

ThB - Estudo do comportamento magnético de um fio de aço sob tração

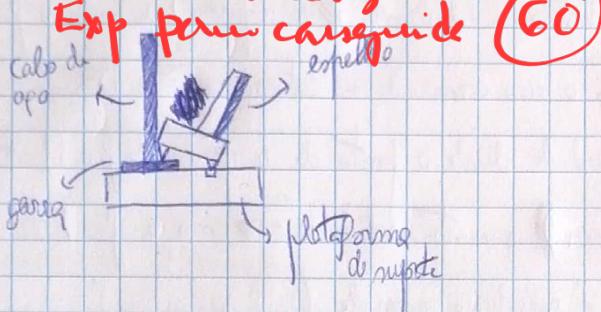
Maria Helene Nunes da Silveira, Grupo 3, PL6

- Tiveram problemas nas medições
- na carga
- b mal medida

- Verificação de **Erros de deslocamento**
- Verificação de **Erros de deslocamento que não separam**
- Determinação do campo magnético do aço

• Escolher mudar deslocamento de pôntos "desviados" particularmente na descarga

Material



→ fio de aço

→ régua graduada

→ luneta

→ massas

→ régua e régua com vernier

→ régua metálica

→ balança KERN PCB

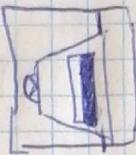
Procedimento experimental

1. Posicionar o espelho suedosamente sobre a plataforma de suporte, cabendo os fios de ferro na luneta e o de trás sobre a garra que está soldada com o cabo de aço.

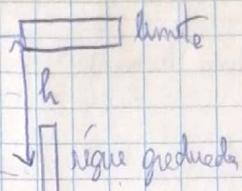
2. Posicionar o suporte de escala + ~~luneta~~ luneta a distâncias máximas possíveis do plano do espelho; nader esse suporte de modo que olhando pela escala (garantir que todas as luces do laboratório que se contrapõem na escala se intregem em que se integrem no fio de aço).

~~luneta~~ luneta comiga na a
~~luneta~~ este acaso); verificam
toda a ferro este

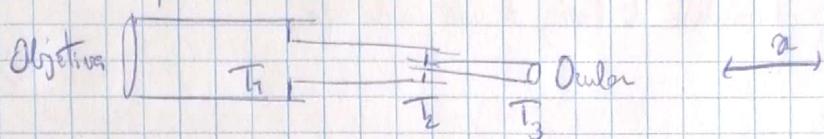




D

(misto de
área)

3. Deslizar o suporte T_3 de escalar segundo n , de modo a traçar retângulo brum fechado; através da projeção lateral do lumta, focar brum a imagem



4. Medir D cuidadosamente (distâncias da lumta ao espelho) usando o fio de nylon (levando a flexão do fio); estimar o erro associado à determinação de D

5. Registrar o raio da L_0 medido desde o ponto de encontro do fio (lado de medição no cilindro superior que está solidária com o fio) até à plataforma que suporta a base do espelho e é solidária com ele

6. Medir o diâmetro do fio em vários locais da membra e calcular o diâmetro médio $\bar{\varphi} \pm u(\varphi)$, registrando os dados numa Tabela

Cuidados a ter antes de iniciar o processo da carga/descarga:

- garantir que o fio não entre em tensão, manipulando os parafusos existentes nos fios de apoio do suporte

- durante a execução da experiência, não alterar as posições das membras, isto é: (i) as usar como referência (ii) as apoiar sobre massas / balanços, nem (iii) se ~~aproximar~~ aproximar ou mover as membras ou partilhar as membras quando se realiza leitura

7. Fazer e registrar leitura das massas identificando os pesos máximos nulos armelados

8. Iniciar o processo de carga seguido da leitura do desenho do ponto superior, e terminando as massas desfornecidas no laboratório: começam por massas de $\sim 2\text{ kg}$, seguidas de $\sim 1\text{ kg}$, quando estes acalham massas de $\sim 2\text{ kg}$; registrar dados

Análise de dados

8. Reforçar o gráfico com o em função da d, para a carga e desenho, determinar a reta de ajuste mais adequada

9. Identificar os fatores de ampliação do alavanca que é utilizada

10. Calcular os valores do módulo de Young de carga e de desenho e verificar os resultados (valores provisórios quantificados das primeiras duas abordagens)

