



Disciplina: LOM-3016 – Introdução a Ciência dos Materiais

Prof. Dr: Cassius O.F.T Ruchert

Aluno:

Nº USP.:

Ano/Semestre: 2022/1

Turma:

Turno:

Data:

**REC – Duração de 2 horas**

1- (5,0) Os seguintes dados foram obtidos de um corpo de prova de 20 mm de diâmetro de ferro fundido nodular:

Carga (N)	Medida do comprimento (mm)	Obs:				
0	40,0000					
25.000,00	40,0185					
50.000,00	40,0370					
75.000,00	40,0555					
90.000,00	40,2000					
105.000,00	40,6000					
120.000,00	41,5600					
131.000,00	44,0000	Carga máxima				
125.000,00	47,5200	Fratura				

Após a fratura o comprimento era de 47,42 mm e o diâmetro de 18,35 mm. Utilizando o papel milimetrado em anexo ou planilha excel:

- (0,5) Colocar em um mesmo gráfico milimetrado a curva de engenharia e a verdadeira.
- (0,5) Calcular os dois parâmetros que definem a ductilidade do material. O material exibe comportamento dúctil ou frágil? Pq?.
- (2,0) Calcular a tenacidade a fratura e a resiliência do ensaio monotônico utilizando as formulas dadas e comparar com o cálculo da área.
- (2,0) Calcular o expoente n de encruamento e K de resistência.

$$d = 42,42 \text{ mm} \quad D = 20 \text{ mm}$$

$$A_0 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi \quad A_0 = 314,16$$

a) Feito no EXCEL em anexo

$$\%AL = 100 \cdot \frac{(L_f - L_0)}{L_0}$$

$$\%AL = 100 \cdot \frac{(42,42 - 40)}{40} = 18,55$$

$$\%RA = \frac{(D_0^2 - D_f^2) \cdot 100}{(D_0)^2}$$

$$\%RA = \frac{(20^2 - (18,35)^2) \cdot 100}{(20)^2} = \frac{400 - 336,7225}{400} \text{ atoa}$$

$$\%RA = 15,819\%$$

É dúctil pois estes parâmetros deram o valor de 10%, se fosse entre 5% e 10% seria misto e menor que 5% seria frágil.

b) TENACIDADE

$$\lambda_t = \frac{b_{esc} + b_{br}}{2} \cdot E_f$$

$$b_{esc} = \text{Após } 262,5$$

$$U_t = \frac{362,5 + 416,985}{2} \cdot 0,188$$

$$U_t = 73,2719 \text{ Aproximadamente}$$

continuação da ①

continuação da ③

$$U_r = \frac{\Delta \sigma_c}{\sigma_c} \quad U_r = \frac{(667,5)^2}{1 \cdot (171873,1965)} = \frac{131406,25}{393714}$$

$$E = \frac{\Delta \sigma_c}{\Delta \epsilon_c} \quad t = \left( \frac{79,57729 - 0}{0,000463 - 0} \right) = 171873,1965 \text{ Pa}$$

$$U_r = \text{Resiliência} = 0,3823 \frac{N_{mm}}{mm^3}$$

faltou comparar com o cálculo da área

2,0

$$\textcircled{D} \quad \sigma_R = K \epsilon_R^n \quad 416,985 = K \cdot 0,1^n$$

