Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

CONCEPTUAL DESIGN AND PRELIMINARY SIZING OF A TEACHING TEST BENCH FOR STRENGTH OF MATERIALS EDUCATION

Julio César Santos Paiva Esteves, Katielle Maria Nascimento da Silva, Murilo Pacheco de Almeida, Samuel de Almeida Tavares, Willy Ank de Moraes

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica
E-mail para contato: samuca0110samuca@gmail.com

RESUMO – Este trabalho apresenta a concepção e o dimensionamento preliminar de uma bancada didática modular para o ensino de Resistência dos Materiais, contemplando ensaios de tração, compressão, flexão e torção. Foram definidos materiais, dimensões, carregamentos e dispositivos de instrumentação, além de realizados cálculos analíticos para avaliar o comportamento mecânico dos componentes. As tensões estimadas nos corpos de prova de alumínio 6061-T6 para tração e flexão foram de 78,7 e 89,3 MPa, inferiores ao limite de escoamento de referência de 276 MPa. Os resultados indicam potencial para o desenvolvimento da bancada, embora sua viabilidade técnica ainda dependa de verificações complementares, construção e validação experimental.

Palavras-chave: Resistência dos Materiais; Bancada didática; Ensino experimental; Concepção de equipamentos didáticos.

ABSTRACT – This work presents the design and preliminary sizing of a modular educational test bench for teaching Strength of Materials, covering tension, compression, bending, and torsion tests. Materials, dimensions, loading conditions, and instrumentation devices were defined, and analytical calculations were performed to evaluate the mechanical behavior of the components. The estimated stresses in the 6061-T6 aluminum specimens for tension and bending were 78.7 MPa and 89.3 MPa, respectively—both below the reference yield strength of 276 MPa. The results indicate potential for developing the test bench, but its technical feasibility still requires further verification, construction, and experimental validation.

Keywords: Strength of Materials; Educational test bench; Experimental teaching; Design of educational equipment.

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

A disciplina de Resistência dos Materiais possui papel fundamental na formação em Engenharia, pois fornece os conhecimentos necessários para a compreensão do comportamento mecânico de componentes e estruturas submetidos a diferentes condições de carregamento. Entre os principais fenômenos estudados destacam-se os esforços de tração, compressão, flexão e torção, amplamente aplicados em projetos mecânicos e estruturais.

Apesar de sua relevância, a disciplina frequentemente apresenta dificuldades de aprendizagem, uma vez que exige dos estudantes a interpretação simultânea de conceitos físicos, matemáticos e analíticos. Em muitos casos, os fenômenos estudados permanecem restritos às formulações teóricas, dificultando a visualização de seus efeitos e a associação com situações reais. Estudos demonstram que a utilização de recursos experimentais e modelos físicos contribui significativamente para o processo de ensino-aprendizagem, favorecendo a compreensão dos conceitos abordados em sala de aula. (DA PAZ; RUAS, 2019; GUTERRES et al., 2024).

Nos últimos anos, diferentes pesquisas têm investigado o uso de estruturas instrumentadas, bancadas didáticas e metodologias experimentais como ferramentas de apoio ao ensino da Resistência dos Materiais. Os resultados obtidos indicam que a observação prática dos fenômenos mecânicos e a análise de dados experimentais promovem maior participação dos estudantes e melhor assimilação dos conteúdos. (OLIVEIRA et al., 2022; LINHARES; STOPPA; STOPPA, 2025)."

Diante desse cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma bancada didática modular em acrílico destinada ao ensino de Resistência dos Materiais. O equipamento foi concebido para demonstrar os esforços de tração, compressão, flexão e torção, permitindo a visualização das deformações e a medição das forças aplicadas durante os ensaios. A utilização do acrílico visa proporcionar maior percepção dos fenômenos mecânicos, enquanto a instrumentação possibilita a comparação entre resultados experimentais e teóricos.

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em desenvolver uma bancada didática de baixo custo capaz de aproximar teoria e prática no ensino de Resistência dos Materiais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Pesquisa

ISSN 2317-1316

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza tecnológica e abordagem qualitativa. A pesquisa busca propor uma solução capaz de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem por meio da demonstração prática dos principais esforços mecânicos estudados em cursos de engenharia.

