



Exercícios de Construção e Análise Computacional de Gráficos

1. Numa experiência com pêndulo reversível para a determinação da aceleração da gravidade, foram obtidos os dados constantes na tabela abaixo, onde ℓ_0 é a distância entre o ponto de suspensão e o centro de oscilação do pêndulo reversível (comprimento do pêndulo simples equivalente), T_A é o período de oscilação em relação ao ponto de suspensão, T_B é o período de oscilação em relação ao centro de oscilação e d é a posição variável de uma das massas em relação ao ponto de suspensão.

$\ell_0 = 100,05 \text{ cm}$			
Medida	d (cm)	T_A (s)	T_B (s)
01	7,00	2,603	2,043
02	12,00	2,182	2,010
03	17,00	1,934	2,006
04	22,00	1,825	1,991
05	27,00	1,763	1,978
06	32,00	1,725	1,975
07	37,00	1,706	1,953
08	42,00	1,725	1,932
09	47,00	1,747	1,928
10	52,00	1,766	1,919
11	57,00	1,812	1,950
12	62,00	1,834	1,951
13	67,00	1,865	1,953
14	72,00	1,925	1,965
15	77,00	1,941	1,974

- a) Construa no ORIGIN ou QTIPLLOT as curvas de $T_A \times d$ e $T_B \times d$ no mesmo gráfico. Use símbolos diferentes para cada conjunto de pontos experimentais.
- b) O ponto de intersecção das duas curvas obtidas fornece o valor do período T do *pêndulo simples* equivalente ao *pêndulo reversível* utilizado. A partir da equação $g = (4 \pi^2 \ell_0)/T^2$, determine o valor de g , com sua respectiva unidade.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

2. Em um termômetro de gás a volume constante, verificou-se a seguinte dependência da pressão com a temperatura:

P (atm)	1,000	1,020	1,034	1,052	1,073
T (K)	273	278	283	288	293

Sabendo que a expressão que rege o fenômeno é dada por $PV = nRT$, pede-se:

- Linearize a equação e indique as variáveis *dependente* e *independente* e os coeficientes *linear* e *angular*.
 - Através da *regressão linear*, determine a melhor reta de ajuste e os coeficientes *linear* e *angular*.
 - Supondo $n = 1$ mol e $V = 22,4$ L, calcule o valor da constante dos gases R e sua unidade.
3. Quando um fio de determinado material está sujeito a uma força F , ele sofre uma deformação Δx tal que:

$$F = \left(\frac{EA}{L_0} \right) \Delta x$$

onde A é a área da seção transversal do fio, L_0 é seu comprimento e E é o módulo de elasticidade (ou *módulo de Young*) do material.

A tabela a seguir apresenta valores de F e Δx para um fio de cobre:

F (N)	8,9	17,8	26,8	35,7	44,6
Δx (m)	$0,50 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^{-3}$	$1,50 \times 10^{-3}$	$2,00 \times 10^{-3}$	$2,50 \times 10^{-3}$

- Linearize a equação e indique os coeficientes *linear* e *angular*, bem como as variáveis *dependente* e *independente*.
- Através da *regressão linear* no ORIGIN ou QTIPLLOT, determine a equação da melhor reta e a represente graficamente junto com os pontos experimentais.
- Sabendo que o comprimento L_0 do fio de cobre é de 3,6000 m e que o diâmetro de sua seção transversal é de $9,000 \times 10^{-4}$ m, determine o módulo de Young do cobre, com sua unidade.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

4. A equação que relaciona a dependência da resistência de um resistor metálico com a temperatura é $R = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$. Em uma experiência, um grupo de alunos obteve os seguintes dados:

R (Ω)	52,50	87,50	132,00	168,00
T ($^{\circ}\text{C}$)	10,0	20,0	30,0	40,0

- a) Através da *linearização*, indique as variáveis *dependente* e *independente* e os coeficientes *linear* e *angular*.
- b) Determine a melhor reta através da *regressão linear* no ORIGIN ou QTIPLLOT.
- c) Determine os valores de R_0 e α bem como suas unidades.
5. Um dos métodos utilizados para medir a *constante elástica* (k) de uma mola é o chamado *método dinâmico*. Este método consiste em colocar massas diferentes na extremidade de uma mola e fazê-la oscilar, medindo para cada massa diferente, o período de oscilação.

A equação que relaciona as duas variáveis é:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

onde T é o período, m é a massa do corpo suspenso e k é a constante da mola.

