

T3A - ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE A POTÊNCIA LUMINOSA DE UMA FONTE PONTUAL E A DISTÂNCIA.

- ESTUDO DA ABSORÇÃO

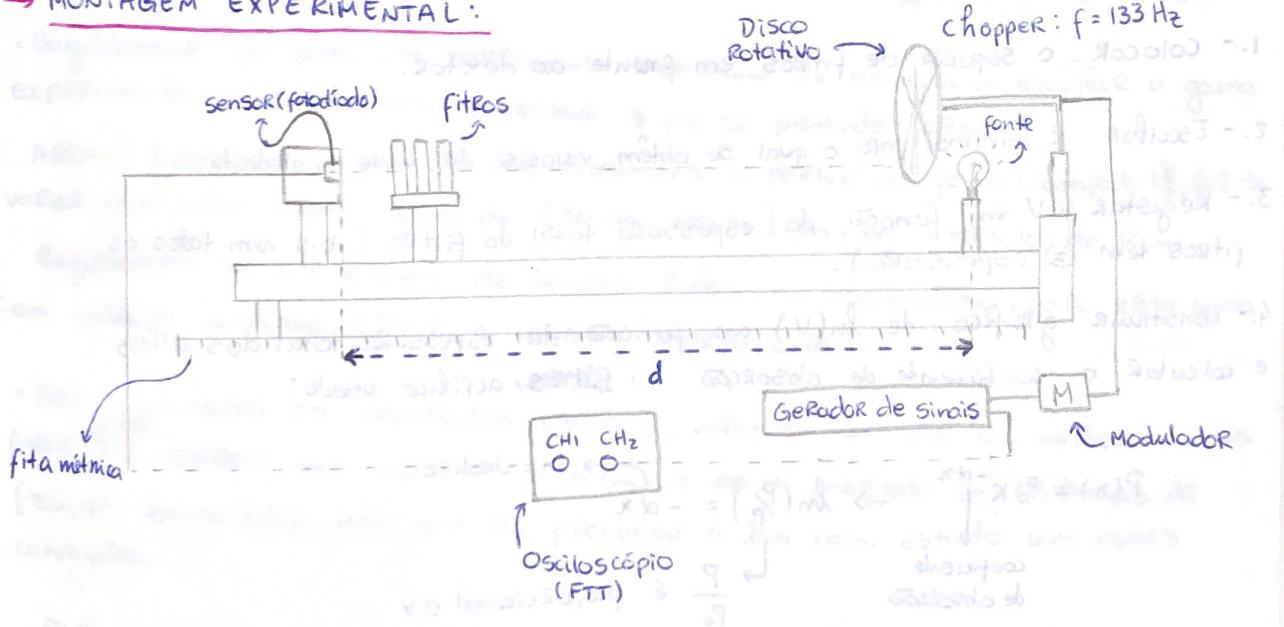
Maria do Pilar de Gomes Teixeira, G2A, PLGA

→ OBJETIVOS:

- Verificar a proporcionalidade inversa entre V (potência luminosa) e d^2 (quadrado da distância do detector à fonte).
- Determinar o coeficiente de absorção de filtros.
- Interpretar as gamas de fiabilidade da Lei ($V(d) \propto \frac{1}{d^2}$) ✓ aparelho exp.

• Antes de iniciar o trabalho é necessário fazer um gráfico de $V(d)$ vs d para obter a constante de proporcionalidade entre intensidade luminosa e distância.

→ MONTAGEM EXPERIMENTAL:



→ EXECUÇÃO EXPERIMENTAL:

A ANTES DE TUDO:

1. - Escolher uma frequência adequada para o modulador (entre 100 e 200 Hz)
2. - Fazer varrimento das distâncias. → Determinar a gama experimental adequada
3. - Observar no osciloscópio o sinal obtido no detector (em DC e AC) para $d \approx 20\text{cm}$.

↳ OBSERVAÇÕES (?)

textos!

18.5

- 1^a PARTE: Estudo da relação entre a potência luminosa de uma fonte pontual e a distância a esta:

1.- Variar d e registar valores de V e da diferença de fase entre os sinais medidos em função d .

Observar → Avaliar a verificação da lei do quadrado da distância:

$$V(d) = K'd^{-2} \rightarrow \ln(V) = -2\log(d) + \log(K')$$

ATENÇÃO!

→ com a lâmpada acesa → ajustar 1º a fase para $\phi = 0$

2. Avaliar a tendência observada nos dados

• 2^a PARTE: Cálculo do coeficiente de absorção da filtro de acrílico:

1.- Colocar o suporte de filtros em frente ao detector.

2.- Escolher d mínimo para o qual se obtêm valores de V de qualidade

3.- Registar V em função da espessura total do filtro (pois nem todos os filtros têm Θ espessura).

4.- Construir gráfico de $\ln(V)$ em função da espessura total dos filtros e calcular o coeficiente de absorção do filtro acrílico usado:

$$P(x) = P_0 e^{-\alpha x} \Rightarrow \ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = -\alpha x$$

$m = \text{declive}$
 ↓
 coeficiente de absorção
 $\frac{P}{P_0}$ é proporcional a V

→ EQUAÇÕES:

Sendo V proporcional a P_L (potência luminosa):

$$(1) \quad V(d) = K'd^{-2} \rightarrow \ln(V) = -2\log(d) + \log(K') \quad (2)$$

$$(3) \quad P(x) = P_0 e^{-\alpha x} \rightarrow \ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = -\alpha x \quad (4)$$

$\hookrightarrow \propto V$

$$d_{\min} = 20 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = 80 \text{ cm}$$

$$d_n = d_{\min} \times \left(\frac{d_{\max}}{d_{\min}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 21,5 \rightarrow 1$$

MLS II

vi gráficos

ANÁLISE EXPERIMENTAL:

• 1^a PARTE: Estudo da Relação entre a potência luminosa de uma fonte a pontoal e a distância a esta.

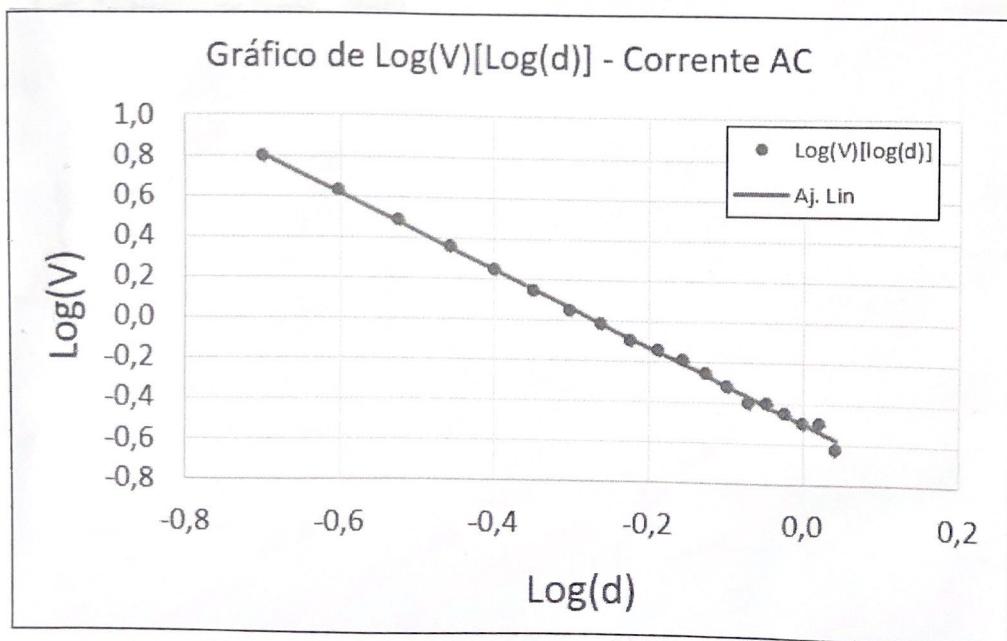
• Antes de mais, foi escolhida uma frequência aproximadamente constante para todo o decorrer da experiência, de valor 133 Hz , no modulador.

