o comportamento da deformação plástica na região de concentração de tensões em um corpo de prova de aço 304 sob flexão com entalhe semicircular foi investigado.

Os resultados obtidos concordam com os apresentados pelas soluções analíticas propostas e pelas simulações utilizando o *software* de elementos finitos ANSYS. Além disso, em comparação com o *software* comercial de correlação digital de imagens VIC-3D, o método SIFT-Meshless fornece uma melhor resposta na região imediatamente vizinha à frente do entalhe, sem perda de informação, garantindo a acurácia das medições.

Todos os resultados indicam que a metodologia apresentada é uma alternativa confiável aos *softwares* comerciais existentes no mercado, quando utilizada em análises elásticas e elastoplásticas de peças com elementos concentradores de tensão.

Finalmente, deve-se mencionar que as modificações apresentadas para as regras de Neuber e Molski-Glinka, baseadas no fator concentrador plástico de Seeger e Heuler, são essenciais no caso de componentes entalhados sob flexão (ou torção) sujeitos a cargas elastoplásticas elevadas. Nesses casos, as regras tradicionais de Neuber e Molski-Glinka superestimaram as deformações no entalhe em até 60% em relação aos cálculos por Elementos Finitos e 70% em relação aos experimentos, mesmo com tensões nominais elastoplásticas incluídas nos cálculos. Por outro lado, as duas regras corrigidas, em geral, promoveram boas estimativas superiores e inferiores para as deformações calculadas por Elementos Finitos, assim como para as obtidas experimentalmente. Conclui-se assim que estas correções são capazes de prever a superposição elastoplástica dos efeitos do gradiente de tensão nominal inerente a problemas de flexão e/ou torção e do gradiente de tensão do entalhe.

Nota-se que, na ausência de gradiente de tensão nominal, como no caso de uma peça entalhada sob tração pura, as regras corrigidas resultam respectivamente nas mesmas previsões das regras tradicionais correspondentes, como seria esperado.

7.1. Sugestões para Trabalhos Futuros

As propostas sugeridas a seguir buscam verificar a abrangência da aplicação da metodologia apresentada neste trabalho, de forma a verificar se as considerações feitas continuam sendo válidas em outros tipos de problemas tratados na mecânica estrutural, como por exemplo:

- Gradientes de deformação em geometrias mais complexas;
- Medições em campos de visão reduzidos; e
- Deformação plástica local à frente da ponta da trinca.

No que se refere ao código computacional desenvolvido, outras linguagens de programação podem ser utilizadas. Sugere-se em pesquisas futuras trabalhar na otimização e paralelização do mesmo, de modo a obter um maior ganho computacional, reduzindo seu tempo de processamento.