11. Considerar como referência alguns valores obtidos por outros grupos ou em anos anteriores e que devem pertencer à gama $[200, 190] \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ OU consultar tabelas sobre propriedades físicas de metais e tentar identificar qual combinação (lige de aço temido)

12. Identificar o resultado final da análise



→ Redimensionar as massas

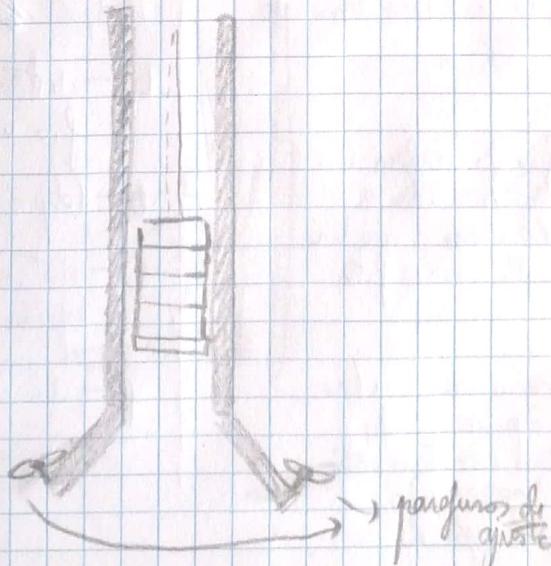
→ Verificar se que com os 3 pesos calculados ainda no formato inicial que a régua atinja de altura

→ Redimensionar com o fio de nylon garantindo que o fio esteja nos terminos (medir -> o fio de nylon e depois medir -> esse comprimento com a fita métrica)

→ Verificar se que o efeito estaria corretamente fixado

→ Medir -> diâmetro do fio em 2 pontos usando o micrômetro (sem carga, no suporte)

→ Correr a carga / desenho das roscas, verifica -> a circunferência das manetas, batendo este nas bases das roscas, além do fio não estar paralelo às bases por razão:

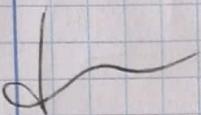


Animar, em cada configuração, foi necessário parar a oscilação das massas, e se verificar se nenhuma inclinação do fio, apertar o suporte mantendo as massas no fio de aço.

OK bom quanto do que fizeram no Lab

→ Mediu-se 6 vezes o fio mylar

→ Mediu-se D 3 vezes com o fio mylar



Dados

Massas	
(g) ± 0.1	(kg) ± 0.0001
1 2006.0	2.0060
2 1002.9	1.0029
3 997.2	0.9972
4 1001.8	1.0018
5 1001.3	1.0013
6 996.4	0.9964
7 999.6	0.9996
8 997.6	0.9976
9 1000.8	1.0008

	(cm) ± 0.05	(m) ± 0.0005
L_0	71.30	0.7130
b	5.50	0.0550
	258.20	
D	257.90	2.5810
	258.20	

não está correto

	(mm) ± 0.005	(m) ± 0.000005
φ	0.795	
	0.798	
	0.794	
	0.807	0.000799

not científica

Determinação de D terá erro associado devido a:

- Não ter o fio de mylar no terrário a animar a medida e / ou a medir o comprimento com a fita métrica
- Não marcar o inicio e / ou fim de comprimento do fio de mylar corretamente

Medidas ~~erradas~~ de: (e repetitivas incorretas)

L_0 - distância desde o ponto de suspensão do fio até à plataforma que suporta o espelho

b - (definido na figura acima)

D - distância desde o ponto central do espelho até ao ponto central da luneta

φ - diâmetro do fio

① CARGA

nº de m	m_carga	F_carga	L_ci	L_ci	d_ci	Ajuste linear 1	Resíduos
	(kg) \pm 0.0001	(N) \pm 0.0001	(cm) \pm 0.05	(m) \pm 0.0005	(m) \pm 0.0005	(kg)	
0	0.0000	0.0000	30.90	0.3090	0.0000	0.9015	-0.9015
1	2.0060	19.6789	29.50	0.2950	0.0140	2.7696	-0.7636
1+2	3.0089	29.5173	29.05	0.2905	0.0185	3.3700	-0.3611
1+2+3	4.0061	39.2998	28.50	0.2850	0.0240	4.1039	-0.0978
1+2+3+4	5.0079	49.1275	28.05	0.2805	0.0285	4.7044	0.3035
1+2+3+4+5	6.0092	58.9503	27.60	0.2760	0.0330	5.3048	0.7044
1+2+3+4+5+6	7.0056	68.7249	27.20	0.2720	0.0370	5.8386	1.1670
1+2+3+4+5+6+7	8.0052	78.5310	26.00	0.2600	0.0490	7.4398	0.5654
1+2+3+4+5+6+7+8	9.0028	88.3175	24.70	0.2470	0.0620	9.1745	-0.1717
1+2+3+4+5+6+7+8+9	10.0036	98.1353	23.90	0.2390	0.0700	10.2419	-0.2383

