

→ 1 - Objetivos

- Verificar que a potência luminosa é o quadrado da distância \propto inversamente proporcional
- Determinar o coeficiente de abranginga de alguns filtros

~~- Comparar a gama e condições em que a lei em estudo é mais fiável com a gama e condições experimentais~~

Fórmulas

$$V(d) = k d^{-2}$$

↓
obvio! Faz parte
da análise sempre!

→ 2 - Execução

→ 2.1 - Montagem Experimental

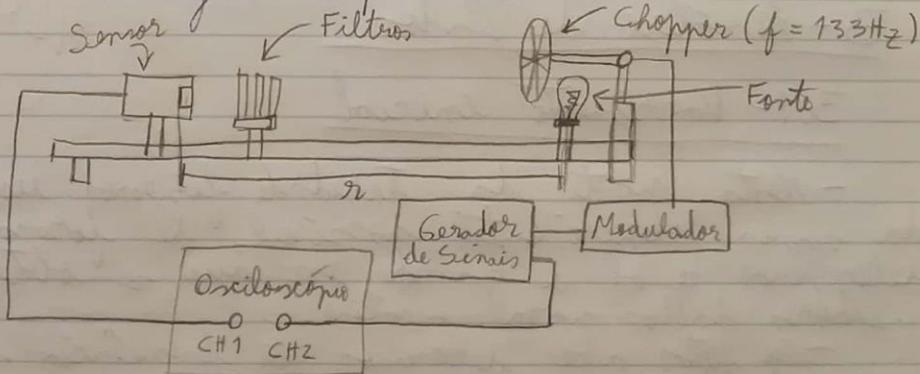


Figura 1 - Esquema da montagem experimental

→ 2.2 - Estudo para Considerações Experimentais

- Escolher uma frequência adequada para o modulador (entre 100 e 200 Hz) → que quer dizer?
- Fazer varredura das distâncias e ver qual a melhor gama experimental para o ~~segundo~~ Z.3
- Observar no osciloscópio o sinal obtido no detector para corrente DC e AC para uma distância $r \approx 20$ cm

o estudo a fazer

→ 2.3 - Estudo da relação entre Potência luminescente de uma fonte pontual e a distância a dela.

- Variar a distância, r , de um valor máximo (por definir por nós). Registar V , r e a diferença de fase entre os 2 sinais obtidos

- Com a análise gráfica, ~~notas~~ Verificar que $V(d) = k d^{-2}$

→ 2.4 - Cálculo do coeficiente de absorção ~~de~~

- Colocar suportes dos filtros em frente ao detector

- Para uma distância, r , fixa, registar a variação de V em função da espessura total dos filtros, d filtro

- Com o gráfico obtido, calcular o coeficiente de absorção do acrílico (material dos filtros)

3 - Análise de Dados

3.1 - Varriamento inicial

- Neste ponto da atividade fizemos um varriamento da gama experimental possível, se formo os determinar qual a gama em que se obtém melhores dados para análise.

- De notar que definimos a frequência no modulador como $f = (133 \pm 1) \text{ Hz}$, que mantivemos constante durante toda a atividade.

- Além de estudar a gama experimental, pretendíamos comparar os resultados obtidos ao ter o osciloscópio a ser obtido como corrente alternada (AC) e em corrente contínua (DC). Assim, fizemos 2 ensaios, um em AC, outro em DC. Em ambos, registámos a distância do sensor ao filamento da lâmpada (d), a tensão pico a pico medida no osciloscópio (V) e a diferença de fase entre os sinais. Os valores registados podem ver vistos nas Tabelas 10 ~~e apêndice~~ e 11 no apêndice

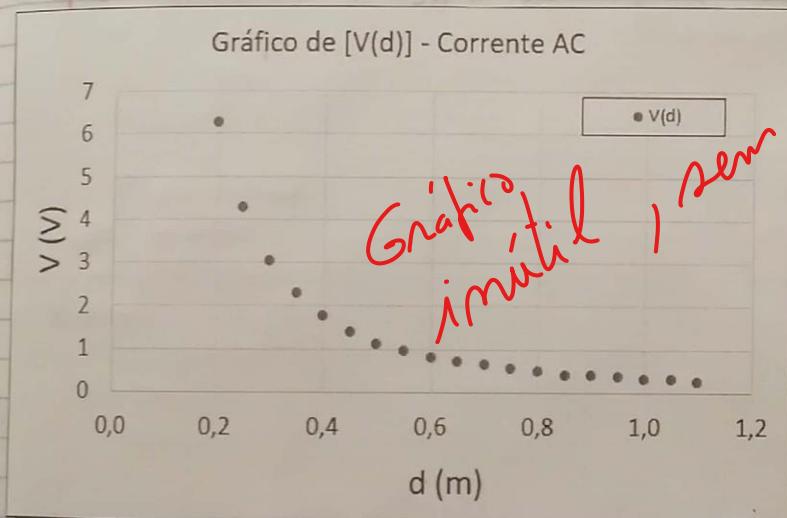
porque é relevante a acta
relativa à frequência?
é relevante a escala?
é relevante a min.
e relevante?

- Os valores de d indicados correspondem aos valores indicados na régua da montagem subtraídas 8 cm, pois essa era a distância do início da régua ao filamento.

- Calculamos ainda $\log(V)$ e $\log(d)$ para cada par (V, d) de valores. Para obter as incertezas de cada um destes logaritmos fizemos propagação de incertezas:

$$u(\log(x)) = \frac{1}{\ln(10)} \cdot \frac{u(x)}{x}$$

Corrente AC



linhc da a)

Gráfico 1 -
Valores $V(d)$
registados para
corrente AC

- Tal como esperado, é visível que a tensão detectada no sensor é máxima para valores mais reduzidos de d .

- De seguida, fizemos o gráfico $\log(V)$ [$\log(d)$] para tentar verificar a relação de proporcionalidade teórica:

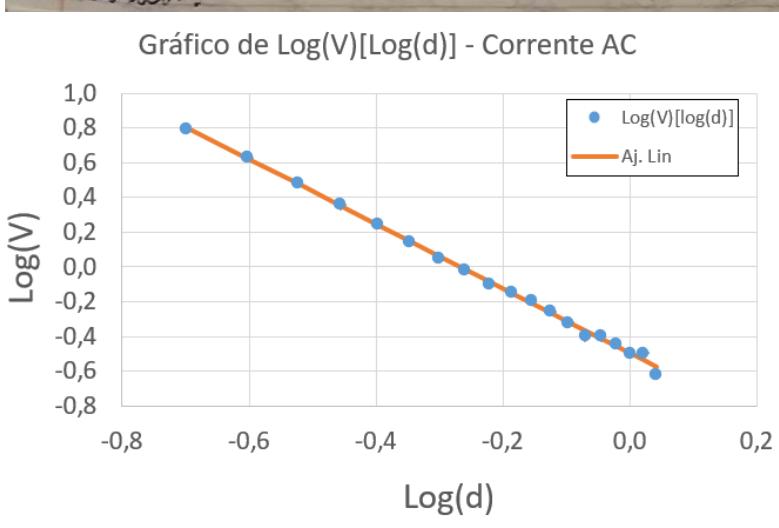


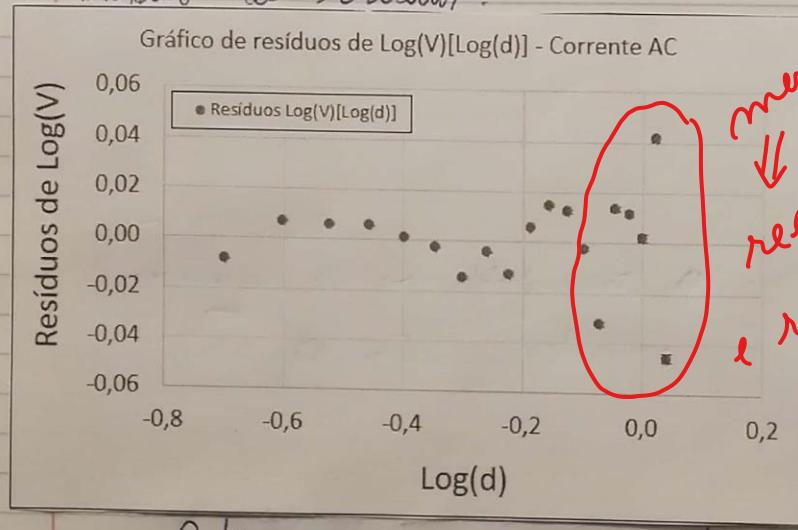
Gráfico 2 -
Unearragem
dos dados do
gráfico 1

- A partir ~~do~~ do gráfico 2 obtém-se a seguinte ~~equação~~ regressão linear:

Aj. Linear - Log(V)[Log(d)]			
m	-1,86	-0,497	b
s(m)	0,02	0,006	s(b)
r ²	0,998	0,02	s(y)

Tabela 1 - Regressão linear de $\log(V)[\log(d)]$ para corrente AC.