2.2 Desenvolvimento da Bancada Didática

O desenvolvimento da bancada foi conduzido a partir de levantamento bibliográfico sobre Resistência dos Materiais (BEER et al., 2020; GERE; GOODNO, 2021), ensino experimental em Engenharia (DA PAZ; RUAS, 2019; GUTERRES et al., 2024) e aplicações de bancadas didáticas em ambientes acadêmicos (MARCHI, 2016; ARAUJO, 2024). A concepção do equipamento priorizou a simplicidade construtiva e a facilidade de utilização em atividades práticas. Além disso, buscou-se desenvolver uma solução de baixo custo que pudesse ser aplicada em laboratórios acadêmicos para complementar o ensino teórico da disciplina.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Concepção e Dimensões Preliminares

A bancada didática proposta apresenta uma configuração modular com dimensões externas preliminares de 700 × 700 mm. A estrutura será dividida em quatro regiões de instalação, distribuídas em duas linhas e duas colunas, com dimensões aproximadas de 200 × 200 mm para cada módulo.

A disposição busca organizar os sistemas de aplicação de carga, os dispositivos de fixação e os instrumentos de medição em uma única base, favorecendo a utilização em atividades acadêmicas. As posições dos suportes e alguns componentes ainda serão determinadas em função dos carregamentos e dos componentes selecionados.

Tabela 1. Distribuição preliminar dos módulos de ensaio.

Posição na bancada	Módulo de ensaio	Área prevista
Superior esquerdo	Tração	200 × 200 mm
Superior direito	Compressão	200 × 200 mm
Inferior esquerdo	Flexão	200 × 200 mm
Inferior direito	Torção	200 × 200 mm
Base completa	Estrutura principal	700 × 700 mm

ISSN 2317-1316

3.2 Conceitos Gerais

Para melhor visualização dos fenômenos individuais em cada um dos módulos, é necessário o entendimento dos conceitos gerais que são o princípio do estudo. Os conceitos apresentados nesta seção são baseados nos fundamentos clássicos da Resistência dos Materiais descritos por Beer et al. (2020) e Gere e Goodno (2021).

Tensão Mecânica

A tensão representa a intensidade dos esforços internos distribuídos na seção de um corpo. Para tensão normal média, causada por tração ou compressão têm-se a Equação (1):

$$\sigma = \frac{F}{A} \qquad (1)$$

(BEER et al., 2020; GERE; GOODNO, 2021).

Onde:

- σ : tensão normal, em Pa ou MPa;
- F : força axial aplicada, em N;
- A : área da seção transversal, em mm² ou m².

Este cálculo permite transformar a força aplicada pelo fuso mecânico em uma grandeza que caracteriza a solicitação mecânica do corpo de prova.

Deformação específica

A deformação específica longitudinal é dada pela Equação (2):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \qquad (2)$$

(BEER et al., 2020; GERE; GOODNO, 2021).

Onde:

- ε :deformação específica, adimensional;
- ΔL:variação do comprimento;
- L_0:comprimento inicial de referência.

Lei de Hooke e módulo de elasticidade

ISSN 2317-1316

Dentro do regime elástico linear, para um material homogêneo e sob condições apropriadas de carregamento o módulo de elasticidade de Young pode ser definido conforme e Equação (3):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \qquad (3)$$

(BEER et al., 2020; GERE; GOODNO, 2021).

O módulo de elasticidade longitudinal E representa a rigidez do material. Quanto maior seu valor, menor será a deformação elástica produzida por uma mesma tensão. Nota-se que os corpos de prova devem ser calculados de maneira a não ultrapassarem o regime elástico para manter os princípios de cálculo e previsibilidade.

As três equações anteriores podem ser combinadas de modo a obter:

$$\Delta L = \frac{FL_0}{AE} \qquad (4)$$

Essa equação prevê o alongamento ou encurtamento de uma barra submetida a força axial, desde que o modelo de deformação uniforme seja adequado. Com este cálculo, é possível determinar a deformação teórica dos corpos de prova, para posteriormente compará-los aos resultados práticos.

