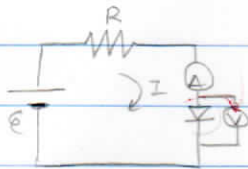
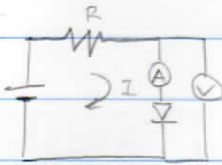




## Esquema



Montagem (a):  $R_{\text{diodo}} \ll R_V$  (sentido direto)  
 $\rightarrow$  corrente no diodo desprezível



Montagem (b):  $R_{\text{diodo}} \gg R_A$  e  $R_{\text{diodo}} \sim R_V$   
 (sentido inverso)

## Plano de ação

$\Rightarrow$  chegar ao laboratório e ligar amperímetro e volímetro

- 1) Preparar montagem (a) para o diodo retificador (sentido direto)
- 2) Escolher as escalas adequadas:  $V \in [0,1; 15]V$  e  $I \in [nA, mA]$
- 3) Avaliar a gama experimental no sentido direto e localizar zona onde há mais dados

4) Variar a tensão e registar  $I_0(V_0)$  (tirar pontos até deixar de ver relação linear entre  $I$  e  $V$ )

5) Repetir para o diodo Zener.

6) Preparar a montagem (b) e inverter sentido (trocar fios)

7) Tirar poucos pontos para o d. retificador e mais para o d. Zener (ver estar constante e depois trocar circuito)

28/03/2022

$\Rightarrow$  Terminal comum: polo; terminal positivo: vermelho

polo  $\downarrow$  gerador

positivo gerador

## Análise de dados

- Diodo retificador

$\rightarrow$  Sentido direto

- Escala prudente  $\leftarrow$  escala

utilizada  $\leftarrow$  D.G. mA (corrente)

completar escalas

— prudentes

— de pto utilizados

Devem estar aqui!

