

T3A - Intensidade da luz VS distância e atenuação de filtros

Alexandre Reis

Grupo 1; Subgrupo A
PLS

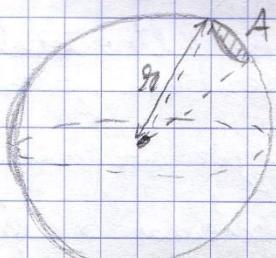
Data: 03/05/23

18.7

Objetivos:

- Verificar a relação entre a potência luminosa de uma fonte e o quadrado da distância do detector à fonte.
- Determinar o coeficiente de absorção de filtros.
- Interpretar gâmas de fiabilidade da Lei em estudo em relação à montagem experimental.
- Verificar se as distâncias da gama experimental e as espessuras dos filtros afetam a fase do sinal detectado.

Teoria / Equações:



$$P = \frac{I_e A S}{R^2} = \frac{K}{R^2} \Rightarrow \log(P) = \log(K) - 2 \log(R)$$

P - potência detectada / medida

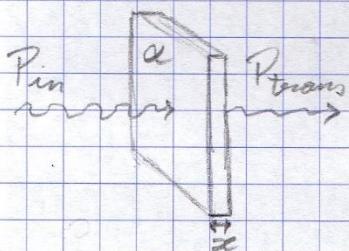
I_e - intensidade luminosa

A - área relativa ao ângulo sólido considerado

S - área do detector

R - distância entre a fonte e o detector

K - constante de proporcionalidade



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

P - potência medida

P_0 - potência emitida

α - coeficiente de absorção

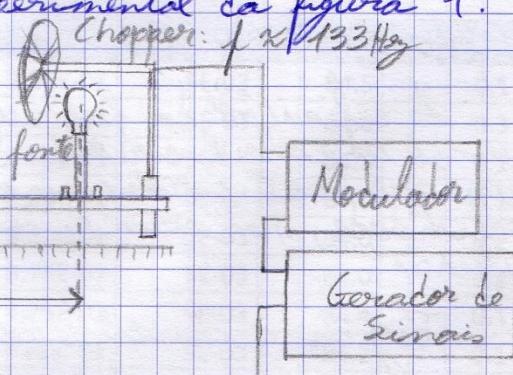
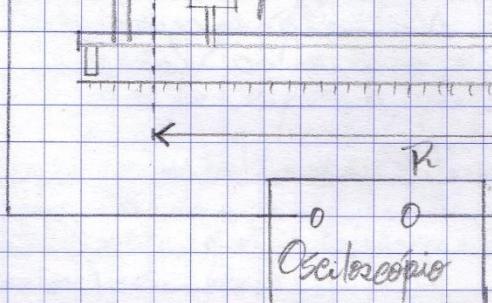
x - espessura do filtro

Procedimento:

- Preparar a montagem experimental da figura 1.

Sensor fotodíodo

filtros *



A fonte está ligada à tensão.

Figura 1: Montagem experimental * no modo m*
estudo com os filtros (2ª parte da exp.)

- Escolher para o modulador frequência entre 100 e 200 Hz.
- Realizar um varredimento de distâncias e escolher uma gama experimental para estudar.
- Para $R \approx 20$ cm, observar no osciloscópio o sinal óptico no detector para DC e AC, registrar e comentar.

Sem filtros:

- Variando R , registrar a tensão V e a diferença de fase entre os sinais medidos em função de R . Como V é diretamente proporcional a R , pretende-se verificar $V(R) = k' R^{-2}$. Portanto, devem-se escolher valores igualmente espaçados de R^{-2} , e não de R , ou de $\log(R)$.

- Avaliar a tendência observada e comentar.

Com filtros:

- Colocar o suporte de filtros próximo do detector e não da fonte para que, tendo o acrílico um índice de refracção diferente do ar, o desvio da luz não afete muito os valores obtidos.
- Escolher a gama de R a usar.
- Registrar V em função da espessura do filtro total, d filtro, porque a espessura dos filtros pode não ser toda igual entre si.
- Ter em atenção os erros que podem surgir na medição de V .
- Traçar $\ln(V)$ em função de d filtro e calcular o coeficiente de absorção do acrílico usado.

Registo:

Detetou-se uma componente constante (DC) e outra alternada (AC) devido à presença do chopper entre a fonte e o sensor.

Escolheu-se distâncias que permitam ter um bom ajuste de $\log(V)/\log(R)$ para os pontos estarem bem espaciados.

M Sat
- n gráficos
B+

A definição da frequência do chopper era essencial ante, quando as experiências era de "lock in" e permitia filtrar a luz que não pertencia à fonte. Na sala escuro, há menor necessidade, mas permite distinguir a luz da lâmpada das outras.

Faz-se a análise de AC e DC para todas as distâncias. Usou-se uma caminola preta para evitar reflexão.

Análise de Dados:

Começou - se por fazer um varredimento de distâncias e observou - se que, a partir de $R \approx 80\text{cm}$, há uma distorção considerável do sinal detectado, como se observa na imagem 1.

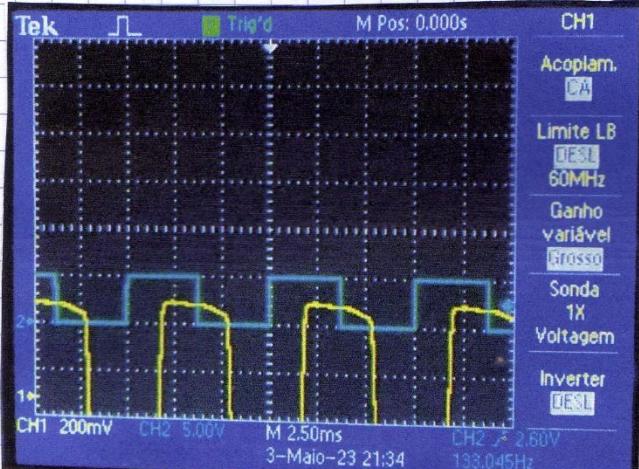


Imagem 1: Distorção do sinal para $R > 80\text{cm}$.

Para este estudo, foram retirados 3 valores diferentes do osciloscópio: a fase do sinal, a tensão pico a pico em AC, e a tensão média em CL.

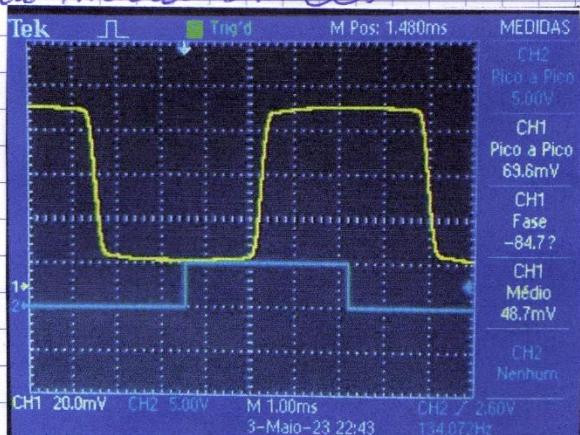


Imagem 2: Sinal em CL

O modelador teve como frequência $f = (134 \pm 1)\text{ Hz}$.

Em primeiro lugar, verificou - se que a fase do sinal não variou significativamente com a distância nem se verificou uma correlação entre as variáveis, como se observa no gráfico 1.

Isto era de esperar, visto que, tendo em conta a velocidade da luz, a variação da distância é praticamente insignificante em relação ao tempo que demora a atingir o sensor.

Portanto, decidiu - se escolher uma gama experimental entre 20cm e 70cm.

Para verificar a dependência do sinal detectado com o inverso do quadrado da distância (proporcionalidade), para obter um gráfico log - log, escolheram - se valores de R tais que $\log(R)$ seja igualmente distribuído.