3.3 Módulos de Ensaio

Em cada um dos módulos da bancada, ser aplicado um ensaio diferente, de forma que a estrutura de engastamento, a forma de aplicação da carga e as grandezas a serem calculadas a partir do experimento variam de caso a caso.

Tração

O módulo de tração será composto por um corpo de prova (CP) fixado em suas extremidades, submetido a uma força axial aplicada por um mecanismo de acionamento manual. Uma célula de carga permitirá medir a força aplicada, enquanto os extensômetros (str*ain gauges)*, quando instalados e devidamente calibrados, permitirão medir a deformação longitudinal do CP.

Grandezas e cálculos:

- Força axial F: medida pela célula de carga.
- Deformação longitudinal ε: medida pelo *strain gauge*.

ISSN 2317-1316

- Tensão normal média σ: calculada pela razão entre força e área da seção transversal.
- Módulo de elasticidade E: estimado pela relação entre tensão e deformação na região elástica.

Compressão

O módulo de compressão permitirá submeter um corpo de prova a uma força axial compressiva por meio de um mecanismo de aplicação de carga. A célula de carga medirá a força aplicada, enquanto um *strain gauge* instalado na superfície do CP poderá medir a deformação longitudinal, desde que a geometria e a instalação permitam uma leitura confiável.

Grandezas e cálculos:

- Força axial F: medida pela célula de carga.
- Deformação longitudinal ε: medida pelo *strain gauge*.
- Tensão normal média σ: calculada pela razão entre força e área da seção transversal.
- Módulo de elasticidade E: estimado pela relação entre tensão e deformação normais no regime elástico.

Flexão

O módulo de flexão será constituído por um corpo de prova em formato de barra, fixado por um engaste e submetido a uma força transversal aplicada por um fuso manual. A célula de carga medirá a força aplicada, enquanto os *strain gauges* instalados na superfície da barra poderão medir as deformações longitudinais provocadas pela flexão.

Grandezas e cálculos:

- Força transversal F: medida pela célula de carga.
- Deformação longitudinal ε: medida pelo *strain gauge*.
- Momento fletor M: calculado a partir da força e da distância entre o engaste e o ponto de aplicação da carga.
- Tensão normal de flexão σ: calculada pela teoria clássica da flexão.
- Deslocamento transversal δ: calculado teoricamente; a validação experimental direta exige medição de deslocamento.

ISSN 2317-1316

Para o caso de uma barra de seção retangular em balanço, com carga concentrada na extremidade livre, aplicam-se as Equações (5) a (8). As expressões utilizadas para determinação do momento fletor, tensão normal e deslocamento máximo foram baseadas em Gere e Goodno (2021).

$$M_{\max} = FL \tag{5}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \tag{6}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} c}{I} \tag{7}$$

$$\delta_{\max} = \frac{FL^3}{3EI} \tag{8}$$

Torção

O módulo de torção será composto por um corpo de prova em formato de barra engastado em uma extremidade e com uma pequena chapa soldada na lateral de sua extremidade livre, onde será aplicada a força através do fuso mecânico. Desta forma, a força aplicada nesta chapa, com uma distância conhecida do corpo de prova irá gerar torque. *Strain gauges* instalados com orientação apropriada, ou *encoders* rotativos, poderão ser utilizados para estimar a deformação cisalhante.

Grandezas e cálculos:

- Força aplicada F: medida pela célula de carga.
- Torque T: calculado pela força e pelo braço de alavanca.
- Deformação de cisalhamento γ: estimada a partir das deformações medidas com a orientação apropriada dos extensômetros.
- Tensão de cisalhamento τ: calculada pela teoria da torção.
- Módulo de cisalhamento G: estimado pela relação entre tensão e deformação de cisalhamento no regime elástico.

As relações empregadas para cálculo das tensões e deformações de cisalhamento seguem as formulações clássicas apresentadas por Beer et al. (2020) e Gere e Goodno (2021).

3.4 Dimensionamento Mecânico

ISSN 2317-1316

O dimensionamento preliminar do conjunto está resumido na Tabela 2 e foi realizado com base nos critérios de Resistência dos Materiais e dimensionamento mecânico apresentados por Beer et al. (2020), Gere e Goodno (2021) e Budynas e Nisbett (2021). Foram consideradas cargas máximas de 500 N nos módulos de tração, compressão e torção, e de 100 N no módulo de flexão. Para os corpos de prova, selecionou-se inicialmente o alumínio 6061-T6, com dimensões específicas para cada ensaio.

