

# 1 Introdução

A engenharia existe desde tempos antigos. Polias, alavancas e rodas são consideradas as invenções antigas mais importantes, já entre as construções importantes da antiguidade têm-se o Partenon na Acrópole de Atenas, o Coliseu Romano, as Pirâmides do Egito, as cidades Maias e Incas. É suposto que estas construções foram projetadas usando basicamente conhecimentos empíricos do comportamento estrutural de diferentes materiais e configurações geométricas. Com o desenvolvimento da civilização foram aparecendo novos campos do conhecimento humano como a Mecânica dos Materiais e a Teoria da Elasticidade, os quais foram, e são usados no desenho, construção e avaliação de estruturas. Até meados do século passado foram usados coeficientes de segurança altos para evitar falhas nas estruturas. A chegada da era moderna permitiu o uso de novos materiais e a construção de estruturas cada vez mais complexas, este fato gerou a necessidade de técnicas avançadas para o estudo e projeto de estruturas.

A necessidade de compreender os efeitos das descontinuidades nos materiais, das transições de geometrias e dos carregamentos pontuais motivaram o surgimento da Mecânica da Fratura, por outro lado o desenvolvimento de poderosos computadores permitiu a rápida evolução dos métodos numéricos para a análise de problemas complexos. No cálculo numérico, o método dos elementos finitos é um dos métodos mais usados na atualidade, no entanto o método dos elementos de contorno tem mais vantagens para a solução de determinado tipo de problemas. Entre as principais vantagens do método quando usado na mecânica da fratura é que a descontinuidade ou trinca é representada somente pela discretização com elementos retos ou curvos no problema bidimensional (planas ou superfícies em um problema tridimensional). No contexto apresentado acima o método híbrido dos elementos de contorno apresentado por Dumont (1989) tem se mostrado eficiente para problemas da mecânica da fratura [Dumont e Lopes (2003); Dumont e Mamani (2011), Sousa *et al* (2013)].

Tada, Ernst e Paris (1993, 1994) propuseram um simples e eficiente método de avaliar Funções de Tensão de Westergaard para a análise de problemas da mecânica da fratura com deslocamentos e tensões prescritas. A investigação foi restrita ao significado matemático na obtenção das funções de tensão e à avaliação de varias formas de abertura de trinca, sempre em termos analíticos. Inspirados nesta proposta Dumont e Mamani (2011) desenvolveram funções de tensão generalizadas do tipo Westergaard, funções de forma semi-elíptica foram usadas como solução fundamental no método híbrido dos elementos de contorno. Este desenvolvimento se mostrou eficiente para o cálculo do campo de tensões próximo à ponta da trinca, não obstante, elementos semi-elípticos introduzem singularidades desnecessárias ao longo das faces da trinca, tornando-se necessário combinar elementos de trincas de diferentes formas para evitar ou minimizar essas singularidades.

A análise adequada do campo de tensões e deslocamentos produzidos pela presença de trincas motivou o desenvolvimento do presente trabalho. A formulação é diretamente aplicável a placas com entalhes ou trincas curvas internas ou de bordo e permite a descrição adequada de altos gradientes de tensão, sendo uma ferramenta simples para a avaliação de fatores de intensidade de tensão. Além disso, é possível determinar, num processo iterativo, a zona plástica ao redor da ponta de uma trinca. Esta tese tem foco no desenvolvimento matemático da formulação para problemas de potencial e de elasticidade. Vários exemplos numéricos de validação são apresentados.

Os capítulos 2 e 3 correspondem à revisão bibliográfica, o método híbrido dos elementos de contorno e os conceitos básicos da mecânica da fratura são apresentados brevemente. No capítulo 4 são desenvolvidas as funções de tensão de Westergaard generalizadas, as quais serão adequadamente combinadas para desenvolver soluções fundamentais em problemas tanto de potencial quanto de elasticidade. No capítulo 5 é abordado o problema de potencial onde o elemento de forma polinomial é avaliado como solução fundamental. No capítulo 6 é abordado o desenvolvimento da mecânica da fratura linear elástica, e são apresentados alguns exemplos de validação. No capítulo 7 introduz-se a mecânica da fratura elasto-plástica, e apresenta-se uma formulação iterativa para a obtenção da zona plástica, além de exemplos de validação. No capítulo 8 são discutidas algumas conclusões e sugestões para trabalhos futuros.