Tabela 1.1.

~~Tableau des mesures de la charge et de l'elongation~~ Calculo de carga no suporte (m_{carga}) e
medida de L_{ci} (leitura efectuada na escala graduada). d_{ci} representa
a elongação e correspondente para cada carga, à diferença entre a varia L_{ci}
medido e ao valor L_{ci} inicial (0.3090 m)

Ajuste linear 1			
m ₁	133.44	0.90	b ₁
s(m ₁)	8.34	0.39	s(b ₁)
r ²	0.98	0.40	s(y ₁)

Tabela 1.2. Dados ajuste linear 1

⊗ A unidade de d_{ci} é igual à unidade de medida de L_{ci} em unidades SI

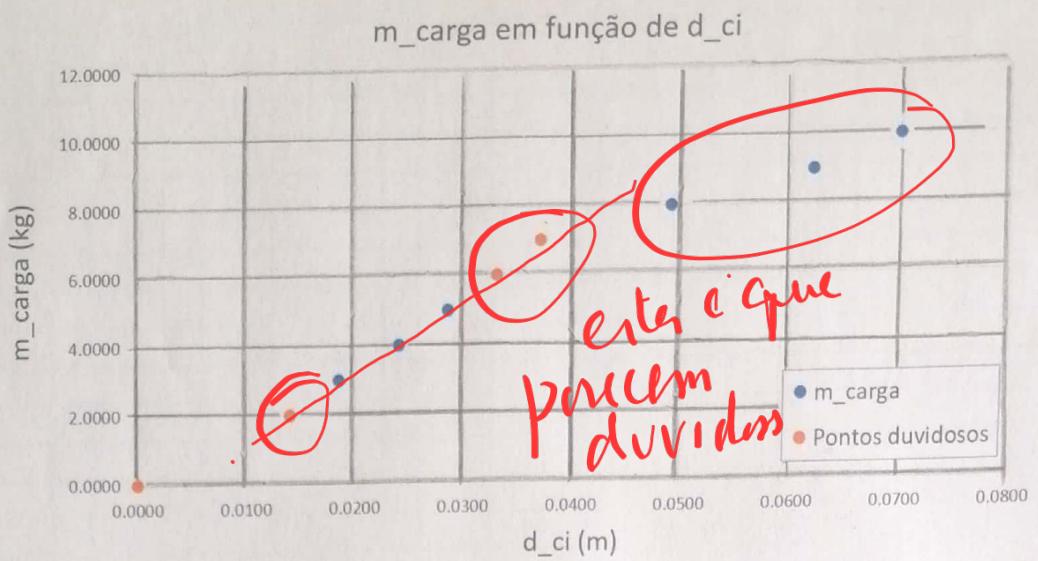


Gráfico 1.1.