- Para esta regressão obtemos ainda o seguinte gráfico de resíduos:



menor qualidade de ajuste
Gráfico 3 -
resíduos de $\log(V)[\log(d)]$
para corrente AC
e respeitando percentagens
barra de inc. m/s visíveis!

- Podemos ver que os resíduos são aleatórios e que apresentam maior dispersão para valores de $\log(d)$ maiores, especialmente a partir de $\log(d) \approx -0,2$, ou seja, $d = 0,65$ m.
- Temos ainda que foi obtido o declive:

$$m = (-1,86 \pm 0,02) \text{ (s.u.)}$$

Ao qual está associada uma incerteza percentual de 1,08%. $\sim 1\%$

- Uma vez que estamos a estudar a relação $V \propto d^{-2}$, o declive teórico desse regressão linear é -2 . Assim, o erro percentual desse declive é de 7%, por ~~excesso~~ excesso.

Corrente DC registrados
- Os valores ~~estão~~ encontram-se na Tabela 2 do apêndice

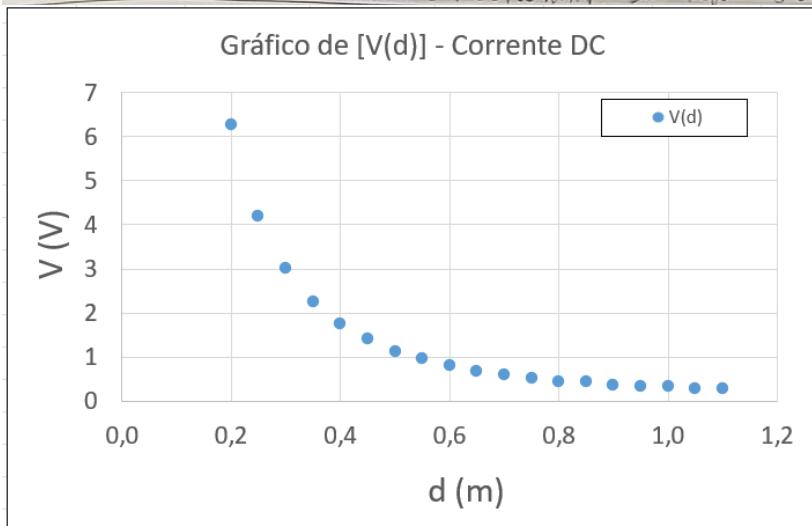


Gráfico 4 -
 Relação entre
 V e d para
 corrente DC

- Tal como esperado, Voltamos a ter o mesmo ~~relacionamento~~ traçado do gráfico 1.
- Notadamente, fizemos o gráfico $\log(V) [\log(d)]$:

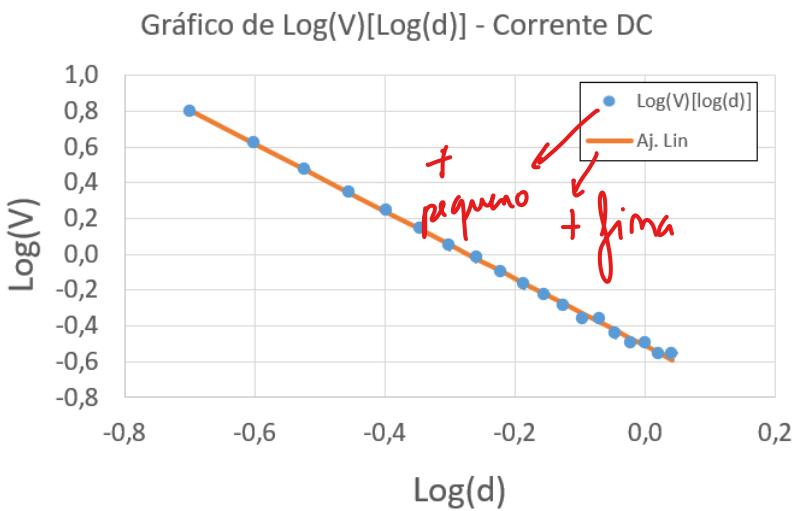


Gráfico 5 -
 Linearização

Gráfico 5 -
~~relacionamento~~ linearização
 dos dados do
 gráfico 4.

Para o qual obtivemos a seguinte regressão linear:

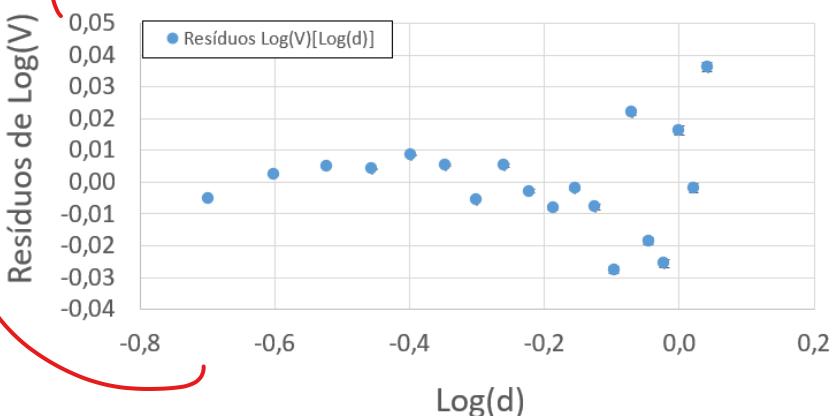
Ajuste Linear - $\log(V)[\log(d)]$			
m	-1,88	-0,511	b
s(m)	0,02	0,005	s(b)
r ²	0,9986	0,02	s(y)

Tabela 2 - Regressão linear de
 $\log(V)[\log(d)]$ para corrente
 DC

→ desequilíbrios na "dureza" da graduação das escalas

A partir da qual obtemos os resíduos do análogo 5:

Gráfico de resíduos de $\log(V)[\log(d)]$ - Corrente DC



(idem da análise anterior)

Gráfico 6 -
Resíduos da
regressão linear
 $\log(V)[\log(d)]$
para corrente
DC

- Notivamente, os resíduos são aleatórios e apresentam mais dispersão a partir de $\log(d) \approx 0,20$.

- Para corrente DC temos:

$$m = (-1,88 \pm 0,02) (\text{s.u.})$$

Sendo que este valor está associado uma incerteza percentual de 1,06%.

- O erro percentual deste declive é de 0,06%, por excesso.

~~Resíduos da regressão linear~~

3.2 - Estudo da relação ~~$P \propto d^{-2}$~~

- Como no varrimento inicial obtemos um declive com erro e incertezas menores para corrente DC, no resto da atividade utilizamos esse tipo de corrente no osciloscópio.

- No varrimento inicial decide-se fazer análise da goma $[0,20 - 0,80] \text{ m}$. Assim, $d_{\min} = 0,20 \text{ m}$; $d_{\max} = 0,80 \text{ m}$

→

- Agora, para garantir melhores resultados, o nosso objetivo era obter 20 pontos que, ao calcular o seu logaritmo, resultassem em pontos uniformemente distribuídos.