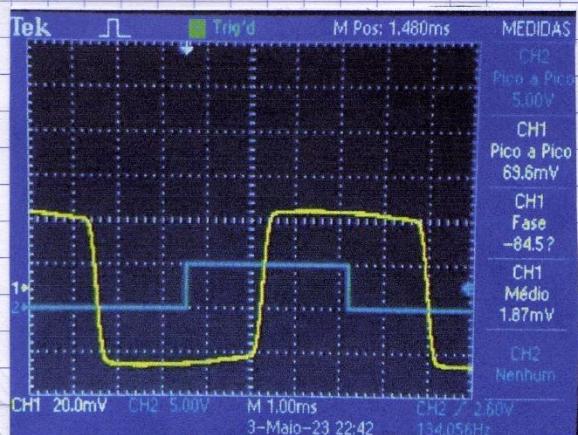


Imagem 3: Sinal em AC.

R (m)	$u[R]$ (m)	ϕ ($^{\circ}$)	$u[\phi]$ ($^{\circ}$)
2.00E-01	5E-03	-84.5	0.1
2.30E-01	5E-03	-84.0	0.3
2.60E-01	5E-03	-84.3	0.1
2.90E-01	5E-03	-84.0	0.1
3.30E-01	5E-03	-84.0	0.2
3.75E-01	5E-03	-84.0	0.2
4.25E-01	5E-03	-84.4	0.1
4.80E-01	5E-03	-84.2	0.1
5.44E-01	5E-03	-84.2	0.2
6.20E-01	5E-03	-84.0	0.1
7.00E-01	5E-03	-84.2	0.1

Tabela 1: Passos relativos à fase do sinal

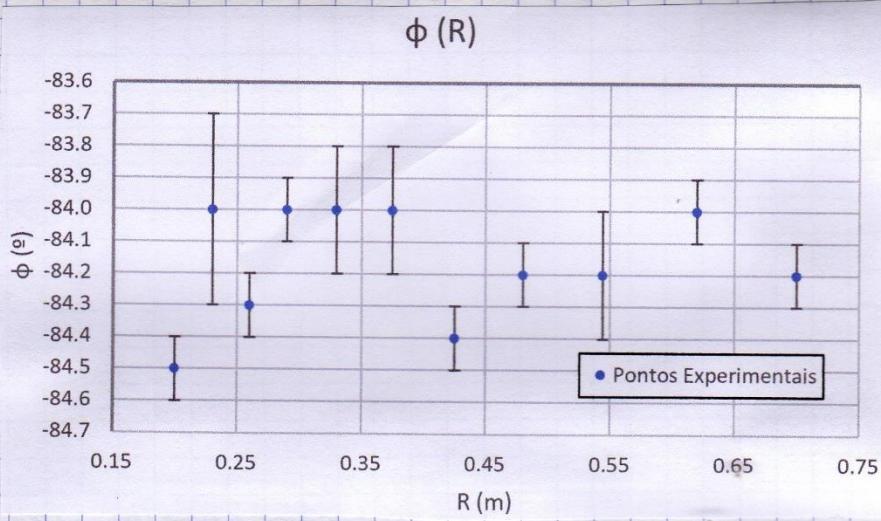


Grafico 1: Gráfico da fase em relação à distância.

Relativamente à tensão pico a pico medida em AC, obtiveram-se os seguintes dados: $u[\log(x)] = \frac{u[x]}{\ln(10)}$

R (m) $\pm 5E-3$ m	$\log_{10}(R)$	$u[\log_{10}(R)]$	Vpp (V)	$u[Vpp]$ (V)	$\log_{10}(Vpp)$	$u[\log_{10}(Vpp)]$	Ajuste 1 $\log(Vpp)$	Resíduos 1 $\log(Vpp)$	Ajuste 2 $\log(Vpp)$	Resíduos 2 $\log(Vpp)$
2.00E-01	-7.0E-01	1E-02	8.56E-01	1E-03	-6.75E-02	5E-04	-0.0651	-0.0024	-0.06698	-0.00055
2.30E-01	-6.38E-01	9E-03	6.48E-01	1E-03	-1.884E-01	7E-04	-0.1864	-0.0020	-0.18829	-0.00013
2.60E-01	-5.85E-01	8E-03	5.12E-01	1E-03	-2.907E-01	8E-04	-0.2928	0.0021	-0.29471	0.00398
2.90E-01	-5.38E-01	7E-03	4.00E-01	1E-03	-3.98E-01	1E-03	-0.3876	-0.0103	-0.38950	-0.00844
3.30E-01	-4.81E-01	7E-03	3.20E-01	1E-03	-4.95E-01	1E-03	-0.4998	0.0049	-0.50165	0.00680
3.75E-01	-4.26E-01	6E-03	2.56E-01	1E-03	-5.92E-01	2E-03	-0.6107	0.0190	-0.61261	0.02085
4.25E-01	-3.72E-01	5E-03	1.90E-01	1E-03	-7.21E-01	2E-03	-0.7194	-0.0019	-0.72126	0.00001
4.80E-01	-3.19E-01	5E-03	1.48E-01	2E-03	-8.30E-01	6E-03	-0.8250	-0.0047	-0.82689	-0.00285
5.44E-01	-2.64E-01	4E-03	1.16E-01	1E-03	-9.36E-01	4E-03	-0.9336	-0.0019	-0.93553	-0.00001
6.20E-01	-2.08E-01	4E-03	8.98E-02	2E-04	-1.047E+00	1E-03	-1.0471	0.0004	-1.04904	0.00232
7.00E-01	-1.55E-01	3E-03	6.99E-02	3E-04	-1.156E+00	2E-03	-1.1525	-0.0030	-1.15438	-0.00114

Tabela 2: Dados obtidos da análise em AC.

No primeiro ajuste linear de $\log(Vpp)$ em função de $\log(R)$, detectou-se um ponto duvidoso.

$\log(Vpp) [\log(R)]$ - Ajuste 1

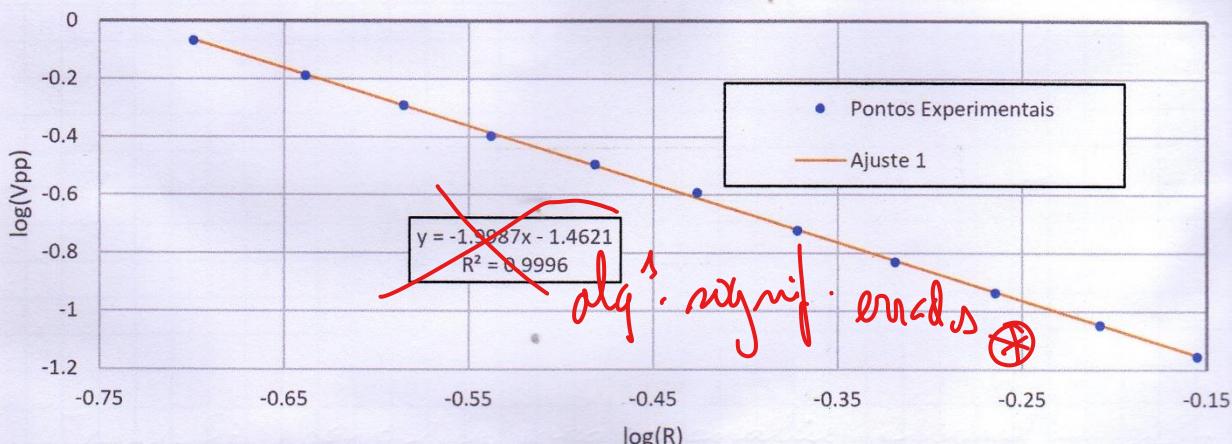


Grafico 2: $\log(Vpp)[\log(R)]$ considerando todos os pontos obtidos.

m	-2.00	-1.46	b
u[m]	0.01	0.01	u[b]
R ²	0.9996	0.01	Sy

Tabela 3: Matriz do ajuste linear relativo ao gráfico 2.

