

PMT 3110 - ATIVIDADE PRÁTICA: ENSAIOS MECÂNICOS
--

1. PREÂMBULO

A atividade prática é dividida em duas partes: a primeira, presencial, corresponde à observação de ensaios de tração em corpos de prova metálicos e poliméricos, e de flexão de três pontos em corpos de prova cerâmicos; a segunda, a ser executada em grupo, envolve a elaboração de um relatório sobre os referidos ensaios, baseado em dados semelhantes aos obtidos na parte presencial, fornecidos na forma de planilhas de dados, disponíveis na página da disciplina no Moodle-USP. O presente enunciado se refere à mínima análise de dados que deverá ser apresentada no relatório. Para o formato do relatório considere o documento, também disponível no Moodle, por meio do link “Modelo de Relatório”.

2. COMPORTAMENTO MECÂNICO DE AMOSTRAS DE ALUMÍNIO – ENSAIO DE TRAÇÃO

Os corpos de prova utilizados para a obtenção dos dados, disponibilizados no Moodle em planilhas Excel, foram usinados a partir de uma barra extrusada, cujas dimensões estão descritas na Tabela I e esquematizada na Figura 1. Os ensaios de tração foram executados com velocidades de afastamento das garras de 5 mm/min.

Tabela I - Características geométricas dos corpos de prova de alumínio utilizados nos ensaios de tração.

	Diâmetro (mm)	L_0 (mm)
Amostra 1	8,99	50
Amostra 2	8,52	50
Amostra 3	8,74	50
Amostra 4	9,00	50
Amostra 5	8,97	50
Amostra 6	9,00	50

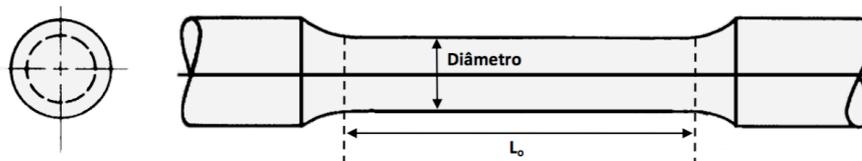


Figura 1 – Representação esquemática dos corpos de prova de alumínio empregados nos ensaios de tração (com seção transversal circular).

As planilhas com os dados de carga (F , em N) versus deslocamento (ΔL , em mm) obtidos para as amostras de alumínio podem ser acessadas no Moodle por meio do link “Dados Experimentais: Planilha de Metais (2017)”. Utilize o conjunto de dados correspondente à amostra que foi atribuída ao seu grupo (veja seção 5 deste documento) para escrever o item do relatório referente ao ensaio de tração de alumínio. Este item deverá conter:

- 1) A identificação do ensaio, contendo as condições em que ele foi realizado (número da amostra, material ensaiado, taxa de deformação).
- 2) As curvas de tensão de engenharia (σ_E em MPa) versus deformação de engenharia (ϵ_E em mm/mm) e tensão real (σ_R em MPa) x deformação real (ϵ_R em mm/mm), calculadas a partir dos dados experimentais. Não há necessidade de apresentar as duas curvas no mesmo gráfico, elas podem ser apresentadas separadamente.
- 3) Os valores dos seguintes parâmetros, obtidos a partir da curva tensão de engenharia versus deformação de engenharia, bem como a indicação do método de determinação de cada parâmetro, que deverá estar devidamente indicado no gráfico tensão versus deformação:
 - a) módulo de elasticidade em Pa (também chamado na literatura de módulo de Young e de módulo de rigidez);
 - b) limite de escoamento em Pa;
 - c) limite de resistência a tração em Pa;
 - d) alongamento uniforme e alongamento de fratura em mm/mm.

3. COMPORTAMENTO MECÂNICO DE AMOSTRAS POLIMÉRICAS – ENSAIO DE TRAÇÃO

Os corpos de prova foram preparados a partir de dois tipos de polímeros: o poliestireno (PS) e o polipropileno (PP), os quais foram injetados de acordo com a norma ASTM D638-08, disponível no Moodle (link: “Norma ASTM 638”) e também no banco de dados da Biblioteca. Os ensaios foram realizados com velocidade de afastamento das garras de 10 mm/min e os dados obtidos podem ser acessados no Moodle por meio do link “Dados Experimentais: Planilha de Polímeros (2017)”. As dimensões dos corpos de prova estão descritas na Tabela II e esquematizadas na Figura 2.

Tabela II – Características dos corpos de prova de PS e de PP.

Amostra	Poliestireno			Polipropileno		
	L_0 , mm	Largura (W), mm	Espessura (T), mm	L_0 , mm	Largura (W), mm	Espessura (T), mm
1	50	13,30	3,30	50	13,27	3,25
2	50	13,29	3,31	50	13,29	3,26
3	50	13,30	3,30	50	13,27	3,26
4	50	13,31	3,31	50	13,28	3,25
5	50	13,30	3,31	50	13,29	3,27
6	50	13,31	3,30	50	13,28	3,26

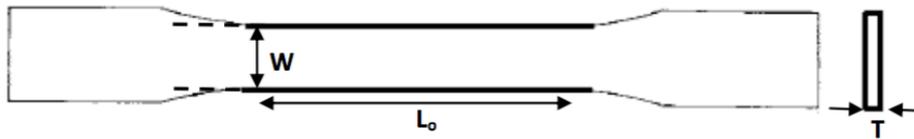


Figura 2 – Representação esquemática dos corpos de prova de polipropileno e poliestireno empregados nos ensaios de tração.