- Agora, sabemos que a distância do ponto número n à posição d_{\min} será

$$\frac{d_n - d_{\min}}{n} \text{ (m)}$$

- Sabemos que o valor scima deverá ser igual a $\frac{d_{\max} - d_{\min}}{20-1} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{19}$

- Desta forma temos:

$$\frac{d_n - d_{\min}}{n} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{19}$$

$$\log(d_n) - \log(d_{\min}) = \frac{n}{19} [\log(d_{\max}) - \log(d_{\min})]$$

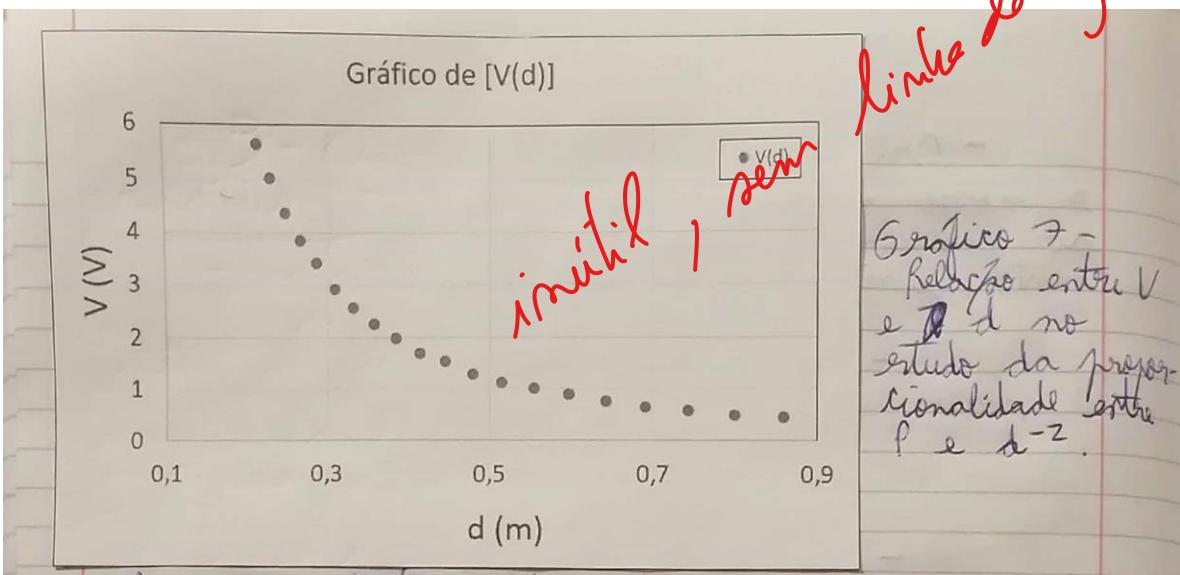
$$\log(d_n) = \log(d_{\min}) + \frac{n}{19} [\log(d_{\max}) - \log(d_{\min})]$$

$$d_n = 10^{(\log(d_{\min}) + \frac{n}{19} [\log(d_{\max}) - \log(d_{\min})])}$$

$$d_n = 10^{(\log(0,20) + \frac{n}{19} \log(4))}$$

- Assim, usando a equação $d_n(n)$ para n entre 1 e 20, podemos obter as distâncias ~~de~~ a estudar.

- Assim como na seção 3.1, registramos valores de d , V e da diferença de fase entre o sinal gerado no modulador e aquele detectado no sensor. Calculamos ainda $\log(d)$ e $\log(V)$. Novamente usamos propagação de incertezas para obter $u(\log(d))$ e $u(\log(V))$. Todos os valores obtidos estão na tabela 32 do apêndice.



A partir destes dados obtivemos a seguinte linearização:

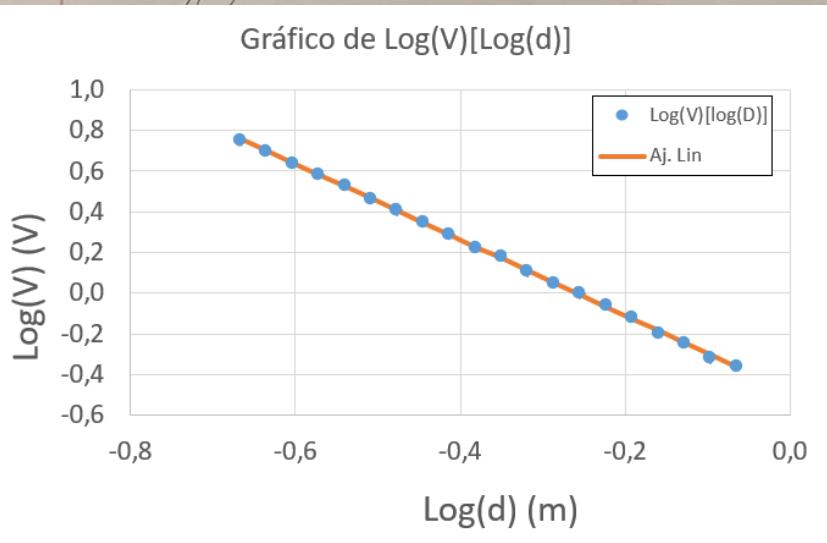


Gráfico 7 - Relação entre V e d no estudo da proporcionalidade entre P e d^{-2} .

Gráfico 8 - Linearização dos dados presentes no gráfico 7

A qual corresponde a seguinte regressão linear:

Aj. Linear - $\text{Log}(V)[\text{Log}(d)]$			
m	-1,864	-0,483	b
s(m)	0,009	0,004	s(b)
r^2	0,9996	0,007	s(y)

Tabela 3 - Regressão linear $\text{log}(V)[\text{log}(d)]$ do gráfico 8.

Sendo que a partir destes é possível obter os gráficos de rendimentos abaixo:

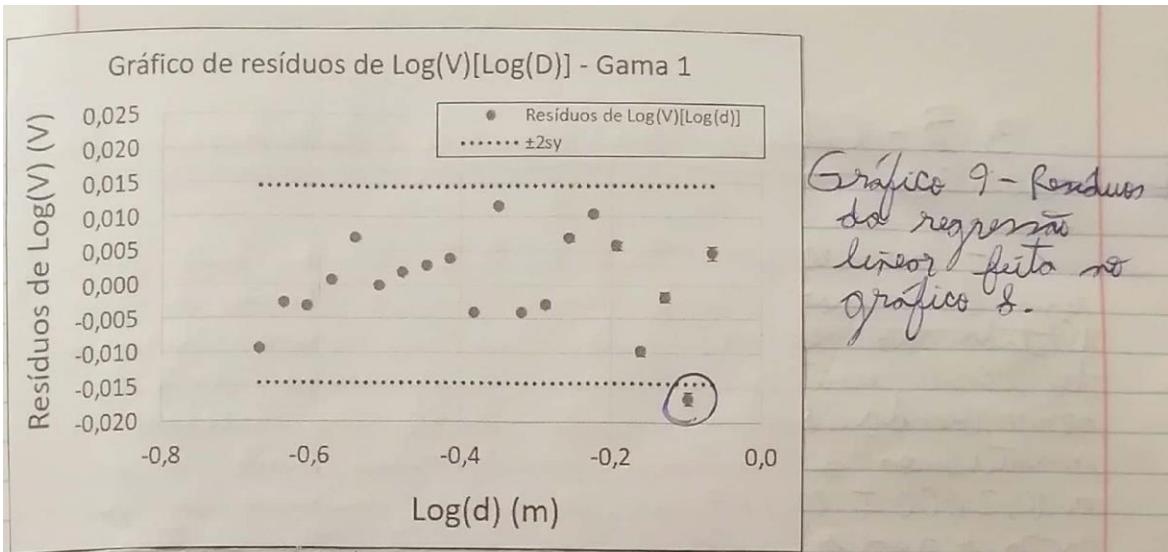


Gráfico 9 - Resíduos da regressão linear feita no gráfico 8.

- No gráfico acima podemos ver que existe um ponto (rodeado, na parte inferior direita do gráfico) que se encontra fora do intervalo de confiança ($\pm 2 s_y$). Na nossa análise realizamos o estudo de uma segunda gama que continha todos os pontos exceto este. Ao fazer isso, os valores de $s(m)$, $s(b)$ e $s(y)$ diminuíram mas o erro percentual do declive obtido aumentou. Além disso, por s_y diminuir, passava a haver outro ponto fora do intervalo de confiança. Assim, chegou-se à conclusão que não era necessário alterar a gama em estudo.

- Assim, neste ponto da tarefa foi obtido o valor

$$m = (-1,864 \pm 0,009) \text{ (s.m.)}$$

- Sendo que a este declive está associada uma incerteza percentual de 0,5% e um erro percentual de 6,8% por excesso.

3.3 - Cálculo do coeficiente de absorção do Acrílico

- Nos recados 3.1 e 3.2 vimos que para um d menor temos uma maior tensão a ser detetada no sensor, pelo que há menor dissipação do sinal emitido e mais informação deste é conservada. Assim nesta parte da análise mantivemos a distância sensor-filamento igual a $(0,2000 \pm 0,0005)$ m, o valor mínimo de d para o qual o sinal é corretamente transmitido.

- Colocamos os sensores o mais próximo possível do sensor. Isto porque queremos estudar o sinal que ~~é~~ chega ao sensor após ser emitido pelo filamento e a tenuado pelo filtro. Assim, se os filtros estivessem mais perto do filamento que do filtro, o sinal que queremos estudar poderia ser dissipado, e esse seria um fator que não consideramos na análise.

- Nesta parte da análise, optamos por estudar a relação ~~de~~ de V em função da espessura total dos filtros, d filtros. Isto porque os filtros não têm todos a mesma espessura.

- Assim, para cada ensaio colocámos filtros diferentes e por ordens diferentes. Registámos a filtro, V , $\ln(V)$ para cada ensaio (como se pode ver nas tabelas 14 a 18 do apêndice). A tabela 13 do apêndice ~~mostra~~ mostra os valores obtidos na medição da espessura dos filtros.