Os valores a seguir foram encontrados experimentalmente:

m (kg)	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250
T (s)	0,703	1,062	1,251	1,472	1,640

- a) Linearize a equação.
- b) Construa no ORIGIN ou QTIPLLOT o gráfico da função linearizada.
- c) Qual o valor de k .
6. Ao se mergulhar, uma a uma, cinco peças de alumínio, de formatos diferentes, em uma proveta com água destilada, medem-se as variações no volume das peças. Os valores encontrados, junto com as respectivas massas, são apresentadas na tabela que se segue:



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

m (g)	13,66	26,02	42,07	50,42	59,96
ΔV (cm ³)	5,0	9,0	14,0	17,0	20,0

A massa e o volume destas peças estão relacionadas pela equação $\mu = m/\Delta V$, na qual μ é a massa específica do material.

- Linearize a equação tomando a massa como variável dependente e indicando os coeficientes *linear* e *angular*.
- Através da *regressão linear* no ORIGIN ou QTIPLLOT, determine a equação que melhor representa os dados experimentais, colocando esta equação junto com a reta no gráfico.
- Qual o peso específico do alumínio? Assuma $\rho = \mu g$, onde $g = 979,15 \text{ cm/s}^2$.

7. Em 1840 o físico francês *Louis Poiseuille* demonstrou que o *volume de líquido que sai de um tubo, com fluxo laminar, é inversamente proporcional à viscosidade do líquido*, e é dado pela relação:

$$V = \frac{\pi r^4}{8 L \eta} P \Delta t$$

onde r é o raio do tubo, L é o comprimento do tubo, η é a viscosidade do líquido, P é a diferença de pressão entre as extremidades do tubo e Δt é o intervalo de tempo de escoamento.

Em um viscosímetro de tubo capilar, para o qual $r = 1,000 \times 10^{-3} \text{ m}$, $L = 1,000 \text{ m}$, e para uma diferença de pressão (P) de $1,960 \times 10^4 \text{ Pa}$, foram medidos os seguintes volumes de água nos respectivos tempos:

V (m ³)	$4,295 \times 10^{-5}$	$8,593 \times 10^{-5}$	$12,880 \times 10^{-5}$	$17,200 \times 10^{-5}$	$21,400 \times 10^{-5}$
Δt (s)	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00

- Linearize a equação, indicando os coeficientes *angular* e *linear*.
- Determine a equação da reta que melhor ajusta os pontos da tabela, representando-a no gráfico junto com os pontos experimentais.
- Determine, com os dados do item anterior, o valor da viscosidade (η) da água.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

8. A terceira lei de Kepler, também chamada lei dos períodos, diz que os quadrados dos períodos (T) de revolução de dois planetas quaisquer estão relacionados entre si como os cubos de suas distâncias médias (R) ao Sol, e pode ser resumida na relação:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} R^3$$

onde $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ kg m}^3/\text{s}^2$ é a constante universal da gravitação, e M é a massa do Sol.

Os valores de T e R para os cinco primeiros planetas do sistema solar estão colocados na tabela a seguir:

	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter
T (s)	$7,6050 \times 10^6$	$1,9408 \times 10^7$	$3,1557 \times 10^7$	$5,9327 \times 10^7$	$3,7553 \times 10^8$
R (m)	$5,791 \times 10^{10}$	$1,080 \times 10^{11}$	$1,500 \times 10^{11}$	$2,278 \times 10^{11}$	$7,781 \times 10^{11}$

- Linearize a equação tomando como variável independente $R^{3/2}$.
 - Utilizando a *regressão linear* no ORIGIN ou QTILOT, construa a melhor reta que representa os dados da equação linearizada junto com os pontos experimentais.
 - Determine o valor da massa do Sol a partir dos valores obtidos no item (b).
9. Considerando as órbitas dos quatro planetas mais próximos do Sol (*Mercúrio*, *Vênus*, *Terra* e *Marte*) como circulares, a relação entre a aceleração centrípeta (a_c) de cada planeta, devido ao seu movimento circular uniforme em torno do Sol, e sua distância (R) ao Sol é dada por:

$$a_c = \frac{GM}{R^2}$$

onde G é a constante universal da gravitação e M é a massa do Sol.