Resíduos 1 log(Vpp) [log(R)]

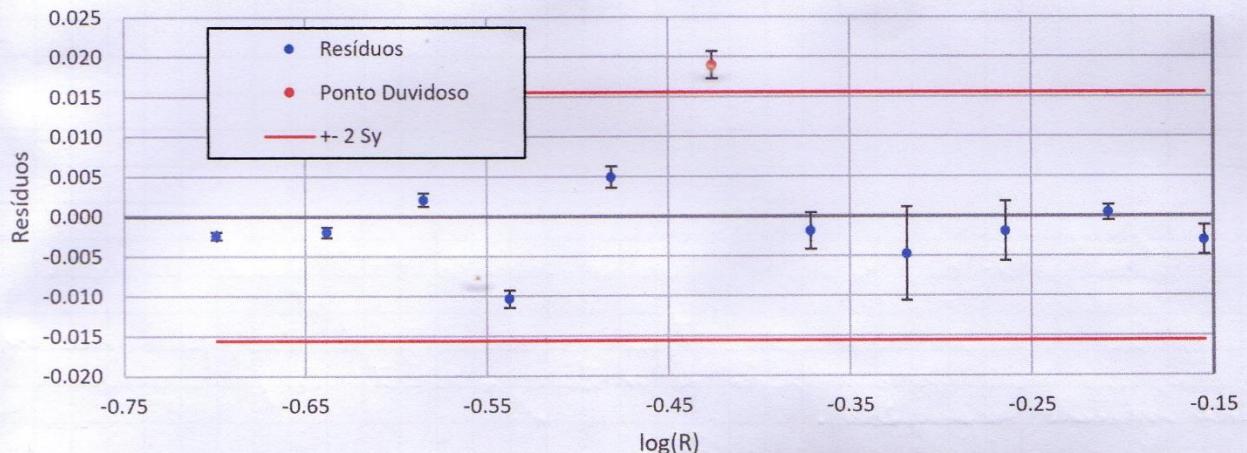


Gráfico 3: Resíduos relativos ao gráfico 2 - 1º ajuste linear.

Retirando o ponto duvidoso detectado, obtém-se um 2º ajuste linear.

log(Vpp) [log(R)] - Ajuste 2

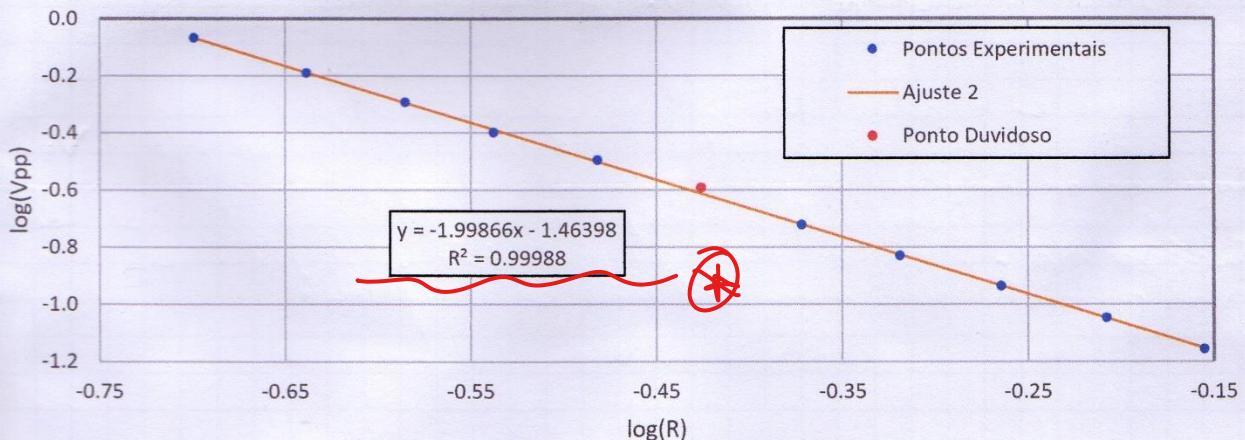


Gráfico 4: log(Vpp) [log(R)] sem levar em conta o ponto duvidoso no ajuste.

m	-2.00	-1.464	b
u[m]	0.01	0.004	u[b]
R ²	0.99988	0.004	Sy

Tabela 4: Matriz do ajuste linear relativo ao gráfico 4

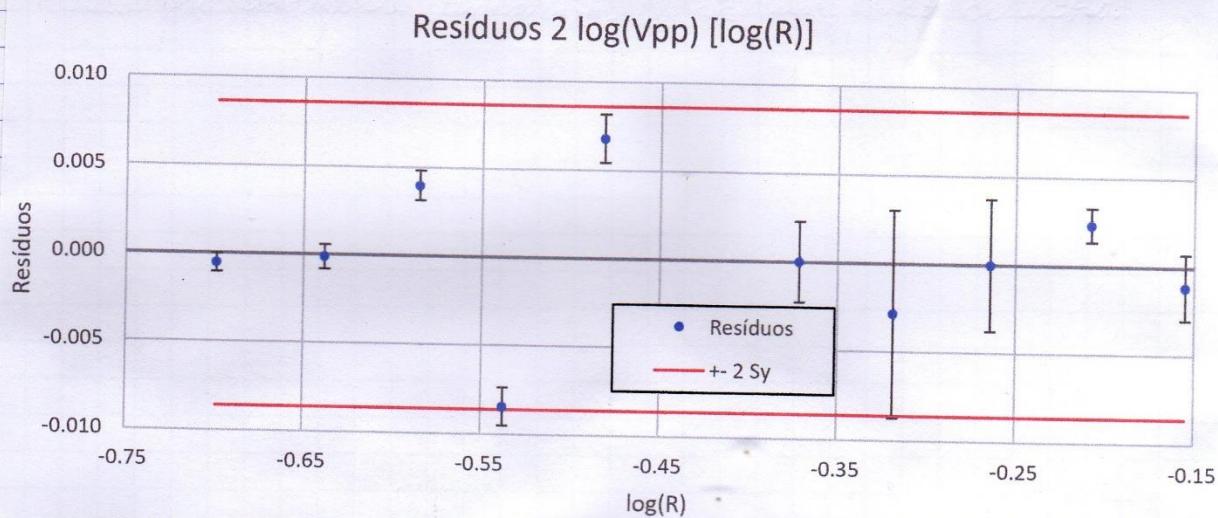


Grafico 5: Resíduos relativos ao grafico 4 - 2º ajuste linear.

Os resíduos não apresentam nenhuma tendência, pelo que os erros que os envolvem são de natureza aleatória, e são de dimensão muito reduzida.

Para verificar a equação:

$$P = K R^{-2} \Rightarrow V = K' R^{-2} \Rightarrow \log(V) = \log(K') - 2 \log(R)$$

Portanto, o declive esperado é -2.

Tendo isto em conta, o declive obtido no 2º ajuste linear (sem pontos curiosos) foi $m = -2,00 \pm 0,01$, com exatidão de 99,93% e precisão de 99,6%.

Para a análise em DC, observou-se que, para $R \approx 20\text{cm}$, a tensão detectada varia entre $0V$ e um determinado valor (V_p). Isto era de esperar porque, quando o chopper tira a fonte, o sensor não deteta praticamente nada, e a tensão média é cerca de ~~$V_{pp}/2$~~ . Seria de esperar que isto se mantivesse para todas as distâncias, mas tal não se verificou:

$R (\text{m}) \pm 5\text{E-3 m}$	$\log_{10}(R)$	$u[\log_{10}(R)]$	$V_{cc} (\text{V})$	$u[V_{cc}] (\text{V})$	$\log_{10}(V_{cc})$	$u[\log_{10}(V_{cc})]$	$V_{pp/2} (\text{V})$	$u[V_{pp/2}] (\text{V})$	$\log_{10}(V_{pp/2})$	$u[\log_{10}(V_{pp/2})]$
2.00E-01	-7.0E-01	1E-02	4.84E-01	1E-03	-0.3152	0.0009	4.280E-01	5E-04	-3.686E-01	5E-04
2.30E-01	-6.38E-01	9E-03	3.63E-01	1E-03	-0.440	0.001	3.240E-01	5E-04	-4.895E-01	7E-04
2.60E-01	-5.85E-01	8E-03	2.91E-01	1E-03	-0.536	0.001	2.560E-01	5E-04	-5.918E-01	8E-04
2.90E-01	-5.38E-01	7E-03	2.25E-01	1E-03	-0.648	0.002	2.000E-01	5E-04	-6.99E-01	1E-03
3.30E-01	-4.81E-01	7E-03	1.85E-01	1E-03	-0.733	0.002	1.600E-01	5E-04	-7.96E-01	1E-03
3.75E-01	-4.26E-01	6E-03	1.48E-01	1E-03	-0.830	0.003	1.280E-01	5E-04	-8.93E-01	2E-03
4.25E-01	-3.72E-01	5E-03	1.17E-01	1E-03	-0.932	0.004	9.50E-02	5E-04	-1.022E+00	2E-03
4.80E-01	-3.19E-01	5E-03	9.34E-02	1E-04	-1.0297	0.0005	7.4E-02	1E-03	-1.131E+00	6E-03
5.44E-01	-2.64E-01	4E-03	7.54E-02	1E-04	-1.1226	0.0006	5.80E-02	5E-04	-1.237E+00	4E-03
6.20E-01	-2.08E-01	4E-03	6.12E-02	1E-04	-1.2132	0.0007	4.49E-02	1E-04	-1.348E+00	1E-03
7.00E-01	-1.55E-01	3E-03	4.84E-02	1E-04	-1.3152	0.0009	3.50E-02	2E-04	-1.457E+00	2E-03

Tabela 5: Dados obtidos para a análise do sinal em DC.

Novamente, como $\log(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(10)} \Rightarrow \log'(x) = \frac{1}{\ln(10)} \cdot \frac{1}{x} \Rightarrow u[\log(x)] = \frac{u[x]}{|x| \ln(10)}$.

Como os dados em DC e AC foram obtidos no mesmo ensaio, $V_{pp}/2$ é metade de V_{pp} medido na análise anterior. Portanto, para se poder comparar, representou-se no gráfico 7 o ajuste de $\log(V_{pp}/2)$ [log(R)] - o gráfico 7 aparece um pouco mais à frente.

$\log_{10}(R)$	$u[\log_{10}(R)]$	$\log_{10}(V_{pp}/2)$	$u[\log_{10}(V_{pp}/2)]$	Ajuste $\log(V_{pp}/2)$	Resíduos $\log(V_{pp}/2)$
-7.0E-01	1E-02	-3.686E-01	5E-04	-3.680E-01	-5.473E-04
-6.38E-01	9E-03	-4.895E-01	7E-04	-4.893E-01	-1.319E-04
-5.85E-01	8E-03	-5.918E-01	8E-04	-5.957E-01	3.983E-03
-5.38E-01	7E-03	-6.99E-01	1E-03	-6.905E-01	-8.442E-03
-4.81E-01	7E-03	-7.96E-01	1E-03	-8.027E-01	6.805E-03
-4.26E-01	6E-03	-8.93E-01	2E-03	-9.136E-01	2.085E-02
-3.72E-01	5E-03	-1.022E+00	2E-03	-1.022E+00	1.064E-05
-3.19E-01	5E-03	-1.131E+00	6E-03	-1.128E+00	-2.848E-03
-2.64E-01	4E-03	-1.237E+00	4E-03	-1.237E+00	-9.065E-06
-2.08E-01	4E-03	-1.348E+00	1E-03	-1.350E+00	2.319E-03
-1.55E-01	3E-03	-1.457E+00	2E-03	-1.455E+00	-1.139E-03

Tabela 6: Dados relativos a $V_{pp}/2$

Como $\log(V_{pp}/2) = \log(V_{pp}) - \log(2)$, a única diferença no ajuste relativamente ao efetuado na análise anterior é a ordenada na origem, pelo que não se apresenta o ponto cívico. Verifica-se que tanto o círculo como os resíduos são iguais aos do 2º ajuste da análise anterior.

m	-2.00	-1.765	b
$u[m]$	0.01	0.004	$u[b]$
R^2	0.99988	0.004	S_y

Tabela 7: Matriz do ajuste linear de $\log(V_{pp}/2)$ [log(R)]

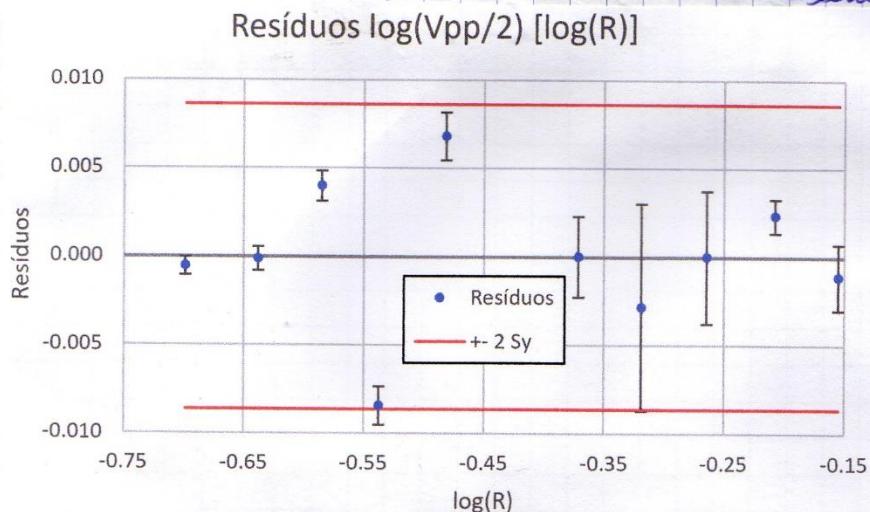


Gráfico 6: Resíduos de $\log(V_{pp}/2)$ [log(R)]

Para o estudo a V_{cc} (tensão média), obteve-se o seguinte:

$\log_{10}(R)$	$u[\log_{10}(R)]$	$\log_{10}(V_{cc})$	$u[\log_{10}(V_{cc})]$	Ajuste 1 $\log(V_{cc})$	Resíduos 1 $\log(V_{cc})$	Ajuste 2 $\log(V_{cc})$	Resíduos 2 $\log(V_{cc})$
-7.0E-01	1E-02	-0.3152	0.0009	-3.325E-01	1.731E-02	-3.277E-01	1.257E-02
-6.38E-01	9E-03	-0.440	0.001	-4.427E-01	2.633E-03	-4.385E-01	-1.567E-03
-5.85E-01	8E-03	-0.536	0.001	-5.395E-01	3.345E-03	-5.357E-01	-3.846E-04
-5.38E-01	7E-03	-0.648	0.002	-6.256E-01	-2.221E-02	-6.223E-01	-2.552E-02
-4.81E-01	7E-03	-0.733	0.002	-7.275E-01	-5.286E-03	-7.247E-01	-8.099E-03
-4.26E-01	6E-03	-0.830	0.003	-8.284E-01	-1.344E-03	-8.261E-01	-3.666E-03
-3.72E-01	5E-03	-0.932	0.004	-9.271E-01	-4.675E-03	-9.253E-01	-6.515E-03
-3.19E-01	5E-03	-1.0297	0.0005	-1.023E+00	-6.503E-03	-1.022E+00	-7.875E-03
-2.64E-01	4E-03	-1.1226	0.0006	-1.122E+00	-7.335E-04	-1.121E+00	-1.625E-03
-2.08E-01	4E-03	-1.2132	0.0007	-1.225E+00	1.182E-02	-1.225E+00	1.143E-02
-1.55E-01	3E-03	-1.3152	0.0009	-1.321E+00	5.655E-03	-1.321E+00	5.733E-03

Tabela 8: Dados relativos a V_{cc} .

* com V_{cc}

Num primeiro ajuste linear, obteve-se um ponto duvidoso.