- Para determinar $\ln(V)$ fizemos propagação de incertezas, sendo que:

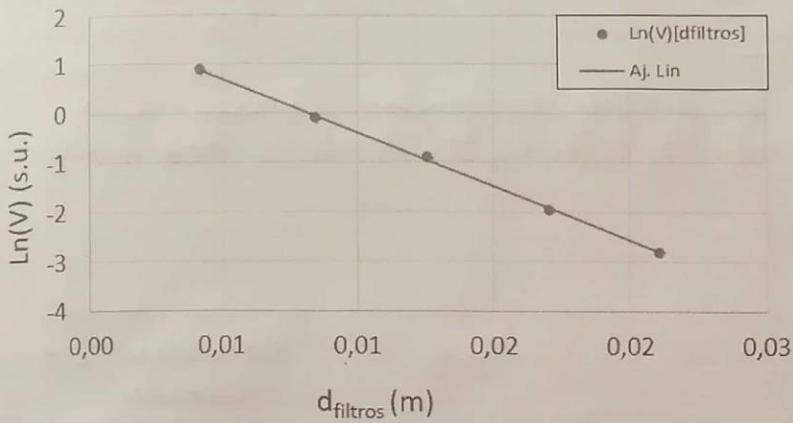
$$u(\ln(V)) = \frac{u(V)}{V} = \frac{0,001}{V}$$

- Em cada ensaio, o declive (m) da regressão $\ln(V)$ (d filtros) será igual ao coeficiente de absorção do acrílico

Ensaio 1

- Os valores registados encontram-se na tabela 14 do apêndice.

Gráfico de $\ln(V)[d_{\text{filtros}}]$ - Ensaio 1



A este gráfico está associada a seguinte regressão linear:

Ajuste Linear 1			
m	-216,8	b	
$s(m)$	3,4	$s(b)$	
r^2	0,9993	$s(y)$	

Tabela 4 - Regressão linear $\ln(V)[d_{\text{filtros}}]$ para o gráfico 10

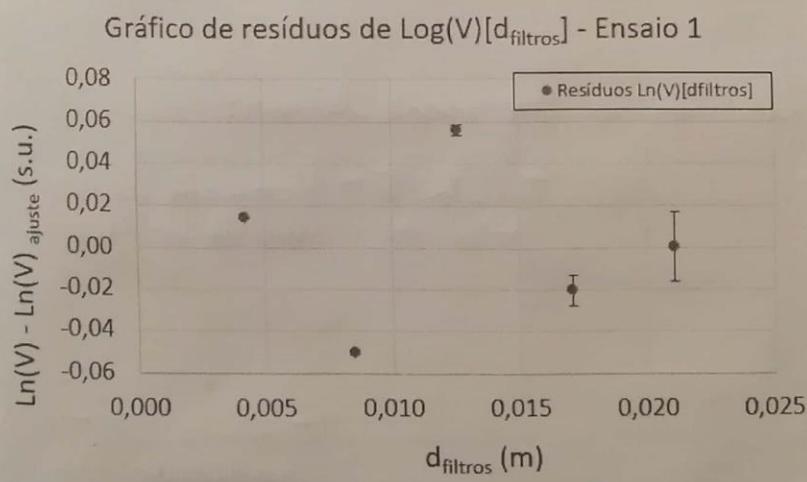


Gráfico 11 - Resíduos correspondentes à regressão linear no gráfico 10

- Podemos ver que os resíduos são redondos, o que os valores de m e b obtidos têm baixas incertezas e que $r^2 \approx 1$. Assim, o ajuste está bem feito.
+ Neste ensaio, os filtros colocados foram: 7, 6, 5, 4, 3 (por esta ordem)

- Desta modo, o valor de λ obtido no ensaio 1 foi:

$$|\lambda| = \alpha_1 = (216,8 \pm 3,4) \text{ m}^{-1}$$

Sendo que temos uma incerteza percentual de 1,6%.

Ensaio 2

- Neste ensaio, os filtros colocados foram (pela respectiva ordem): 3, 4, 5, 6, 7. Assim, foi obtido o gráfico 12:

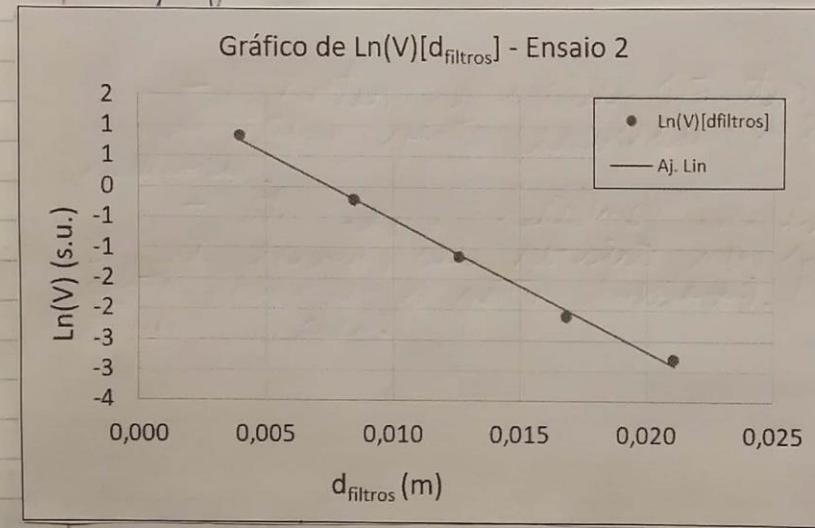


Gráfico 12 -
Relação
 $\ln(V)[d_{\text{filtros}}]$
no ensaio 2

Para o qual fizemos a regressão linear:

Tabela 5 - Regressão linear
para os dados do gráfico 12

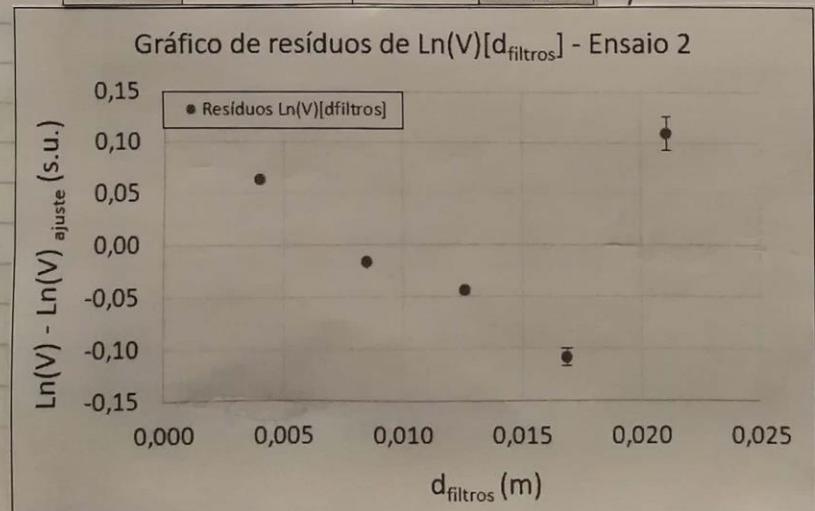


Gráfico 13 -
Resíduos da
regressão linear
do gráfico 12

- Os valores registados neste ensaio encontram-se na tabela 15 do apêndice
- Podemos ver no gráfico 13 que os resíduos parecem apresentar ~~uma~~ uma tendência linear ~~para~~ para os primeiros 4 pontos. ~~Assim~~ Assim, poderia-se pensar que seria melhor considerar o último ponto como desviador. No entanto, após fazer uma análise deste ensaio sem esse ponto, vimos que o valor de d obtido teria ~~uma~~ uma alta discrepância em relação aos outros ensaios. Além disso, todos os pontos obtidos estão dentro do intervalo de confiança ($\pm 2 s(y)$)
- Deste modo, para o ensaio 2 obtivemos:

$$|m| = \alpha_2 = (215,5 \pm 7,4) \text{ m}^{-1}$$

Sendo que se tem uma incerteza percentual de 3,4%.