$$381,971 = K \cdot 0,039^n$$

$$\log 416,985 = \log K + n \log 0,1 \quad -2 + 1,4$$

$$- \log 381,971 = \log K + n \log 0,039$$

$$\log 416,985 - \log 381,971 = n \log 0,1 - n \log 0,039$$

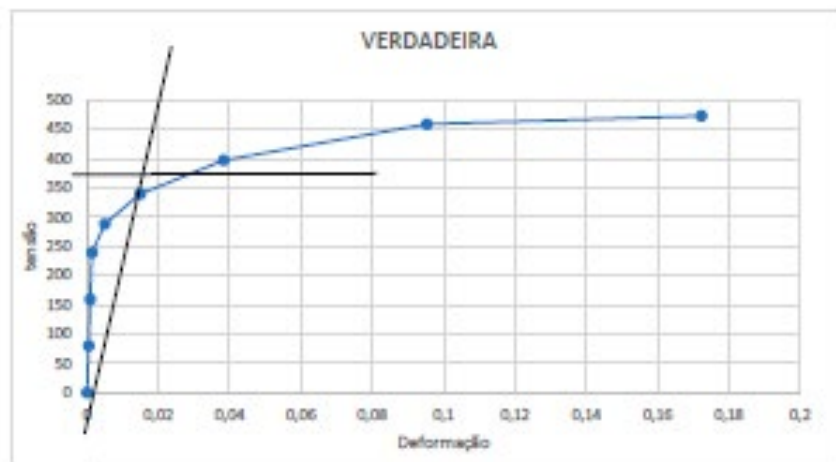
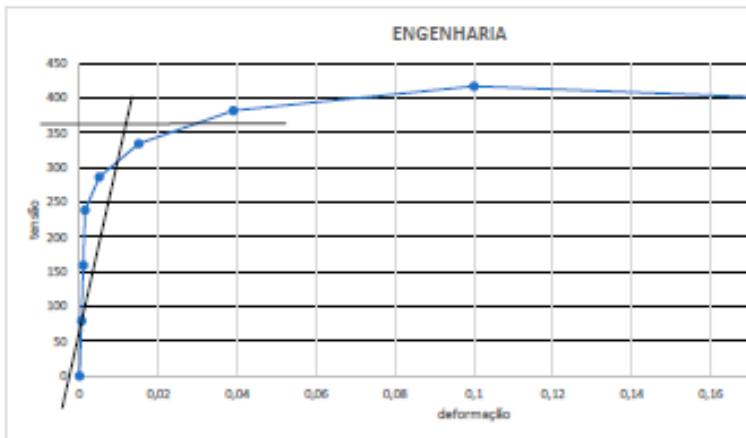
$$2,62 - 2,58 = n \cdot -0,59106$$

$$n = \frac{0,04}{0,59106} \approx 0,06767$$

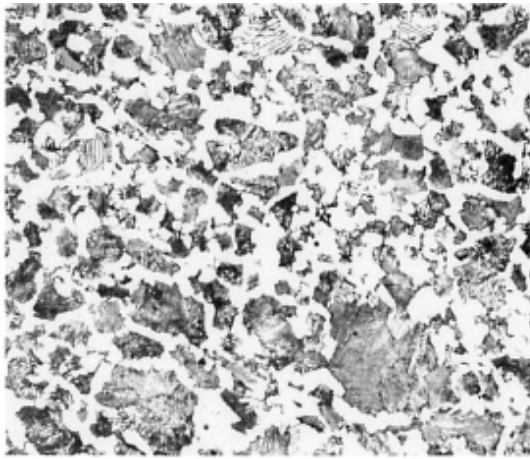
$$416,985 = K \cdot 0,1^{0,06767} \quad K = \frac{416,985}{1,16861}$$

$$K = 356,82 \text{ mPa}$$

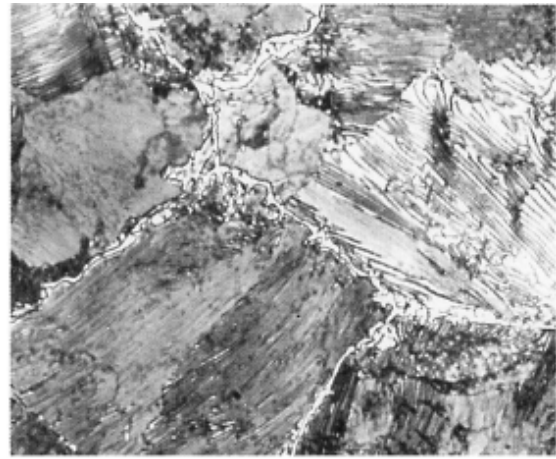
carga (n)	ENGENHARIA				VERDADEIRA			
	Comprime	DELTA L	deformaçã	tensão	1+ec	deformaçã	tensão	
0	40	0	0	0	1	0	0	
25000	40,0185	0,0185	0,000463	79,57729	1,000463	0,000462	79,61409	
50000	40,037	0,037	0,000925	159,1546	1,000925	0,000925	159,3018	
75000	40,0555	0,0555	0,001388	238,7319	1,001388	0,001387	239,0631	
90000	40,2	0,2	0,005	286,4782	1,005	0,004988	287,9106	
105000	40,6	0,6	0,015	334,2246	1,015	0,014889	339,238	
120000	41,56	1,56	0,039	381,971	1,039	0,038259	396,8678	
131000	44	4	0,1	416,985	1,1	0,09531	458,6835	
125000	47,52	7,52	0,188	397,8864	1,188	0,172271	472,6891	