MLST

MLST

MB

SENTIDO DIRETO								
I ( $\pm 0,0001$ mA)	ln (I)	U ( $\pm 0,001$ V)	ln (I) ajuste	Resíduos	Aj Shockley (I)	Resíduos2	R <sub>est</sub> ( $\Omega$ )	R <sub>din</sub> ( $\Omega$ )
0,0080	-4,828313737	0,3096	-5,34645591	0,518142172	0,004765009	0,0032	3,87E+04	-2,87E+05
0,0078	-4,853631545	0,3670	-4,11906034	-0,73457121	0,016259786	-0,0085	4,71E+04	2,03E+03
0,0305	-3,490028595	0,4132	-3,13179808	-0,35823051	0,04363926	-0,0131	1,35E+04	8,97E+02
0,0515	-2,966173471	0,4320	-2,72915246	-0,23702101	0,065274589	-0,0138	8,39E+03	5,92E+02
0,0775	-2,557477343	0,4474	-2,39985121	-0,15762613	0,090731452	-0,0132	5,77E+03	4,03E+02
0,1213	-2,109488463	0,4650	-2,0226516	-0,08683686	0,132304182	-0,0110	3,83E+03	2,93E+02
0,1602	-1,831332244	0,4764	-1,77888314	-0,0524491	0,168826597	-0,0086	2,97E+03	2,52E+02
0,1727	-1,756199294	0,4796	-1,71152607	-0,04467323	0,18058999	-0,0079	2,78E+03	2,28E+02
0,2012	-1,603455841	0,4861	-1,57274911	-0,03070673	0,207474028	-0,0063	2,42E+03	2,02E+02
0,2261	-1,4867779	0,4911	-1,46540546	-0,02137244	0,230984318	-0,0049	2,17E+03	1,83E+02
0,8925	-0,113728765	0,5550	-0,0990191	-0,01470966	0,905725407	-0,0132	6,22E+02	1,97E+01
0,2529	-1,374761125	0,4960	-1,36062779	-0,01413334	0,256499699	-0,0036	1,96E+03	1,67E+02
0,2792	-1,275826908	0,5004	-1,26696938	-0,00885753	0,281684007	-0,0025	1,79E+03	1,52E+02
0,3123	-1,163791015	0,5054	-1,15962573	-0,00416529	0,313603533	-0,0013	1,62E+03	1,38E+02
0,3369	-1,087969129	0,5088	-1,08692285	-0,00104628	0,337252675	-0,0004	1,51E+03	1,28E+02
0,3708	-0,992092445	0,5132	-0,99390594	0,001813496	0,370128165	0,0007	1,38E+03	1,22E+02
0,3903	-0,940839605	0,5155	-0,94322776	0,002388157	0,389369015	0,0009	1,32E+03	1,15E+02
0,4136	-0,882855956	0,5182	-0,88592079	0,003064835	0,412334325	0,0013	1,25E+03	1,09E+02
0,4321	-0,839098236	0,5202	-0,84294056	0,003842326	0,430442916	0,0017	1,20E+03	1,04E+02
0,4597	-0,777181176	0,5231	-0,78178462	0,00460344	0,457588662	0,0021	1,14E+03	9,85E+01
0,4797	-0,73459437	0,5250	-0,73965972	0,005065345	0,477276297	0,0024	1,09E+03	9,52E+01
0,5091	-0,675110818	0,5278	-0,67978676	0,004675943	0,506725034	0,0024	1,04E+03	9,14E+01
0,5288	-0,63714499	0,5296	-0,641297	0,004152014	0,526608967	0,0022	1,00E+03	8,59E+01
0,5486	-0,6003857	0,5313	-0,60494557	0,004559867	0,546104151	0,0025	9,69E+02	8,40E+01
0,5674	-0,566690757	0,5329	-0,57116011	0,004469358	0,564869745	0,0025	9,39E+02	8,14E+01
0,5857	-0,534947566	0,5344	-0,53929915	0,004351584	0,583156815	0,0025	9,12E+02	7,89E+01
0,6103	-0,493804639	0,5364	-0,49781575	0,004011106	0,607856925	0,0024	8,79E+02	7,68E+01
0,6301	-0,461876742	0,5379	-0,46531328	0,003436542	0,627938351	0,0022	8,54E+02	7,47E+01
0,6475	-0,434636485	0,5392	-0,43751513	0,002878642	0,64563876	0,0019	8,33E+02	7,16E+01
0,6686	-0,402569305	0,5407	-0,4052265	0,002657193	0,666825759	0,0018	8,09E+02	7,00E+01
0,6886	-0,373094728	0,5421	-0,37529002	0,002195292	0,68708998	0,0015	7,87E+02	6,89E+01
0,7037	-0,35140315	0,5431	-0,35305149	0,001648345	0,702541015	0,0012	7,72E+02	6,79E+01
0,7205	-0,327809864	0,5443	-0,32867465	0,000864785	0,719877192	0,0006	7,55E+02	6,46E+01
0,7386	-0,302998777	0,5454	-0,30365631	0,00065753	0,738114508	0,0005	7,38E+02	6,23E+01
0,7548	-0,281302465	0,5464	-0,28205928	0,000756811	0,754228975	0,0006	7,24E+02	6,28E+01
0,7712	-0,259807536	0,5475	-0,26003458	0,000227047	0,771024921	0,0002	7,10E+02	6,20E+01
0,7870	-0,239527031	0,5485	-0,23907905	-0,00044798	0,787352641	-0,0004	6,97E+02	6,04E+01
0,8067	-0,214803427	0,5496	-0,21363304	-0,00117038	0,807644701	-0,0009	6,81E+02	5,83E+01
0,8285	-0,188138442	0,5509	-0,18647638	-0,00166206	0,829878162	-0,0014	6,65E+02	5,67E+01
0,8486	-0,164167346	0,5521	-0,16209954	-0,00206781	0,850356559	-0,0018	6,51E+02	5,58E+01
0,8710	-0,138113302	0,5533	-0,13537054	-0,00274276	0,873392227	-0,0024	6,35E+02	7,91E+01
0,9077	-0,096841351	0,5553	-0,09260414	-0,00423721	0,911554275	-0,0039	6,12E+02	5,21E+01
0,9317	-0,070744405	0,5566	-0,06587514	-0,00486926	0,936247753	-0,0045	5,97E+02	5,03E+01
0,9514	-0,049820695	0,5575	-0,04470578	-0,00511492	0,956278798	-0,0049	5,86E+02	4,98E+01
0,9751	-0,025215249	0,5587	-0,0194736	-0,00574164	0,980714781	-0,0056	5,73E+02	5,42E+01
0,9775	-0,022756987	0,5589	-0,01669379	-0,0060632	0,98344478	-0,0059	5,72E+02	5,72E+02

$$I_D = I_0 \left( e^{\frac{eV}{m^2 k T}} - 1 \right)$$

$$\ln(I_D + I_0) = \ln I_0 + \frac{eV}{m^2 k T}$$

Como  $I_D \gg I_0$ ,  $I_D + I_0 \approx I_D$ :

$$\ln(I_D) = \underbrace{\ln(I_0)}_{\text{(constante na origem)}} + \underbrace{\frac{e}{m^2 k T}}_{\text{(declive)}} V$$

Ajuste linear			
m	21,38	-11,97	b
u(m)	0,04	0,02	u(b)
r2	0,99985	0,005	(u)y

e/C	1,60E-19
k/JK <sup>-1</sup>	1,38E-23
T/K	295
$\eta$	1,840
$I_0$ /mA	6,35E-06

$$u(I_0) = \sqrt{\left( \frac{\partial e^b}{\partial b} \right)^2 u^2(b)}$$

$$= e^b u(b) = I_0 u(b) \approx 1 \times 10^{-9} \text{ mA}$$

$$I_0 = (6,4 \pm 0,1) \times 10^{-9} \text{ A}$$

$$u(\eta) = \sqrt{\frac{\partial \left( \frac{e}{m^2 k T} \right)}{\partial m} u^2(m)}$$

$$= \frac{e}{m^2 k T} u(m) \approx 0,003$$

$$\eta = 1,840 \pm 0,003$$

(E[1,2] como esperado)

Embora não se evidenciem tendências sistemáticas, os resíduos indiciam que talvez o ajuste linear não se adeque bem a esta gama experimental (valores elevados de resíduos). No entanto, obtive-se um valor de  $R^2$  muito perto de 1.