Ensaio 3

- Neste ensaio colocamos, por esta ordem, os filtros 6, 5, 4, 3, 7. Os valores recolhidos estão na Tabela 16 do apêndice

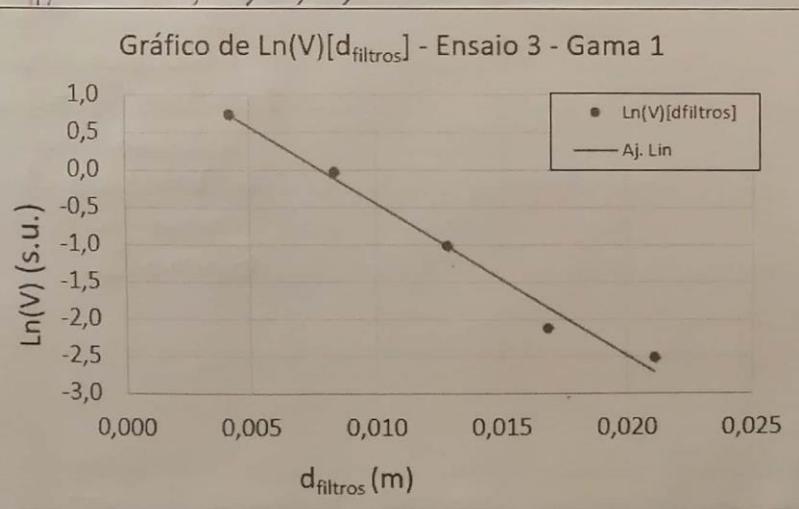


Gráfico 14 -
Relação
 $\ln(V) (d_{\text{filtro}})$
para os 5
pontos recolhidos
no ensaio 3.

- Deste gráfico obtemos a regressão linear da Tabela 6:

Ajustamento Linear 3 - Gama 1			
m	-203,3	b	
$s(m)$	14,6	$s(b)$	
r^2	0,98	$s(y)$	

Tabela 6 - Regressão linear
para os dados do gráfico
14

- Para a qual temos os seguintes resíduos:

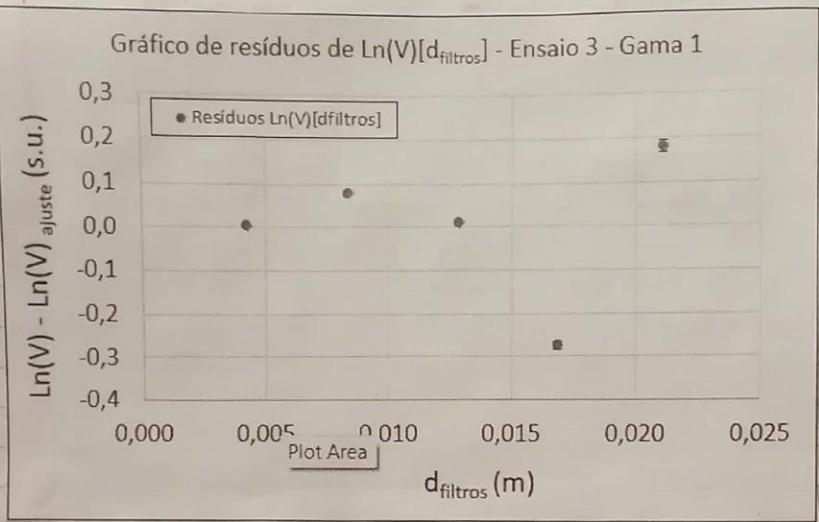


Grafico 15-
Resíduos
relativo à
regressão linear
no gráfico 14

- A partir do gráfico 15 torna-se evidente que o último ponto recolhido ($d \approx 0,021$) é duvidoso.

- Desta forma, decidimos analisar uma Gama 2 deste ensaio, que consiste nos primeiros 4 pontos (remover o ponto duvidoso). Observe-se o seguinte gráfico:

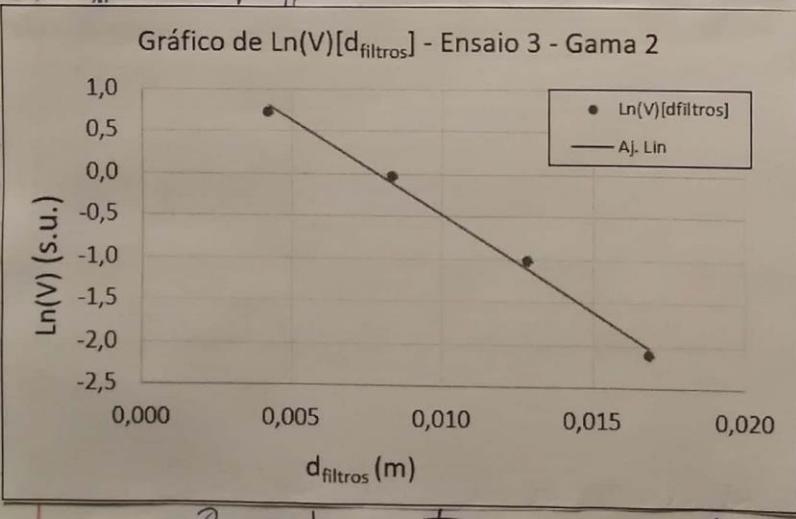


Grafico 16-
Relação
 $\ln(V)$ / d_{filtros}
para a
Gama 2

- De onde se tem a seguinte regressão linear:

Ajuste Linear 3 - Gama 2			
m	-224,4	1,8	b
s(m)	13,6	0,2	s(b)
r ²	0,993	0,1	s(y)

Tabela 7 - Regressão linear
dos dados no gráfico
16.

- A partir das quais podemos obter o gráfico de resíduos:

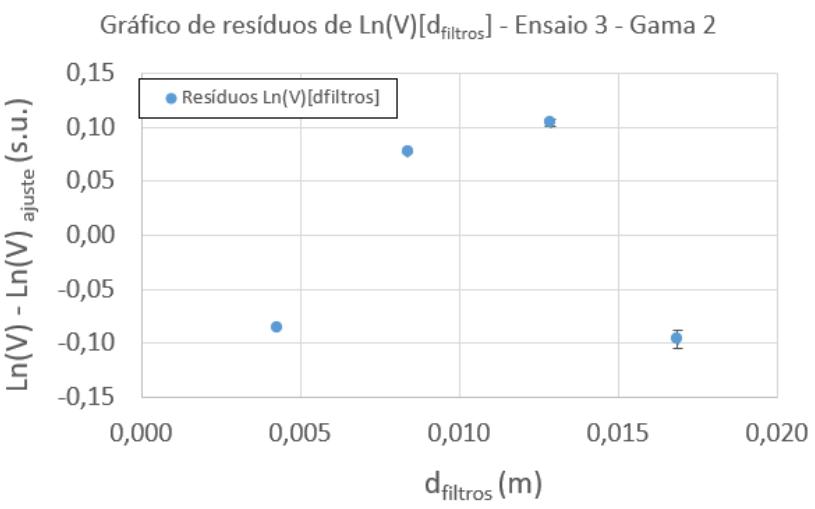


Gráfico 17 -
Resíduos relativos
à regressão
linear no
gráfico 16

- No gráfico 17 vemos que os resíduos apresentam uma tendência parabólica. No entanto, todos os pontos se encontram dentro do intervalo de confiança e, com esta gama, foi obtido um valor de $\alpha = 1 \text{ m}^{-1}$ muito mais ~~semelhante~~ semelhante àquele do resto dos ensaios do que com a gama 1. Desta modo, consideramos que esta gama é a melhor das duas para determinar α , apesar dos resíduos tendenciosos.

- Para o ~~do~~ ensaio 3, o valor obtido foi:

$$|m| = \alpha_3 = (224,4 \pm 13,6) \text{ m}^{-1}$$

, que tem uma incerteza percentual de 6,06%.