Ajuste linear 1

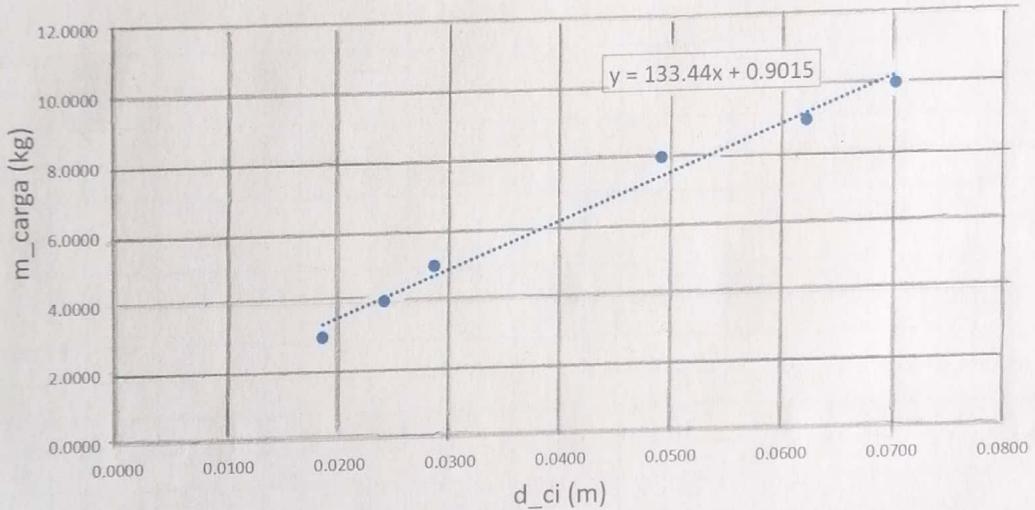


Gráfico 1.2.

Resíduos Aj. 1

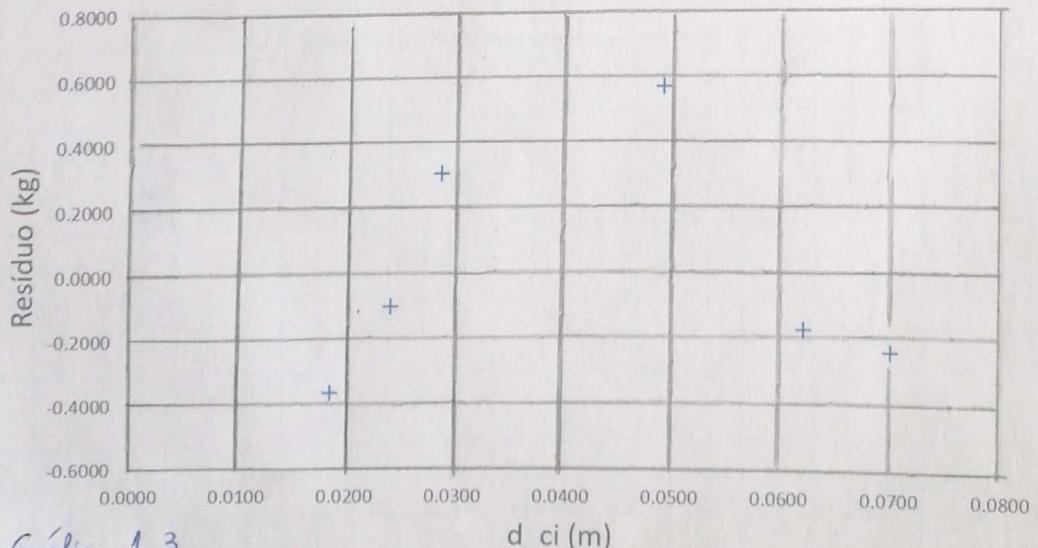


Gráfico 1.3.

② DESCARGA

nº de m	M_descarga	F_descarga	L_di	L_di	d_di	Ajuste linear 2	Resíduos
	(kg) ± 0.0001	(N) ± 0.0001	(cm) ± 0.05	(m) ± 0.0005	(m) ± 0.0005	(kg)	
1+2+3+4+5+6+7+8+9	10.0036	98.135316	23.90	0.2390	0.0700	9.4782	0.5254
1+2+3+4+5+6+7+8	9.0028	88.317468	24.40	0.2440	0.0650	8.6526	0.3502
1+2+3+4+5+6+7	8.0052	78.531012	24.90	0.2490	0.0600	7.8270	0.1782
1+2+3+4+5+6	7.0056	68.724936	25.10	0.2510	0.0580	7.4967	-0.4911
1+2+3+4+5	6.0092	58.950252	25.50	0.2550	0.0540	6.8362	-0.8270
1+2+3+4	5.0079	49.127499	25.80	0.2580	0.0510	6.3408	-1.3329
1+2+3	4.0061	39.299841	26.40	0.2640	0.0450	5.3501	-1.3440
1+2	3.0089	29.517309	26.80	0.2680	0.0410	4.6895	-1.6806
1	2.0060	19.67886	27.50	0.2750	0.0340	3.5337	-1.5277
0	0.0000	0	29.80	0.2980	0.0110	-0.2643	0.2643

Tabela 2.1. Cálculo da carga no suspenso ($M_{descarga}$) e medida de L_{di} (distância entre os eixos de suspensão).

d_{di} representa a elongação correspondente para cada carga, à diferença entre L_{di} medida e L_{ci} inicial.