2- (1,0) Baseado nas microestruturas e suas quantidades abaixo (a e b) identifique o tipo de aço (aprox.. 10XX) detalhes da microestrutura, suas fases e microconstituintes (utilize setas para mostrar na figura)



(a)



(b)

1,0

2) Em (a) é mostrado um aço hipoeutetóide com as fases primária  $\alpha$  (em branco) e perlita, não mostradas. Além disso, é dúctil. Os aços hipoeutetóides tem, normalmente  $\leq 0,76\% \text{ C}$ . Então seria um aço, aproximadamente 1045 ou 1055.

Em (b) é mostrado um aço hipereutetóide com as fases  $\text{Fe}_3\text{C}$  primária, circundado por perlita e é frágil. Os aços hipereutetóides costumam ter  $> 0,76\% \text{ Carbono}$ , então o aço é aproximadamente, 1080 ou 1090.

3- (2,0) Calcule os percentuais de ferrita e cementita primariamente constituídas (proeutetóide), perlita e ferrita e cementita secundária nos seguintes aços carbono. Supor os cálculos na temperatura ambiente e utilizar o gráfico do diagrama de fases do aço.

(a) (1,0) Aço SAE 1035

(b) (1,0) Aço SAE 1080

3) a) Aço SAE 1035 - 0,35% C

$$W_x = \frac{6,67 - 0,35}{6,67 - 0,008} = \frac{6,32}{6,662} = \boxed{94,87\%}$$

↑  
total

$$W_{Fe3C} = 0,0513 = \boxed{5,13\%}$$

$$W_x \text{ perlita} = \frac{0,77 - 0,35}{0,77 - 0,0218} = \boxed{56,13\%}$$

$$W_x \text{ eutetoide} = 94,87 - 56,13 = \boxed{38,74\%}$$

$$W_x \text{ perlita} = 5,13 + 38,74 = \boxed{43,87\%}$$

não possui cementita eutetoide

b) Aço SAE 1070 - 0,80% C

$$W_x \text{ total} = \frac{6,67 - 0,80}{6,67 - 0,008} = \frac{5,87}{6,662} = \boxed{88,11\%}$$

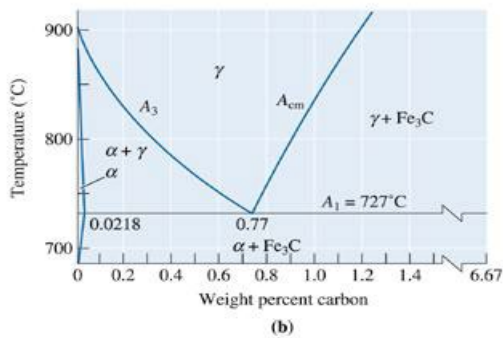
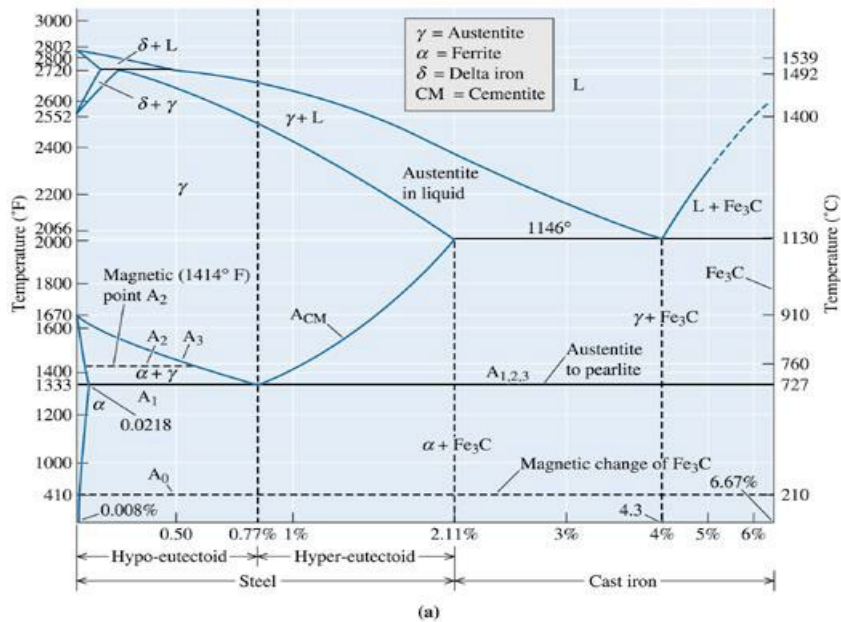
$$W_{Fe3C} \text{ total} = 100 - 88,11 = \boxed{11,88\%}$$

$$W_{Fe3C} \text{ primaria} = \frac{0,80 - 0,77}{6,67 - 0,77} = \frac{0,03}{5,9} = 0,00508$$