$\log(V) [\log(R)]$ - Ajuste 1

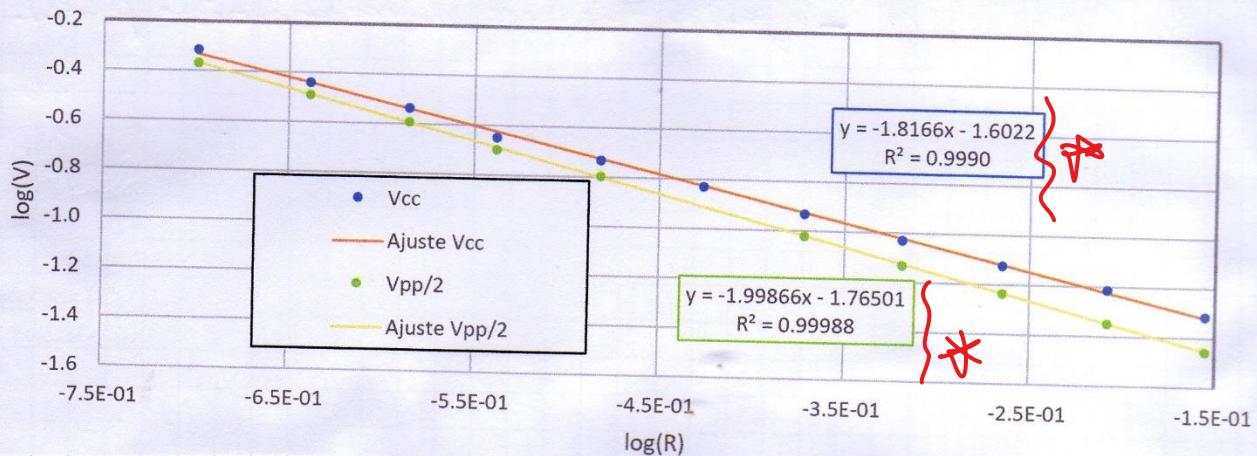


Grafico 7 - $\log(V) [\log(R)]$ no estudo de V_{ee} - 1º ajuste linear

m	-1.82	-1.60	b
u[m]	0.02	0.01	u[b]
R ²	0.9990	0.01	Sy

Tabela 7: Matriz do 1º ajuste linear de $\log(V_{cc}) [\log(R)]$

Resíduos 1 $\log(V_{cc}) [\log(R)]$

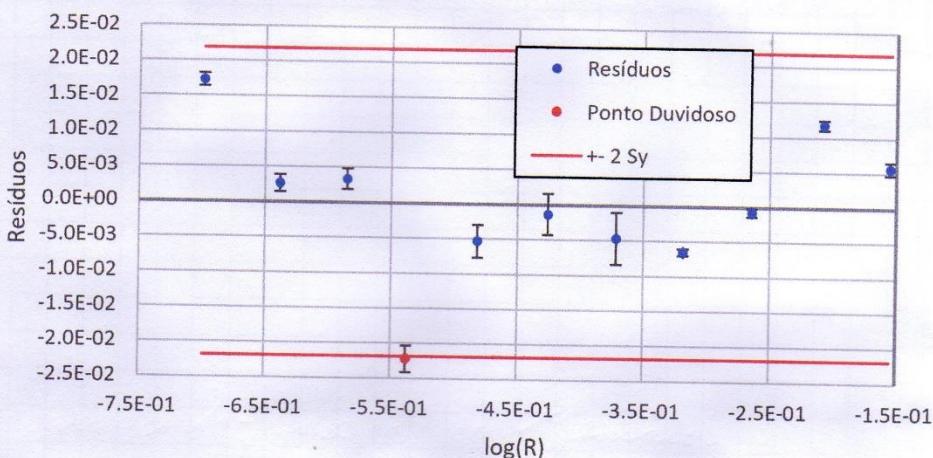


Grafico 8 - Resíduos relativos ao grafico 7 - 1º ajuste linear

No 2º ajuste linear, retirou-se o ponto duvidoso.

$\log(V) [\log(R)]$ - Ajuste 2

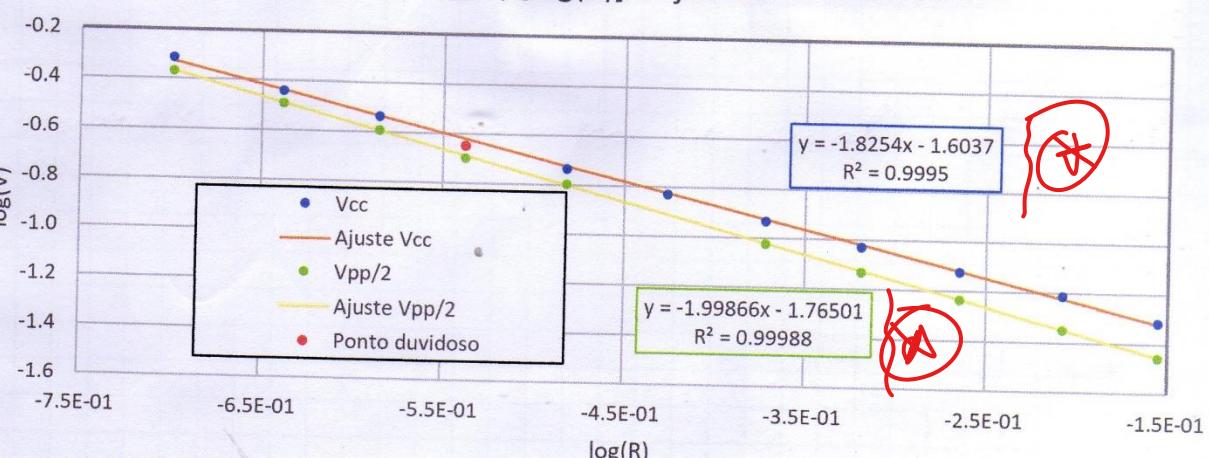


Grafico 9 - $\log(V) [\log(R)]$ no estudo de V_{ee} - 2º ajuste linear

m	-1.83	-1.60	b
u[m]	0.01	0.01	u[b]
R ²	0.9995	0.01	Sy

Tabela 10: Matriz do 2º ajuste linear
de $\log(V_{cc})$ [log(R)]

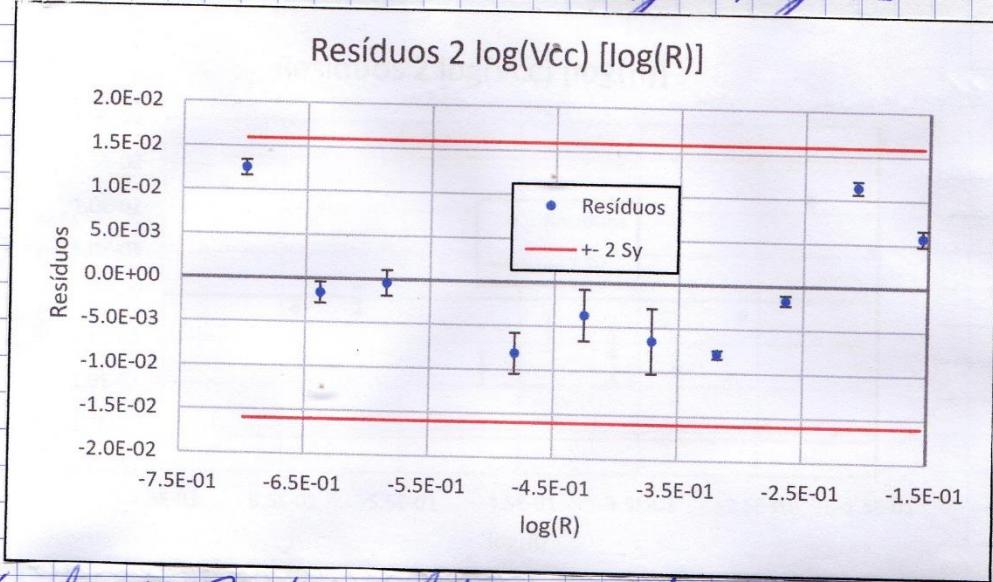


Gráfico 10 - Resíduos relativos ao gráfico 9 - 2º ajuste linear.

Os resíduos não apresentam nenhum padrão, pelo que os erros que os envolvem são de natureza aleatória, e têm dimensão muito reduzida.

Em V_{cc} detectaram-se erros sistemáticos, visto que se obteve $m = -1,83 \pm 0,01$, com exatidão de 91% e precisão de 99,2%.