• Seguidamente, foi feito um varrimento inicial de maneira a escolher a gama experimental mais adequada ao estudo que se pretende fazer.

Assim, conseguindo a medida das distâncias a partir da fonte (lâmpada), fez-se variar este valor numa gama de $[20,00 ; 110,00] \text{ cm}$, em intervalos de 5 cm .

Registaram-se os valores de tensão lidos no osciloscópio para esta gama em corrente contínua (DC) e corrente alternada (AC).

• DADOS EM AC:



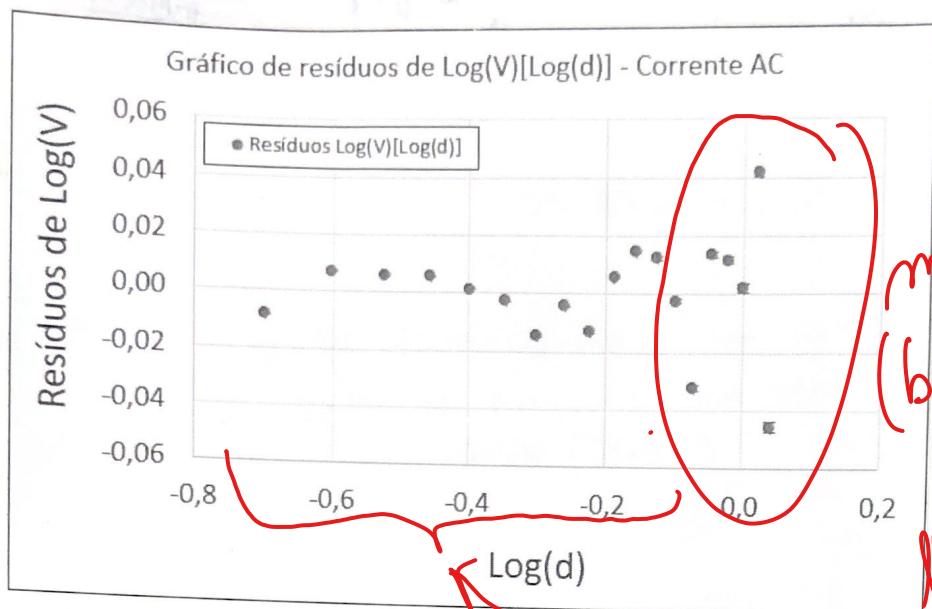


Gráfico 2

menor qualidade
(baixo \rightarrow imprec.) \rightarrow reexame
maior d. gama e respeito
estudar e preenchimento

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

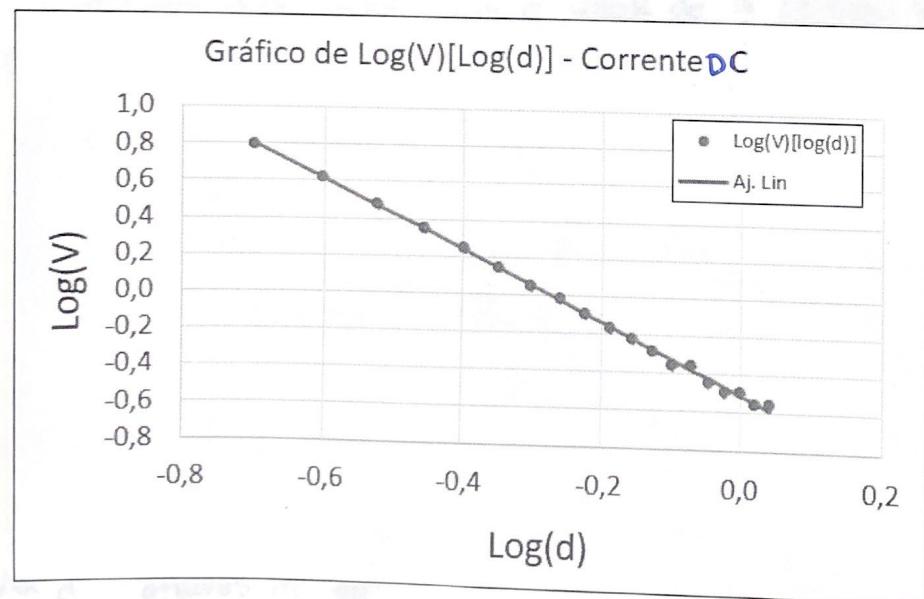


Gráfico 3

faltam barras
de int. exp.
resíduos

Aj. Linear - $\text{Log}(V)[\text{Log}(d)]$		
m	-1,88	-0,511
$s(m)$	0,02	0,005
r^2	0,9986	0,02
		$s(b)$
		$s(y)$

Sobrepor o gráf. DC
AC e DC

Rod

desequilíbrio na "dureza" da gradeção das escalas

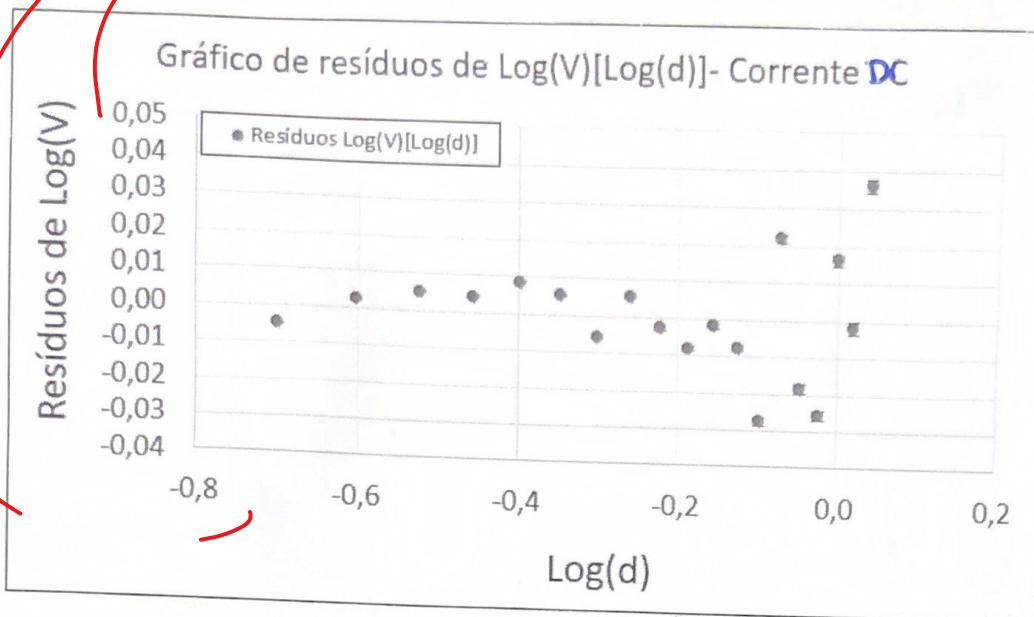


Gráfico 4

idem
da análise
anterior

mais
vincin

- Em ambos os gráficos de resíduos foram colocadas barras de inc. de valor:

$$\mu(\log(V)) = \frac{1}{\ln(10)} \times \frac{\mu(V)}{V} = \frac{1}{\ln(10)} \times \frac{0,001}{V}$$

- Analisando ambos os gráficos de resíduos verificamos as distribuições aleatórias por parte das duas amostras.