A tabela a seguir apresenta os valores de a_c e R para cada um dos planetas anteriormente citados:

a_c (U.A./dia ²)	0,001975	0,000566	0,000296	0,000127
R (U.A.)	0,3871	0,7233	1,0000	1,5237

Por simplicidade utilizou-se como unidade de medida de comprimento a Unidade Astronômica (U. A.), que é igual à distância da Terra ao Sol: $U. A. = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

- Linearize a equação, tomando a aceleração centrípeta como variável dependente, identificando os coeficientes *angular* e *linear*.
- Calcule a equação da melhor reta e a represente junto com os pontos experimentais.
- Sabendo que a massa do Sol é $1,99 \times 10^{30}$ kg, determine o valor de G (constante universal da gravitação) e sua unidade no S.I.

10. Em uma experiência, com *pêndulo de torção*, foram obtidos os seguintes resultados:

T (s)	2,152	2,270	2,381	2,500	2,589
I (gcm ²)	26600	29600	32600	35600	38600

A relação existente entre o período (T) de um pêndulo de torção e o momento de inércia (I) do corpo é dada por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{k}}$$

onde k é o módulo de torção do fio.

- Linearize a equação e indique os coeficientes *linear* e *angular*.
- Através da *regressão linear* no ORIGIN ou QTIPLLOT, obtenha a melhor reta para este conjunto de pontos, representando-a junto com os pontos experimentais.
- Determine o valor de k bem como a sua unidade.

11. Um dos métodos mais utilizados para determinar o *coeficiente de expansão* dos gases a volume constante consiste em utilizar um termômetro de gás. Neste termômetro, a pressão aumenta quando é aumentada a temperatura, de maneira a manter o volume constante. Os valores a seguir foram encontrados em uma experiência hipotética:

P (mmHg)	766,3	782,3	799,3	809,3	825,3
T (K)	293,70	300,17	306,61	310,85	316,15

A proposição teórica é: $P = P_0 (1 + \gamma \Delta T)$.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

- Linearize a equação e construa o gráfico $P \times \Delta T$, onde $\Delta T = T - T_0$, assumindo T_0 igual à temperatura de fusão do gelo.
- Aplicando *regressão linear* no ORIGIN ou QTIPLLOT, determine a equação da melhor reta e a represente no gráfico junto com os pontos experimentais.
- Qual o valor de T quando P é 0?

12. Através de um *pêndulo simples* pode-se medir a aceleração da gravidade num determinado local. O método consiste basicamente em variar o comprimento do pêndulo simples, medindo sempre o novo comprimento e o seu respectivo período. A equação que relaciona as duas variáveis é:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

onde T é o período, l é o comprimento do pêndulo e g é a aceleração da gravidade.

Os valores a seguir foram obtidos experimentalmente:

l (m)	0,120	0,150	0,180	0,210
T (s)	0,694	0,776	0,850	0,913

- Linearize a equação indicando as variáveis *dependente* e *independente*, bem como os coeficientes *linear* e *angular*.
- Calcule a equação da melhor reta, coloque-a no gráfico junto com os pontos experimentais.
- Qual o valor da aceleração da gravidade?

13. Numa experiência onde se procura determinar a dependência do comprimento de uma barra metálica com a variação da temperatura, foram encontrados os seguintes dados:

L (m)	0,50073	0,50145	0,50218	0,50290	0,50363	0,50435
T (°C)	50,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

Com base nestes dados, construa o gráfico $L \times T$ no ORIGIN ou QTIPLLOT e determine:

- O comprimento inicial L_0 da barra (temperatura de 0°C).
- O coeficiente de dilatação térmica α da barra, considerando que $B = \alpha L_0$, onde B é o *coeficiente angular* da reta.

14. A lei de Stephan-Boltzmann diz que em um corpo negro (irradiador ideal) a densidade de energia emitida é proporcional à quarta potência da sua temperatura absoluta, ou seja,

$$E = \sigma T^4$$

onde E é a densidade de energia, T é a temperatura absoluta e σ é a constante de Stephan-Boltzmann.

Os valores da tabela a seguir foram obtidos experimentalmente:

E (x 10^5 W/m 2)	9,476	13,000	19,440	25,345
T (K)	2000	2200	2400	2600

- Linearize a equação.
- A partir da regressão linear no ORIGIN ou QTIPLLOT, determine a equação da melhor reta que representa os pontos experimentais. Construa o gráfico dos pontos relativos à equação linearizada junto com a reta calculada.
- Qual o valor da constante de Stephan-Boltzmann?

