

ENSAIOS DE APLICAÇÃO

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

1. OBJETIVO

Determinar as propriedades de tração de plásticos reforçados e não reforçados, em forma de corpos de prova normalizados e ensaiados, sob condições definidas de pré-tratamento, temperatura, umidade e velocidade da máquina de ensaio.

2. CUIDADOS NO MANUSEIO

Utilizar óculos de proteção, máscara de pó, protetor auricular e exaustão artificial na preparação dos corpos de prova.

3. APARELHOS NECESSÁRIOS

Placas de vidro

Estufa à $60 \pm 2^\circ\text{C}$ (indicada no termômetro)

Lixas circulares 100 ou 80

Paquímetro com subdivisão de 0,02 mm

Aparelho Tensilkut

Aparelho de estampagem Kratos

Chaves Hallem

Chaves de boca

Serra de fita

Máquina universal de testes Kratos

Registrador gráfico

Termômetro de 0 a 150°C com subdivisão de $1/2^\circ\text{C}$

Régua de 30 cm com subdivisões de $1/10$ cm

Indicador de temperatura e umidade de -10 a 50°C com subdivisão de 1°C e de 5 a 100% com subdivisão de 2% respectivamente.

4. REAGENTES

De acordo com as formulações a testar.

5. PROCEDIMENTO

5.1. Corpos de prova

As placas entre vidros ou laminados deverão ser preparadas de acordo com instruções do **Anexo 1 (*abaixo)**. Essas placas deverão ser curadas na estufa à **$60 \pm 2^\circ\text{C}$ (indicado no termômetro)** por 48 horas.

5.1.1. Materiais rígidos com ou sem reforço

Demarcar os corpos de prova, **com régua**, nas dimensões **aproximadas de**: largura = 20 mm, comprimento = 200 mm. Cortar na serra de fita e lixar as bordas laterais com lixa circular 80 ou 100 até uma largura que a placa se ajuste sem folga na guia do aparelho Tensilkut, própria para corpos de prova do tipo M-I segundo ASTM D-638.

Colocar a placa dentro da guia centralizando-a, utilizando-se da ponta livre. Apertar todos os parafusos utilizando as chaves **Hallem** apropriadas. Fresar o corpo de prova no aparelho Tensilkut até largura próxima da especificação. Retirá-lo da guia e dar um leve acabamento nas bordas, de modo a retirar possíveis marcas transversais. Cortar o corpo de prova nas dimensões finais de comprimento (165 mm), **medidas com paquímetro**.

5.1.2. Materiais flexíveis

Colocar a placa sobre a mesa do aparelho de estampagem Kratos e abaixar a alavanca do aparelho exercendo forte pressão sobre a placa. Levantar a alavanca e retirar o corpo de prova, dando-lhe um leve acabamento no sentido longitudinal.

Obs: Em ambos os casos, os corpos de prova deverão passar por um período de estabilização à **23 ± 1°C** e 50 ± 5% de umidade relativa (**lidos no indicador de temperatura e umidade**) por 48 horas antes do ensaio.

5.2. Tomada de dimensões

Após o período de estabilização, com o auxílio de um paquímetro # #, tomar as medidas de largura e espessura em pelo menos 3 pontos da seção reduzida do corpo de prova e adotar os valores médios.

5.3. Preparo da máquina de ensaio:

A máquina deverá ser ligada **aproximadamente** 10 minutos antes de sua utilização. Conectar o registrador gráfico à máquina e instalar as garras de tração (universal para materiais rígidos e rolo excêntrico para materiais flexíveis). Prender o corpo de prova, centralizado e alinhado entre as garras. Acertar a distância entre as garras, conforme figura 1. Regular os componentes da máquina de forma que os registradores indiquem zero em seus mostradores. Escolher o fundo de escala apropriado (de acordo com o material) e, consultando a tabela de fundos de escala, regular a máquina e o registrador. Ajustar a velocidade da travessa de acordo com o material e com a Tabela 01, abaixo:

Tabela 01: Determinação da velocidade do teste^A

CLASSIFICAÇÃO ^B	TIPO DE CORPO DE PROVA	VELOCIDADE DO TESTE
	M - I	5 ± 25%
		50 ± 10%
		500 ± 10%
	M - II	5 ± 25%
Rígido e semi-rígido		50 ± 10%
		500 ± 10%
	M - III	1 ± 25%
		10 ± 25%
		100 ± 25%
Flexível	M - II	50 ± 10%
		500 ± 10%

onde:

A = Selcionar a velocidade mais lenta para ocorrer a ruptura entre 0,5 e 5 min.