Utilizando os conjuntos de dados atribuídos ao seu grupo (veja seção 5 deste documento), elabore o item do relatório referente ao ensaio de tração de polímeros, que deverá conter:

- 1) A identificação do ensaio, contendo as condições em que ele foi realizado (número da amostra, material ensaiado, taxa de deformação).
- 2) As curvas de tensão de engenharia (σ_E em MPa) versus deformação de engenharia (ϵ_E em mm/mm) do PP e do PS, calculadas a partir dos dados experimentais.

- 3) Os valores dos seguintes parâmetros, obtidos a partir das curvas tensão de engenharia versus deformação de engenharia, bem como a indicação do método de determinação de cada parâmetro, que deverão estar devidamente indicados nos gráficos tensão versus deformação:
 - a) módulo de elasticidade em Pa (também chamado na literatura de módulo de Young e de módulo de rigidez);
 - b) limite de escoamento em Pa;
 - c) tensão na ruptura e alongamento total, em Pa e mm/mm, respectivamente.

- 4) Uma pequena descrição do que ocorre com os dois tipos de polímeros, PP e PS, durante cada estágio da curva tensão versus deformação. Compare o comportamento mecânico dos dois tipos de polímeros.

4. COMPORTAMENTO MECÂNICO DE AMOSTRAS CERÂMICAS – ENSAIO DE FLEXÃO

Foram estudados dois tipos de materiais cerâmicos, um piso cerâmico tipo antiácido, usualmente empregado em instalações de indústrias químicas e de alimentos, veja Figura 3. Este piso foi adquirido da empresa Gail, localizada no estado de São Paulo. O segundo material é um revestimento de cerâmica vermelha, empregado em aplicações usuais da construção civil (litocerâmica), veja Figura 4.



Figura 3 – Piso antiácido industrial (Gail).



Figura 4 – Litocerâmica aplicada em revestimentos (construção civil).

Sugestão: antes de elaborar o item referente ao comportamento mecânico dos materiais cerâmicos estude o texto sobre Distribuição de Weibull, disponível no Moodle por meio do link “Texto: Distribuição de Weibull...”.

Os dados experimentais relativos aos ensaios de flexão, necessários para a realização deste item do relatório podem ser acessados no Moodle por meio do link “Dados Experimentais: Planilha de Cerâmicas (2017)”. Considerando esses dados, pede-se, para os dois materiais cerâmicos analisados:

- 1) Apresentar tabelas com os valores de resistência à flexão para cada um dos corpos de prova das duas séries, indicando qual a fórmula empregada para o cálculo. As resistências à flexão deverão ser apresentadas em MPa.
- 2) Analisar os dados de ambas as séries utilizando a ferramenta estatística de Weibull, apresentando:
 - a) O cálculo da resistência à flexão de cada amostra; ordenar as amostras em função de valores crescentes de resistência à flexão e calcular a probabilidade de falha $F(V) = (\text{número ordinal da amostra}) / (\text{número de amostras} + 1)$

b) O cálculo de $\ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(V)} \right) \right]$

- c) Fazer os gráficos (monoln) de probabilidade acumulativa de falha em função do ln da resistência à flexão para as duas séries de corpos de prova,

$$\ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(V)} \right) \right] \times \ln \sigma$$

- d) O valor do módulo de Weibull (m) para as duas séries de corpos de prova de acordo com o gráfico no item c e pelo ajuste linear segundo a equação:

$$\ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(V)} \right) \right] = m(\ln \sigma - \ln \sigma_0)$$

- e) O valor da tensão característica σ_0 para cada uma das séries de amostras. Note que a tensão σ_0 é aquela correspondente à tensão para a qual

$$\ln \left[\ln \left(\frac{1}{1-F(V)} \right) \right] = 0$$

- 3) Comentar os resultados encontrados após a análise dos dados com o emprego da estatística de Weibull, indicando qual dos dois materiais (cerâmico tipo antiácido ou litocerâmica) apresenta menor variabilidade nos resultados. O material que apresenta menor variabilidade de resultados de resistência à flexão foi aquele que também apresentou maior tensão característica? Comente a sua observação experimental.

5. GRUPOS

O(a) professor(a) de cada Turma definirá o número de alunos que formará cada grupo. A cada grupo será designado um número (que poderá variar de 1 a 12) que será utilizado para definir os conjuntos de dados (especificados nas planilhas Excel no Moodle) a serem analisados pelo grupo para a elaboração do relatório. As correlações entre os números dos grupos e os conjuntos de dados são apresentadas na Tabela III.

Tabela III – Dados a serem utilizados pelos grupos para elaboração do relatório.

GRUPOS	METAIS	POLÍMEROS	CERÂMICAS
1	Amostra 1	Amostra 1 (PP e PS)	As duas séries
2	Amostra 2	Amostra 2 (PP e PS)	As duas séries
3	Amostra 3	Amostra 3 (PP e PS)	As duas séries
4	Amostra 4	Amostra 4 (PP e PS)	As duas séries
5	Amostra 5	Amostra 5 (PP e PS)	As duas séries
6	Amostra 6	Amostra 6 (PP e PS)	As duas séries
7	Amostra 1	Amostra 1 (PP e PS)	As duas séries
8	Amostra 2	Amostra 2 (PP e PS)	As duas séries
9	Amostra 3	Amostra 3 (PP e PS)	As duas séries
10	Amostra 4	Amostra 4 (PP e PS)	As duas séries
11	Amostra 5	Amostra 5 (PP e PS)	As duas séries
12	Amostra 6	Amostra 6 (PP e PS)	As duas séries