~~O valor de L_{di} é calculado para o ponto Mentre este é feito~~

~~o valor de L_{ci} é obtido no topo da tabela 1.1~~

~~o valor de L_{ci} é igual ao valor L_{di} medida~~

~~o valor de L_{ci} é igual ao valor de L_{di} medida~~

O mínimo valor de L_{di} desta tabela corresponde ao último valor de L_{ci} da Tabela 1.1. *

Ajuste linear 2			
m_2	165.13	-2.08	b_2
$s(m_2)$	12.52	0.71	$s(b_2)$
r^2	0.98	0.60	$s(y_2)$

Tabela 2.2. Dados ajuste linear 2

* A iminência de d_{di} é igual à iminência de medida de L_{di} em unidades SI

*Ensine definição
em relação à carga!*

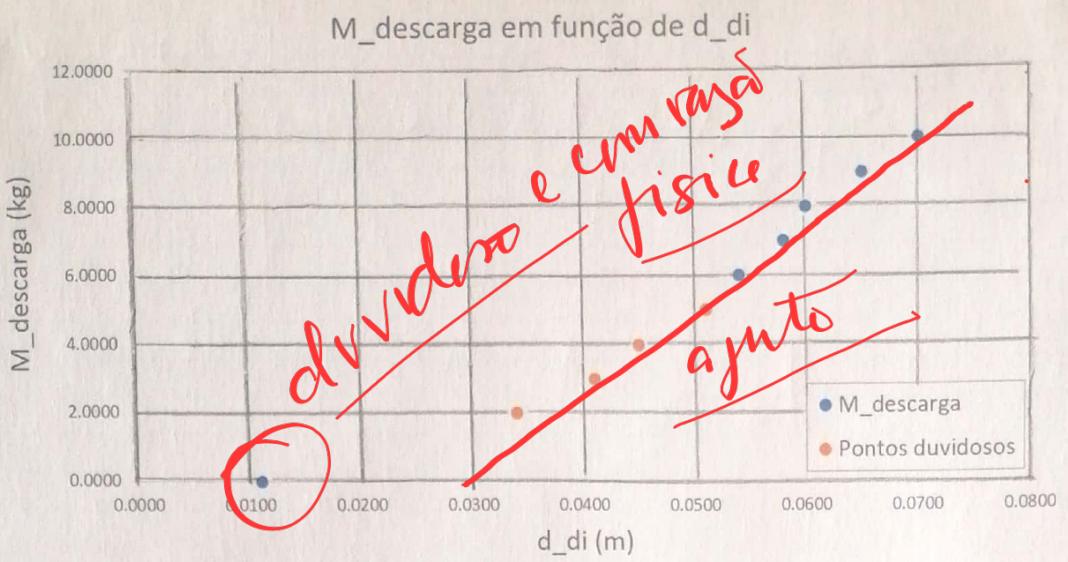


Gráfico 2.1.