Ensaio 4

- Neste ensaio, os filtros foram colocados na ordem: 1, 2, 3, 6, 7
- Os valores registados encontram-se na Tabela 17 no apêndice

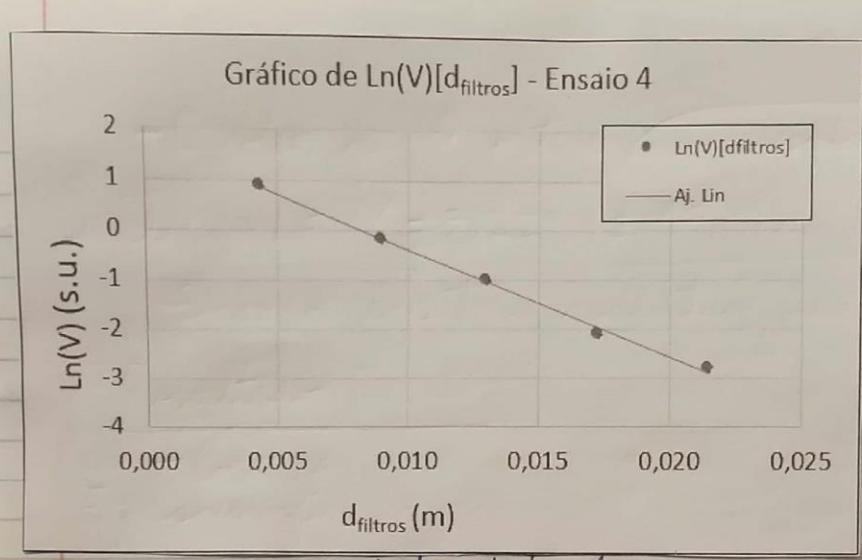


Gráfico 18 -
Relação
 $\ln(V)[d_{\text{filtros}}]$
no ensaio 4

- A partir destes dados faremos a regressão linear:

Tabela 8 - regressão linear
correspondente ao
gráfico 18

- E temos o gráfico de resíduos:

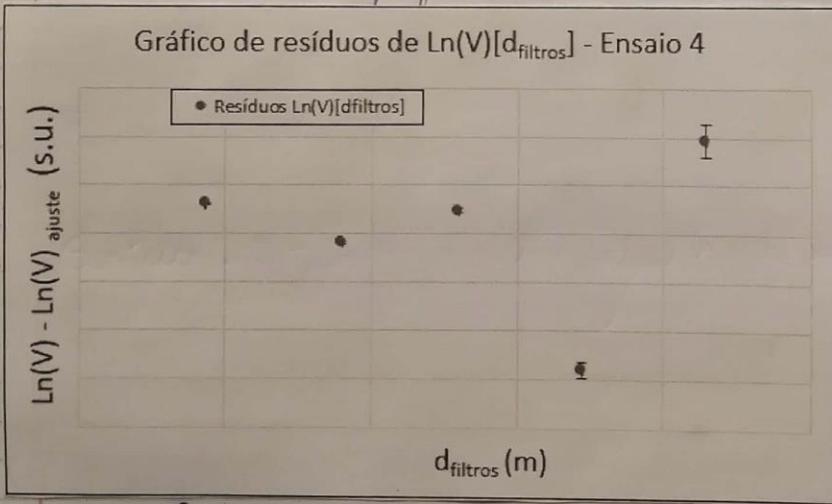


Gráfico 19 -
Resíduos relativos
à regressão
linear no
gráfico 18.

- Podemos ver que os resíduos são aleatórios,
 $r^2 \approx 1$ e que m e b têm incertezas reduzidas.

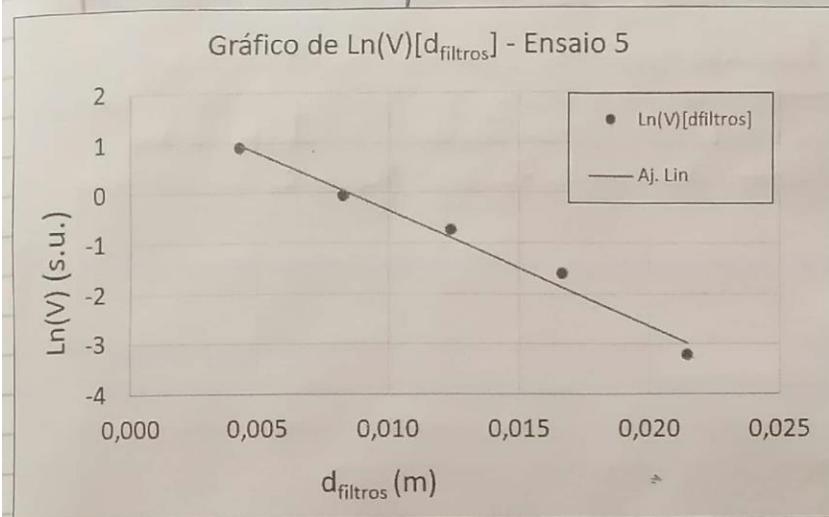
- O valor de α obtido neste ensaio foi

$$|m| = \alpha = (219,9 \pm 7,5) \text{ m}^{-1}$$

que apresenta uma incerteza percentual de 3,4%.

Ensaio 5

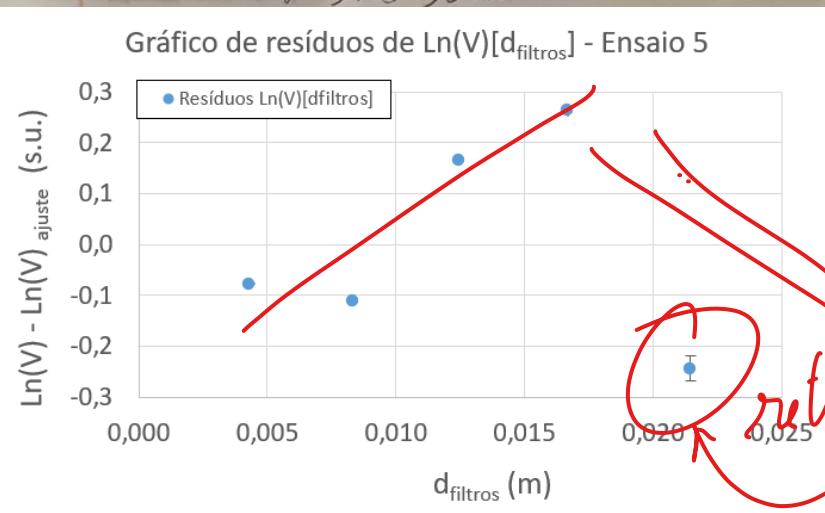
- Neste ensaio, os filtros foram colocados na ordem: 1, 3, 5, 7, 2. Os valores registados estão na tabela 18 do apêndice.



Sendo que temos esta regressão linear:

Tabela 9 - regressão linear correspondente ao gráfico 20

E temos estes resíduos:



- Podemos ver que os resíduos são aleatórios.

MÉDIA

Gráfico 20 -
~~Relação~~
 $\ln(V)[d_{\text{filtro}}]$
 para os dados
 do ensaio 5

Gráficos 21 -
 Resíduos relativos
 à regressão
 linear no
 gráfico 20

Retirar e refazer ajuste

- O valor de α obtido no ensaio 5 foi:

$$|m| = \alpha_5 = (229,9 \pm 17,9) \text{ m}^{-1}$$

Sendo a incerteza percentual de 7,8%.

Resultados Finais

- Para comparar os resultados obtidos nos 5 ensaios fizemos os seguintes gráficos:

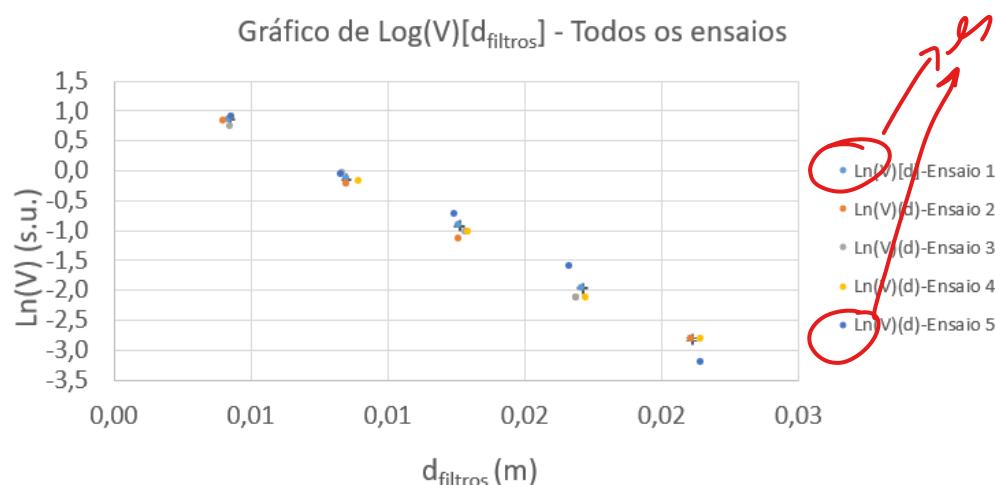


Gráfico 22 - Dados $\ln(V)(d_{\text{filtros}})$ para os 5 ensaios realizados

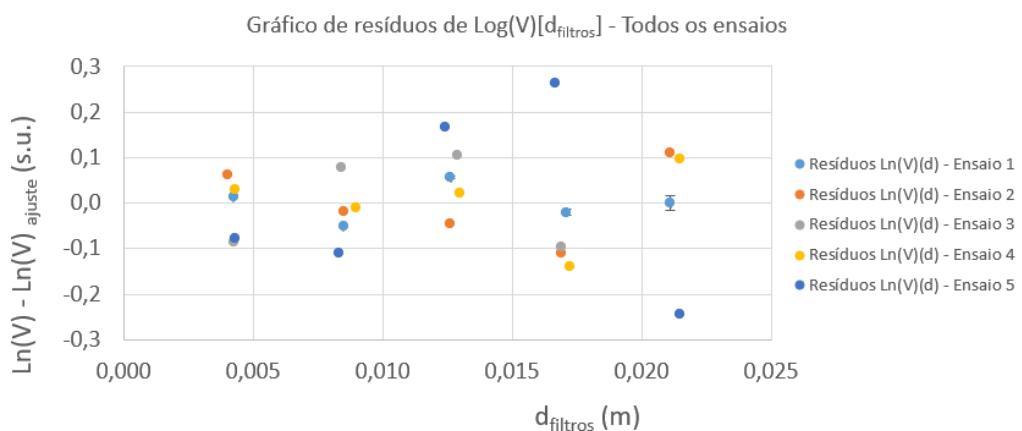


Gráfico 23 - Resíduos das regressões lineares $\ln(V)(d_{\text{filtros}})$ dos 5 ensaios.

