

## DESENVOLVIMENTO E SIMULAÇÃO DE DISPOSITIVO DE ENSAIO PARA FALHA EM MODO II EM JUNTAS COLADAS

Julio Cezar da Cunha, Felipe Ruivo Fuga, Ricardo De Medeiros

### INTRODUÇÃO

O estudo da fratura em materiais compósitos é essencial para garantir a segurança e a confiabilidade de estruturas submetidas a diferentes tipos de carregamento (Farahmand, 2025). Nesse contexto, a norma ASTM D6671 (ASTM International, 2025) define os procedimentos para ensaios de fratura em modo misto (combinação dos modos I e II), sendo amplamente empregada na caracterização do comportamento desses materiais (Khan et al., 2019; Karami et al., 2025; Silva et al., 2025). Diante disso, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo de ensaio compatível com essa norma, adaptada ao sistema internacional de unidades, abrangendo desde a análise normativa até a preparação para a execução dos testes experimentais. A proposta busca atender a demanda por um equipamento específico no laboratório, possibilitando a realização de ensaios em juntas coladas em modo I, modo II e modo misto.

### DESENVOLVIMENTO

A primeira etapa do trabalho consistiu na leitura e interpretação da norma ASTM D6671, com ênfase nos requisitos técnicos e nos procedimentos de ensaio. Paralelamente, foi realizada uma análise de dispositivos comerciais disponíveis, considerando aspectos como geometria, materiais de fabricação e adequação aos testes propostos. A partir destas informações, desenvolveu-se o modelo tridimensional do dispositivo em software CAD, mantendo as dimensões originais da norma (em polegadas) e realizando a conversão para o sistema métrico. Também foram selecionados rolamentos equivalentes, de forma a garantir a viabilidade da manufatura e a compatibilidade com a Máquina Universal de Ensaios INSTRON, modelo EMIC 23-100, disponível no laboratório. Na sequência, foram realizadas simulações estruturais no software Abaqus®, com o objetivo de avaliar a distribuição de tensões, os deslocamentos e os fatores de segurança das peças componentes, considerando-se a aplicação de uma força de 5 kN sobre os elementos *Roller*, *Loading Yoke* e *Lever*. Essa análise permitiu identificar pontos críticos, garantindo a integridade estrutural do dispositivo durante os ensaios. Com base nos resultados das simulações, foram elaborados os desenhos técnicos detalhados de todas as partes do dispositivo, incluindo vistas ortogonais, cortes, cotas, especificações de materiais e tolerâncias dimensionais. Esses documentos serviram de base para o processo de fabricação das peças.

### RESULTADOS

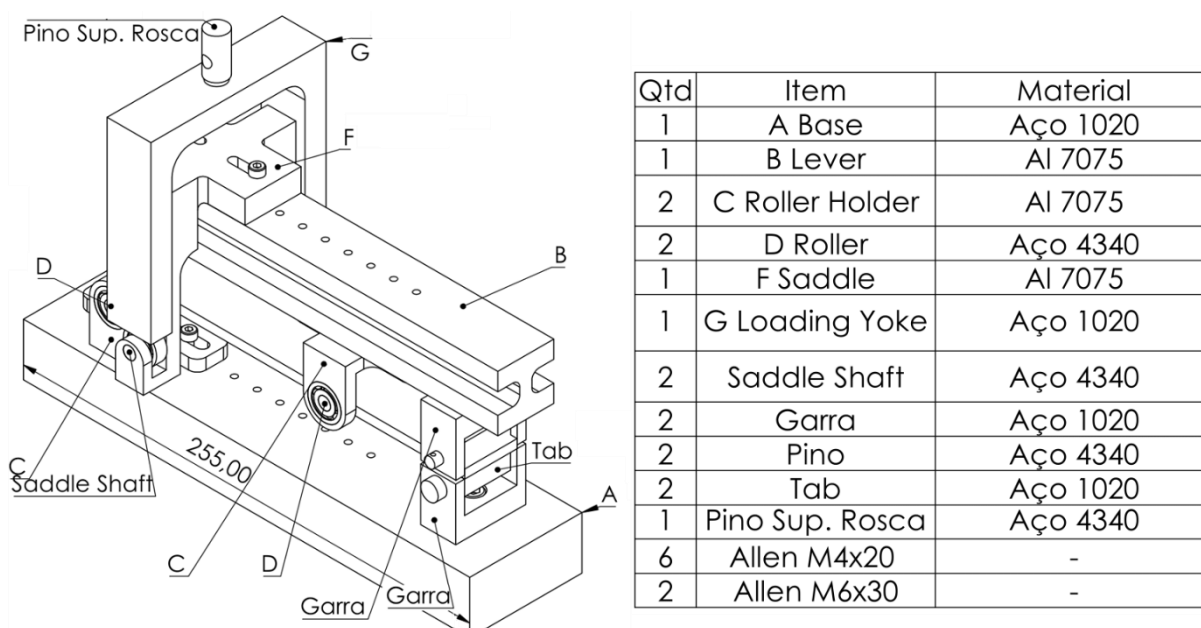
As simulações estruturais realizadas indicaram que o dispositivo projetado apresenta desempenho satisfatório, registrando-se uma tensão de von Mises máxima de 75 MPa no *Loading Yoke* (conforme Figura 2) e deslocamentos máximos de 0,247 mm no *Lever*. O fator de segurança obtido nas análises confirma a viabilidade do projeto para suportar as cargas previstas durante os ensaios. A análise comparativa com dispositivos comerciais contribuiu para o aprimoramento do projeto, resultando em um equipamento mais acessível e mantendo as características da norma. Os desenhos técnicos gerados atendem aos critérios normativos e forneceram suporte para a etapa de fabricação. Por fim, a etapa experimental, que será realizada em sequência, permitirá validar o desempenho do dispositivo desenvolvido, bem como coletar dados sobre o comportamento das juntas coladas em materiais compósitos submetidos as condições de fratura em modo I, modo II e modo misto.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