Contudo, verifica-se também que (para ambos as amostras AC e DC) para valores de d maiores estes resíduos apresentam uma maior dispersão, o que faz sentido, pois à medida que afastamos o sensor da fonte, ~~mais difícil será este sensor captar a potência luminosa.~~ maior vai ser a distância percorrida pela potência luminosa, pelo que mais facilmente esta se dissipará.

• Por último, apesar de os valores de tensão pico-a-pico ^{lidos} para AC e DC serem muito semelhantes, se verificamos um melhor ajuste com os dados de DC do que AC ($R^2_{DC} > R^2_{AC}$).

• Após analisados os resultados obtidos, verificou-se que os melhores valores foram ~~entre~~^{os} medidos em corrente contínua e no intervalo de distâncias de [20,00 ; 80,00] cm, pelo que se procedeu a um novo estudo com estas condições.

• Para a verificação da lei do quadrado da distância, considerou-se que a maneira ideal de o fazer seria realizar o ajuste de $\log(V)$ em função de $\log(d)$, ou seja:

$$V = k' d^{-2} \rightarrow \log(V) = \log(k' \cdot d^{-2}) \Leftrightarrow \boxed{\log(V) = -2 \log(d) + \log(k')}$$

• Temos então que o declive deverá ser ~~aproximadamente~~ -2, sendo a sua ordenada na origem $\log(k')$ ($k' = 10^b$).

• Considerando-se $d_{\min} = 20 \text{ cm}$ e $d_{\max} = 80 \text{ cm}$, decidimos medir e analisar 20 pontos diferentes, dentro desta gama de distâncias.

De maneira a garantir uma distribuição homogênea destes pontos, foi feita a seguinte observação:

~~Verificou-se que os 20 pontos estavam espalhados de forma uniforme ao longo da distância.~~

Sabemos que o espaçamento entre um ponto à distância d_n do mínimo (d_{\min}) é dado por:

$$\frac{d_n - d_{\min}}{n} \quad (\text{em que } n \text{ é o índice do ponto em questão})$$

Sabemos, também, que o espaçamento entre o ponto d_{\min} e d_{\max} a dividir pelo número de espaçamentos que vamos querer analisar (neste caso $n-1 = 20-1 = 19$) é dado por:

$$\frac{d_{\max} - d_{\min}}{n-1} \rightarrow \text{este valor deverá ser igual a } \frac{d_n - d_{\min}}{n}$$

Assim vamos ter que:

$$\frac{d_n - d_{\min}}{n} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{n-1}$$

$$\log(d_n) - \log(d_{\min}) = \frac{\log(d_{\max}) - \log(d_{\min})}{n-1}$$

$$\Rightarrow \log(d_n) = \log(d_{\min}) + \frac{\log(d_{\max}) - \log(d_{\min})}{n-1} \times n$$

$$\Rightarrow d_n = 10^{\log(d_{\min}) + \frac{\log(d_{\max}) - \log(d_{\min})}{n-1} \times n}$$

• Foram então obtidos os seguintes dados:

$$(x) \text{pol} + (y) \text{pol} = (v) \text{pol} \Leftrightarrow (x-y) \text{pol} = (v) \text{pol} \Leftrightarrow x-y = v$$

ou seja, y - constante é a menor distância entre os pontos.

$$(x) \text{pol} + (y) \text{pol} = (v) \text{pol} \Leftrightarrow (x-y) \text{pol} = (v) \text{pol}$$

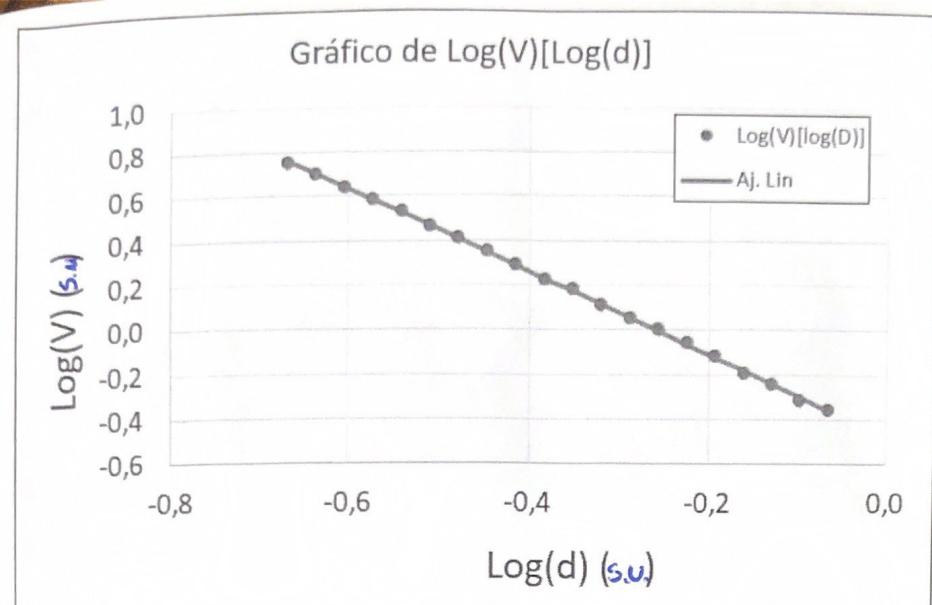


Gráfico 5: $\log(V)$ em função de $\log(d)$.

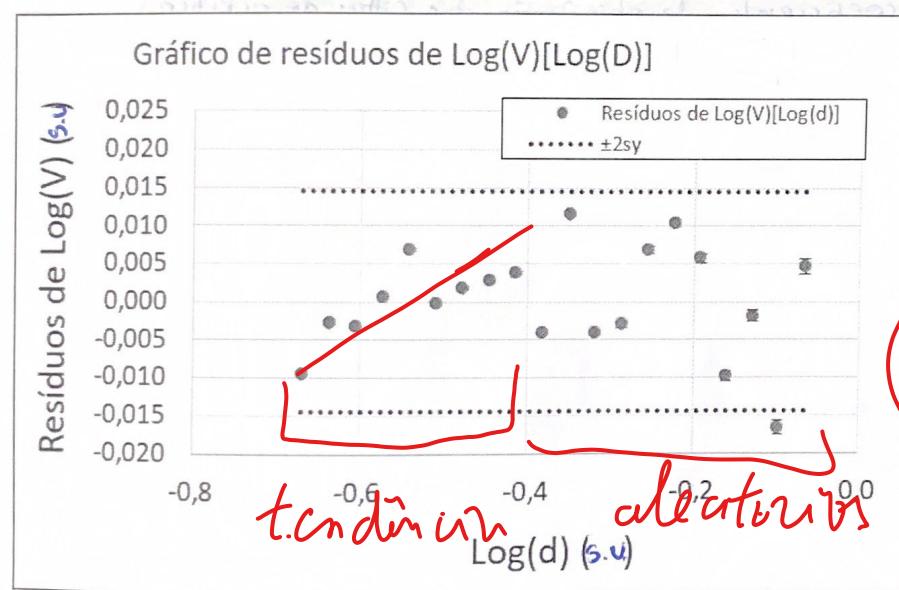


Gráfico 6: Resíduos de $\log(V)$.

