

 Universidade de São Paulo – USP Escola de Engenharia de Lorena – EEL Departamento de Engenharia de Materiais – Demar		
Disciplina: LOM-3016 – Introdução a Ciência dos Materiais		Prof. Dr: Cassius O.F.T Ruchert
Aluno: GABARITO		Nº USP.:
Ano/Semestre: 2025/1	Turma:	Turno: Diurno
Data: 27_06_2025		

Duração de 1 hora e 45 minutos

1- (3,0) Os dados a seguir foram obtidos com uma série de ensaios de impacto Charpy em quatro tipos de aço, cada um deles com um teor de manganês distinto. Trace o gráfico utilizando papel milimetrado de energia absorvida-temperatura e determine:

(a) Qual seria o teor mínimo de manganês para que o aço pudesse ser empregado em uma peça usada a 6°C? Dica: Plotar Transição dúctil frágil em função do teor de Mn%

Tabela – Energia absorvida de um aço para diferentes teores de Mn.

Temperatura de teste (°C)	Energia Absorvida (J)			
	0,30%Mn	0,39%Mn	1,01%Mn	1,55%Mn
-100	2	5	5	15
-75	2	5	7	25
-50	2	12	20	45
-25	10	25	40	70
0	30	55	75	110
25	60	100	110	135
50	105	125	130	140
75	130	135	135	140
100	130	135	135	140

(E_{inferior})

(E_{superior})

(1,0) — Energias de Transição corretas

Fórmula

Para 0,3% Mn:

$$E_T = \left[\frac{130 + 2}{2} \right] + 2 = 68 \text{ J } (0,25)$$

Para 0,39% Mn:

$$E_T = \left[\frac{135 + 5}{2} \right] + 5 = 75 \text{ J } (0,25)$$

Para 1,01% Mn:

$$E_T = \left[\frac{135 + 5}{2} \right] + 5 = 75 \text{ J } (0,25)$$

Para 1,55% Mn:

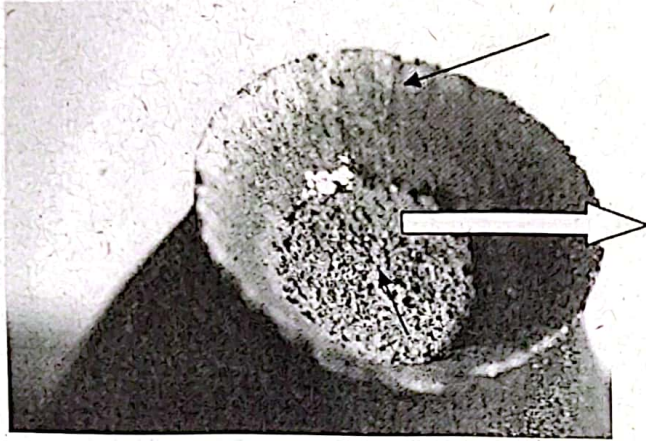
$$E_T = \left[\frac{140 + 15}{2} \right] + 15 = 92,5 \text{ J } (0,25)$$

Pelo gráfico 1: (1,0) — Temperaturas de Transição corretas

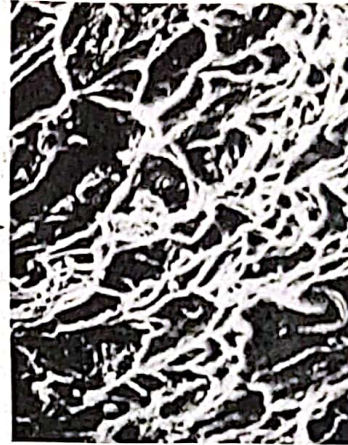
Teor Mn (%)	Temp. TRANS. (°C)	Código
0,3	≈ 27 (0,25)	T ₁
0,39	≈ 12 (0,25)	T ₂
1,01	≈ -5 (0,25)	T ₃
1,55	≈ -10 (0,25)	T ₄

Podem ser empregados
A 6°C

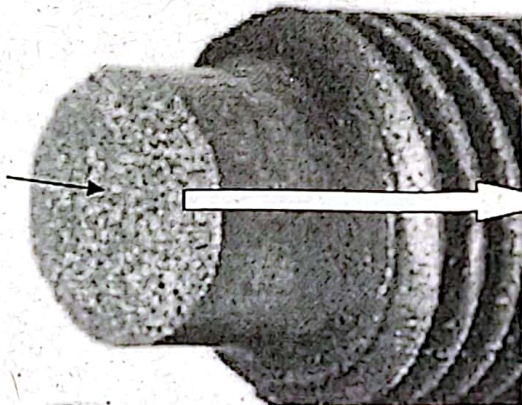
2- (2,0) Após um ensaio de tração realizado em corpos de prova com características dúcteis e frágeis, explique a partir das figuras abaixo quais morfológicas macroscópicas e microscópicas são comumente encontrados em materiais que exibem comportamento dúctil e frágil?