Para R muito pequeno, os valores de V_{cc} e V_{pp}/2 são muito próximos, mas afastam-se com o aumento de R.

Enquanto que V_{pp} apenas é gerado pela luz que vem diretamente da fonte e é tapada pelo chopper, V_{cc} é gerado por toda a luz detectada, pelo que o sensor, ao afastar da fonte, provavelmente capta outras luzes (outras fontes, reflexões, etc.) que afetaram V_{cc}.

Para determinar o coeficiente de absorção do acrílico, mediu-se a espessura total dos filtros usados, registando o número ou quais os filtros usados, visto que, entre filtros, há reflexão da luz que pode afetar os dados ópticos.

Realizaram-se 2 ensaios para obter o coeficiente. O ideal seria ter-se efectuado mais, mas conseguiram-se bons resultados na mesma. A frequência no modelador foi de $f = (733 \pm 1) \text{ Hz}$ e escolheu-se $R = 20 \text{ cm}$, para maximizar a tensão detectada.

Para obter os valores de espessura dos filtros, foram feitas 3 medições a cada conjunto.

A partir destas, o valor usado foi a média e a incerteza associada foi o máximo entre a incerteza de cada medição e o desvio máximo entre as medições e a média.

Filtros	$d_{filtros}$ (mm)	$u[d_{filtros}]$ (mm)	$d_{filtros}$ (mm)	$u[d_{filtros}]$ (mm)	$d_{filtros}$ (mm)	$u[d_{filtros}]$ (mm)
1	4.310	0.005	4.320	0.005	4.335	0.005
1+2	9.030	0.005	9.050	0.005	8.980	0.005
1+2+3	13.120	0.005	13.250	0.005	13.100	0.005
1+2+3+4	17.720	0.005	17.810	0.005	17.790	0.005
1+2+3+4+5	21.850	0.005	21.790	0.005	21.690	0.005

Tabela 11 - Medidas das espessuras dos filtros.

Por um lado, observou-se que não há uma correlação bem definida entre a fase do sinal e a espessura total dos filtros, ou, pelo menos, a gama experimental não permite identificar nenhuma.

Filtros	fase (°)	$u(fase)$ (°)	d (mm)	$u[d]$ (mm)	d (m)	$u[d]$ (m)
1	-83.9	0.1	4.32	0.01	4.322E-03	1E-05
1+2	-83.6	0.1	9.02	0.03	9.02E-03	3E-05
1+2+3	-84.2	0.1	13.16	0.09	1.316E-02	9E-05
1+2+3+4	-83.6	0.1	17.77	0.04	1.777E-02	4E-05
1+2+3+4+5	-84.3	0.1	21.78	0.07	2.178E-02	7E-05

Tabela 12 - Dados relativos à fase do sinal no 1º ensaio

fase (d)

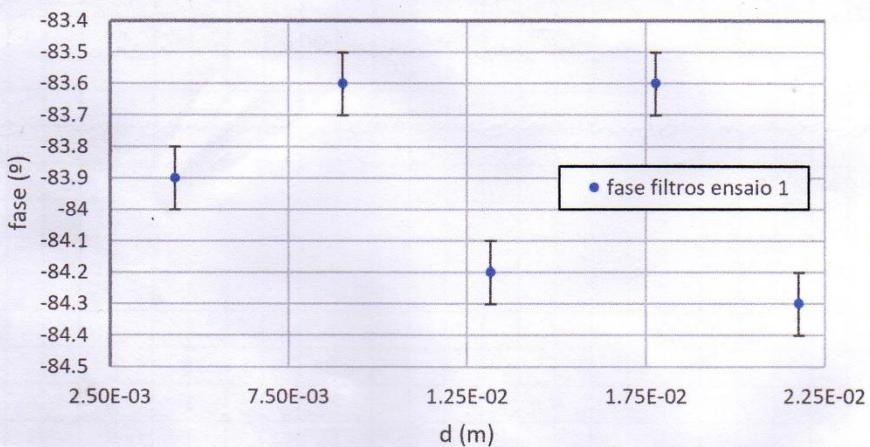


Grafico 11 - fase (d) do 1º ensaio.

Filtros	fase (°)	$u(fase)$ (°)	d (mm)	$u[d]$ (mm)	d (m)	$u[d]$ (m)
1	-84.4	0.1	4.32	0.01	4.32E-03	1E-05
1+2	-84.5	0.1	9.02	0.03	9.02E-03	3E-05
1+2+3	-83.9	0.1	13.16	0.09	1.316E-02	9E-05
1+2+3+4	-83.5	0.1	17.77	0.04	1.777E-02	4E-05
1+2+3+4+5	-83.5	0.1	21.78	0.07	2.178E-02	7E-05

Tabela 13 - Dados relativos à fase do sinal no 2º ensaio

A análise da fase é desnecessária! Sabe por que?

fase (d)

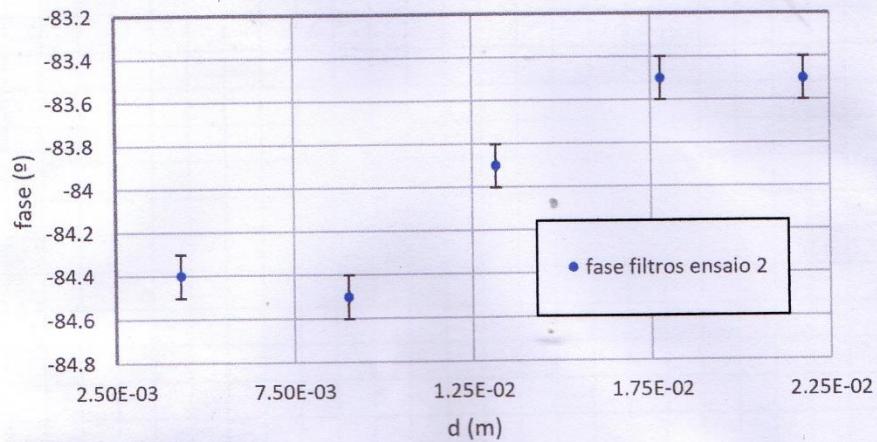


Gráfico 12 - fase (d) do 2º ensaio

A partir dos valores medidos da tensão pico a pico, foi possível obter valores para o coeficiente de absorção do acrílico, 1º ensaio.

Filtros	d (mm)	u[d] (mm)	d (m)	u[d] (m)	V (V)	u[V] (V)	ln(V)	u[ln(V)]	Ajuste	Resíduos
1	4.32	0.01	4.322E-03	1E-05	0.384	0.001	-0.957	0.003	-1.011	0.054
1+2	9.02	0.03	9.02E-03	3E-05	0.136	0.001	-1.995	0.007	-2.008	0.013
1+2+3	13.16	0.09	1.316E-02	9E-05	0.0512	0.0001	-2.972	0.002	-2.885	-0.087
1+2+3+4	17.77	0.04	1.777E-02	4E-05	0.0192	0.0001	-3.953	0.005	-3.865	-0.088
1+2+3+4+5	21.78	0.07	2.178E-02	7E-05	0.0100	0.0001	-4.61	0.01	-4.71	0.11

Tabela 14 - Dados do 1º ensaio para obter o coeficiente de absorção do acrílico.