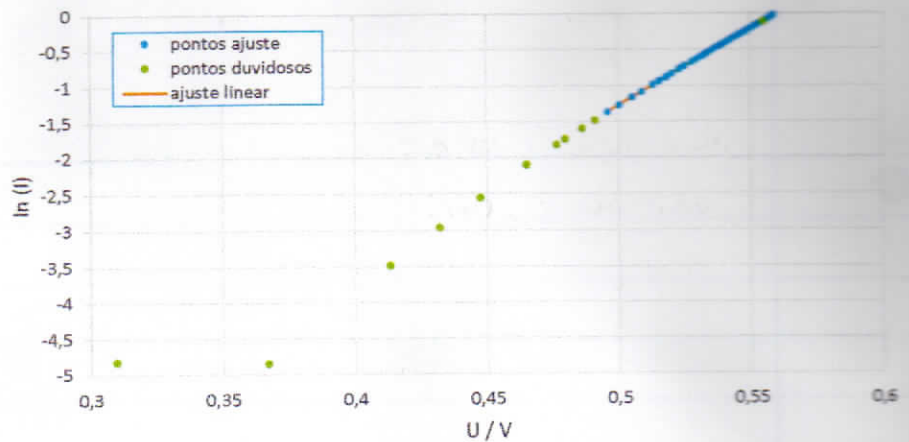


Figura 1: Gráfico completo de  $\ln(I)$  em função de  $U$ , no sentido direto (d. retificador)

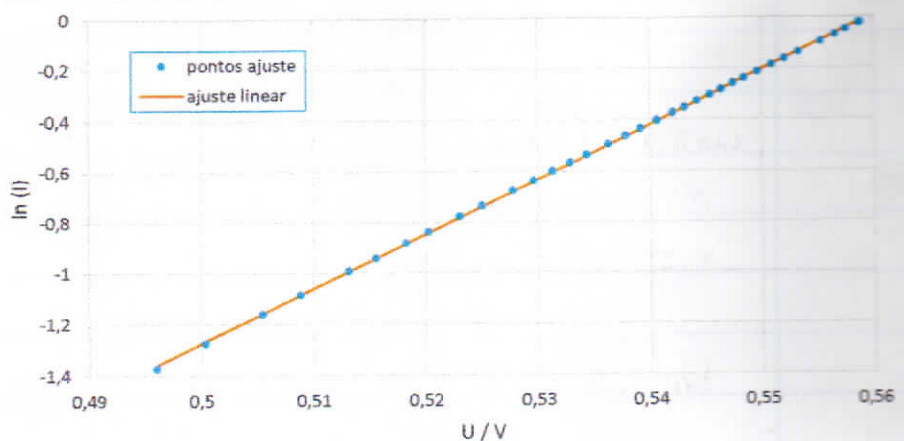


Figura 2: Gráfico de  $\ln(I)$  em função de  $U$ , após retirados os pontos duvidosos

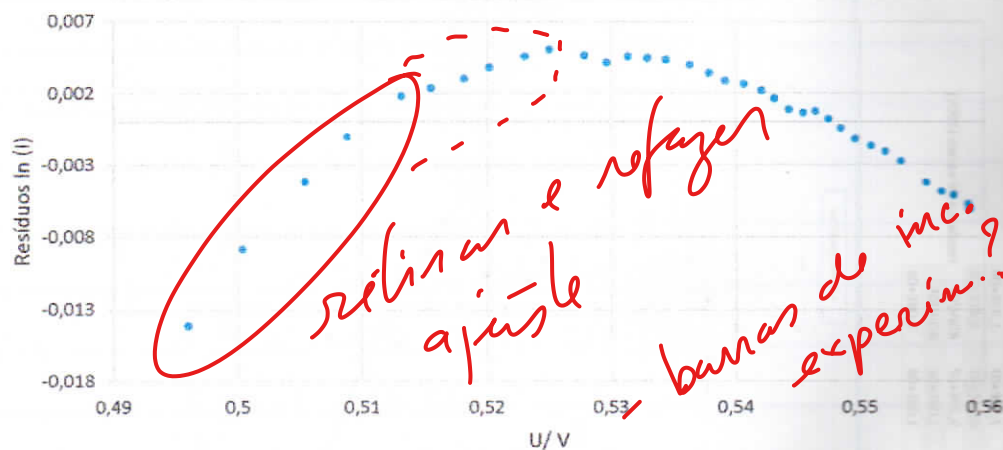


Figura 3: Gráfico de resíduos de  $\ln(I)$  para os pontos utilizados no ajuste.