(a)



(b)



(c)



(d)

(1,0)

FRATURA DÚCTIL

MACROSCÓPICAMENTE:

(0,5) modelo Tafa-cone

(a) Deformação plástica LENTA
Superfície rugosa

MICROSCÓPICAMENTE:

(0,5) coalescência de micro-vazios

(b) (Dimples)

Propagação de Trincas Transgranular



(e)

(1,0)

FRATURA FRÁGIL

MACROSCÓPICAMENTE:

(0,5) superfície brilhante, lisa e plana
(c) Deformação plástica rápida
(CATÁSTRÓFICA)

MICROSCÓPICAMENTE:

(d) Clivagem (separação de
planos / rompimento de ligações

(0,5) (c) Propagação Trans e intergranular

Digitalizado com CamScanner

b) $\sigma_{LRT} = \frac{230\,000\text{ N}}{490,9\text{ mm}^2} = \boxed{468,5\text{ MPa}} \quad (0,5)$ *Tenacidade*
 $U_t = \frac{(\sigma_{esc} + \sigma_{LRT}) \cdot \epsilon_{fRT}}{2} = \frac{(468,5 + 325,9) \cdot 0,068}{2} = \boxed{27\text{ MPa}} \quad (0,5)$

$\epsilon_{fRT} = 3,4/50 = \boxed{0,068} \quad (APM)$

2) (5,0) Uma liga metálica foi ensaiado em tração, tendo-se obtido o registro gráfico representado na figura abaixo. Sabendo que $L_0=50\text{ mm}$, $D_0=25\text{ mm}$ e $D_f=24,25\text{ mm}$, calcule no SI. Utilize o próprio gráfico abaixo e converta apenas os valores dos eixos.

$A_0 = \pi \cdot r^2$
 $A_0 = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$
 $A_0 = \pi \cdot \frac{(25)^2}{4}$
 $A_0 = 490,9\text{ mm}^2 \quad (0,5)$
 $\sigma_{esc} = \frac{160\,000\text{ N}}{490,9\text{ mm}^2}$
 $\sigma_{esc} = 325,9\text{ MPa} \quad (0,5)$

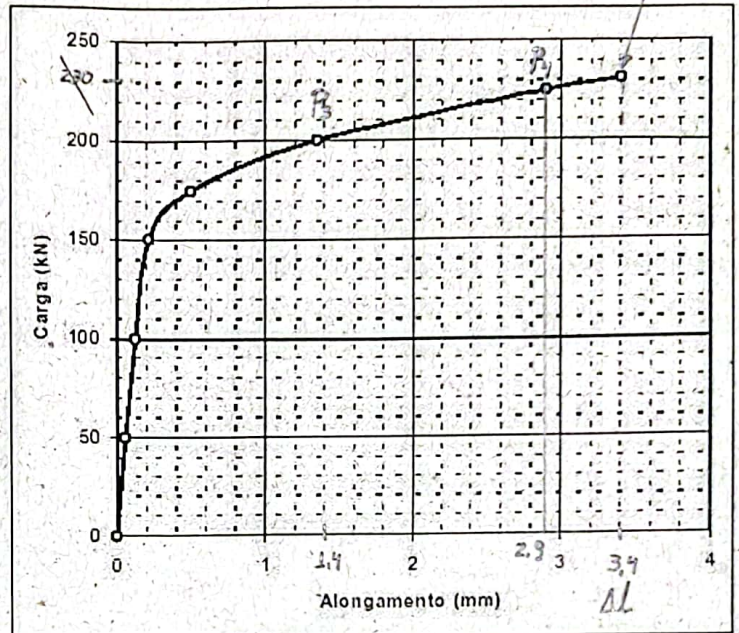
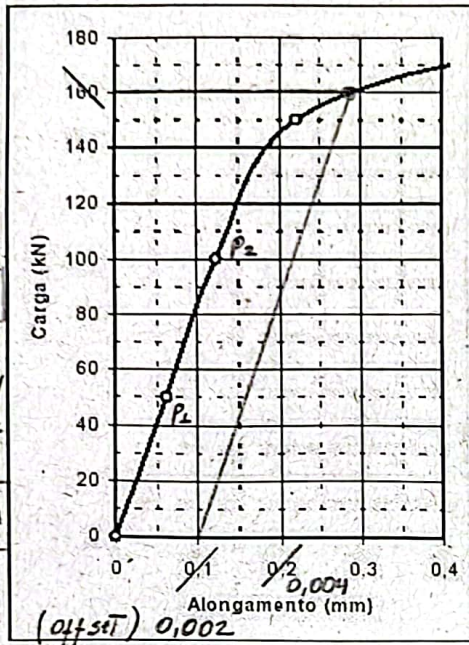