Tabela 2. Cálculos para dimensionamento de cargas aplicadas e dimensões do corpo de prova.

Parâmetro	Tração	Compressão	Flexão	Torção
Material de referência	Alumínio 6061-T6 (ASM International, s.d.)	Alumínio 6061-T6 (ASM International, s.d.)	Alumínio 6061-T6 (ASM International, s.d.)	Alumínio 6061-T6 (ASM International, s.d.)
Comprimento total do corpo de prova	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm
Espessura	3,175 mm	3,175 mm	3,175 mm	3,175 mm
Largura da seção analisada	2,0 mm na seção útil	2,0 mm na seção útil	100 mm	100 mm
Carga aplicada	500 N	500 N	100 N	500 N tangenciais
Tipo de carregamento	Tração axial	Compressão axial	Flexão em balanço	Torção
Momento fletor / Torque aplicado	–	–	15 N·m	30 N·m
Deformação teórica (με)	1.140	1.140	1.294	3.430
Tensão teórica (MPa)	78,7	78,7	89,3	89,3 (cisalhamento)
Atendimento ao requisito mínimo de 1.000 με	Sim	Sim	Sim	Sim
Limite de escoamento adotado	276 MPa (ASM International, s.d.)	276 MPa (ASM International, s.d.)	276 MPa (ASM International, s.d.)	276 MPa (ASM International, s.d.)
Condição em relação ao escoamento	Permanece na região elástica	Permanece na região elástica*	Permanece na região elástica	Indicação preliminar de região elástica**
Fator de segurança estimado	3,51	3,51	3,09	Não determinado

Fonte: Elaboração própria com base em Beer et al. (2020), Gere e Goodno (2021), Budynas e Nisbett (2021), ASM International (s.d.) e Ensinger (s.d.).

ISSN 2317-1316

O dimensionamento buscou verificar se as tensões atuantes permanecem abaixo do limite de escoamento dos corpos de prova, se as tensões estimadas na estrutura de PMMA são inferiores a um valor admissível preliminar e se os valores podem ser medidos pela faixa de medição dos instrumentos utilizados. As verificações apresentadas são analíticas e devem ser complementadas por ensaios e pela avaliação das fixações e concentrações locais de tensão no protótipo construído.

Com o objetivo de utilizar chapas de mesma espessura na fabricação dos corpos de prova dos quatro módulos, adotou-se a espessura de 1/8” (3,175 mm). Também foi estabelecida uma deformação específica de referência de 1.000 με, visando favorecer sua medição por extensômetros elétricos (*strain gauges*). A partir desses critérios, foram calculadas as dimensões preliminares dos corpos de prova, particularmente seus comprimentos e larguras.

Para os cálculos considerou-se E=68.900 MPa e G=26.000 MPa, valores típicos do alumínio 6061-T6. Além disso, deve-se verificar as chapas de acrílico que serão a base da bancada e as bases dos módulos. O princípio de funcionamento dos extensômetros elétricos e da ponte de Wheatstone utilizado na instrumentação é descrito por Sciammarella e Sciammarella (2012).

Para *PMMA Cast*, a ficha técnica da *Ensinger* apresenta módulo de elasticidade de aproximadamente 3.000–3.400 MPa e resistência à flexão de 125 MPa. Estes dados levaram aos resultados apresentados na Tabela 3. Os cálculos preliminares indicaram a possibilidade de manter os corpos de prova no regime elástico e obter deformações mensuráveis pelos extensômetros (*strain gauges*). Entretanto, a resistência da estrutura e das fixações ainda depende de verificações complementares.

Tabela 3. Cálculos para dimensionamento da chapa de acrílico.

Esforço solicitante	**Carga aplicada**	**Conclusão preliminar**
Tração	500 N	Sem ruptura global prevista no modelo simplificado; verificar as fixações e os furos.
Compressão	500 N	Sem ruptura global prevista no modelo simplificado; verificar concentração de tensões e apoio.
Flexão	100 N	Sem ruptura global prevista pelo cálculo simplificado de flexão.
Torção	500 N tangenciais, braço de 60 mm — torque de 30 N·m	Não é possível confirmar sem verificar as reações nas fixações e as tensões locais.