Substituindo os parâmetros de ajuste linear na Lei de Shockley, obtém-se o seguinte ajuste à curva experimental  $I(U)$ :

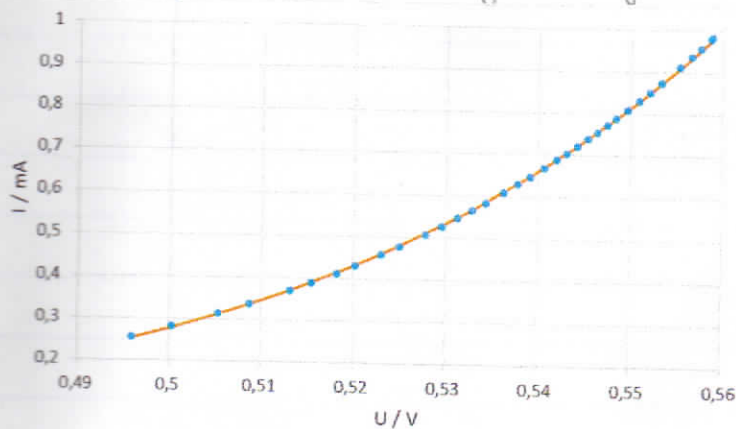


Figura 4: Gráfico de  $I(U)$  e respectivo ajuste de Shockley, sem os pontos duvidosos

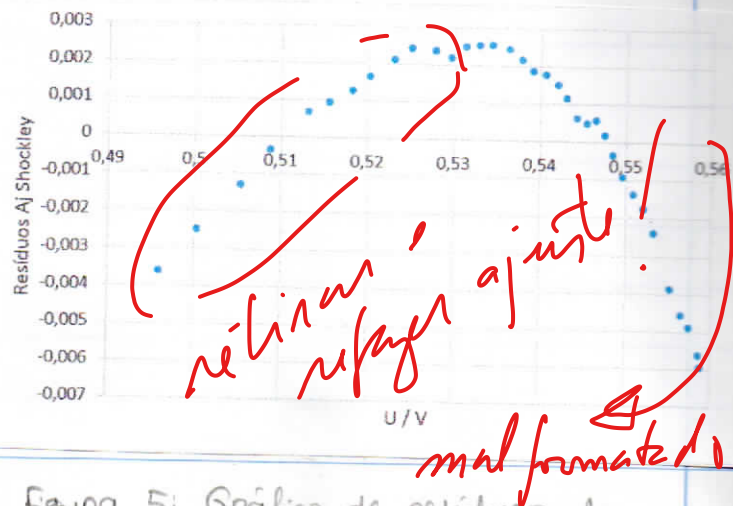


Figura 5: Gráfico de resíduos do ajuste de Shockley

Embora se evidencie uma ligeira tendência nos resíduos, estes encontram-se distribuídos em valores baixos, o que poderá indicar que a Lei de Shockley se adequa a esta gama experimental.

↳ Sinal invertido

- Escala prudente  $< 0,9 \mu A - nA$

- Escala utilizada  $= 0,9 \mu A$

$$I_0 \sim \bar{I} = 0,137 \mu A = 1,37 \times 10^{-7} A$$

- Era de esperar que a ordem de grandeza coincidisse nos dois valores

de  $I_0$ , contudo verifica-se uma diferença clara e um erro associado.

Tomemos, agora, atenção às ordens de grandeza das resistências:

$$R_{ext}(\Omega): 10^7 - 10^9 \quad \text{e} \quad R_{din}(\Omega): 10^7 - 10^9$$

$$U_{U/2}$$

$$\frac{\partial U}{\partial I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1}$$

- Estes valores coincidem com o esperado, havendo, apenas, uma ligeira variação de uma ordem de grandeza.

SENTIDO INVERSO			
$I (\pm 0,001 \mu A)$	$U (\pm 0,0001 V)$	$R_{ext} (\Omega)$	$R_{din} (\Omega)$
-0,138	-1,8715	1,36E+07	#DIV/0!
-0,138	-3,1045	2,25E+07	-2,08E+09
-0,137	-5,1889	3,79E+07	#DIV/0!
-0,137	-6,6303	4,84E+07	#DIV/0!
-0,137	-7,3892	5,39E+07	#DIV/0!
-0,137	-8,1387	5,94E+07	#DIV/0!
-0,137	-9,506	6,94E+07	-9,67E+08
-0,136	-10,473	7,70E+07	-1,32E+09
-0,135	-11,7927	8,74E+07	8,47E+08
-0,136	-12,64	9,29E+07	#DIV/0!
-0,136	-13,99	1,03E+08	#DIV/0!
-0,136	-14,739	1,08E+08	1,08E+08

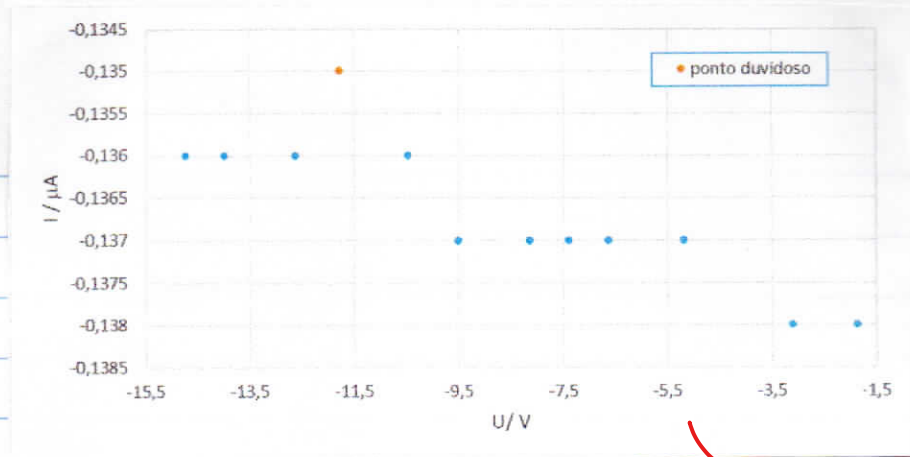


Figura 6: Gráfico de  $I(U)$ , no sentido inverso (não atinge a zona de breakdown,  $\sim 50V$ )