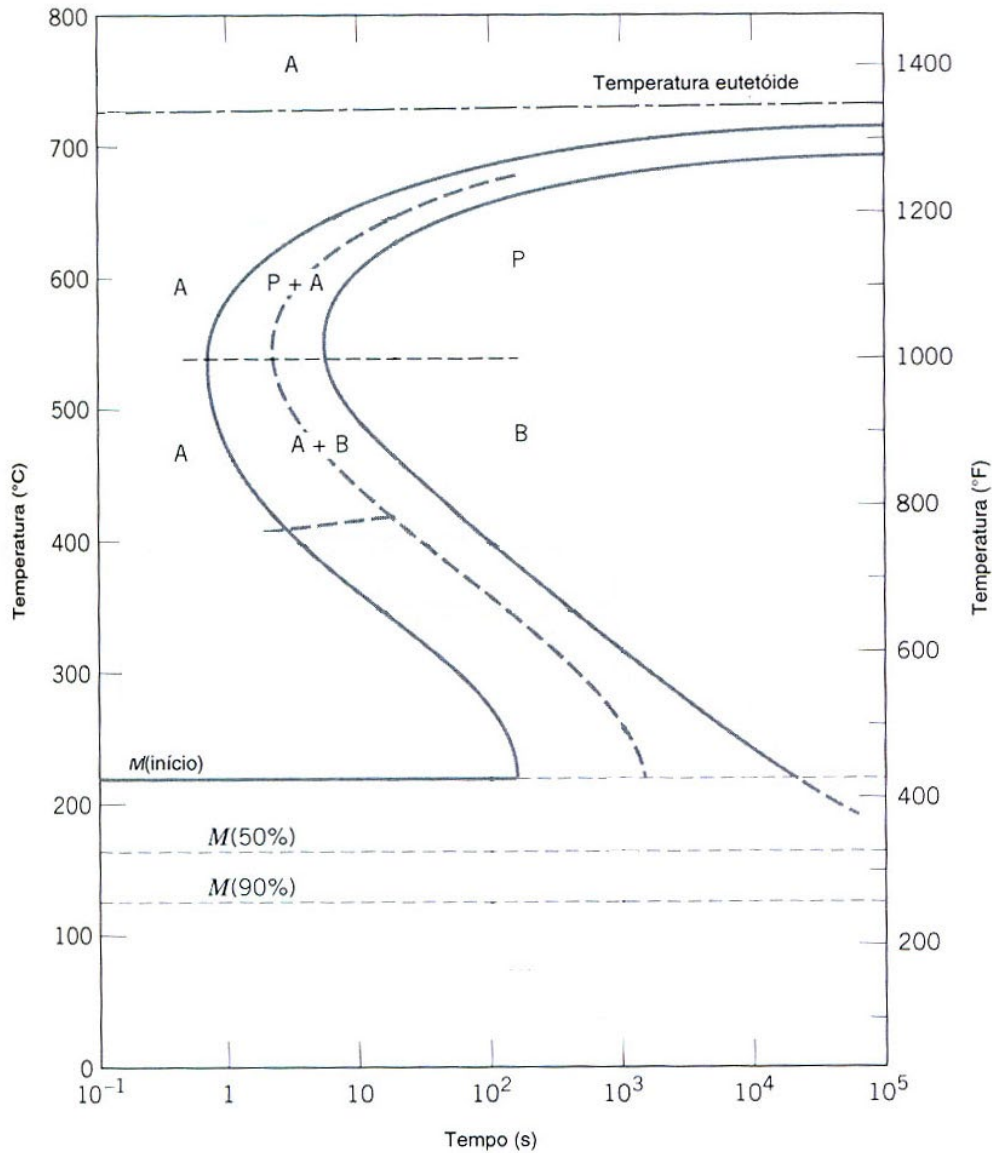
$$W_{Fe3C} \text{ ete} = 11,88 - 0,508 = \boxed{11,37\%}$$