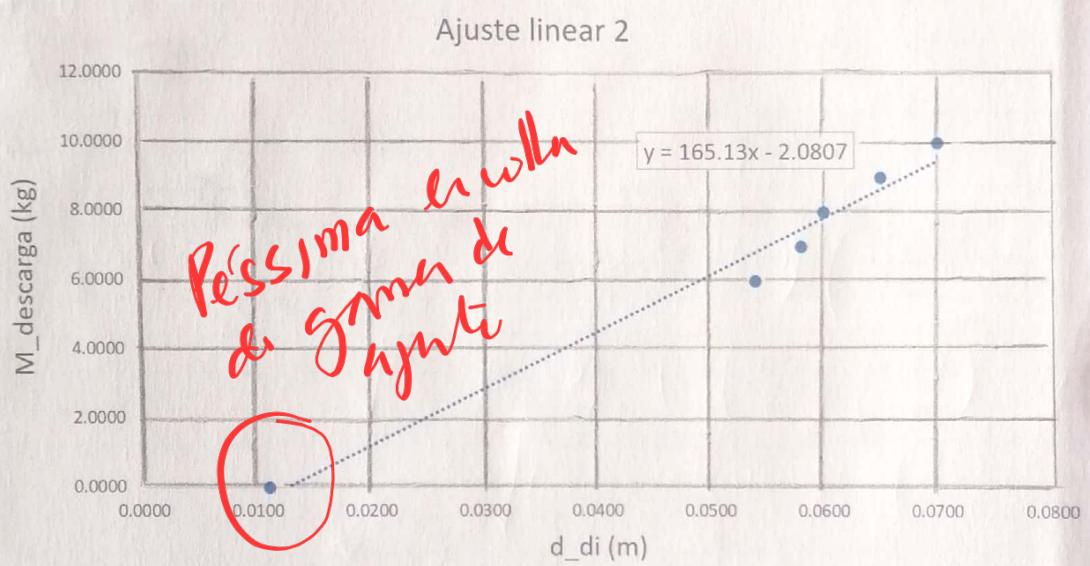


Gráfico 2.2.

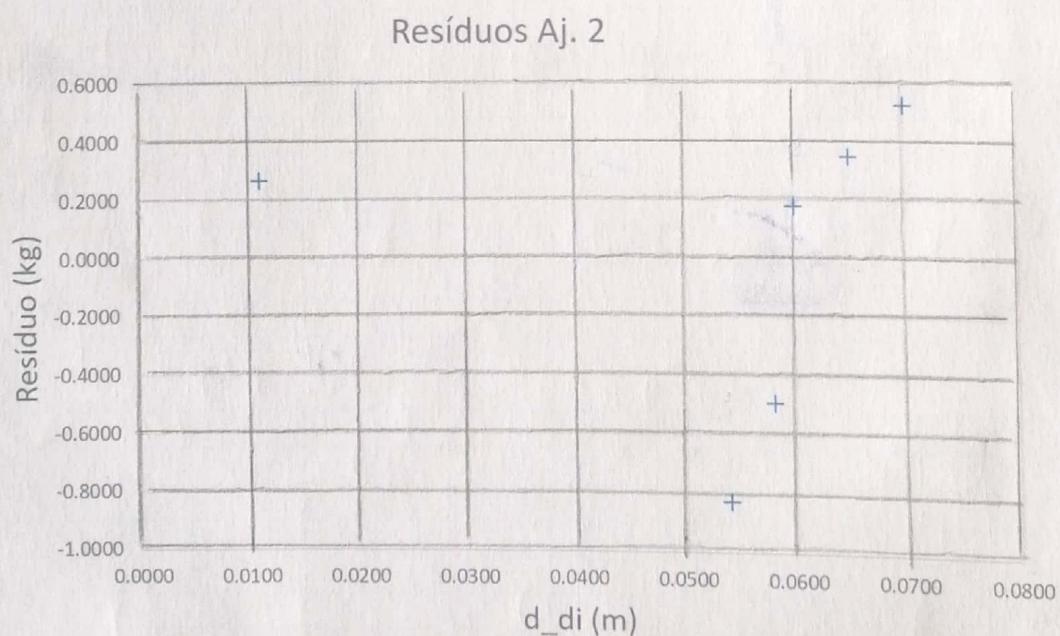


Gráfico 2.3.

③ MÓDULO DE ~~DE~~ YOUNG

	Valor	Incerteza
c_ampliação	93.9	0.9

Tabela 3.1: Determinação dos coeficientes de ampliação do balanço entre as compras e a produção industrial

em ^a iranha?

E_{exp} (N/m ²)	Valor	Incerteza	Erro relativo (%)
Carga	1.75E+11	1.13E+10	8%
Descarga	2.16E+11	1.68E+10	14%
Média	1.96E+11	2.08E+10	3%

$$E_{\text{teo}} = 1.90E+11 \text{ N/m}^2$$

difference
explan

Tabela 3.2. Valores experimentais de módulos de Young (E) e resfriar imento e erro relativo

Discuss

① CARGA

- Observando o gráfico 1.1, embora os pontos entre ~~0~~ 0.0100 cm e 0.0400 cm apresentem uma forte ~~tendência~~ tendência linear, estes não formam todos os pontos que o ajuste linear 1. Tal se deve ao fato de, ter sido durante o seu registro que ocorreu de forma significativa a variação das massas (mais precisamente, as massas a baixo contra as bases do suporte), mas estando o eixo de apoio paralelo às bases do suporte.
~~O ponto inicial~~ O ponto inicial ~~do eixo de apoio~~ também não se adequava ao ~~ajuste~~ ajuste linear (o eixo de apoio coincide mas se encontrava um ~~erro~~ erro).
No gráfico 1.1, os lados de zero não foram considerados pois ~~os~~ os mínimos eram excedidos, o que rendeu úteis para a determinação do ajuste mais adequado aos dados experimentais (dependem ~~de~~ apenas de incertezas de medições e não de incertezas suspeitas, muita experiência).