Figura 1: À esquerda a ampliação da zona elástica do gráfico completo da direita

a) Os parâmetros que caracterizam a ductilidade do material (calcular os dois parâmetros principais). Este material apresenta comportamento frágil, dúctil ou misto? (1,0)

b) Os módulos de resiliência e o de tenacidade; (3,0) (K) (N)

c) O expoente de encruamento e o coeficiente de resistência. (1,0)

a) $\% RA = \left[\frac{D_0^2 - D_f^2}{D_0^2} \right] \cdot 100$
 $\% RA = \left[\frac{(25\text{ mm})^2 - (24,25\text{ mm})^2}{(25\text{ mm})^2} \right] \cdot 100$
 $\% RA = \left[\frac{625\text{ mm}^2 - 588,06\text{ mm}^2}{625\text{ mm}^2} \right] \cdot 100$
 $\% RA = \left[\frac{36,94\text{ mm}^2}{625\text{ mm}^2} \right] \cdot 100$
 $\% RA = \boxed{5,91\%} \quad (0,5)$

$\% AL = \left[\frac{L_f - L_i}{L_i} \right] \cdot 100$
 $L_f = L_i + \Delta L_{TOTAL}$
 $L_f = (50 + 3,4)\text{ mm}$
 $L_f = 53,4\text{ mm}$
 $\% AL = \left[\frac{53,4 - 50}{50} \right] \cdot 100$
 $\% AL = \boxed{6,8\%} \quad (0,2)$

Logo, como o $\% RA$ e o $\% AL$ são superiores

A 5% e inferiores a 10%, o comporta-

mento da liga metálica é **MISTO**. (0,3)

b) Resiliência

$U_R = \frac{\sigma_{esc}^2}{2E}$, $E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon}$

$P_1 = (0,05/50 = 0,001, 50\text{ K}/490,9 = 101,8)$
 $P_2 = (0,125/50 = 0,0025, 100\text{ K}/490,9 = 203,7)$

$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} = \frac{(203,7 - 101,85)\text{ MPa}}{(0,0025 - 0,0010)}$

$E = \boxed{67\,900\text{ MPa}} \quad (0,5)$

$U_R = \frac{(325,9)^2}{2 \cdot 67\,900} = \boxed{0,78\text{ MPa}} \quad (0,5)$

Exercício 3 - c) $\sigma_e = K \cdot \epsilon_e^m$

(0) $\ln(\sigma_e) = \ln(K \cdot \epsilon_e^m)$

linearização $\ln(\sigma_e) = \ln K + m \cdot \ln(\epsilon_e)$

Fórmulas:

$\%RA = \frac{D_0^2 - D^2}{D_0^2} \cdot 100$

escolher
Pontos
(1)

$\epsilon_v = \ln(1 + \epsilon)$

$\sigma_v = \sigma_{eng}(1 + \epsilon)$

$\% \Delta L = \frac{L_f - L_i}{L_i} \cdot 100$

converter p/
linearização
(3)

$\epsilon_v = \ln(1 + \epsilon)$

(eng)

Transformar
verdadeiro
(2)

$P_3 = (1,4/50 = 0,028, 200K/490,9 = 407,4)$

$P_4 = (2,9/50 = 0,058, 215K/490,9 = 437,9)$

(real)