- Díodo Zener

↳ Sentido direto

- Escala prudente = escala utilizada = 0,9 mA

→ O que tira daqui?

$$I_s \sim 0,137 \mu A$$

$$\sim 1 \times 10^{-7} A$$

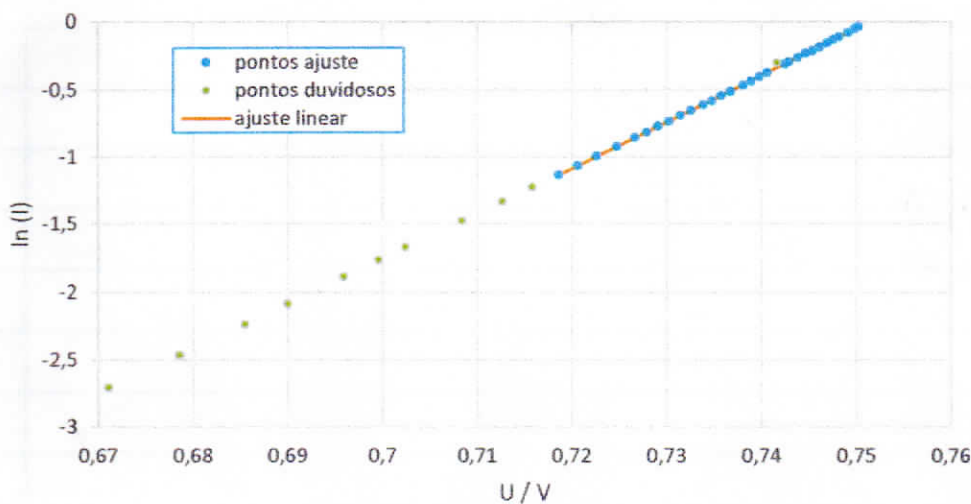


Figura 7: Gráfico de  $\ln(I)$  em função de  $V$ , com todos os pontos (sentido direto)

Ajuste linear			
m	34,63	-26,02	b
(u)m	0,03	0,02	(u)b
r <sup>2</sup>	0,999979	0,002	(u)y

e / C	1,60E-19
k / JK <sup>-1</sup>	1,38E-23
T / K	295
$\eta$	1,14
$I_0$ / mA	5,03E-12

$$u(I_0) = I_0 u(b) = 2 \times 10^{-3} \text{ mA}$$

$$I_0 = (5,0 \pm 0,2) \times 10^{-12} \text{ mA} = (50 \pm 0,2) \times 10^{-15} \text{ A}$$

$$u(\eta) = \frac{e}{k m^2 T} \quad u(m) = 0,03, \quad \eta = 1,14 \pm 0,03$$

como esperado:  
 $I_0$  quase nula,  
 $\eta \in [1,2]$

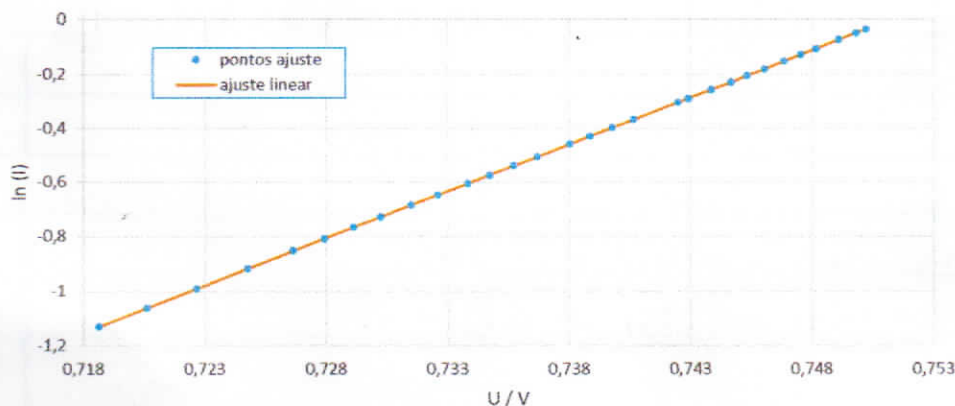


Figura 8: Gráfico de  $\ln(I)$  em função de  $U$  e respetivo ajuste linear, após retirados os pontos duvidosos.