ISSN 2317-1316

3.5 Materiais e Instrumentação

Materiais

A estrutura da bancada foi projetada predominantemente em acrílico, material escolhido por apresentar transparência, baixo peso e facilidade de fabricação. Os corpos de prova foram projetados em alumínio 6061-T6 pela facilidade em realizar ensaios e resistência à corrosão. As demais estruturas (Suporte para aplicação de carga, suporte de conjunto de aquisição de dados e engastamento dos corpos de prova) foram projetados em Aço carbono SAE 1045 por sua facilidade de usinagem e baixo preço no mercado. A Tabela 4 apresenta os materiais empregados e suas respectivas funções.

Tabela 4. Análise prévia dos materiais.

Componente	Material	Função no equipamento
Bancada e bases dos módulos	Acrílico (PMMA), com apoios/reforços a definir	Sustentação e organização dos módulos.
Suportes de aplicação de carga	Aço carbono SAE 1045	Suportação dos sistemas de aplicação de carga.
Dispositivos de fixação	Aço carbono SAE 1045	Fixação dos corpos de prova.
Corpos de prova	Alumínio 6061-T6	Demonstração e comparação dos comportamentos mecânicos.
Parafusos, porcas e arruelas	Aço Galvanizado	Montagem e fixação dos componentes.
Elementos de apoio	Aço carbono SAE 1045	Apoio e posicionamento dos corpos de prova.

Instrumentação

Além da estrutura física, o sistema contempla dispositivos para medição das forças aplicadas (Célula de carga) e medição de extensão dos corpos (*Strain Gauge*), possibilitando a obtenção de dados experimentais e a comparação com os valores teóricos estudados na disciplina. Para realizar a leitura dos dados, foi definido um Arduíno Uno R3 e Módulos amplificadores/conversores HX711 em conjunto, conforme apresenta a Tabela 5.

ISSN 2317-1316

Tabela 5. Instrumentação utilizada em cada módulo.

Módulo de aplicação	**Instrumentos utilizados**	**Grandezas medidas**	**Grandezas calculadas**
Tração	Célula de carga e extensômetro individual por módulo	Força de tração e deformação específica	Tensão normal e módulo de elasticidade
Compressão		Força de compressão e deslocamento axial	Tensão normal e deformação específica
Flexão		Força aplicada e deformação específica	Momento fletor, tensão normal de flexão e módulo de elasticidade
Torção	Célula de carga e Encoder rotativo ou Extensômetro adaptado	Força aplicada e ângulo de torção	Torque aplicado, tensão de cisalhamento e módulo de cisalhamento
Conjunto de aquisição de dados	Arduíno Uno R3 e HX711	Leitura dos dados obtidos pelos instrumentos	

Análise dos Resultados

Os resultados obtidos por meio dos ensaios serão utilizados para avaliar o comportamento dos elementos submetidos aos esforços mecânicos propostos. Os valores medidos serão comparados aos resultados previstos pelas formulações teóricas da Resistência dos Materiais, permitindo verificar a aplicabilidade da bancada como ferramenta de apoio ao ensino e à compreensão dos conceitos fundamentais da disciplina.

3.6 Discussão

O estudo resultou na concepção preliminar de uma bancada didática modular para ensaios de tração, compressão, flexão e torção, com estrutura em acrílico (PMMA), corpos de prova em alumínio 6061-T6 e suportes em aço SAE 1045. O dimensionamento considerou cargas de 500 N para tração e compressão, 100 N para flexão e torque de 30 N para torção.

As tensões estimadas nos ensaios de tração e flexão foram de 78,7 e 89,3 MPa, respectivamente, inferiores ao limite de escoamento de referência de 276 MPa do alumínio 6061-T6. Entretanto, ainda são necessárias verificações de flambagem, concentrações de tensão, fixações e resistência da estrutura, especialmente sob torção.

