

→ Comportamento Mecânico do Aço Preparação / Cuidados a ter

Grupo 4

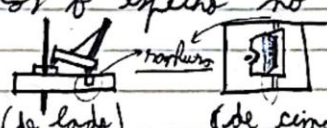
18/3/2022

- Para preparar, foi ~~feito~~ feito o estudo do protocolo 4B, assim ~~como~~ como do vídeo facultado.
- Foi ainda elaborada uma tabela excel previamente à ~~atividade~~ atividade, para facilitar o registo de dados.
- Na atividade, é preciso ter cuidado ao manusear o espelho e do suporte experimental.
- Acrescentar massa ao proto suspenso com cuidado, e acrescentando pouca de cada vez, de modo a não quebrar o fio de aço.

Objetivos

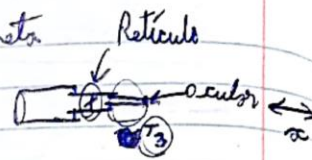
- 1 - Verificação da lei de Hooke
- 2 - Verificação experimental do comportamento elástico do aço
- 3 - Determinação do módulo de Young de um fio de aço

Procedimento

- 1 - Verificar que se tem todo o material necessário (espelho, plataforma de suporte, ~~o fio de aço~~ fio de aço, fio de Nylon, régua, massas, luneta, fita métrica)
- 2 - Cuidadosamente, colocar o espelho no suporte conforme o seguinte esquema:
- É necessário certificar que os pinos do espelho estão bem encaixados na ranhura

(de lado) (de cima)
- 3 - Proceder ao alinhamento do sistema:
 - 3.1 - Posicionar o suporte da escala + luneta de modo a estar o mais afastado possível do espelho
 - 3.2 - Rodar o suporte, verificando que se vê a escala na luneta
 - 3.3 - Certificar que ainda se consegue ver a escala se todos os pesos estiverem suspensos pelo fio de aço

4 - Proceder à focagem da imagem no luneta

4.1 - Deslizar o suporte T_3 da ocular
segundo x , de modo a ter o retículo bem
focado (ver figura ao lado).



4.2 - Usando o parafuso lateral da luneta, focar a
imagem ~~mais~~ melhor.

5 - Medir o valor de D (distância do espelho à ocular), usando
um fio de nylon ou uma fita métrica, estendendo o sua
flexão. Registrar o valor de L_0 medida desde o ~~porta~~ ~~porta~~ ~~porta~~ onde
o fio está suspenso até à plataforma onde está suportado
o espelho.

6 - Medir o diâmetro ~~do~~ do fio de aço em vários
loais, e determinar o valor médio do diâmetro: ϕ ,
registrando os dados com incertezas numa tabela ~~de~~

7 - Antes de iniciar o processo de carga e descarga do fio,
e durante o resto da atividade, deve-se:

7.1 - Usando os parafusos nos pés do suporte, garantir
que o fio de aço se mantém vertical

7.2 - Durante a experiência, não tocar as barras,
ou seja, não usar as barras como secretárias, como
apoio para os braços ou balança, nem apoiar nos braços
por exemplo para fazer leitura.

8 - Fazer a medição das massas dos pesos a ser usados,
registrando os valores obtidos

9 - Iniciar o processo de carga seguido do de descarga do
grato suspenso, utilizando as massas disponíveis. Começar por
colocar uma massa de $\sim 2\text{kg}$, seguida pelas de $\sim 1\text{kg}$.

10 - Fazer registo dos dados em tabela do tipo da Tabela
1 do protocolo T4B

11 - Representar a função de m (massa) em função de d ,
para a carga e para a descarga, e determinar a ~~reta~~ ~~reta~~ ~~reta~~ que
melhor se ajusta

- 12 - Identificar o fator de ampliação da distância ótica usada
- 13 - Calcular os valores do módulo de Young do corpo e da desvio e respectivas incertezas
- 14 - Considerar como referência alguns valores obtidos por outros grupos ou em anos anteriores e ver se pertencem à gama pretendida $(1.90 \text{ a } 2.00) \times 10^{11} \text{ N/m}^2$. Em alternativa, poderão consultar tabelas de propriedades físicas e tentar avaliar o material de que o fio é feito.
- 15 - Identificar o resultado final da sua análise.