		SENTIDO DIRETO								
	I / mA	Incerteza (I) / mA	ln (I)	U (± 0,00001 V)	ln (I) ajuste	Resíduos	Aj Shockley	Resíduos2	R <sub>est</sub> (Ω)	R <sub>din</sub> (Ω)
μA convertido em mA	0,001600	0,000001	-6,43775	0,54885	-7,010300987	0,572549338	0,0009025	0,000697	3,43E+05	6,40E+03
	0,012353	0,000001	-4,39386	0,61770	-4,626143754	0,232287424	0,0097924	0,002561	5,00E+04	1,59E+03
	0,030860	0,000001	-3,47829	0,64704	-3,610149953	0,131855521	0,0270478	0,003812	2,10E+04	8,08E+02
	0,048200	0,000001	-3,0324	0,66105	-3,125007719	0,092611461	0,0439366	0,004263	1,37E+04	5,40E+02
	0,066780	0,000001	-2,70635	0,67109	-2,777339765	0,07098812	0,0622038	0,004576	1,00E+04	4,06E+02
	0,085190	0,000001	-2,46287	0,67856	-2,518666496	0,055795273	0,080567	0,004623	7,97E+03	3,17E+02
	0,106970	0,000001	-2,23521	0,68546	-2,279731349	0,044524491	0,1023117	0,004658	6,41E+03	2,64E+02
	0,124200	0,000001	-2,08586	0,69001	-2,122172665	0,036310555	0,1197711	0,004429	5,56E+03	2,18E+02
	0,150920	0,000001	-1,89101	0,69583	-1,920636062	0,029630678	0,1465137	0,004406	4,61E+03	1,86E+02
	0,171040	0,000001	-1,76586	0,69958	-1,790780003	0,024922172	0,16683	0,004210	4,09E+03	1,68E+02
mudança de escala (mA)	0,188150	0,000001	-1,67052	0,70245	-1,691396833	0,020881071	0,184262	0,003888	3,73E+03	1,47E+02
	0,2284	0,0001	-1,47666	0,70835	-1,487089968	0,010433167	0,2260295	0,002371	3,10E+03	1,20E+02
	0,2641	0,0001	-1,33143	0,71264	-1,338534637	0,007107177	0,2622296	0,001870	2,70E+03	1,06E+02
	0,294	0,0001	-1,22418	0,71580	-1,229109265	0,004933754	0,292553	0,001447	2,43E+03	5,77E+01
	0,7416	0,0001	-0,29895	0,74162	-0,335007017	0,036061753	0,7153331	0,026267	1,00E+03	5,50E+01
	0,3238	0,0001	-1,12763	0,71864	-1,130764944	0,003135706	0,3227862	0,001014	2,22E+03	8,72E+01
	0,3465	0,0001	-1,05987	0,72062	-1,062200945	0,002328484	0,3456941	0,000806	2,08E+03	8,13E+01
	0,3716	0,0001	-0,98994	0,72266	-0,991559249	0,001621977	0,3709978	0,000602	1,94E+03	7,56E+01
	0,3995	0,0001	-0,91754	0,72477	-0,918493573	0,00095206	0,3991198	0,000380	1,81E+03	7,06E+01
	0,426	0,0001	-0,85332	0,72664	-0,853738686	0,000422753	0,4258199	0,000180	1,71E+03	6,77E+01
	0,4449	0,0001	-0,80991	0,72792	-0,809414484	-0,00049126	0,4451186	-0,000219	1,64E+03	6,35E+01
	0,4638	0,0001	-0,7683	0,72912	-0,767860546	-0,00044131	0,4640047	-0,000205	1,57E+03	6,24E+01
	0,4819	0,0001	-0,73002	0,73025	-0,728730587	-0,00128807	0,4825211	-0,000621	1,52E+03	5,79E+01
	0,5035	0,0001	-0,68617	0,73150	-0,685445234	-0,00072633	0,5038658	-0,000366	1,45E+03	5,82E+01
	0,5224	0,0001	-0,64932	0,73260	-0,647354123	-0,00196758	0,5234289	-0,001029	1,40E+03	5,42E+01
	0,5451	0,0001	-0,60679	0,73383	-0,604761336	-0,00202468	0,5462048	-0,001105	1,35E+03	5,29E+01
	0,5623	0,0001	-0,57572	0,73474	-0,573249599	-0,00247016	0,5636907	-0,001391	1,31E+03	4,88E+01
	0,5828	0,0001	-0,53991	0,73574	-0,538621317	-0,00128989	0,5835522	-0,000752	1,26E+03	4,90E+01
	0,6024	0,0001	-0,50683	0,73670	-0,505378166	-0,00145544	0,6032774	-0,000877	1,22E+03	4,67E+01
	0,6311	0,0001	-0,46029	0,73804	-0,458976268	-0,00131468	0,6319302	-0,000830	1,17E+03	4,51E+01
	0,6495	0,0001	-0,43155	0,73887	-0,430234794	-0,00131765	0,6503564	-0,000856	1,14E+03	4,33E+01
	0,6705	0,0001	-0,39973	0,73978	-0,398723057	-0,00100852	0,6711766	-0,000677	1,10E+03	4,22E+01
	0,6911	0,0001	-0,36947	0,74065	-0,368596451	-0,0008743	0,6917045	-0,000604	1,07E+03	4,00E+01
	0,7371	0,0001	-0,30503	0,74249	-0,304880412	-0,0001513	0,7372115	-0,000112	1,01E+03	3,98E+01
	0,7474	0,0001	-0,29115	0,74290	-0,290682816	-0,00047195	0,7477528	-0,000353	9,94E+02	3,77E+01
	0,7726	0,0001	-0,25799	0,74385	-0,257785948	-0,00020788	0,7727606	-0,000161	9,63E+02	3,54E+01
	0,7955	0,0001	-0,22878	0,74466	-0,229737039	0,000952608	0,7947426	0,000757	9,36E+02	3,87E+01
	0,8128	0,0001	-0,20727	0,74533	-0,20653609	-0,00073411	0,8133969	-0,000597	9,17E+02	3,46E+01
	0,8339	0,0001	-0,18164	0,74606	-0,181257444	-0,00038434	0,8342206	-0,000321	8,95E+02	3,17E+01
	0,8591	0,0001	-0,15187	0,74686	-0,153554818	0,001684869	0,8576537	0,001446	8,69E+02	3,32E+01
	0,8799	0,0001	-0,12795	0,74755	-0,129661304	0,001714289	0,8783929	0,001507	8,50E+02	3,48E+01
	0,8983	0,0001	-0,10725	0,74819	-0,107499203	0,000248012	0,8980772	0,000223	8,33E+02	3,07E+01
	0,9286	0,0001	-0,07408	0,74912	-0,075294901	0,001217697	0,9274699	0,001130	8,07E+02	2,97E+01
	0,9522	0,0001	-0,04898	0,74982	-0,051055103	0,002074921	0,9502263	0,001974	7,87E+02	2,97E+01
	0,966	0,0001	-0,03459	0,75023	-0,036857507	0,002266063	0,9638135	0,002187	7,77E+02	7,77E+02