B = Ver terminologia na norma D-883 para definições.

5.4. Execução:

Ligar simultaneamente o botão de acionamento da máquina e o botão do registrador gráfico. Quando se der a ruptura do corpo de prova, desligar, simultaneamente e imediatamente, os dois botões do processo, sempre retornando à posição inicial.

6. CÁLCULOS

6.1. Resistência máxima à tração:

É a tensão de tração máxima suportada pelo corpo durante o ensaio de tração.

	P _m
RMT =	-----
	A

A =	b x d
-----	-------

onde:

RMT = Resistência máxima a tração (MPa)

P_m = Carga máxima (kgf)

A = Área transversal inicial da seção reduzida do corpo de prova (mm²) **medida com paquímetro.**

b = Largura média da seção reduzida do corpo de prova (mm) **medida com paquímetro**

d = Espessura média da seção reduzida do corpo de prova (mm) , **medida com paquímetro**

6.2. Módulo de elasticidade em tração:

É a razão entre tensão e a correspondente deformação, abaixo do limite de proporcionalidade do material.

	m x Lo
E =	-----
	A

onde:

E = Módulo de elasticidade em tração (MPa)

m = Relação P/e tomada no regime elástico (P proporcional a e) da curva carga x alongação (Kgf/mm)

Lo = Comprimento inicial do corpo de prova. Corresponde à distância inicial entre as garras da máquina após o corpo de prova ser preso (mm) **medida com paquímetro**

A = Área transversal inicial da seção reduzida do corpo de prova (mm²) **medida com paquímetro**

P = Carga (kgf)

e = Elongação (mm)

6.3. Elongação percentual:

É a elongação máxima do corpo de prova expressa como percentual do comprimento inicial.

	em x 100
% E =	-----
	Lo

onde:

% E = Elongação percentual

em = Elongação máxima (mm)

Lo = Comprimento inicial do corpo de prova. Corresponde à distância inicial entre as garras da máquina após o corpo de prova ser preso (mm) **medida com paquímetro**

OBS.: Os resultados dos cálculos são valores nominais

7. PRECISÃO DO MÉTODO (Repetitividade e Reprodutividade)

A determinar estatisticamente.

8. COMENTÁRIOS

Este método ASTM e a ISO 527-1966 são equivalentes tecnicamente. De comum acordo pode-se alterar condições de pós-curas.

Dimensões dos corpos de prova por espessura, T, mm^A

Dimensões (veja desenhos)	10 ou menor	4 ou menor		Tolerância
	M-I	M-II	M-III	
W- largura da seção reduzida B,C	10	6	2,5	± 0,5 ^D
L- comprimento da seção reduzida	60	33	10	± 0,5
Wo- largura total, mínima E,F	20	25	10	± 0,5
Lo comprimento total mínimo E,G	150	115	60	Sem limite máximo
G- comprimento padrão H	50	--	7,5	± 0,25
G - comprimento padrão H	--	25	--	± 0,5
D- distância entre garras	115	80	25	± 5
R- raio da curvatura	60	14	15	± 1
Ro- raio externo (tipo II)	--	25	--	± 1

A) A espessura, T, deve ser $4 \pm 0,2$ mm para todos os tipos de corpos de prova moldados onde possível. Se os corpos de prova são retirados de laminados ou placas, a espessura, T, pode ser a mesma proveniente deste não excedendo dimensão dita para o tipo de corpo de prova pretendido. Para laminados de espessura maior do que 10 mm, os corpos de prova devem ser fresados ou lixados até $10 \pm 0,2$ mm de espessura, para usar o tipo M-I. Igualmente aos corpos que tenham espessura entre 10 e 50 mm (nas 2 superfícies) e acima desta faixa. Além disso deve ser anotado qual a espessura original. Tolerâncias e espessuras menores que 10 mm deverão ter métodos para qualidade do material testado.