$$W_x \text{ perlita} = 11,37 + 88,11 = \boxed{99,48\%}$$

$W_x \text{ ete} = 0\%$  material hipereutetoide



4. (1,0) Usando o diagrama de transformação isotérmica para uma liga ferro-carbono com composição eutetóide abaixo, especificar a natureza da microestrutura final (em termos dos microconstituintes presentes e das porcentagens aproximadas) de uma pequena amostra que foi submetida aos seguintes tratamentos tempo-temperatura. Admitir que a amostra se encontre inicialmente a 720 °C e que foi mantida nesta temperatura tempo suficiente para sua austenitização completa.



- (a) (0,25) Resfriamento rápido até 350 °C, manutenção nessa temperatura durante  $10^4$  s, e a seguir resfriamento rápido até a temperatura ambiente;
- (b) (0,25) Resfriamento rápido até 250 °C, manutenção nessa temperatura durante 100 s, e a seguir resfriamento rápido até a temperatura ambiente;
- (c) (0,5) Resfriamento rápido até 650 °C, manutenção nessa temperatura durante 20 s, resfriamento rápido até 400 °C, manutenção nesta temperatura durante  $10^3$  s, e a seguir resfriamento rápido até a temperatura ambiente.

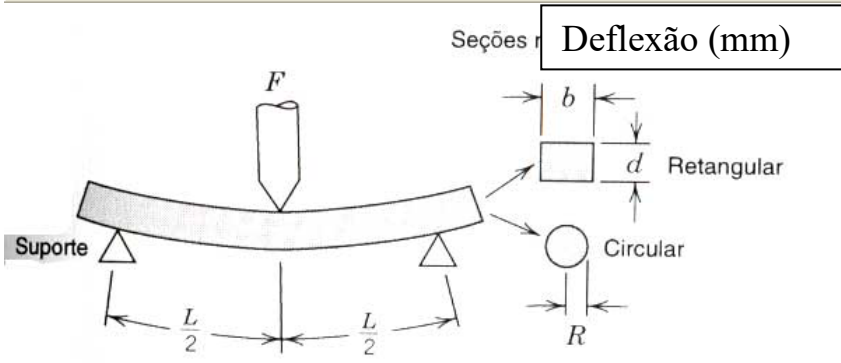
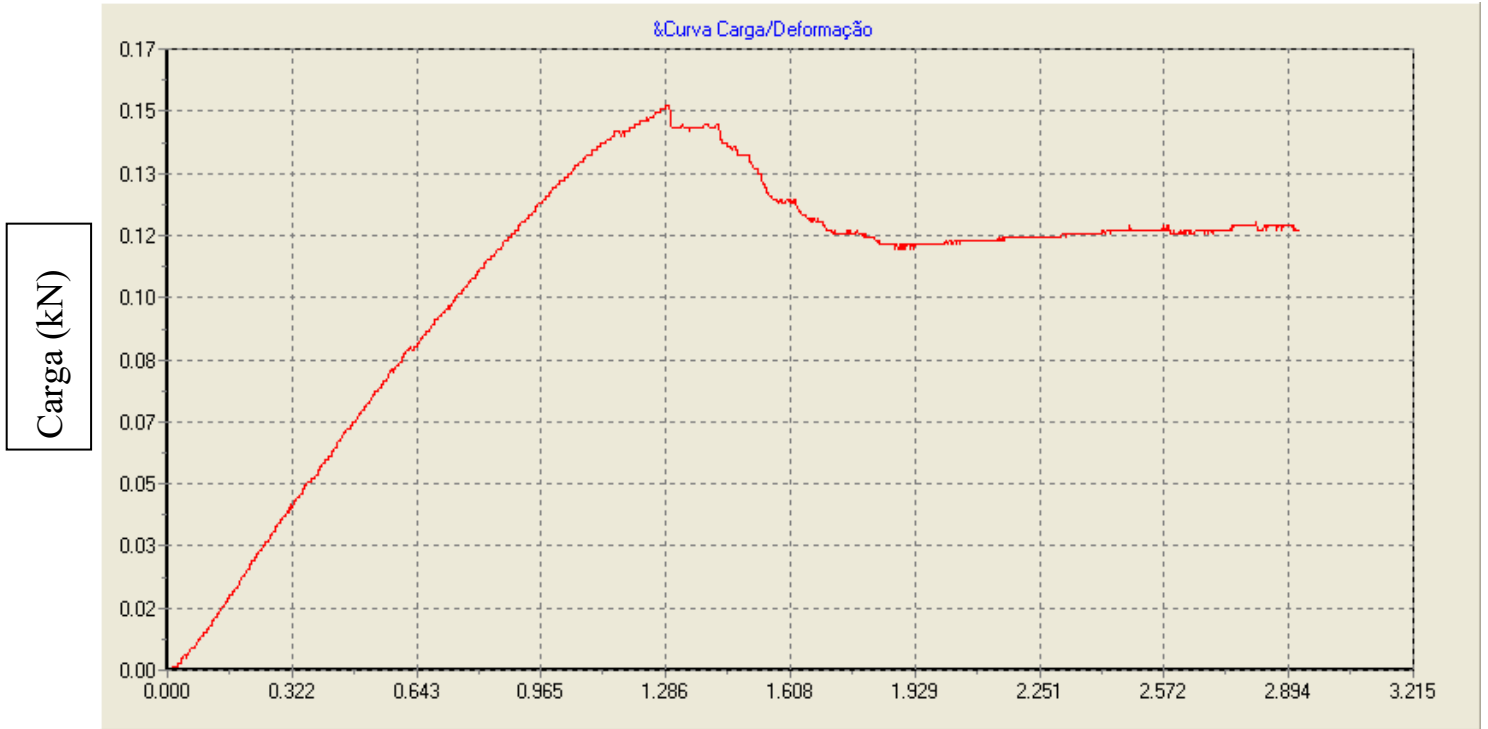
1,0  
 (a) 100% Bainita  
 (b) 100% Martensita  
 (c) 50% Perlita 50% Bainita