Neste gráfico foram que colocadas barras de incerteza de valor:

$$\pm u(\log(V)) = \frac{1}{\ln(10)} \times \frac{u(V)}{V}$$

$$= \frac{1}{\ln(10)} \times \frac{0,001}{V} u(V)$$

tendência aleatória
declarar que não são

Ajuste Linear - Log(V)[Log(d)]			
m	-1,864	-0,483	b
s(m)	0,009	0,004	s(b)
r ²	0,9996	0,007	s(y)

Na análise do gráfico de resíduos verifica-se a existência de um ponto que se encontra fora dos limites do intervalo de confiança estabelecido ($\pm 2s(y)$). Contudo este não foi considerado como duvidoso. Efetivamente, ao retirarmos este ponto, tanto o ajuste como o erro associado ao valor de m iriam picar. Além disto, depois de retirarmos este ponto e de fazermos um novo ajuste, novos pontos iriam ficar fora dos limites, pelo que foi tomada a decisão de manter este ponto na análise dos dados.

Apesar disto, podemos verificar uma dispersão aleatória dos resíduos.

- Foi obtido o valor:

$$m = (-1,864 \pm 0,009)$$

Comparando este valor com o valor esperado ($m = -2$):

$$\mu(m)(\%) = 0,5\%$$

$$\text{ERRO}(\%) = 6,8\% \rightarrow \underline{\text{por defeito}}$$

~~Aprox. do erro relativamente elevado~~

~~Pela análise do gráfico de $\log(V)$ vs $\log(d)$ verificamos ainda, a probabilidade de V_{abs} é uma vez que V_{abs} (potência luminosa) é também possível confirmar $P_{lumin}(d)$ (como era pretendido).~~

2º PARTE: Cálculo do coeficiente de absorção dos filtros de acrílico:

- Para esta parte da experiência colocamos o sensor (fotodiodo) e o suporte para os filtros à distância mínima já anteriormente definida ($d_{min} = 20\text{cm}$) de modo a conseguirmos obter um sinal de boa qualidade e com máxima tensão.
- Os filtros foram colocados (sequencialmente) junto ao detector (sensor) que queremos medir a potência luminosa após uma certa quantidade de luz ter sido absorvida pelo filtro. Assim, colocando os filtros nesta posição, a possível luz refletida proveniente da fonte tem maior dificuldade em alcançar o detector do que se os filtros estivessem junto à lâmpada em vez do detector.
- Verificou-se que os filtros apresentam espessuras diferentes, pelo que se optou por estudar V em função da espessura total $\rightarrow d_{filters}$ (em vez do número de filtros).

Nº filtro (mm)	Média (m)
1	0,00431
2	0,00467
3	0,00400
4	0,00449
5	0,00413
6	0,00425
7	0,00423

Para calcularmos o coeficiente de absorção do acrílico (filtros) vamos usar a eq:

$$P(d) = P_0 e^{-\alpha d} \rightarrow \ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = -\alpha d \Rightarrow \ln(V) = -\alpha d$$

$m = \text{declive} = -\alpha$

- Foram realizados 5 ensaios, com 5 sequências diferentes de filtros, tendo-se obtido os seguintes resultados:

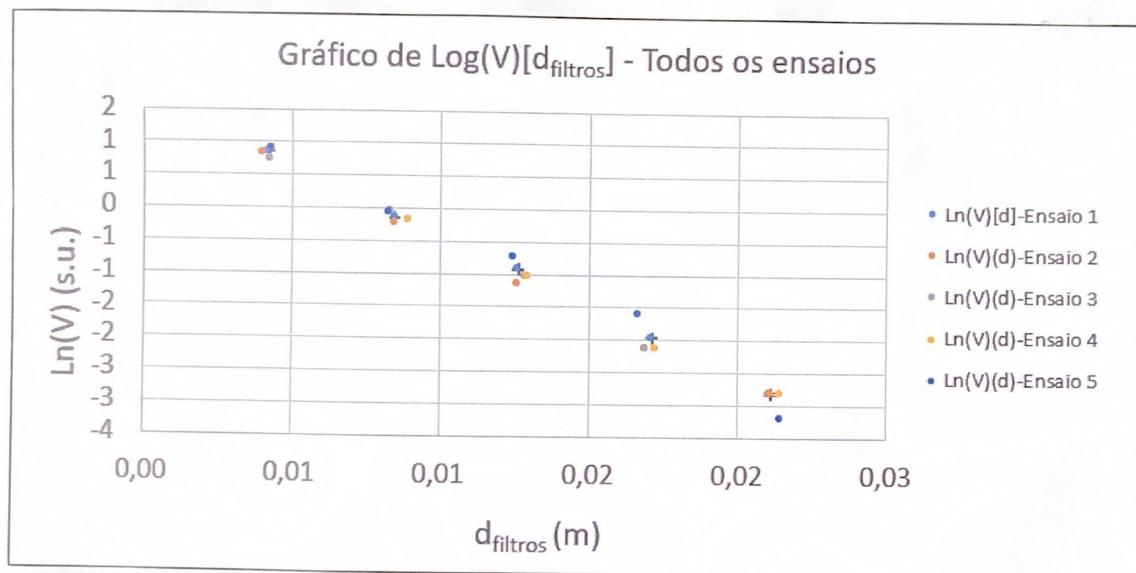


Gráfico 7

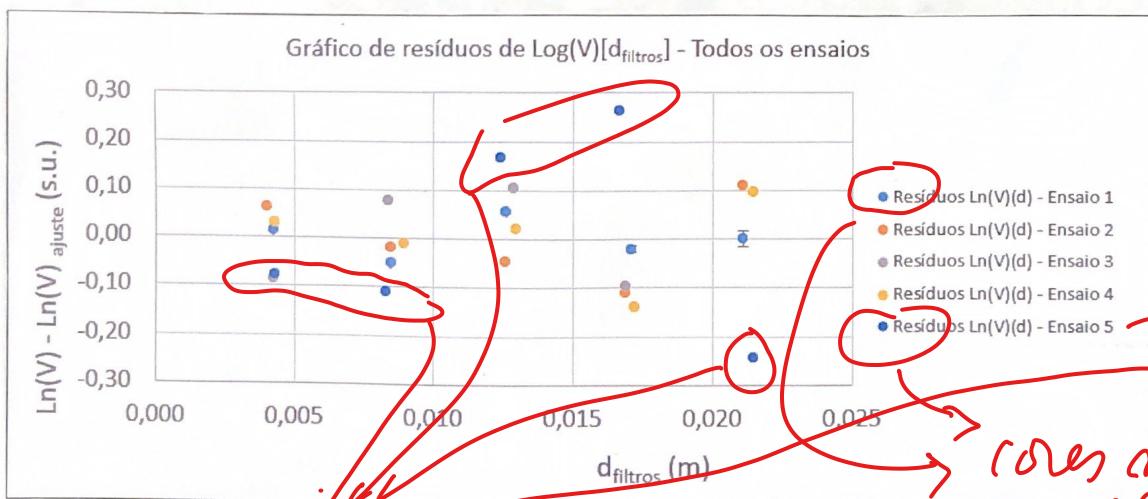


Gráfico 8

⊗ ou: pior ensaio \Rightarrow retirar do cálculo de média! cores muito semelhantes; difícil distinguir

• Desde já, pela análise dos 2 gráficos anteriores, verificamos que de um modo geral os resultados de cada ensaio parecem estar concordantes com os restantes, apresentando semelhanças de comportamento entre si.

• Note-se que nestes 2 gráficos já estão representados os melhores ajustes para as gamas experimentais escolhidas, o que será mais à frente explicado.