15. Os valores a seguir foram determinados experimentalmente e representam a distância entre a imagem e a lente (i) e a distância entre o objeto e a lente (o), para uma determinada lente.

i (cm)	27,27	37,46	60,00	147,22	240,00
o (cm)	33,33	25,02	20,00	16,70	16,00

Sabendo que a equação que relaciona as variáveis medidas é:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{i} + \frac{1}{o}$$

onde f é a distância focal da lente.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

- Determine, utilizando regressão linear no ORIGIN ou QTIPLLOT, o valor de f .
- Represente graficamente a melhor reta junto com os pontos experimentais.

16. Os dados experimentais a seguir foram obtidos de uma experiência, usando um resistor CNT.

$R_t (\Omega)$	195,4	110,0	69,7	45,7	18,7	11,4
$1/T (K^{-1})$	0,00335	0,00316	0,00300	0,00284	0,00246	0,00226

A equação que rege o comportamento do resistor CNT é: $R_t = R_\infty 10^{B/T}$.

Com base nos dados acima, crie o gráfico semilog $R_t \times 1/T$ e determine R_∞ e B , de modo a ajustar a equação geral do CNT utilizado.

17. Sabe-se que intensidades sonoras superiores a 1 W/m^2 provocam efeitos dolorosos; por isto, quando máquinas produzem ruídos acima desta taxa, deve-se isolá-las, utilizando paredes com materiais isolantes acústicos. A equação do amortecimento sonoro é $I = I_0 e^{-\alpha x}$, onde I é a intensidade sonora, I_0 é a intensidade sonora inicial, α é o coeficiente de absorção e x é a distância percorrida dentro do meio considerado. Em uma experiência com determinado material (parede de alvenaria) chegou-se aos seguintes dados:

$I (\text{W/m}^2)$	1,40	0,92	0,68	0,46	0,31	0,22
$x (\text{m})$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60

Com os dados acima e utilizando o ORIGIN ou QTIPLLOT, construa o gráfico semilog $I \times x$, respondendo as seguintes questões:

- Qual o valor de I_0 ?
- Qual o valor de α ?
- Considerando que o limite mínimo de audibilidade é de 10^{-12} W/m^2 , calcule a mínima espessura que deveria ter a referida parede para que o ruído não a atravessasse.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

18. A equação da amplitude do *movimento harmônico amortecido* é:

$$x = A \cdot e^{-\frac{bt}{2m}}$$

onde A é a amplitude inicial, b é o fator de amortecimento devido à viscosidade do ar, e m é a massa do corpo suspenso.

Em uma experiência com um pêndulo cuja massa era 50,09 g, obtiveram-se os seguintes valores para a amplitude em função do tempo:

x (cm)	43,8	27,5	15,5	8,4	4,6
t (s)	158,53	290,23	490,42	670,92	851,13

- Linearize a equação.
- Crie o gráfico semilog $x = f(t)$.
- Calcule a amplitude inicial A e o fator de amortecimento b (com as respectivas unidades).
- Refaça o exercício utilizando a equação na forma: $x = A \cdot 10^{-\frac{bt}{2m}}$

19. Quando o pistão de um amortecedor a óleo se move, o óleo é empurrado através de orifícios para o pistão, no qual exerce uma força resistiva proporcional à velocidade v do cilindro ($F = -kv$). Se esta é a única força que atua sobre o pistão, a velocidade deste em função do tempo é dada pela expressão:

$$v = v_0 \cdot e^{-\frac{kt}{m}}$$

onde v_0 é a velocidade inicial do pistão e m é a sua massa.

A tabela a seguir apresenta valores da velocidade do pistão em função do tempo:

v (cm/s)	11,90	6,50	3,45	1,92	1,01
t (s)	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

- Linearize a equação dada, identificando os coeficientes *angular* e *linear*, bem como as variáveis *dependente* e *independente*.
- Construa o gráfico para a tabela anterior no ORIGIN ou QTIPLLOT.
- Determine, a partir do gráfico, os valores de v_0 e k , com suas respectivas unidades. Suponha $m = 250,00$ g.

20. Os dados constantes na tabela abaixo fornecem a dependência entre a carga (Q) de um capacitor em descarga e o tempo (t).

Q (x 10^{-6} C)	6,50	3,80	2,30	1,50	1,06
t (s)	7,00	15,00	20,00	26,00	31,00

- Sabendo que o gráfico semilog dá uma reta, determine a equação $Q = f(t)$ que rege o fenômeno.
- Só existe uma equação que descreve perfeitamente a situação?