- Podemos ver que os gráficos recolhidos são maioritariamente consistentes, o que é refletido nos valores semelhantes de α obtidos. A excessão a isto é o ensaio 5. Especialmente no gráfico 23, podemos ver que os dados do ensaio 15 são mais dispersos e ~~que~~ por vezes afastam-se dos restantes ensaios.

- Desta modo, decidimos não incluir este ensaio na determinação do valor final α .

- Para determinar este valor final fizemos a média dos valores obtidos nos ensaios 1, 2, 3, 4 para α . Para determinar a sua incerteza ~~foi~~ foi usada a fórmula:

$$u(\bar{\alpha}) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \text{ sendo } \bar{\alpha} \text{ a média de } N \text{ termos e } \sigma \text{ o seu desvio padrão}$$

- Temos então o valor final:

$$\boxed{\bar{\alpha} = (219,2 \pm 1,7) \text{ m}^{-1}}$$

Sendo que este valor apresenta uma incerteza percentual de 0,8%.

alg? ngrif. corrdos

4 - Conclusões

- Na 1ª parte da Atividade Experimental (Seção 3.1), pudemos verificar a proporcionalidade ~~a menor de uma incerteza de~~ que o osciloscópio em ~~modo~~ modo de corrente contínua (DC). Conseguimos ainda detetar o valor mínimo de α para o qual o sinal é transmitido corretamente, assim como vemos que a essa distância o sinal tem maior intensidade e qualidade, pois este sinal desaparece ao percorrer o ar.

- Na 2º parte (Seção 3.2) conseguimos verificar a proporcionalidade $V \propto d^{-2}$, a menos de uma incerteza de 0,5% e com um erro de 6,8% por excesso.

OK!
ou *

- Através de 4 ensaios, na 3^a parte da distância (segundo 3.3), foi possível determinar o coeficiente de absorção do acetílico com uma incerteza de 0,8%.

maior?
menor?

- Comparamos o resultado obtido com aquele obtido pelo grupo 3 da turma PL4, sendo que os valores têm um desvio de cerca de 7%. No entanto, a distância d usada por eles na 3^a parte da distância foi diferente da nossa, do mesmo modo que a ordem dos filtros foi diferente. Assim, é porque poderão haver mais fatores diferentes, este valor poderá não ter sido o melhor para comparar.

- Deve-se notar que na execução da distância cobriu-se o suporte com um pano preto, pois sabemos de execuções desta distância que isto reduz a incerteza obtida.

- Por fim, devido a dificuldades com a montagem experimental, em alguns ensaios os filtros poderiam não estar numa posição perpendicular ao eixo do raiô o que poderá ter causado refração e afetado os resultados obtidos.

errado /
(ver nota no final do
trabalho d' Pilar) errado!

pertence
a impli-
mentação
do método
experi-
mental

4 – Apêndice

AC											
(d ± 0,05) cm	(d ± 0,0005) m	(V ± 1) mV	(V ± 0,001) V	(V2 ± 0,001) V	(Fase ± 0,1) °C	Log (d)	u(Log(d))	Log(V)	u(Log(V))	Aj. Linear	Resíduos
20,00	0,2000	6260	6,260	54,800	24,2	-0,699	0,001	0,7966	0,0001	0,8048	-0,0082
25,00	0,2500	4280	4,280	54,800	25,4	-0,6021	0,0009	0,6314	0,0001	0,6243	0,0072
30,00	0,3000	3040	3,040	54,800	26,5	-0,5229	0,0007	0,4829	0,0001	0,4768	0,0061
35,00	0,3500	2280	2,280	54,800	26,5	-0,4559	0,0006	0,3579	0,0002	0,3521	0,0058
40,00	0,4000	1760	1,760	54,800	27,5	-0,3979	0,0005	0,2455	0,0002	0,2441	0,0014
45,00	0,4500	1400	1,400	54,800	27,4	-0,3468	0,0005	0,1461	0,0003	0,1489	-0,0027
50,00	0,5000	1120	1,120	54,800	27,3	-0,3010	0,0004	0,0492	0,0004	0,0636	-0,0144
55,00	0,5500	960	0,960	54,800	27,8	-0,2596	0,0004	-0,0177	0,0005	-0,0135	-0,0043
60,00	0,6000	800	0,800	54,800	27,9	-0,2218	0,0004	-0,0969	0,0005	-0,0838	-0,0131
65,00	0,6500	720	0,720	54,800	28,1	-0,1871	0,0003	-0,1427	0,0006	-0,1486	0,0059
70,00	0,7000	640	0,640	54,800	28,5	-0,1549	0,0003	-0,1938	0,0007	-0,2085	0,0147
75,00	0,7500	560	0,560	54,800	29,1	-0,1249	0,0003	-0,2518	0,0008	-0,2643	0,0125
80,00	0,8000	480	0,480	54,800	29,1	-0,0969	0,0003	-0,3188	0,0009	-0,3165	-0,0022
85,00	0,8500	400	0,400	54,800	29,0	-0,0706	0,0003	-0,398	0,001	-0,3656	-0,0324
90,00	0,9000	400	0,400	54,800	29,5	-0,0458	0,0002	-0,398	0,001	-0,4118	0,0139
95,00	0,9500	360	0,360	54,800	59,6	-0,0223	0,0002	-0,444	0,001	-0,4555	0,0118
100,00	1,0000	320	0,320	54,800	61,4	0,0000	0,0002	-0,495	0,001	-0,4970	0,0022
105,00	1,0500	320	0,320	54,800	60,0	0,0212	0,0002	-0,495	0,001	-0,5365	0,0416
110,00	1,1000	240	0,240	54,800	60,5	0,0414	0,0002	-0,620	0,002	-0,5741	-0,0457

Tabela 10 – Valores recolhidos com corrente AC

DC											
(d ± 0,05) cm	(d ± 0,0005) m	(V1 ± 1) mV	(V ± 0,001) V	(V2 ± 0,001) V	(Fase ± 0,1) °C	Log (d)	u(Log(d))	Log(V)	u(Log(V))	Aj. Linear	Resíduos
20,00	0,2000	6280	6,280	50,800	24,2	-0,699	0,001	0,7980	0,0001	0,8030	-0,0050
25,00	0,2500	4200	4,200	50,800	24,7	-0,6021	0,0009	0,6232	0,0001	0,6208	0,0024
30,00	0,3000	3000	3,000	50,800	25,4	-0,5229	0,0007	0,4771	0,0001	0,4719	0,0052
35,00	0,3500	2240	2,240	50,800	26,9	-0,4559	0,0006	0,3502	0,0002	0,3461	0,0042
40,00	0,4000	1760	1,760	50,800	26,7	-0,3979	0,0005	0,2455	0,0002	0,2370	0,0085
45,00	0,4500	1400	1,400	50,800	27,2	-0,3468	0,0005	0,1461	0,0003	0,1409	0,0053
50,00	0,5000	1120	1,120	50,800	26,9	-0,3010	0,0004	0,0492	0,0004	0,0548	-0,0056
55,00	0,5500	960	0,960	50,800	28,2	-0,2596	0,0004	-0,0177	0,0005	-0,0230	0,0053
60,00	0,6000	800	0,800	50,800	28,2	-0,2218	0,0004	-0,0969	0,0005	-0,0940	-0,0029
65,00	0,6500	680	0,680	50,800	28,2	-0,1871	0,0003	-0,1675	0,0006	-0,1594	-0,0081
70,00	0,7000	600	0,600	50,800	28,5	-0,1549	0,0003	-0,2218	0,0007	-0,2199	-0,0020
75,00	0,7500	520	0,520	50,800	28,0	-0,1249	0,0003	-0,2840	0,0008	-0,2762	-0,0078
80,00	0,8000	440	0,440	50,800	28,0	-0,0969	0,0003	-0,357	0,001	-0,3289	-0,0276
85,00	0,8500	440	0,440	50,800	27,8	-0,0706	0,0003	-0,357	0,001	-0,3784	0,0219
90,00	0,9000	360	0,360	50,800	27,5	-0,0458	0,0002	-0,444	0,001	-0,4251	-0,0186
95,00	0,9500	320	0,320	50,800	28,5	-0,0223	0,0002	-0,495	0,001	-0,4692	-0,0256
100,00	1,0000	320	0,320	50,800	28,2	0,0000	0,0002	-0,495	0,001	-0,5111	0,0163
105,00	1,0500	280	0,280	50,800	29,7	0,0212	0,0002	-0,553	0,002	-0,5510	-0,0019
110,00	1,1000	280	0,280	50,8000	30,6	0,0414	0,0002	-0,553	0,002	-0,5889	0,0361