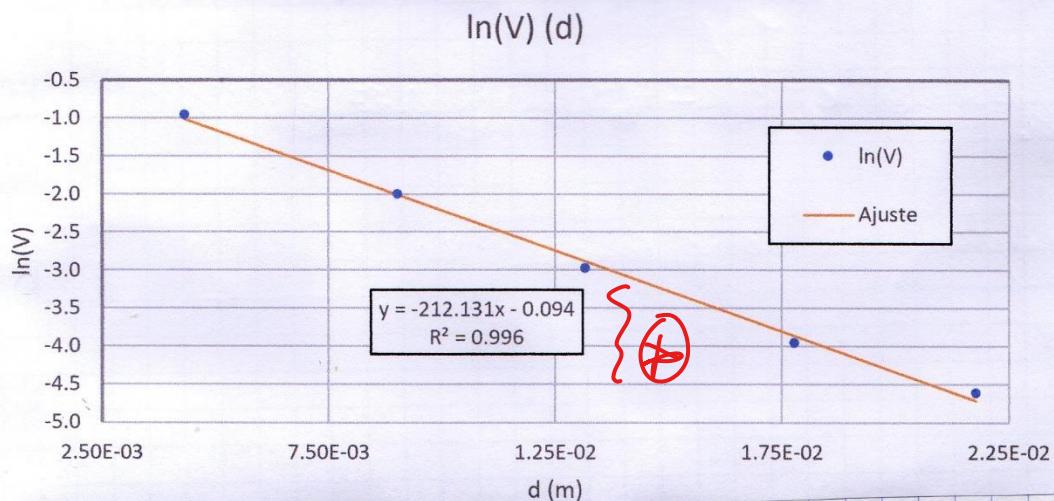


Gráfico 13 - ln(V) em função de d filtros no 1º ensaio

m	-212	-0.1	b
u[m]	7	0.1	u[b]
R ²	0.996	0.1	Sy

Tabela 15 - Matriz de ajuste linear de ln(V) em função de d no 1º ensaio

A incerteza em ln(V) foi obtida através de:

$$u[\ln(V)] = \frac{u[V]}{|V|}$$

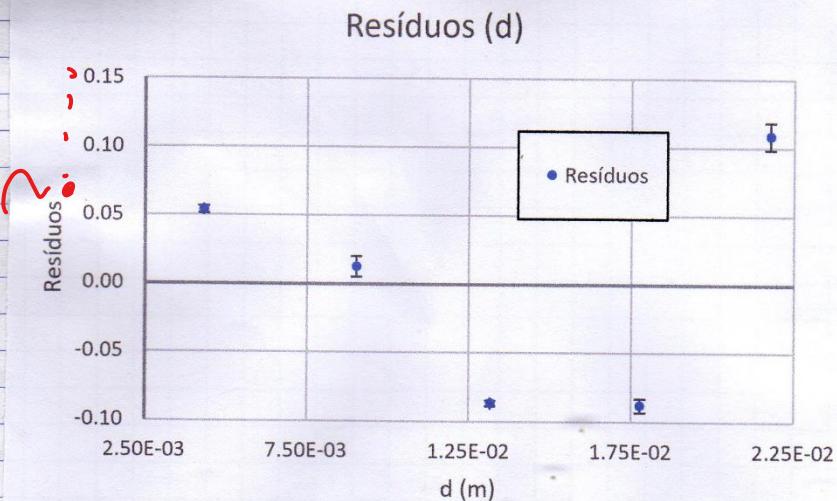


Gráfico 14- Resíduos relativos ao gráfico 13 (1º ensaio)

Os resíduos são relativamente pequenos, mas maiores que as barreiras de incerteza experimental. Como são apenas 5 pontos, não se consegue definir nenhuma tendência.

Pela equação teórica:

$$P(x) = P_0 e^{-\alpha x} \Rightarrow V(d) = V_0 e^{-\alpha d} \Rightarrow \ln(V) = \ln(V_0) - \alpha d$$

Portanto: $\alpha = -m$; $u[\alpha] = u[m]$

Tendo em conta o valor médio obtido no logbook da Piloto Teixeira e tomando-o como referência (não chega a 16 $\frac{1}{m}$)

obtem-se $\alpha_1 = 212 \pm 7 \frac{1}{m}$ com precisão de 97% e exatidão de 97%.

Relativamente ao 2º ensaio:

Filtros	d (mm)	$u[d]$ (mm)	d (m)	$u[d]$ (m)	V (V)	$u[V]$ (V)	$\ln(V)$	$u[\ln(V)]$	Ajuste	Resíduos
1	4.32	0.01	4.322E-03	1E-05	0.388	0.001	-0.947	0.003	-0.9854	0.0386
1+2	9.02	0.03	9.02E-03	3E-05	0.134	0.001	-2.010	0.007	-2.0007	-0.0092
1+2+3	13.16	0.09	1.316E-02	9E-05	0.0544	0.0001	-2.911	0.002	-2.8946	-0.0167
1+2+3+4	17.77	0.04	1.777E-02	4E-05	0.0184	0.0001	-3.995	0.005	-3.8923	-0.1031
1+2+3+4+5	21.78	0.07	2.178E-02	7E-05	0.0094	0.0001	-4.67	0.01	-4.7574	0.0904

Tabela 16- Dados do 2º ensaio para obter o coeficiente o coeficiente de absorção do acrílico.

Novamente:

$$u[\ln(\alpha)] = \frac{u[\alpha]}{|\alpha|}$$

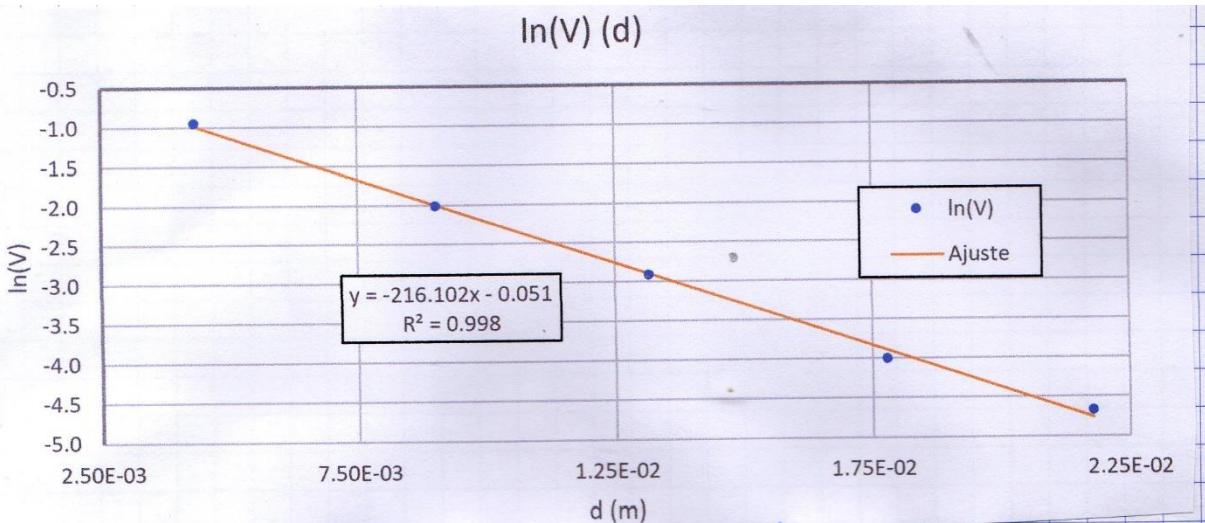


Gráfico 15 - $\ln(V)$ em função de d filtros no 2º ensaio

m	-216	-0.05	b
$u[m]$	6	0.09	$u[b]$
R^2	0.998	0.08	S_y

Tabela 17 - Matriz de ajuste linear
de $\ln(V)$ em função de d no 2º ensaio

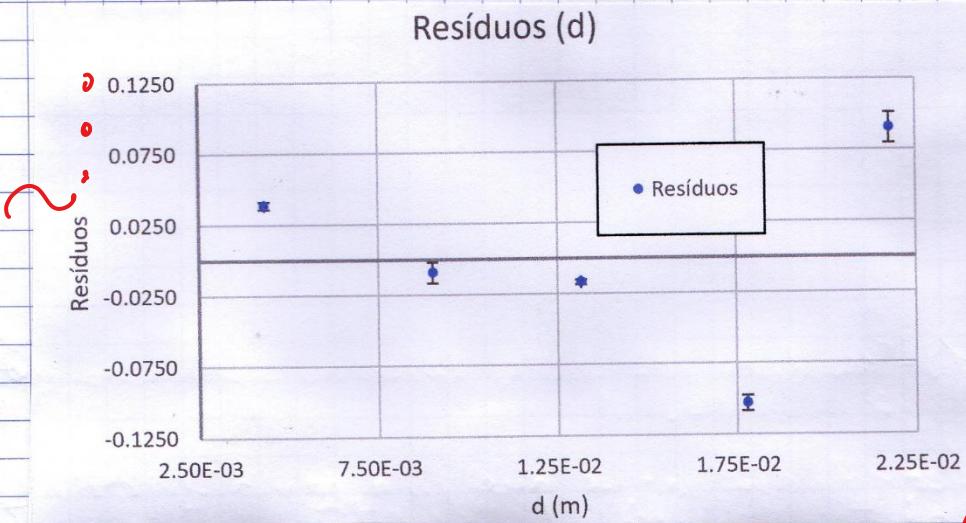


Gráfico 16 - Resíduos relativos ao gráfico 15 (2º ensaio)