Grupo 4 21/3/2022

nº	massa (g)	μ leitura ± 0,1 g
1 →	2005,8	2005,7
2 →	1002,8	1002,5
3 →	998,0	998,0
4 →	1001,7	1001,7
5 →	1001,2	1001,2
6 →	996,3	996,3
7 →	999,6	999,5
8 →	997,6	997,5
9 →	1000,7	1000,7
10 →	2003,4	2003,2
11 →	1999,1	1999,1
12 →	995,9	995,9
13 →	1990,8	1990,9

$$\mu(h) = 0,05 \text{ cm}$$

$$h \text{ (cm)}$$

1	22,0
2	22,0
3	22,0

φ (mm)	μ = 0,087
1	0,086
2	0,087
3	0,088
4	0,087

$$\mu(\phi) = 0,01 \text{ cm}$$

D (cm)	1 - 252,1 cm	2 - 250,4 cm	3 - 257,3 cm	μ(D) = 0,05 cm
--------	--------------	--------------	--------------	----------------

l (cm)	1 - 5,25	2 - 5,40	3 - 5,00
--------	----------	----------	----------

b

L_0 (cm)

1 - 38,5

2 - 38,6

3 - 38,5

Carga

$\Delta L = L_0 - L_n$

n° masa	masa carga (g)	L_c (cm)	d (cm)
1	2000,75	38,3	$L_0 - L_1$
1+2	3003,4	37,7	$L_0 - L_2$
1+2+3	4000,4	37,0	$L_0 - L_3$
1+2+3+4	5002,1	36,8	$L_0 - L_4$
1+2+3+4+5	6003,3	36,3	$L_0 - L_5$
1+2+3+4+5+6	6999,6	35,9	$L_0 - L_6$
1+2+3+4+5+6+7	7999,75	34,4	$L_0 - L_7$
1+2+3+4+5+6+7+8	8996,7	34,0	$L_0 - L_8$
1+2+3+4+5+6+7+8+9	9997,4	33,0	$L_0 - L_9$

Descarga

n° masa	masa carga	L_c (cm)	d (cm)
1+2+3+4+5+6+7+8+9	9997,4	33,0	$L_9 - L_{eq}$
1+2+3+4+5+6+7+8	8996,7	33,5	$L_8 - L_{eq}$
1+2+3+4+5+6+7	7999,75	34,0	$L_7 - L_{eq}$
1+2+3+4+5+6	6999,6	34,4	$L_6 - L_{eq}$
1+2+3+4+5	6003,3	34,8	$L_5 - L_{eq}$
1+2+3+4	5002,1	35,2	$L_4 - L_{eq}$
1+2+3	4000,4	36,2	$L_3 - L_{eq}$
1+2	3003,4	37,1	$L_2 - L_{eq}$
1	2000,75	37,7	$L_1 - L_{eq}$
0	0	39,0	$L_0 - L_{eq}$

PL6 Grupo 4

25/3/2022
11:59

Análise de dados

nº da massa	m (g)	u(m) (g)
1	2005,75	0,1
2	1002,65	0,15*
3	997,00	0,1
4	1001,70	0,1
5	1001,20	0,1
6	996,30	0,1
7	999,55	0,1
8	997,55	0,1
9	1000,70	0,1

L0 (m)
0,729

Coeficiente de Ampliação:	6,79E+01
---------------------------	----------

b (m)	u(b) (m)
7,40E-02	5,00E-05

Tabela 1 - Medições das massas 1 a 9

diâmetro (ϕ) (cm)	u(ϕ) (cm)	Média (m)	Desvio padrão	u(média)
0,086	0,01	0,00087	0,0007	0,0004
0,087	0,01			
0,088	0,01			
0,087	0,01			

Tabela 2 - Medições do diâmetro do fio de aço (ϕ)

D c(m)	u(D) (cm)	Média (m)	Desvio padrão	u(média)
252,1	0,05	2,513	0,694	0,401
250,4	0,05			
251,3	0,05			

Tabela 3 - medições de D

Carga				
nº de massas	M Carga (kg)	Lc (cm)	u(Lc) (m)	d(m)
0	0,0000	38,5000	0,0100	0,0000
1	2,0008	38,3000	0,0100	0,0020
1+2	3,0034	37,7000	0,0100	0,0080
1+2+3	4,0004	37,0000	0,0100	0,0150
1+2+3+4	5,0021	36,8000	0,0100	0,0170
1+2+3+4+5	6,0033	36,3000	0,0100	0,0220
1+2+3+4+5+6	6,9996	35,9000	0,0100	0,0260
1+2+3+4+5+6+7	7,9992	34,4000	0,0100	0,0410
1+2+3+4+5+6+7+8	8,9967	34,0000	0,0100	0,0450
1+2+3+4+5+6+7+8+9	9,9974	33,0000	0,0100	0,0550