Tabela 11 – Valores recolhidos com corrente DC

(d ± 0,05) cm	(d ± 0,0005) m	(V ± 1) mV	(V ± 0,001) V	(Fase ± 0,1) °C	Log(d)	u(Log(d))	Log(V)	u(Log(V))	Aj. Linear	Resíduos
21,51	0,2151	5640	5,640	24,6	-0,667	0,001	0,7513	0,0001	0,7608	-0,0095
23,14	0,2314	5000	5,000	24,5	-0,6356	0,0009	0,6990	0,0001	0,7018	-0,0028
24,89	0,2489	4360	4,360	24,7	-0,6039	0,0009	0,6395	0,0001	0,6427	-0,0032
26,78	0,2678	3840	3,840	24,8	-0,5722	0,0008	0,5843	0,0001	0,5837	0,0007
28,80	0,2880	3400	3,400	25,0	-0,5405	0,0008	0,5315	0,0001	0,5246	0,0069
30,99	0,3099	2920	2,920	25,5	-0,5088	0,0007	0,4654	0,0001	0,4656	-0,0002
33,33	0,3333	2560	2,560	25,8	-0,4772	0,0007	0,4082	0,0002	0,4065	0,0017
35,85	0,3585	2240	2,240	25,7	-0,4455	0,0006	0,3502	0,0002	0,3475	0,0028
38,57	0,3857	1960	1,960	26,4	-0,4138	0,0006	0,2923	0,0002	0,2884	0,0039
41,49	0,4149	1680	1,680	26,5	-0,3821	0,0005	0,2253	0,0003	0,2294	-0,0040
44,63	0,4463	1520	1,520	27,2	-0,3504	0,0005	0,1818	0,0003	0,1703	0,0115
48,00	0,4800	1280	1,280	26,9	-0,3187	0,0005	0,1072	0,0003	0,1112	-0,0040
51,64	0,5164	1120	1,120	26,8	-0,2870	0,0004	0,0492	0,0004	0,0522	-0,0030
55,55	0,5555	1000	1,000	27,5	-0,2553	0,0004	0,0000	0,0004	-0,0069	0,0069
59,75	0,5975	880	0,880	28,3	-0,2237	0,0004	-0,0555	0,0005	-0,0659	0,0104
64,27	0,6427	760	0,760	28,5	-0,1920	0,0003	-0,1192	0,0006	-0,1250	0,0058
69,14	0,6914	640	0,640	27,9	-0,1603	0,0003	-0,1938	0,0007	-0,1840	-0,0098
74,37	0,7437	569	0,569	28,5	-0,1286	0,0003	-0,2449	0,0008	-0,2431	-0,0018
80,00	0,8000	480	0,480	27,2	-0,0969	0,0003	-0,3188	0,0009	-0,3021	-0,0166
86,06	0,8606	440	0,440	57,3	-0,0652	0,0003	-0,357	0,001	-0,361	0,005

Tabela 12 – Valores recolhidos no estudo da proporcionalidade entre V e o inverso do quadrado de d

Nº filtro (mm)	(d _{filtro} ± 0,001) mm			(d _{filtro} ± 0,00001) m			Média
1	4,290	4,328	4,297	0,00429	0,00433	0,00430	0,00431
2	4,723	4,670	4,609	0,00472	0,00467	0,00461	0,00467
3	3,990	3,920	4,100	0,00399	0,00392	0,00410	0,00400
4	4,490	4,570	4,410	0,00449	0,00457	0,00441	0,00449
5	4,125	4,158	4,100	0,00413	0,00416	0,00410	0,00413
6	4,255	4,136	4,370	0,00426	0,00414	0,00437	0,00425
7	4,240	4,165	4,285	0,00424	0,00417	0,00429	0,00423

Tabela 13 – Tabela com as espessuras dos filtros usados

Nº Filtros	(d _{filtro} ± 0,00001) m	(V ± 1) mV	(V ± 0,001) V	Ln(V)	u(Ln(V))	Aj. Linear	Resíduos
7	0,00423	2360	2,360	0,8587	0,0004	0,8445	0,0141
7+6	0,00848	880	0,880	-0,128	0,001	-0,078	-0,050
7+6+5	0,01261	400	0,400	-0,916	0,003	-0,972	0,056
7+6+5+4	0,01710	140	0,140	-1,966	0,007	-1,946	-0,020
7+6+5+4+3	0,02110	60	0,060	-2,81	0,02	-2,81	0,00

Tabela 14 – Valores registados no ensaio 1 da determinação do coeficiente de absorção do acrílico

Nº Filtros	(d _{filtro} ± 0,00001) m	(V ± 1) mV	(V ± 0,001) V	Ln(V)	u(Ln(V))	Aj. Linear	Resíduos
3	0,00400	2280	2,28	0,8242	0,0004	0,7620	0,0622
3+4	0,00849	800	0,80	-0,223	0,001	-0,205	-0,018
3+4+5	0,01262	320	0,32	-1,139	0,003	-1,095	-0,045
3+4+5+6	0,01687	120	0,12	-2,12	0,01	-2,01	-0,11
3+4+5+6+7	0,02110	60	0,06	-2,81	0,02	-2,92	0,11

Tabela 15 – Valores registados no ensaio 2 da determinação do coeficiente de absorção do acrílico

Nº Filtros	(d _{filtros} ± 0,00001) m	(V ± 1) mV	(V ± 0,001) V	Ln(V)	u(Ln(V))	Aj. Linear - 1	Resíduos - 1	Aj. Linear - 2	Resíduos - 2
6	0,00425	2060	2,06	0,7227	0,0005	0,7190	0,0037	0,8078	-0,0851
6+5	0,00838	960	0,96	-0,041	0,001	-0,120	0,079	-0,1183	0,0775
6+5+4	0,01287	360	0,36	-1,022	0,003	-1,033	0,011	-1,1257	0,1040
6+5+4+3	0,01687	120	0,12	-2,12	0,01	-1,85	-0,27	-2,0239	-0,0964
6+5+4+3+7	0,02110	80	0,08	-2,53	0,01	-2,71	0,18		

Tabela 16 – Valores registados no ensaio 3 da determinação do coeficiente de absorção do acrílico

Nº Filtros	(d _{filtros} ± 0,00001) m	(V ± 1) mV	(V ± 0,001) V	Ln(V)	u(Ln(V))	Aj. Linear	Resíduos
1	0,00431	2440	2,44	0,8920	0,0004	0,8617	0,0303
1+2	0,00897	840	0,84	-0,174	0,001	-0,165	-0,010
1+2+3	0,01298	360	0,36	-1,022	0,003	-1,045	0,023
1+2+3+6	0,01723	120	0,12	-2,12	0,01	-1,98	-0,14
1+2+3+6+7	0,02146	60	0,06	-2,81	0,02	-2,91	0,10

Tabela 17 – Valores registados no ensaio 4 da determinação do coeficiente de absorção do acrílico

Nº Filtros	(d _{filtros} ± 0,00001) m	(V ± 1) mV	(V ± 0,001) V	Ln(V)	u(Ln(V))	Aj. Linear	Resíduos
1	0,00431	2440	2,44	0,8920	0,0004	0,9689	-0,0769
1+3	0,00831	940	0,94	-0,062	0,001	0,048	-0,110
1+3+5	0,01244	480	0,48	-0,734	0,002	-0,901	0,167
1+3+5+7	0,01667	200	0,2	-1,61	0,01	-1,87	0,26
1+3+5+7+2	0,02146	40	0,04	-3,22	0,03	-2,98	-0,24

Tabela 18 – Valores registados no ensaio 5 da determinação do coeficiente de absorção do acrílico