② DESCARGA

- De acordo com o gráfico 2.1. (e gráfico 2.2), os 6 pontos amarelados não forem utilizados para o ajuste linear 2 para afirmarmos um significativo devido relativamente à linha de tendência inicial, que inclui todos os valores.
- No gráfico 2.1., os 6 pontos de erro não foram colocados mais cedo nos mínimos e nem exaltados, mas quando é útil para determinar o ajuste mais adequado aos dados experimentais (dependem apenas da magnitude das medições e não da magnitude propagada, nessa experiência).

③ MÓDULO DE YOUNG

- Tabela 3.1.: O coeficiente de amplitude é determinado pela fórmula

$$c_{\text{amplitude}} = \frac{2D}{b}, \text{ sendo a sua incerteza } \underline{\text{propagada}} \text{ calculada pela expressão:}$$

$$\begin{aligned} u(c_{\text{amplitude}}) &= \sqrt{\left(\frac{d(c_{\text{amplitude}})}{dD} \right)^2 u(D)^2 + \left(\frac{d(c_{\text{amplitude}})}{db} \right)^2 u(b)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{2}{b} \cdot u(D) \right)^2 + \left(-\left(\frac{2D}{b^2} \right) \cdot u(b) \right)^2} \\ &= \underline{\text{propagada}} \sqrt{\left(\frac{2}{0.050} \times 0.0005 \right)^2 + \left(-\frac{2 \times 2.5810 \times 0.0005}{(0.050)^2} \right)^2} \end{aligned}$$

≈ 0.2 , como referido na Tabela

- Tabela 3.1.: O valor de $c_{\text{amplitude}}$ determinado é um valor muito menor que 1, como esperado, tendo também uma incerteza bastante reduzida.

- Tabela 3.2.: De acordo com a lei de Hooke, o módulo de Young é calculado pela seguinte expressão:

$$m = \frac{E b \pi \varphi^2 d}{8 D L_0} \Rightarrow \frac{m}{d} = \frac{E b \pi \varphi^2}{8 D L_0}$$

\circlearrowleft declive do ajuste linear

$$\Rightarrow E = m_1 \left(\frac{8 D L_0}{b \pi \varphi^2} \right) \text{ para a carga } (\text{substitui } -n \text{ em } m_1 \text{ por } m_2 \text{ para a descarga})$$

Por dimensão dimensional, tendo o módulo E de Young as unidades N/m^2 ,

Não é necessário multiplicar a expressão obtida pelo valor de ~~ambas~~ de grandeza:
 $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$

* A incerteza propaga da módulo de Young obtém - se pela expressão

$$u(E) = \sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial m_1} u(m_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial D} u(D)\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial L} u(L)\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial b} u(b)\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial \varphi} u(\varphi)\right)^2}$$
$$= \sqrt{\left(\frac{L \cdot 8 \cdot 9,81}{(b \pi \varphi^2)^2} \cdot D \cdot b \cdot \pi \cdot \varphi^2 \cdot u(m_1)\right)^2 + \left(\frac{L \cdot 8 \cdot 9,81}{(b \pi \varphi^2)^2} \cdot m_1 \cdot b \cdot \pi \cdot \varphi^2 \cdot u(D)\right)^2 + \left(\frac{m_1 \cdot 8 \cdot 9,81}{(b \pi \varphi^2)^2} \cdot D \cdot b \cdot \pi \cdot \varphi^2 \cdot u(L)\right)^2 + \left(\frac{m_1 \cdot 8 \cdot 9,81}{(b \pi \varphi^2)^2} \cdot D \cdot L \cdot \varphi^2 \cdot \pi \cdot u(b)\right)^2 + \left(\frac{m_1 \cdot 8 \cdot 9,81}{(b \pi \varphi^2)^2} \cdot D \cdot L \cdot b \cdot \pi \cdot \varphi \cdot u(\varphi)\right)^2}$$