21. Mediu-se a corrente que circula em um indutor em função do tempo, obtendo-se os seguintes dados:

I (A)	1,180	0,780	0,490	0,325	0,220
t (s)	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00

A relação entre estas grandezas é dada por: $I = I_0 e^{-kt}$

- Linearize a equação e identifique as variáveis dependente e independente, bem como os coeficientes angular e linear.
- Crie o gráfico semilog $I \times t$.
- Calcule os valores de I_0 e k com suas respectivas unidades.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

22. Em uma experiência na qual se mediu a pressão de vapor d'água para várias temperaturas, foram obtidos os seguintes resultados:

P (mmHg)	2,149	4,579	14,532	50,218	149,381	355,239
T (K)	263,2	273,1	293,2	313,1	333,1	353,2

A equação que rege o fenômeno é do tipo:

$$P = P_0 \cdot e^{-\frac{\lambda}{RT}}$$

onde $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$.

- Linearize a equação.
- Crie o gráfico semilog de $P \times 1/T$.
- Determine P_0 e λ , com suas unidades.

d) Refaça o exercício utilizando a equação na forma: $P = P_0 \cdot 10^{-\frac{\lambda}{RT}}$

23. Em um viscosímetro, foram obtidos os seguintes valores para a *viscosidade* de um dado líquido em função da temperatura:

η (cp)	0,8724	0,7098	0,5862	0,5134	0,4451	0,3961
T (K)	303,16	314,22	325,61	334,91	344,05	353,78

A equação que relaciona viscosidade com a temperatura é:

$$\eta = A \cdot e^{\frac{k}{T}}$$

- Linearize a equação.
- Construa o gráfico semilog, de forma que a curva representativa dos pontos experimentais seja uma reta.
- Determine as constantes A e k , com suas respectivas unidades.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

24. Numa experiência de circuitos elétricos RC simples, obteve-se a seguinte tabela referente à tensão no resistor durante o processo de carregamento do capacitor:

V_R (V)	70,0	36,0	17,0	8,20	4,80	3,50	2,30
t (s)	6,00	15,50	28,06	38,58	48,78	52,52	58,29

Sabendo que a equação de V_R em função do tempo é expressa por:

$$V_R = V_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

Construa o gráfico semilog V_R x t e determine, a partir do gráfico:

- A constante de tempo (produto RC), experimentalmente obtida.
- A tensão inicial V_0 , em volts.

25. A dependência entre a corrente e a tensão em um filamento de lâmpada é comumente expressa pela equação $I = A V^\beta$. Um grupo de alunos obteve os seguintes dados experimentais, para uma dada lâmpada:

I (mA)	14,200	31,50	56,5	95,6	182,3
V (V)	2,000	10,00	35,5	100,0	400

- Linearize a equação, identificando as variáveis *dependente* e *independente* e os coeficientes *linear* e *angular*.
- Construa o gráfico log-log de I x V .
- Determine os valores de A e β bem como suas unidades, através do gráfico.

26. O levantamento de dados de corrente e tensão em um *varistor* forneceu os seguintes dados experimentais:

V (V)	12,00	27,50	63,00	108,50	232,00
I (mA)	0,200	1,000	5,007	14,054	70,178

A equação matemática, que rege o fenômeno, tem a forma: $V = C I^\beta$.

Construa o gráfico log-log V x I e determine os valores de C e β (com as suas unidades).



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena
Departamento de Ciências Básicas e Ambientais

Informática Aplicada (Prof. Claudio)

27. Em uma experiência, cujo objetivo era determinar o fluxo de energia por unidade de tempo e por unidade de área em função da intensidade do campo elétrico da onda eletromagnética, foram obtidos os seguintes dados:

S (W/m ²)	10,00	29,00	97,50	305,72	778,59
E (V/m)	50,05	100,10	200,87	400,52	697,31

Sabe-se que a equação que rege o fenômeno é do tipo: $S = A E^b$.

- Linearize a equação, indicando os coeficientes *linear* e *angular* da mesma.
- Construa o gráfico log-log de S x E e calcule A e b , com as respectivas unidades, através do gráfico.
- Sabendo que $A = 1/(\mu_0 \cdot c)$, onde $c = 3,000000 \times 10^8$ m/s, calcule a permeabilidade μ_0 (H/m).