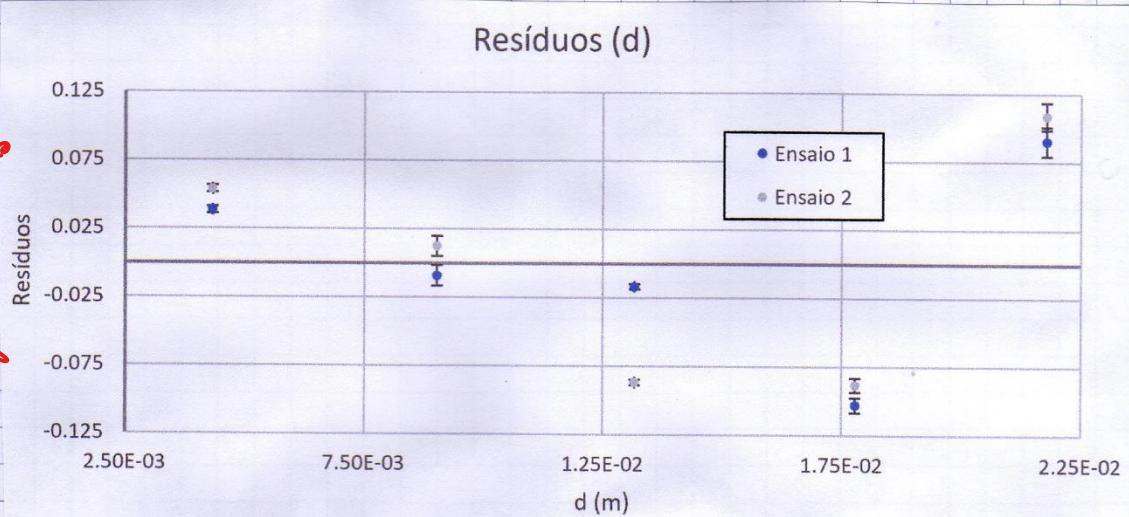
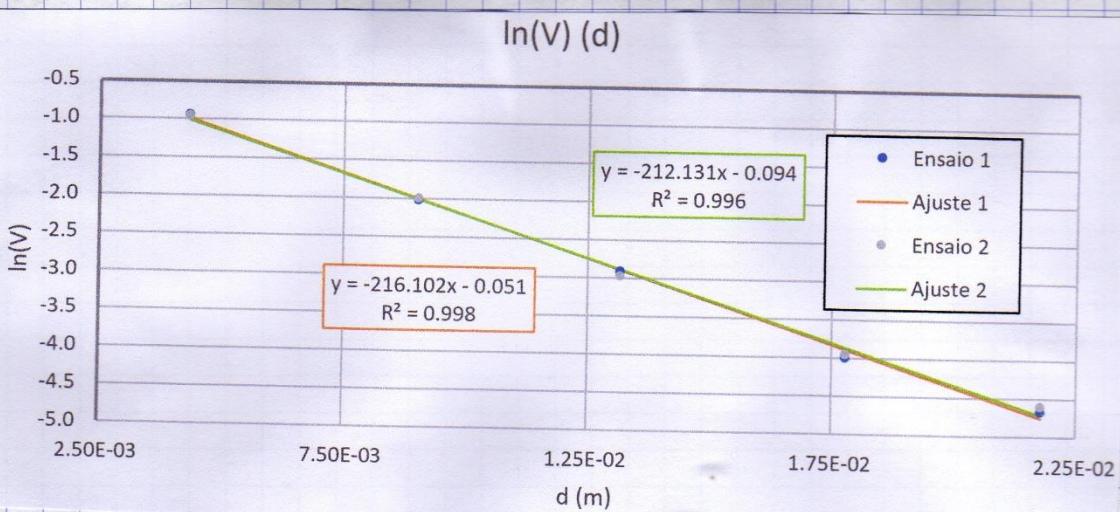
Assim como no 1º ensaio, os resíduos são relativamente pequenos, mas maiores que as barreiras de incertezas experimental. Como são apenas 5 pontos, não se consegue definir nenhuma tendência.

Analogamente ao efectuado no 1º ensaio, obtém-se:

$$x_2 = (216 \pm 6) \text{ m}^{-1}$$

com precisão de 97% e exatidão de 98%.

Comparando os dois ensaios:



Sozinho e porco!
2 ensaios

No gráfico 17, observa-se que, na gama experimental esticada, os ajustes dos dois ensaios estão praticamente sobrepostos. Os declives são muito semelhantes. Há concordância nos dados dos dois ensaios.

No gráfico 18, observa-se que, há excessão de $d = (13,16 \pm 0,09)$ mm, os resíduos não são muito próximos, sugerindo a existência de algum erro sistemático. No entanto, reforça-se que seria ideal ter mais ensaios, para ~~confimar~~ esta hipótese. **pois!** / confirmar

No entanto, estes possíveis erros não tornam afetado significativamente resultados, tendo em conta as altas exatidões e precisões obtidas.

$$\bar{x} = (214 \pm 2) \text{ m}^{-1}$$

~~exatidão: 0,0%~~
~~precisão: 17,1%~~

%, $\mu(\bar{x})$?

Resultado final:

$$V_{pp}: V = KR^m \Rightarrow m = -2,00 \pm 0,01$$

~~exatidão: 99,93%~~
~~precisão: 99,6%~~

% inc
% erro

$$V_{cc}: V = KR^m \Rightarrow m = -1,83 \pm 0,01$$

~~exatidão: 91%~~
~~precisão: 99,2%~~

Filtros:

1° ensaio $\Rightarrow \alpha_1 = (212 \pm 7) \text{ m}^{-1}$	}
exatidão: 97% precisão: 97%	

2° ensaio $\Rightarrow \alpha_2 = (216 \pm 6) \text{ m}^{-1}$	}
exatidão: 97% precisão: 97%	

~~$\alpha = (214 \pm 2) \text{ m}^{-1}$~~
~~exatidão: 98%~~
~~precisão: 99,1%~~

Conclusão:

- Conseguiu-se verificar a relação entre a potência luminosa e o quadrado da distância do detector à fonte, tendo-se verificado que a tensão contínua está mais sujeita ao efeito de outras fontes de luz do que a tensão alternada (AC).

1. ~~Conseguiu-se determinar o coeficiente de absorção da acrílico, não tendo sido detectado erro sistemático proveniente da reflexão da luz nas faces dos filtros. Obtém-se em ambos os ensaios altas exatidões ($10: 97\%$; $20: 97,7\%$) e precisões ($10: 97\%$; $20: 97,7\%$).~~
2. ~~Não se detectou nenhuma variação significativa na face final detectado ao longo de toda a experiência.~~

- (1) ~~Em geral, obtém-se uma exatidão relativamente alta com V_{pp} , maior que a obtida com V_{cc} ($99,93\% > 91\%$) e precisão alta ($99,6\% > 99,2\%$, respectivamente).~~

- ~~Conseguiu-se determinar o coeficiente de absorção do acrílico, não tendo sido detectado erro sistemático proveniente da reflexão da luz nas faces dos filtros. Obtém-se em ambos os ensaios altas exatidões ($10: 97\%$; $20: 97,7\%$) e precisões ($10: 97\%$; $20: 97,7\%$).~~

- ~~Não se detectou nenhuma variação significativa na face final detectado ao longo de toda a experiência.~~

% inc + % erro
No % precisão + % exatidão!
[LF 1!]