relativo - se em
por cm² para a
incerteza de
E de energia

Assim, temos que os valores determinados para o módulo de Young são:

$$E_{\text{carga}} = ((1,75 \pm 0,11) \times 10^{11}) \text{ N/m}^2$$

$$E_{\text{descarga}} = ((2,16 \pm 0,17) \times 10^{11}) \text{ N/m}^2$$

$$E_{\text{média}} = ((1,96 \pm 0,21) \times 10^{11}) \text{ N/m}^2$$

↳ incerteza calculada pela expressão

$$u(E_{\text{média}}) = \frac{\text{dúvio - férias}(E_{\text{carga}}, E_{\text{descarga}})}{\sqrt{2}}$$

- De acordo com a Tabela 3.2., na carga das mãos a incerteza e o erro relativo da módulo de Young é menor do que na descarga das mãos. Tal explica - se por:
 - A descarga das mãos constitui a 2^a parte da experiência, logo seu deformação adicional do fio durante a tensão pode estar parte da ~~erro~~ experiência.
 - Dada a oscilação das mãos na 1^a parte da experiência, durante a descarga da rede manus, foi perdido tempo a garantir que o fio de aço estaria realmente paralelo às barras do suporte, de modo a não ocorrer ~~erro~~ o mesmo erro que aconteceu durante a carga das mãos (ver gráfico 1.1). Assim, houve deformação adicional do fio.
- Assim, a incerteza para a ~~erro~~ carga e descarga são ambas reduzidas e,

apurar de E_{carga} e $E_{descarga}$ não se encontravam na forma desejada, $(1.90 - 2.00) \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, o valor final, $E_{média}$, já se encontrava, tendo também uma menor probabilidade reduzida. Como tal, o ajuste linear escolhido tanto para a carga como a descarga foi adequado, verificando a relação proporcional entre a tensão do fio (que aumenta com o aumento da carga no suporte) e a sua deformação, ou seja, é evidente o comportamento elástico do apoio, tal que a lei de Hooke é consistente com os dados observados.

Conclusão

- Determinou-se, para um fio de apoio, o seu módulo de Young com erros e imprecisões reduzidas, obtendo-se dados estatisticamente significativos, o que é muito útil para a aplicação da lei de Hooke.
- Assim, verificou-se experimentalmente o comportamento elástico do apoio e confirmou-se que a lei de Hooke pode ser aplicada à situação experimental em causa.

Anexo

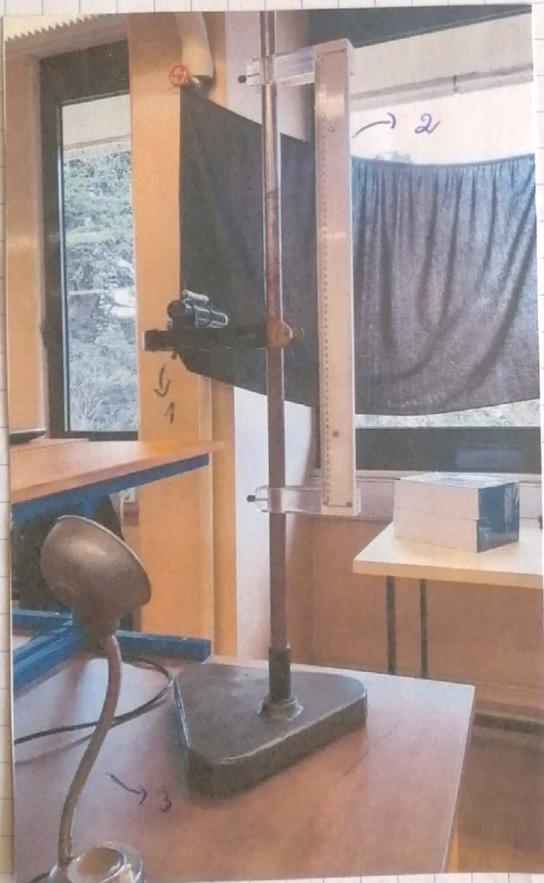


Figura 1: Montagem experimental do suporte com a lente (1), a régua graduada (2) e uma pantume (3, mas refere ao procedimento, sendo utilizada para uma melhor visualização de escala)

⊗ ainda que a oscilação dos pesos no suporte tenha afetado significativamente os dados experimentais e, consequentemente, o ajuste linear