$P_3 = (0,0276, 418,8)$

$P_4 = (0,0563, 463,3)$

$\sigma_t = K \epsilon_t^n$

$U_R = \frac{\sigma_e^2}{2E}$

$E = \Delta\sigma / \Delta\epsilon$

ind	$x = \ln(\epsilon_t)$	$y = \ln(\sigma_t)$
3	- 3,589	6,037
4	- 2,877	6,138

$U_t = (\sigma_{esc} + \sigma_{LRT})/2 \cdot \epsilon_{fratura}$ em N.m/m³

Mat. Ducteis

$U_t = (2/3) \cdot \sigma_{LRT} \cdot \epsilon_{fratura}$ em N.m/m³

Mat. Frágeis

resolver
sistema
(5)

1 MPa = 1 N/mm²

em (I)

substituindo em (I),

1 Pa = 1 N/m²

$b = 6,037 + 3,589 a$

$6,138 = (6,037 + 3,589 a) - 2,877 a$

encontrar
parâmetro K

encontrar
variáveis

(6)

$b = 6,037 + 3,589 \cdot (0,142) = 6,546$

$0,101 = 0,712 a \therefore a = 0,142$

(7)

Obs1. Se o aluno porventura acreditar que está faltando algum dado necessário na execução do exercício favor supor que eu analisarei durante a correção.

como,

como,

Obs2. A prova pode ser realizada a lápis e com letra legível, sendo que a resposta final (quando for cálculo) grafada a caneta OBRIGATORIAMENTE.

a = m

$\ln K = b$

Obs3. Não pode desgrampear a prova.

$e^b = K$

Obs4. Não esqueça de nomear a prova, colocar o número USP e também nas folhas de execução.

$m = 0,142$
(ADM)

$K = e$

(6,546)

Obs5. Caso eu pegue algum aluno consultando a prova do colega (colando) não interferirei no momento, mas no final da prova, marcarei e o mesmo terá sua nota igual a zero quando divulgar os resultados.

(0,5)

$K = 696,4$

(ADM)

Obs6. Pode-se usar o verso da prova ou as figuras se houver necessidade de responder as questões.

Obs7. As respostas dos cálculos devem ser sempre justificadas com os cálculos pertinentes.

Obs8. As respostas finais devem estar contempladas com as unidades em SI.