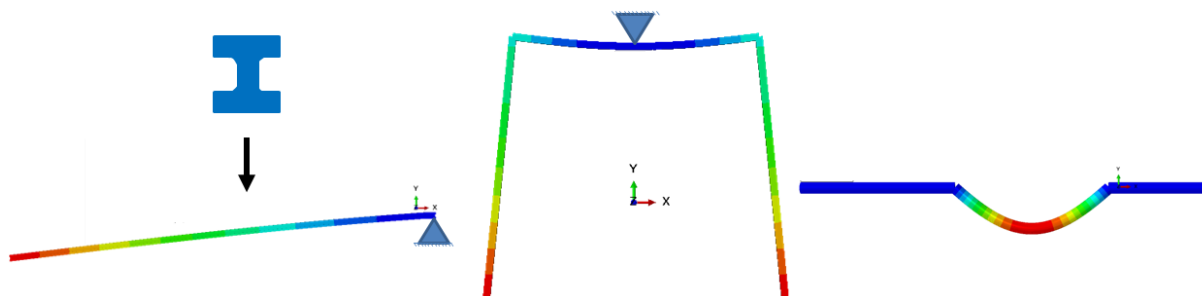
O desenvolvimento do dispositivo de ensaio em conformidade com a norma ASTM D6671 representa um avanço na infraestrutura do laboratório voltada aos estudos de fratura em juntas coladas fabricadas em materiais compósitos. As etapas de análise normativa, modelagem, simulação e elaboração técnica foram concluídas com êxito, demonstrando a viabilidade do projeto. A fabricação e montagem do dispositivo permitirão a realização de ensaios experimentais, contribuindo tanto para a formação acadêmica quanto para o avanço em pesquisas na área de mecânica da fratura. Além disso, o projeto também reforça a relevância da integração entre fundamentos teóricos, simulação computacional e prática experimental no desenvolvimento de soluções de engenharia, contemplando todas as etapas de um projeto, desde a revisão bibliográfica e análise normativa até a modelagem, simulação e fabricação.

**Palavras-chave:** materiais compósitos; fratura mista; ASTM D6671; simulação estrutural.

### ILUSTRAÇÕES



**Figura 1.** Dispositivo modelado e seus materiais.



**Figura 2.** Simulações do B Lever, G Loading Yoke e D Roller.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASTM International. Standard Test Method for Mixed Mode I-Mode II Interlaminar Fracture Toughness of Unidirectional Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites. *Standard*. American Society for Testing Materials International. West Conshohocken, PA.

FARAHMAND, B. Application of Fracture Mechanics to Composites. In: Fundamentals of composites and their methods of fabrications. Cham: Springer, p. 197–231, 1 jan. 2025.

KHAN, A. S. et al. An experimental study on interfacial fracture toughness of 3-D printed ABS/CF-PLA composite under mode I, II, and mixed-mode loading. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, v. 34, n. 12, p. 1599–1622, 15 set. 2019.

KARAMI, J. et al. An experimental study on the delamination fracture of a unidirectional thermoplastic composite under different in-plane loading modes using acoustic emission. *Composite Structures*, v. 369, p. 119333, 28 maio 2025.

SILVA et al. Parametric study of bonded composite joints under mixed-mode. *Journal of Composite Materials*, 19 maio 2025.

---

**DADOS CADASTRAIS**

---

**BOLSISTA:** Julio Cezar da Cunha

**MODALIDADE DE BOLSA:** PROBIC-AF/UDESC

**VIGÊNCIA:** 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

**ORIENTADOR(A):** Prof. Assoc. Ricardo De Medeiros

**CENTRO DE ENSINO:** CCT

**DEPARTAMENTO:** Departamento de Engenharia Mecânica

**ÁREAS DE CONHECIMENTO:** Engenharia Mecânica / Mecânica dos Sólidos

**TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:** Modelagem Computacional e Experimental de Estruturas de Material Compósito.

**Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA:** NPP3924-2022