5. (1,0) Um ensaio de flexão em três pontos foi realizado conforme figura abaixo (carga em função da deflexão) com uma amostra de compósito fibra vidro/epóxi que possui uma



seção reta retangular com altura  $d=3,05$  mm e largura  $b= 26,74$  mm; a distância entre os pontos de apoio  $l$  é de 50 mm.

- (0,5) Calcular o modulo de ruptura a flexão.
- (0,5) Calcular o modulo de elasticidade em flexão  $E$ .



$$\sigma = \text{tensão} = \frac{Mc}{I}$$

onde  $M$  = momento fletor máximo  
 $c$  = distância do centro do corpo-de-prova até as fibras mais externas  
 $I$  = momento de inércia da seção reta  
 $F$  = carga aplicada

	$\frac{M}{FL}$	$\frac{c}{d}$	$\frac{I}{bd^3}$	$\frac{\sigma}{\frac{3FL}{2bd^2}}$			
Retangular	$\frac{FL}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{bd^3}{12}$	$\frac{3FL}{2bd^2}$	$v = \frac{Pl^3}{4Eb d^3}$	$E = \frac{Pl^3}{4b d^3 v}$	$\sigma_{fu} = \frac{3P_{\max} l}{2b d^2}$

5) a)  $F = 150\text{ N}$

$$\delta_{fu} = \frac{F_{\text{nox}} l}{2b d^2} = \frac{3 \cdot 150,50}{2 \cdot 26,74 \cdot (3,05)^2} = 45,22$$

b)  $E = \frac{P l^3}{4b d^3 \nu} = \frac{85 \cdot (50)^3}{4 \cdot 26,74 \cdot 3,05^3 \cdot 0,643}$

$E = 5,45 \text{ E}3 \text{ mPa}$

**Fórmulas Adicionais:**

$$\sigma_v = \sigma_{\text{eng}} (1 + e) \quad \%R_A = \frac{D_0^2 - D^2}{D_0^2} * 100 \quad \% \Delta L = \frac{L_f - L_i}{L_i} * 100$$

$$\epsilon_v = \ln(L_f/L_0)$$

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

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

$$U_F = \left( \frac{\sigma_e + \sigma_R}{2} \right) e_f = \frac{2}{3} (\sigma_R e_f)$$

$$\sigma_t = K \epsilon_t^n$$

$$E_{\text{trans}} = \left( \frac{E_{\text{max}} + E_{\text{min}}}{2} \right) + E_{\text{min}}$$