→ ENSAIO #1:

• ordem dos filtros:

7

~~7+6~~ só estavam fitos

7+6+5

7+6+5+4

7+6+5+4+3

Aj. Linear 1			
m	-216,8	1,76	b
s(m)	3,4	0,05	s(b)
r ²	0,9993	0,05	s(y)

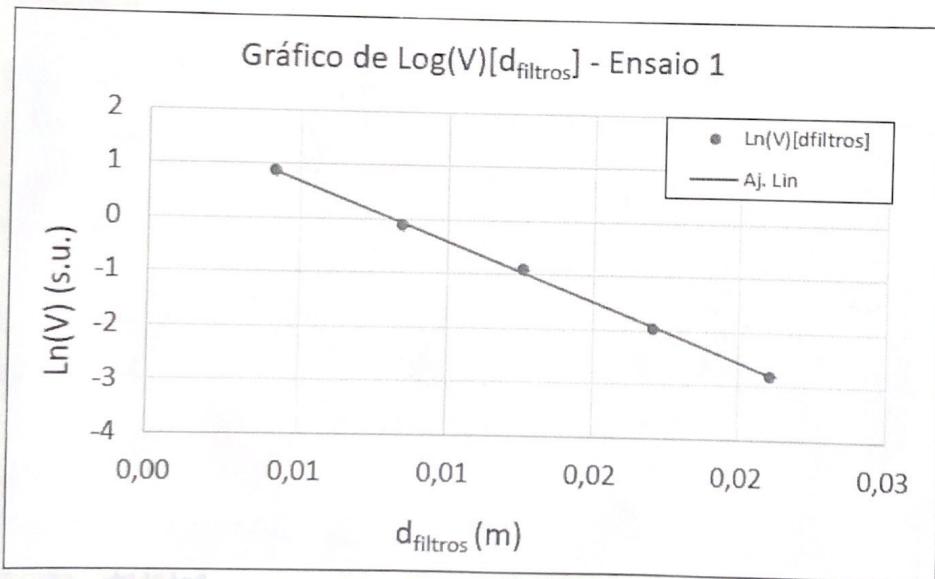


Gráfico 9

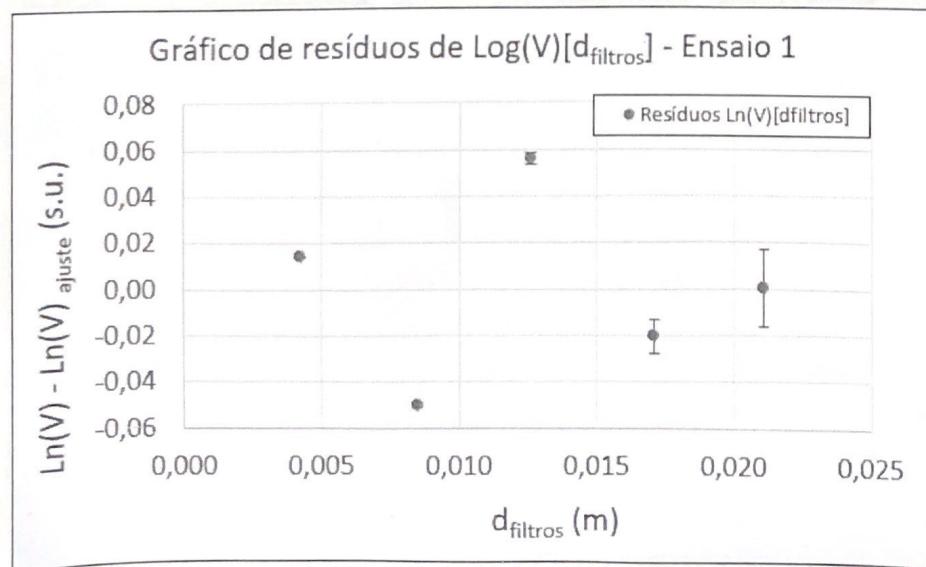


Gráfico 10

- No gráfico de resíduos foram colocadas barras de incerteza com o valor de:

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

- Verifica-se uma distribuição aleatória dos valores dos resíduos e todos dentro do intervalo de confiança de $2s(y)$, o que sugere uma boa gama de estudo.
- Foi obtido o seguinte valor para o coeficiente de absorção (α):

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

$$\mu(\alpha)(y) = 1,6\%$$

→ ENSAIO #2: condições de cálculo da absorção estimativa medida

- Ordem dos filtros:

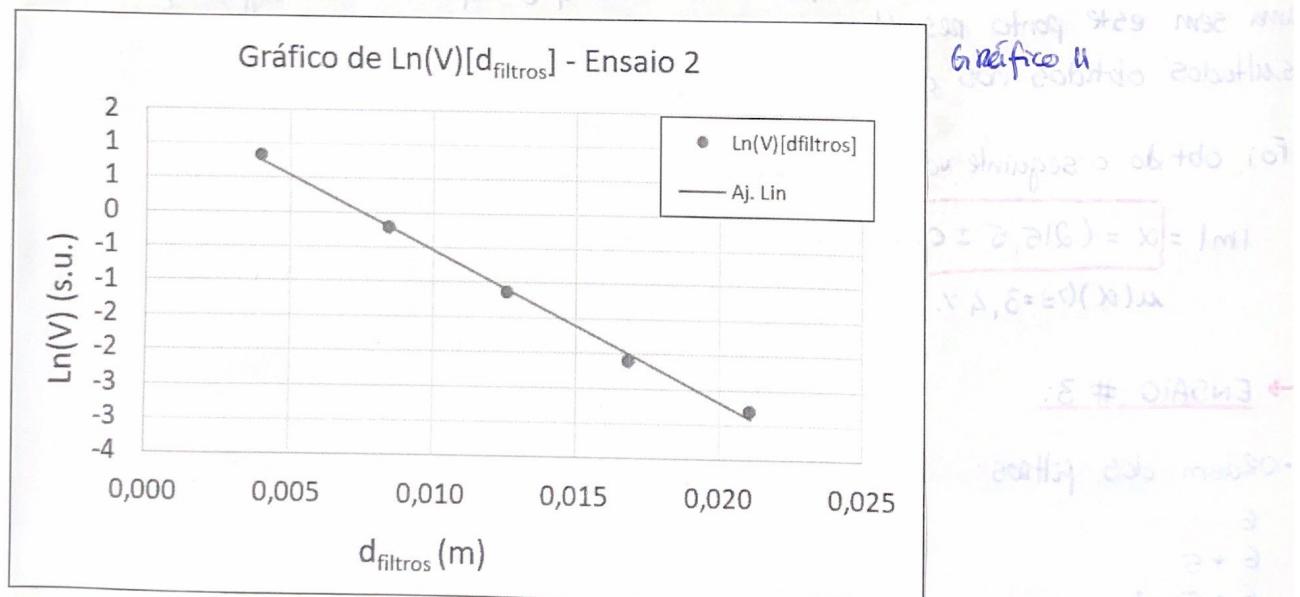
3

3+4 → critérios de seleção e composição condizem ao critério de absorção.

3+4+5 → critérios de seleção e composição condizem ao critério de absorção.

3+4+5+6 → critérios de seleção e composição condizem ao critério de absorção.

3+4+5+6+7 → critérios de seleção e composição condizem ao critério de absorção.