A instrumentação proposta contempla células de carga, extensômetros e aquisição de dados por Arduino Uno R3 e módulos HX711, permitindo futuras comparações entre resultados

ISSN 2317-1316

experimentais e teóricos, conforme abordagens didáticas discutidas na literatura (DA PAZ; RUAS, 2019; OLIVEIRA et al., 2022; GUTERRES et al., 2024; MARCHI, 2016; ARAUJO, 2024).

Os resultados demonstram avanços na concepção e no dimensionamento preliminar da bancada, cuja viabilidade técnica e aplicação didática ainda dependem da construção do protótipo, da calibração dos instrumentos e da validação experimental.

4 CONCLUSÃO

O estudo permitiu definir a concepção preliminar de uma bancada didática modular para ensaios de tração, compressão, flexão e torção. Os cálculos indicaram tensões inferiores ao limite de escoamento do alumínio 6061-T6 nos módulos de tração e flexão, embora sejam necessárias verificações complementares da estrutura, das fixações e dos demais carregamentos. A proposta apresenta potencial didático, mas sua viabilidade depende da construção do protótipo e da validação experimental. Agradece-se à Universidade Santa Cecília e ao coordenador do curso, Dr. Carlos Alberto Amaral Moino, pelo apoio; ao Me. Willy Ank de Morais, pelas orientações durante a elaboração do estudo.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Durante a produção deste trabalho, utilizou-se a ferramenta ChatGPT – OpenAI, com as seguintes finalidades: revisão gramatical e estrutural do documento; verificação de contexto, coerência; e estruturação das referências bibliográficas conforme as normas do edital. O conteúdo e a veracidade das informações geradas foram revisados, editados e validados pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo conteúdo final.

6 REFERÊNCIAS

DA PAZ, Giovanna Luísa Gomes; RUAS, Simone Rodrigues Campos. Elaboração de modelos físicos para resistência dos materiais: uma experiência didática. Revista de Ensino de Engenharia, v. 39, n. 2, p. 48–54, 2019.

ENSINGER. Cast acrylic (PMMA): technical data and material properties. [S. l.]: Ensinger, [s. d.].

GUTERRES, Albino Moura et al. Elaboração de recursos didáticos para o aprendizado de conceitos teóricos da disciplina de Resistência dos Materiais. Contribuciones a las Ciencias Sociales, v. 17, n. 5, e6884, 2024.

HIBBELER, R. C. Resistência dos materiais. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2018.

ISSN 2317-1316

LINHARES, Elton Brasil; STOPPA, Gabriel Percival; STOPPA, Marcelo Henrique. Análise numérica como estratégia didática para o ensino-aprendizagem de resistência dos materiais. Brazilian Journal of Production Engineering, v. 11, n. 4, 2025.

OLIVEIRA, Gilberto da Luz et al. Construction of low-cost benches to assist in teaching machine elements and small engine testing. International Journal for Innovation Education and Research, v. 10, n. 12, p. 1–22, 2022.

SCIAMMARELLA, Cesar A.; SCIAMMARELLA, Federico M. Strain gages instrumentation – the Wheatstone bridge. In: Experimental Mechanics of Solids. Wiley, 2012.

BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON JR., E. Russell; DEWOLF, John T.; MAZUREK, David F. Mechanics of Materials. 8. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.

BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. Shigley's Mechanical Engineering Design. 11. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2021.

GERE, James M.; GOODNO, Barry J. Mechanics of Materials. 9. ed. Boston: Cengage Learning, 2021.

MARCHI, Sandro Alencar. Instrumentação de uma bancada didática de fadiga. 2016. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade Horizontina, Horizontina, 2016.

ARAUJO, Ingrid Isabele Hipólito. Projeto mecânico de uma bancada didática para estudo de fadiga por flexão rotativa. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA (CONEM), 2024. Anais [...]. 2024.

PASCO SCIENTIFIC. Comprehensive Materials Testing System – Lab Experiments. Roseville, CA: PASCO Scientific, [s. d.]. Disponível em: <https://www.pasco.com>. Acesso em: 15 out. 2026.

PASCO SCIENTIFIC. Strength of Materials – Lab Experiments. Roseville, CA: PASCO Scientific, [s. d.]. Disponível em: <https://www.pasco.com>. Acesso em: 15 out. 2026.