Tabela 4 - Estudo do alongamento do fio

Massa de carga em função de d (durante a carga)

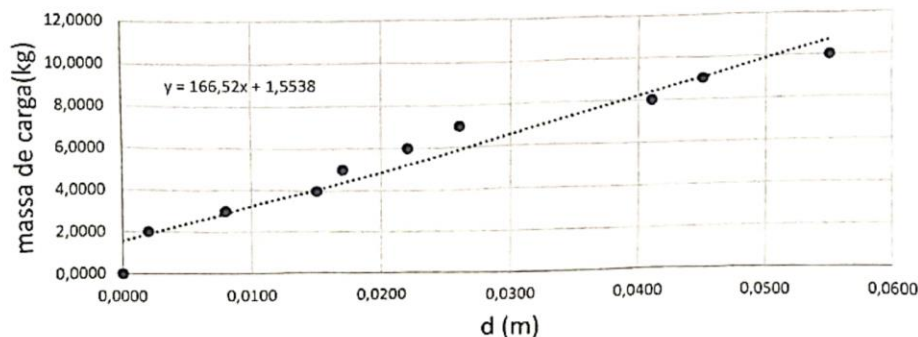


Gráfico 1 - M(d) na carga

Descarga				
nº de massas	M Carga (kg)	Lc (cm)	u(Lc) (cm)	d(m)
1+2+3+4+5+6+7+8+9	9,9974	33,0000	0,1000	0,0550
1+2+3+4+5+6+7+8	8,9967	33,5000	0,1000	0,0500
1+2+3+4+5+6+7	7,9992	34,0000	0,1000	0,0450
1+2+3+4+5+6	6,9996	34,4000	0,1000	0,0410
1+2+3+4+5	6,0033	34,8000	0,1000	0,0370
1+2+3+4	5,0021	35,2000	0,1000	0,0330
1+2+3	4,0004	36,2000	0,1000	0,0230
1+2	3,0034	37,1000	0,1000	0,0140
1	2,0008	37,7000	0,1000	0,0080
0	0,0000	39,0000	0,1000	-0,0050

Tabela 5 - Estudo da descarga do fio

Massa de carga em função de d (durante a descarga)