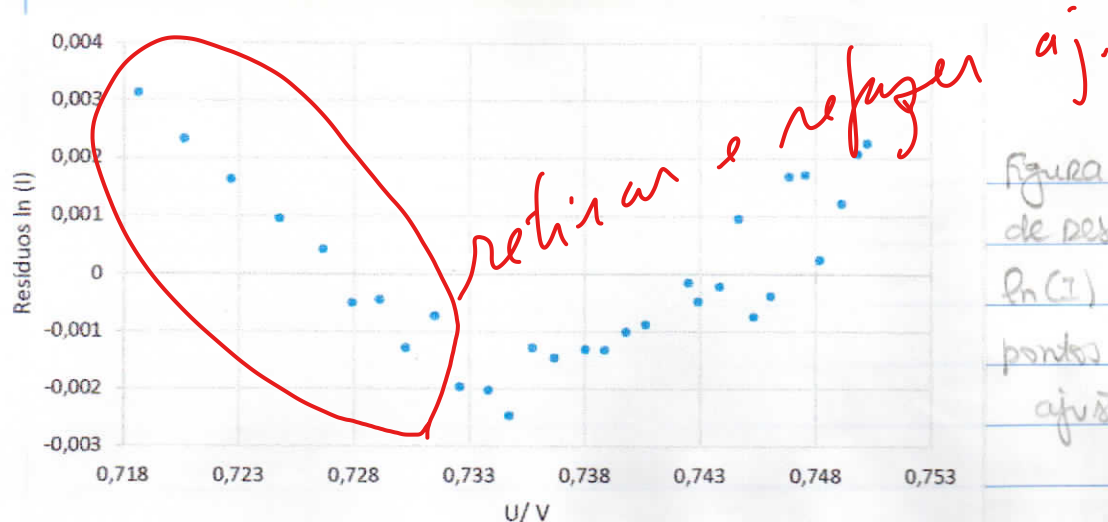


Figura 9: Gráfico de resíduos de  $\ln(I)$  para os pontos utilizados no ajuste linear.

Embora ainda se verifique uma ligeira tendência nos primeiros pontos, os restantes revelam uma certa aleatoriedade, o que prova que se pode considerar válido o ajuste efetuado. Também o valor de  $R^2$  muito perto de 1 acentua esta suposição.

Com os parâmetros obtidos, ficamos com o seguinte ajuste de Shockley à curva experimental:

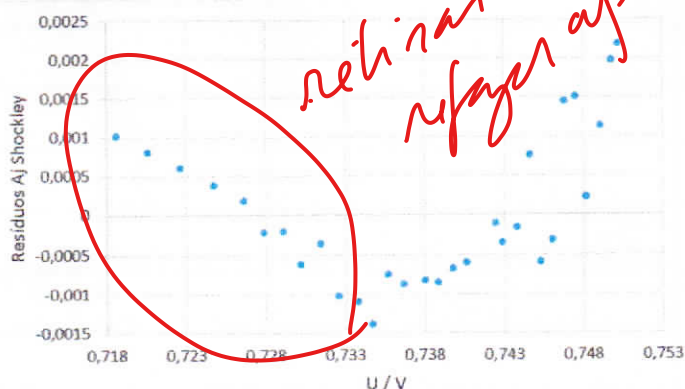
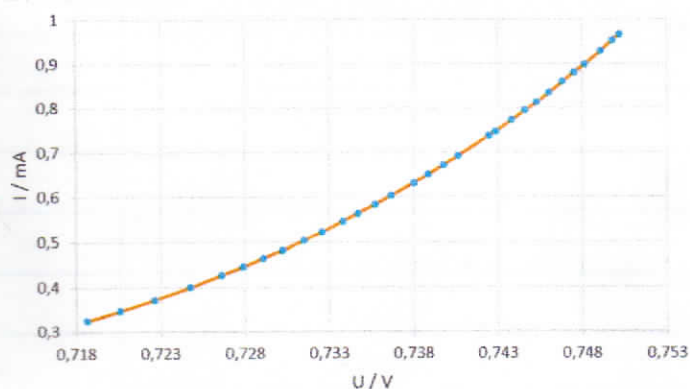


Figura 10: Gráfico de  $I(U)$  e respetivo ajuste de Shockley, sem os pontos duvidosos

Figura 11: Gráfico de resíduos do ajuste de Shockley

Assim uma vez, os primeiros pontos revelam uma ligeira tendência, mas os restantes confirmam que se efetuou um bom ajuste.