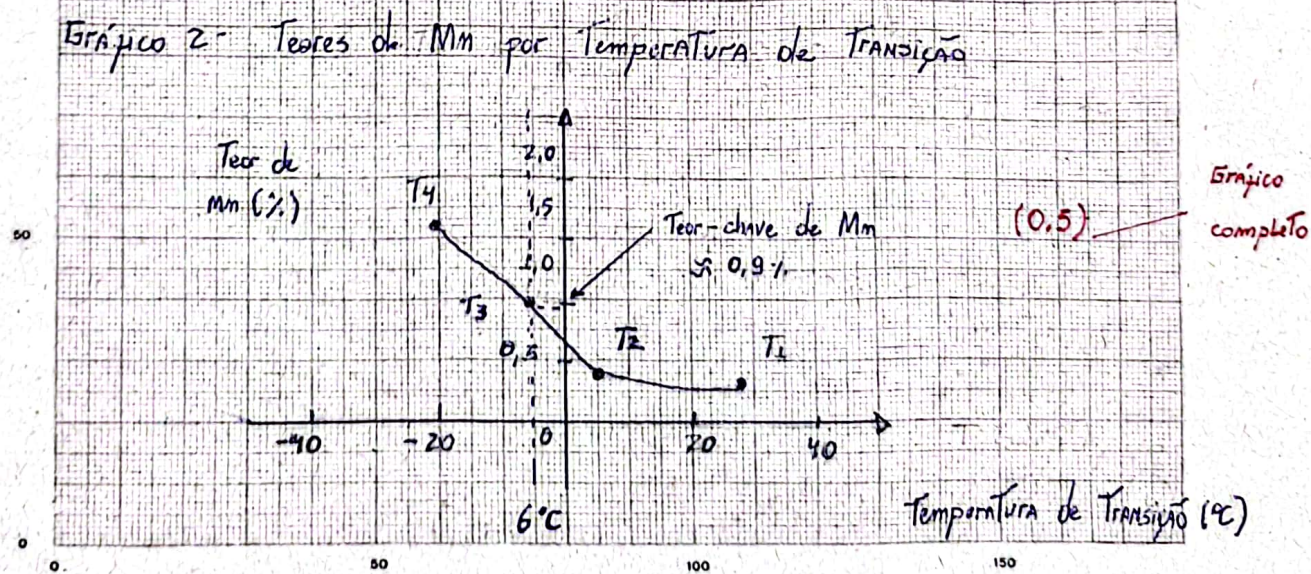
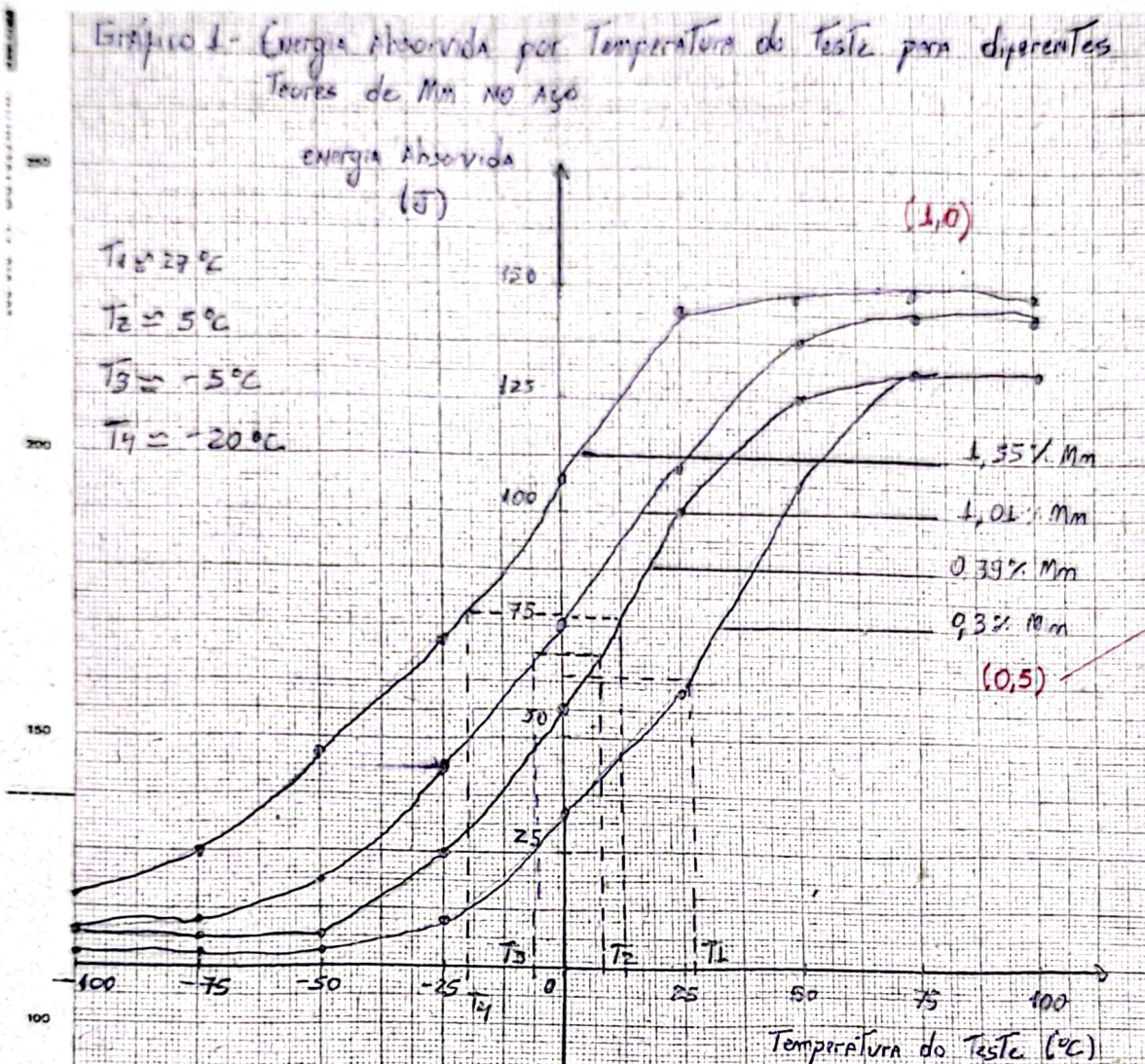
Obs9. Todo espaço em branco da prova pode ser utilizado para as respostas desde que devidamente identificadas.

Passos para resolução

BOA PROVA !!!!!!!

(0) → (7)

Exercício 1



1) conclusão: Aços com Teores de manganês superiores a $\approx 0,9\%$ podem ser empregados a 6°C .