Aj. Linear 2			
m	-215,5	1,6	b
$s(m)$	7,4	0,1	$s(b)$
r^2	0,996	0,1	$s(y)$

Gráfico de resíduos de $\ln(V)[d_{\text{filtros}}]$ - Ensaio 2

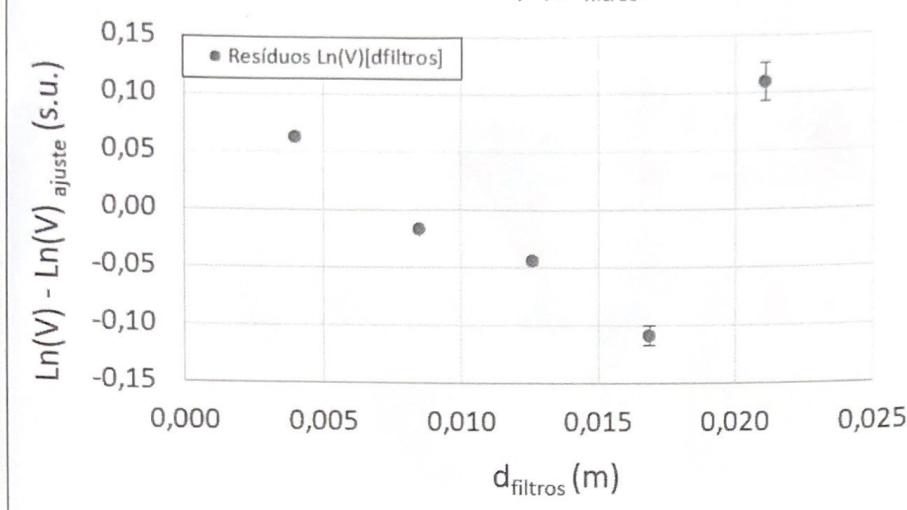


Gráfico 12

$$z = ((V)/v) \cdot v$$

Intensidade de cor
absorvida em um
objeto é obtido a:

$$\beta(2) = \infty = 1/m$$

$$\beta(t) = \beta(x) \cdot m$$

- Foram colocadas barra de incertezas (no gráfico dos resíduos) com valor:

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

Analisando o gráfico de resíduos verificamos que todos os pontos se encontram dentro dos limites do intervalo de confiança $z \times s(y)$. Verifica-se ainda, na parte inicial da amostra uma tendência linear de distribuição destes valores, pelo que em primeira análise se poderia considerar o último ponto como duvidoso. Contudo, tal não foi feito uma vez que após um novo ajuste para a gama sem este ponto resultaria numa discrepância muito grande em relação aos resultados obtidos nos outros ensaios.

- Foi obtido o seguinte valor para α :

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

$$u(\alpha)(x) = 3,4 \text{ m}$$

→ ENSAIO #3:

- Ordem dos filtros:

6

6 + 5

6 + 5 + 4

6 + 5 + 4 + 3

6 + 5 + 4 + 3 + 7

Gráfico de $\ln(V)[d_{filtros}]$ - Ensaio 3 - Gama 1

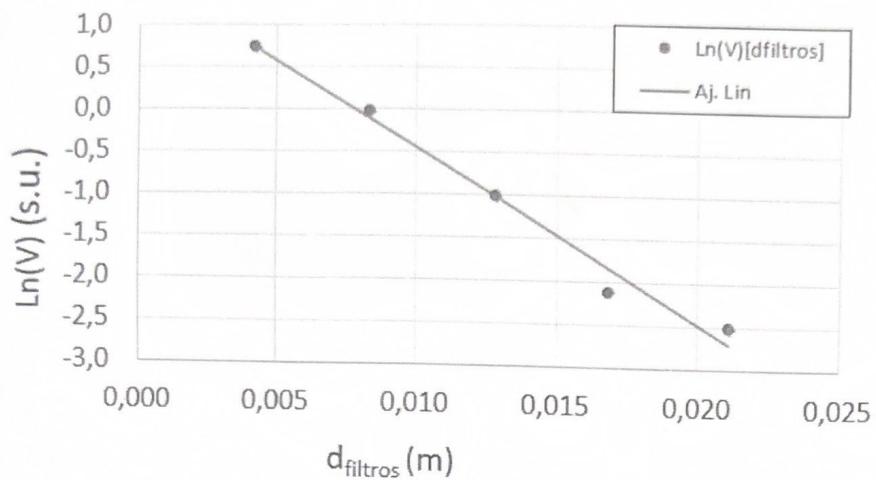


Gráfico 13

Gráfico de resíduos de $\ln(V)[d_{filtros}]$ - Ensaio 3 - Gama 1

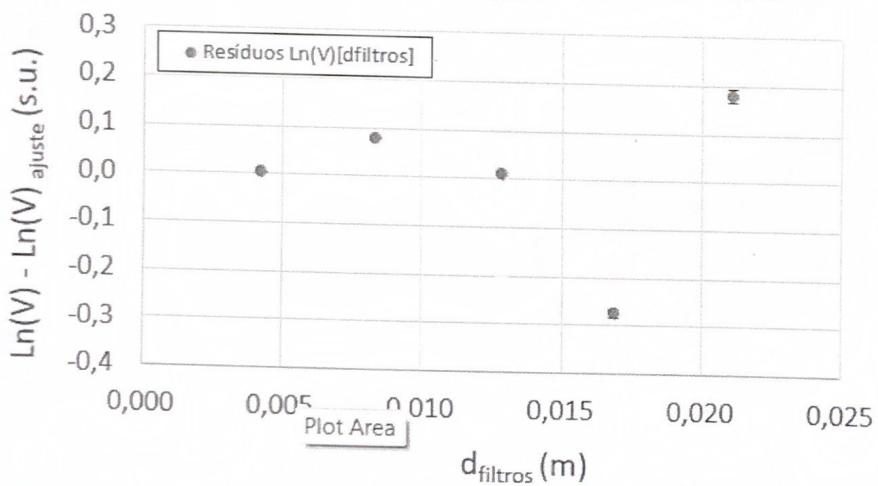


Gráfico 14

Aj. Linear 3 - Gama 1

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

- Foram colocadas barras de incertezas (gráfico de resíduos) com valor: $\pm u(\ln(V)) = \cancel{\pm u(\ln(V))} \pm \frac{u(V)}{V} = \pm \frac{0,001}{V}$
- Analisando o gráfico de resíduos verificamos que todos os pontos se encontram dentro dos ~~resíduos~~ limites do intervalo de confiança $2 \times s(y)$. Verificamos, contudo, uma tendência parabólica na distribuição dos valores na parte inicial da amostra. Foi decidido então retirar o último ponto e realizar um

novo ajuste:

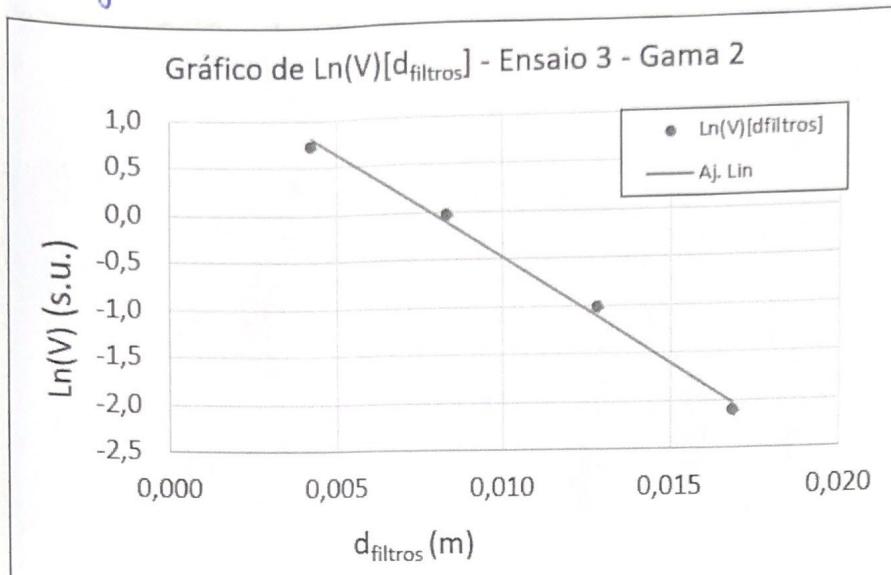


Gráfico 15

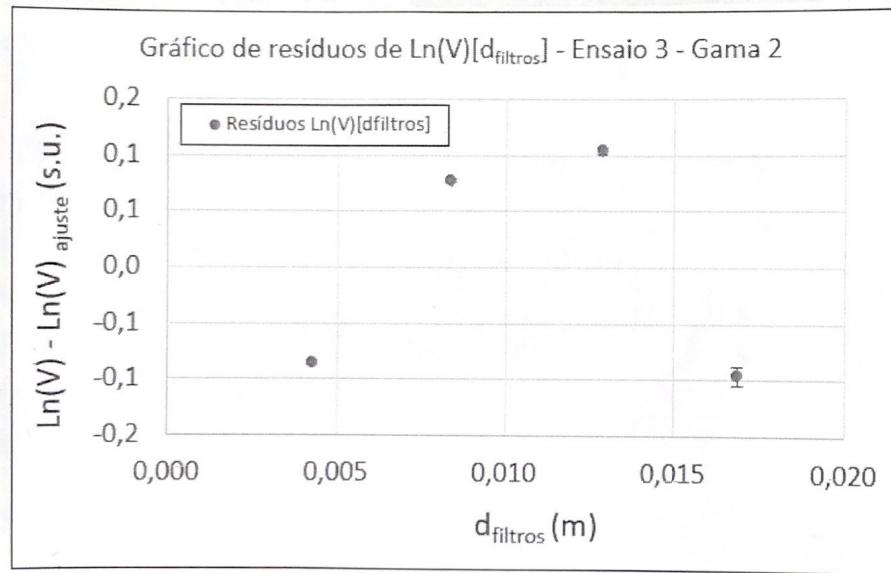


Gráfico 16

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

- Foram colocadas barra de incerteza (gráf. resíduos) de valor igual a anteriormente.

- Analisando o gráfico de resíduos continuamos a verificar uma tendência parabólica na sua distribuição. No entanto, verifica-se também um melhor ajuste dos pontos (valor de R^2 e incerteza $s(m)$ e $s(y)$ menores).

- Obteve-se o valor:

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

$$m(\alpha) = 6,1\%$$

alg? signif. erros!

Quanto mais: $(22,4 \pm 1,4) \times 10 \text{ m}^{-1}$

→ ENSAIO #4:

• Ordem dos filtros:

1

1 + 2

1 + 2 + 3

1 + 2 + 3 + 6

1 + 2 + 3 + 6 + 7

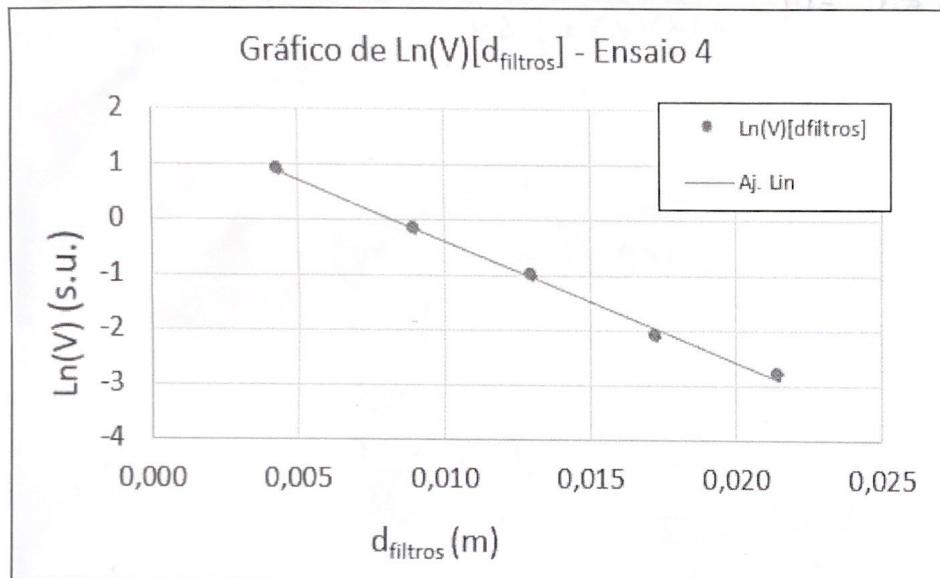


Gráfico 17

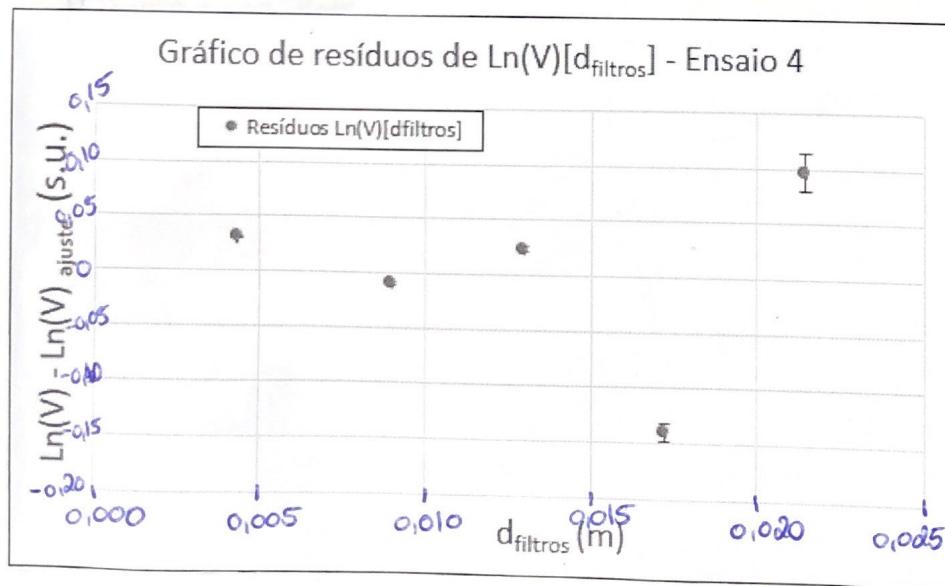


Gráfico 18

Aj. Linear 4			
m	-219,9	1,8	b
s(m)	7,5	0,1	s(b)
r ²	0,997	0,1	s(y)

- Foram colocadas barras de inc. (g. Resíduos) com valor:

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

- Verificamos, pela análise do gráfico de resíduos, uma distribuição aleatória destes valores dentro do intervalo de confiança de $2 \times s(y)$.