↳ Sentido inverso

→ Escala prudente = O. G. mA (a) /  $\mu$ A - nA (b)

→ Escala utilizada = O. G. mA (a) /  $\mu$ A (b)



SENTIDO INVERSO				
I / mA	Incerteza I / mA	U ( $\pm 0,001$ V)	R <sub>est</sub> ( $\Omega$ )	R <sub>din</sub> ( $\Omega$ )
-0,0193	0,0001	-10,029	5,20E+05	0,00E+00
-0,0839	0,0001	-10,029	1,20E+05	0,00E+00
-0,1610	0,0001	-10,029	6,23E+04	2,75E+01
-0,2336	0,0001	-10,031	4,29E+04	3,17E+01
-0,2651	0,0001	-10,032	3,78E+04	2,75E+01
-0,3014	0,0001	-10,033	3,33E+04	0,00E+00
-0,3410	0,0001	-10,033	2,94E+04	2,64E+04
-0,000140	0,000001	-1,030	7,36E+06	#DIV/0!
-0,000140	0,000001	-2,587	1,85E+07	#DIV/0!
-0,000140	0,000001	-3,400	2,43E+07	#DIV/0!
-0,000140	0,000001	-4,426	3,16E+07	#DIV/0!
-0,000140	0,000001	-5,373	3,84E+07	#DIV/0!
-0,000140	0,000001	-6,778	4,84E+07	-9,30E+08
-0,000139	0,000001	-7,708	5,55E+07	#DIV/0!
-0,000139	0,000001	-8,109	5,83E+07	5,83E+07

MONTAGEM (a)

$R_{est}$  } ordem de grandeza  
 $R_{din}$  } (ou gamma) p/ cada zona  
 $I(V)$

MONTAGEM (b) e mudança de escala (mA)

estes valores foram medidos em uA e posteriormente convertidos em mA.

Comparando os valores das resistências estáticas, rapidamente verificamos que estes aumentam quando invertemos o sentido da corrente e, portanto, a resistência dinâmica num ponto de condução fica tendendo para  $\infty$ , dado que  $I/U$  tende para 0 (figura 12).

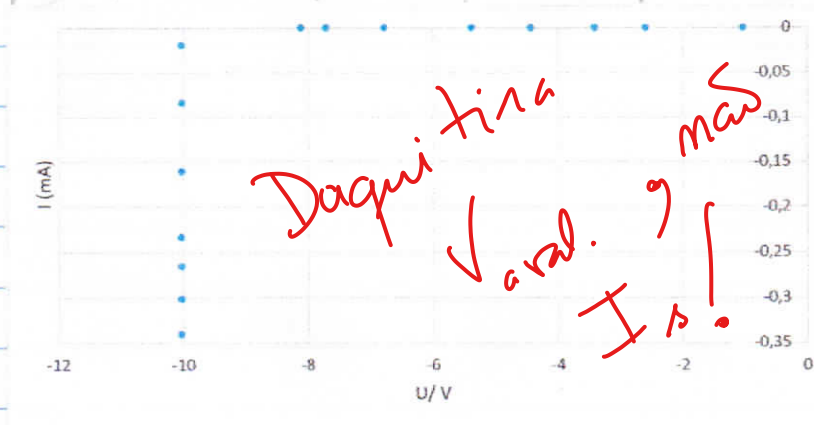


Figura 12: Gráfico de  $I(U)$  no sentido invertido

$$I_0 \sim \bar{I} = 0,0938 \text{ mA}$$

$$= 9,38 \times 10^{-5} \text{ A}$$

este valor difere do anterior em 0,1%.

$I_s$  tem que ser medido com o inverso (b)

A tensão na zona de avalanche pode ser estimada no valor limite de -10 V, verificando-se a partir deste ponto um aumento drástico (em módulo da corrente). No entanto, o mesmo também poderia acontecer entre -8,5 V e -10 V, pelo que se devam ler ainda mais dados, para estimar um resultado mais fiel.

Relativamente às resistências, tiram-se as mesmas conclusões que para o retificador.

Resultados finais?

Conclui-se que enquadra-se no valor esperado entre 1 e 2

variou a sua ordem de grandeza constante o sentido da corrente e o diodo usado, fruto de um possível erro

As ordens de grandeza das resistências estão de acordo com a polarização: maiores no sentido inverso da corrente

Para o diodo retificador, os resultados mostram que talvez a gama experimental não seja a mais adequada; já para o Zener, a aleatoriedade dos resíduos evidencia que foram feitos bons ajustes.

???