B) A largura para o centro W_c deve ser +0,00 mm e -0,10 mm, comparando com a largura W para outras partes da seção. Qualquer redução em W para o centro deve ser gradual, iguais em cada lado para que não sofra modificações nos resultados.

C) Para corpos de prova moldados, uma redução percentual não mais que 0,15 mm pode ser realizado para tipo M-I 4 mm na espessura, e isto poderia ser relatado quando calculado a espessura do corpo de prova.

Abaixo corpo de prova moldado em Tipo M-I, tendo os percentuais máximos, como segue:

D) O corpo de prova tipo M-II é indicado para plásticos não rígidos, mas pode ser usado para tipos rígidos, quando desejado.

E) Um corpo de prova, tipo M-I tendo uma largura de fora a fora de 20 mm e um comprimento de fora a fora de 215 mm é indicada e deve ser usado sempre que possível.

F) Melhores larguras do que o mínimo indicado podem ser aceitas para alguns materiais, a fim de quebrarem nas máquinas.

G) Melhores comprimentos do que o mínimo indicado pode ser também aceito para evitar quebra nas garras ou para satisfazer algum requisito especial.

H) O teste indica medida inicial do extensômetro.

9. REFERÊNCIAS

ASTM D-638M-93.

ANEXO 1: PREPARAÇÃO DE PLACAS ENTRE VIDROS

1.OBJETIVO

Preparar placas entre vidros com espessura definida visando confecção de corpos de prova.

2. CUIDADOS NO MANUSEIO

Utilizar luvas na lavagem de vidrarias; óculos de proteção durante todo o período de confecção das placas e pipetador automático.

3. REAGENTES

De acordo com a formulação a testar
Cera desmoldante

4. PROCEDIMENTO

- Após limpar as placas de vidro, aplicar uma fina camada de cera desmoldante sobre uma das faces de cada placa (usam-se duas placas para cada formulação) e, em seguida, polir com pano seco.

Material sem reforços (carregado ou não):

- Colocar entre as duas placas (com as faces contendo desmoldante uma frente a outra) um contorno de teflon ou PVC, fixadas com selante de silicone. A espessura da placa será determinada pela espessura deste contorno.
- Vedar as placas com fita adesiva larga e prender o sistema com no mínimo, 4 presilhas de metal constituindo assim um molde, o qual deverá ficar na posição vertical, com a abertura para cima.
- Confeccionar um funil de papel celofane para cada molde.
- Pesar a resina semi-analiticamente, em um pote de estabilidade e com o auxílio de uma pipeta, catalisar a resina conforme formulação e homogeneizar por 1 min (lido no cronômetro).
- Despejar a mistura cuidadosamente no molde e, em seguida, submeter o conjunto a um vibrador para retirada das bolhas. Deixar a resina em repouso à temperatura de 25°C durante 12- 24horas
- Para efetuar a pós cura proceder como segue:
 - Resina poliéster (exceto éster vinílico): estufa à 100°C por 2 horas
 - Resina éster vinílico: estufa à 150°C por 2 horas

Material reforçado com fibras de vidro:

- Colocar numa das placas (com as faces contendo desmoldante) um contorno de teflon ou PVC, fixadas com selante de silicone. A espessura da placa será determinada pela espessura deste contorno.
- Laminar os reforços com a resina indicada. Roletar para eliminar as bolhas de ar.
- Preencher com resina toda a superfície até atingindo a espessura do contorno.
- Com o laminado ainda úmido, colocar sobre esta laminação a outra placa(*) (com as faces contendo desmoldante) pressionando para retirar o excesso de resina e o ar da superfície. (*) Pode-se substituir esta placa de vidro por um filme transparente (myler).
- Precionar e fixar o sistema com no mínimo 4 presilhas de metal constituindo assim um molde fechado.
- Deixar em repouso à temperatura de 25°C durante 12- 24horas
- Para efetuar a pós cura proceder como segue:
 - Resina poliéster (exceto éster vinílico): estufa à 100°C por 2 horas
 - Resina éster vinílico: estufa à 150°C por 2 horas

Informações orientativas com resultados sujeitos a variações dependendo da origem do produto e procedimento de aplicação. Não vincula nenhuma responsabilidade técnica a esta literatura.