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

Mat. Ducteis

$$U_t = 2/3 \cdot \sigma_{\text{LRT}} \cdot \epsilon_{\text{fratura}} \text{ em N.m/m}^3$$

Mat. Frágeis

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$e = \epsilon_c$$

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

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

**Obs3. Não pode desgrampear a prova.**

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

**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.**

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

**BOA PROVA !!!!!!!**

250

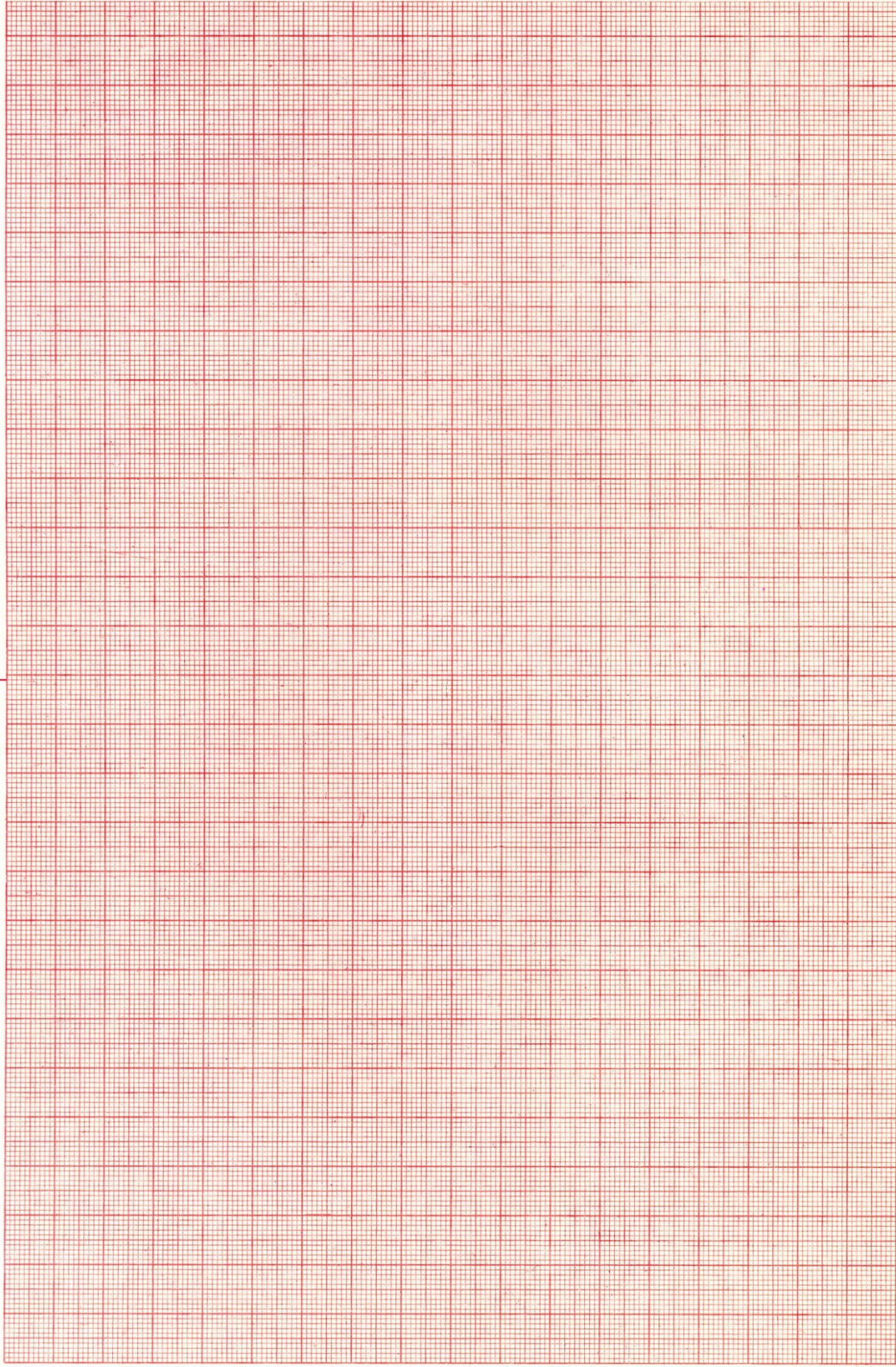
200

150

100

50

0



0

50

100

150