- Foi obtido o valor seguinte para α :

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

$$u(\alpha)(\%) = 3,4\%$$

→ ENSAIO #5:

- Ordem dos filtros:

1

1 + 3

1 + 3 + 5

1 + 3 + 5 + 7

1 + 3 + 5 + 7 + 2

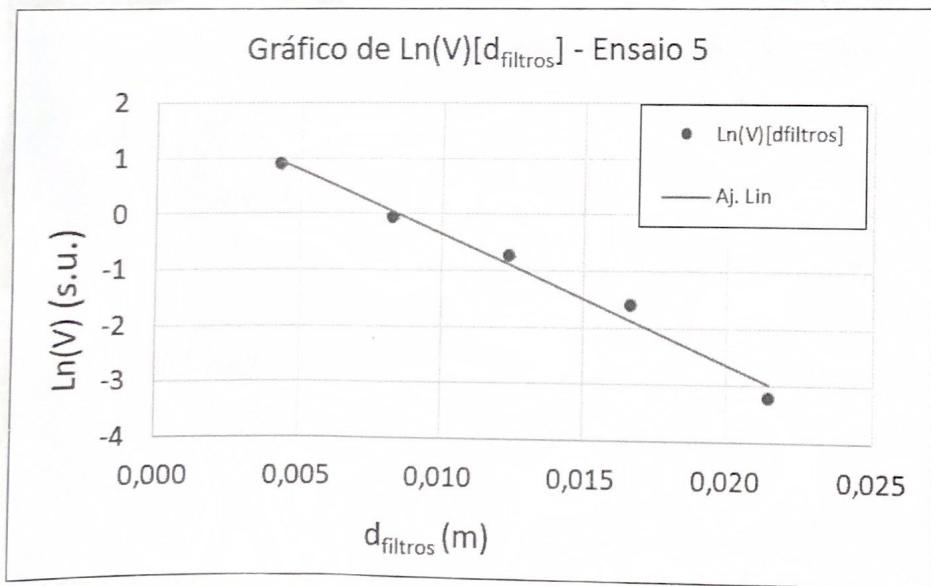


Gráfico 19

Aj. Linear 5			
m	-229,9	2,0	b
s(m)	17,9	0,3	s(b)
r ²	0,98	0,2	s(y)

Gráfico de resíduos de $\ln(V)[d_{\text{filtros}}]$ - Ensaio 5

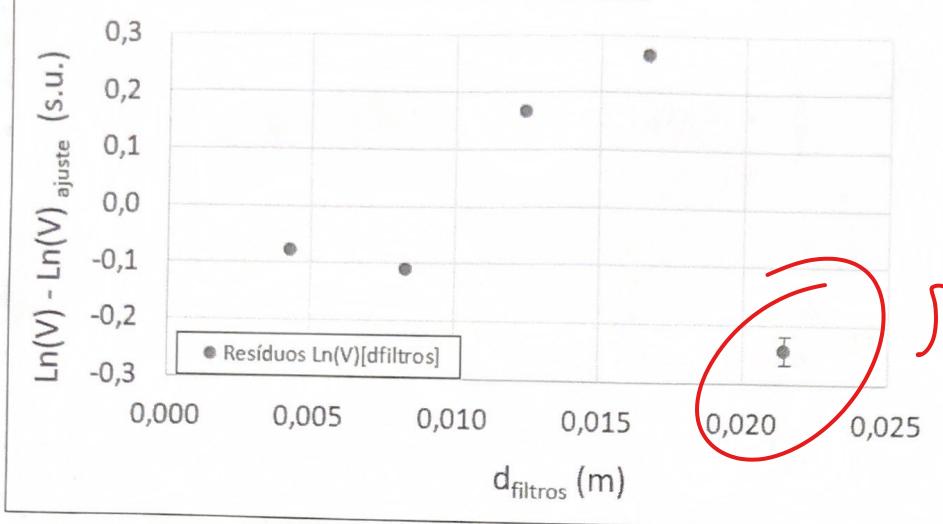


Gráfico 20

- Foram colocadas barras de inc. (gráfico de resíduos) de valor:

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

- Analizando este último gráfico verificamos uma distribuição aleatória dos valores e dentro do intervalo de confiança definido $2 \times s(y)$.
- Foi obtido o valor seguinte para $(\alpha \pm b, m)$ = (queijo) →

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

$$u(\alpha)(y) = 7,8 \%$$

→ RESULTADOS FINAIS:

1º PARTE:

~~$m = (-1864 \pm 0,009) \text{ m}^{-1}$~~

~~$u(m)(y) = 0,5 \%$~~

~~$EPA(y) = 6,8 \%$~~

- Note-se que claramente este ensaio apresenta uma discrepância de resultados muito grande em relação aos ensaios anteriores. O melhor seria repetir a experiência para esta sequência de filtros, no entanto, tal não foi possível pelo que se optou por descartar estes resultados finais deste ensaio dos resultados finais.

→ RESULTADOS FINAIS:

1^a PARTE:

$$m = (-1,864 \pm 0,009) \quad u(m)(\%) = 0,5\% \quad] \rightarrow \text{ERRO}(\%) = 6,8\% \text{ (por defeito)}$$

2^a PARTE:

$$\alpha_1 = (216,8 \pm 3,4) \text{ m}^{-1} \quad u(\alpha_1)(\%) = 1,6\%$$

$$\alpha_2 = (215,5 \pm 7,4) \text{ m}^{-1} \quad u(\alpha_2)(\%) = 3,4\%$$

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

$$\alpha_4 = (219,9 \pm 7,5) \text{ m}^{-1} \quad u(\alpha_4)(\%) = 3,4\%$$

$$\alpha_5 = (229,9 \pm 17,9) \text{ m}^{-1} \quad u(\alpha_5)(\%) = 7,8\%$$

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

$$u(\bar{\alpha})(\%) = 0,8\%$$

por outro

Comparando este valor com o valor de $\bar{\alpha}$ obtido ~~no grupo anterior~~ do nosso ~~ano~~ a realizar a experiência: (grupo 3 PL4)

$$\bar{\alpha} (\text{outro grupo}) = (204,2 \pm 0,2) \text{ m}^{-1}$$

$$\hookrightarrow \text{desvio dos dois valores} = \frac{|219,2 - 204,2|}{204,2} \times 100$$

$$= 7,3\% \text{ (por excesso)}$$

→ CONCLUSÕES:

• Na 1^a parte da experiência foi possível verificar a proporcionalidade de $V \propto d^{-2}$ através da ~~análise~~ análise do gráfico (5) ($\log(V) [\log(d)]$) e, consequentemente, a lei do quadrado da distância. ~~Poderemos ainda afirmar, uma vez que $V \propto P_{\text{lum}}$ (potência luminosa) que se verificou $P_{\text{lum}} \propto d^{-3}$.~~ a menor de

• Para esta parte foi obtido o valor para o declive com uma incerteza relativa bastante baixa (0,5%), ~~e de~~ um erro um pouco elevado (6,8%). ~~Apesar do erro, foi ainda possível verificar a proporcionalidade pretendida.~~

• Determinou-se ainda o coeficiente de absorção do acrílico, tendo-se obtido um valor com uma inc. relativa de 0,8%. Foi também possível comparar

pertence - a implementação
do método exp

este valor com o resultado obtido por um outro grupo tendo-se verificado uma diferença relativamente grande, no entanto, verificamos que este grupo apenas realizou 2 ensaios e possivelmente as sequências dos filtros também foram diferentes, pelo que se calhar não terá sido o melhor valor "de referência" para comparação.

- Deve notar-se que durante toda a experiência foi tido o cuidado de ~~que~~ cobrir o suporte (caixa onde o sensor se movia) com um pano preto de modo a evitar a reflexão da luz.
- Além disto, verificamos que o suporte para os filtros era pousado apenas e não encaixado, pelo que poderia causar alguma ~~refração~~ ^{refração} de luz. Também o parafuso que pendia os filtros só garantia que estes se encontravam na vertical quando se colocavam muitos filtros ao mesmo tempo, causando talvez alguma refração.

A refração existe, dá a possibilidade do cálculo de L_{refr} . Uma eventual FONTE DE ERRO é a REFLEXÃO em cada uma das superfícies incidentes dos filtros pois reduzem a intensidade do sinal refratado!