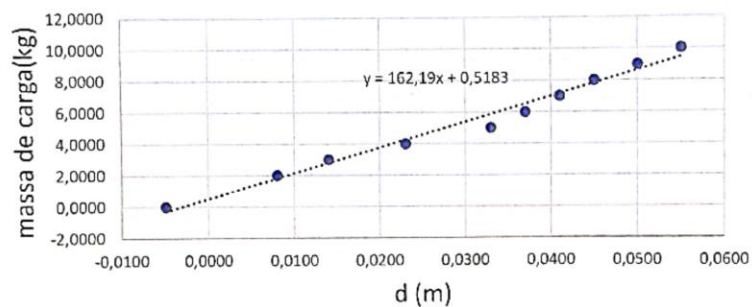


Gráfico 2 - $M(d)$ para a descarga

Resíduos

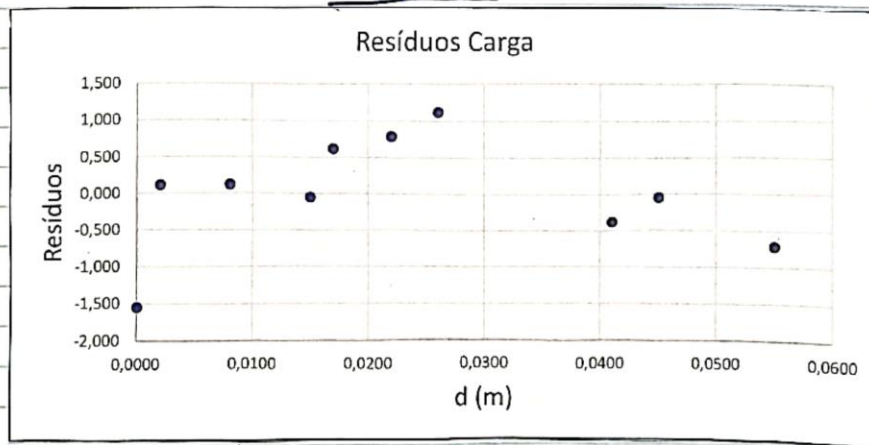


Gráfico 3 - Resíduos do gráfico 1

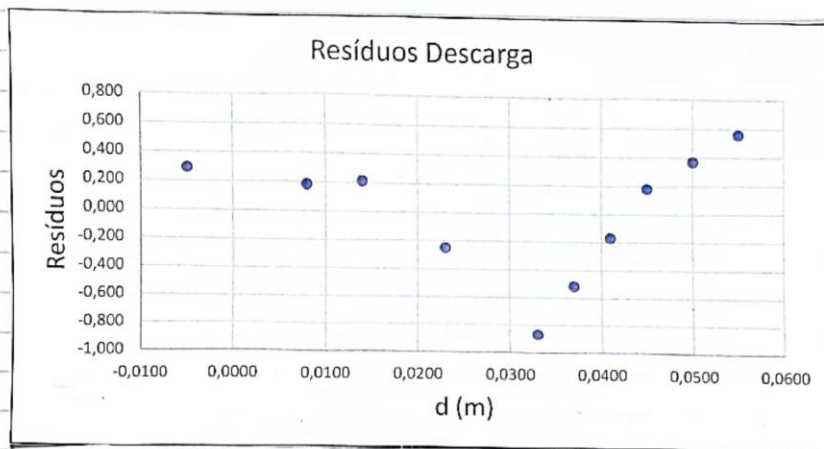


grafico 4 - Resíduos do gráfico 2

	Carga	Descarga	Média
Módulo de Young:	1,36E+11	1,32E+11	1,34E+11
Erro percentual:	28,47%	30,33%	29,40%

Tabela 6 - Valores do módulo de Young

Conclusão

* Respondendo ao objetivo 1, na realização desta atividade foi possível verificar a Lei de Hooke, que afirma que a força aplicada num corpo é diretamente proporcional à deformação que ele sofre. Na nossa atividade foi-se aumentando o peso a que um fio metálico estava sujeito e, assim, aumentando a força nele aplicada. Com uma balança estática, verificou-se que o alongamento do fio aumentava linearmente com o aumento da carga.

Nesta atividade, tal como evidenciado pelos valores ~~de~~ ^{das} tabelas 1 e 2, podemos verificar o comportamento elástico do aço. Mais especificamente, ~~se~~ pode-se concluir isto, uma vez que $\Delta = L_{ci} - L_{co}$, vemos que o facto de os seus valores subirem conforme a massa de carga aumenta e diminuírem conforme a massa diminui. Isto acontece de uma forma que a ~~a~~ ^{massa} distância de alongamento (Δ) após todas as ~~massas~~ ^{massas} usam remolidas é aproximadamente igual a zero, tal como antes de ~~de~~ qualquer carga ser colocada no prato.

Deve-se notar ainda que, no processo de des carga do fio, os valores de δ ~~diminuem~~ diminuem de uma forma mais lenta do que aumentam ao acrescentar carga. Por outros motivos, isto poderá indicar que com as últimas massas colocadas (com a massa de carga total a aproxim. 10 kg), a força aplicada no fio poderá ter sido superior àquela que o fio suportaria no regime da ~~terceira~~ Lei de Hooke.

Por fim, com base na introdução teórica do protocolo T4B, foi possível determinar o módulo de Young, E , para o aço.

$$\bar{\varphi} = (2,7 \pm 4,0) \cdot 10^{-4} \text{ m} \quad \bar{L} = (7,400 \pm 0,005) \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\bar{D} = (2,513 \pm 0,401) \text{ mm} \quad \text{~~Módulo de Young, E~~$$

$$L_0 = (0,729 \pm 0,0005) \text{ m}$$

Assim, ~~obtemos~~ $m = a \cdot d$; a = declive da regressão linear

Deste modo, dos gráficos 1 e 2, ~~obtemos~~ ~~como~~ como

$$m = \frac{E L \pi \varphi^2}{8 D L_0} \delta, \text{ ~~logo~~ obtem-se que}$$

$$\frac{E_{\text{aço}} L \pi \varphi^2}{8 D L_0} = 166,52 \Leftrightarrow E_{\text{aço}} = 1,36 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\frac{E_{\text{des carga}} L \pi \varphi^2}{8 D L_0} = 162,19 \Leftrightarrow E_{\text{des carga}} = 1,32 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

Estes dois valores têm erros percentuais de 26,47% e de 30,33%, respetivamente.

Deste modo, o valor médio do módulo de Young obtido nesta atividade é de $1,34 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, o que corresponde a um erro de 29,40%.

Por fim, deve-se ~~se~~ notar que este erro poderá ter sido causado por dificuldade a ler os valores ~~na~~ pela luneta. Além disso, o valor de L determinado ~~f~~ na aula ~~está~~ errado, pelo que nos cálculos ~~de~~ foi utilizado o valor obtido através de uma imagem disponível no ~~Handbook~~ Moodle.