
Caderno de Questões – Avaliação Experimental
Instruções

1. Este caderno de questões contém VINTE E CINCO folhas, incluindo esta com as instruções e rascunhos. Confira antes de começar a resolver a prova.
2. A prova tem valor de **100 pontos Experimentais**.
3. Em cada folha de resposta deve **indicar no início da folha** o número da questão ou gráfico de qual questão se refere. Utilize somente o texto necessário para a compreensão da solução.
4. Utilize o verso das folhas para rascunho.
5. É permitido apenas o uso de caneta cor **azul ou preta, régua e calculadora não programável**. O uso do lápis e da borracha é permitido apenas no rascunho e no auxílio para a construção de gráficos
6. Este caderno deve ser **devolvido** ao final da prova juntamente com o caderno de respostas.
7. O estudante deverá permanecer na sala, **no mínimo**, 60 minutos.
8. A prova tem duração de **QUATRO HORAS**.

Nome:	Série:
Nº e tipo de documento de identificação apresentado:	
Nome da Escola:	
Cidade:	Estado:
e-mail:	
Assinatura	

Instruções de operação e as características do aparelho multímetro TOZZ modelo DT830B: Sabe-se que o multímetro a ser utilizado possui as seguintes especificações técnicas (a interpretação faz parte da prova). **O multímetro nesta prova deverá ser utilizado somente na função para leitura em tensão DC.**

III. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Precisão: $\pm a\%$ Leitura $\pm N.^\circ$ de Dígitos Garantido por 1 ano.

Temperatura Ambiente: $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.

Umidade Relativa do Ar: $< 75\%$

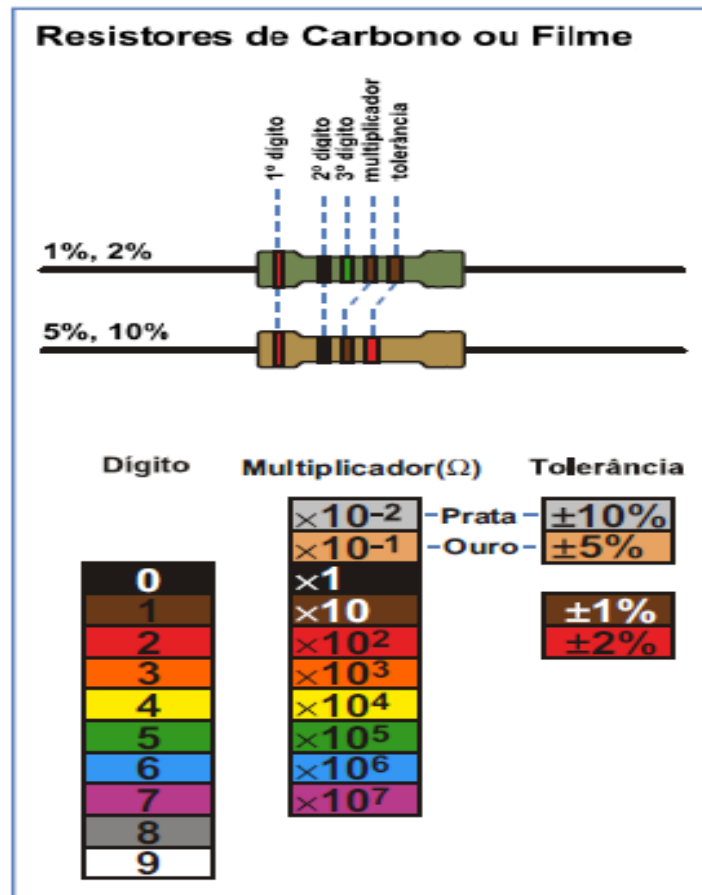
1. Tensão DC:

FAIXA	RESOLUÇÃO	PRECISÃO
200 mV	100 μV	$\pm 0,5\%$ da Leitura ± 2 Dígitos
2 V	1 mV	
20 V	10 mV	
200 V	100 mV	
1000 V	1 V	$\pm 0,8\%$ da Leit. ± 2 Dígitos

Impedância de Entrada: 1 M Ω .

Proteção de Sobrecarga: Valor de Pico de 1000 V em AC ou DC

Nesta prova serão usados os resistores considerando **apenas seu valor nominal**, não o valor exato. Os resistores têm seu valor nominal determinado através do seguinte código de cores:



Código de cores dos Resistores.

Os resistores de valores fixos usados em eletrônica são em geral codificados com 4 cintas ou faixas de cores, A, B, C e D, sendo a última “D” um pouco afastada dos três demais.

As duas primeiras faixas, “A” e “B” indicam os dois dígitos significativos, a terceira “C” o multiplicador em 10^C e a quarta, “D” a precisão. Assim teremos:

Resistência $R = AB 10^C$, com D = precisão (unidade em ohms).

As cores têm seguintes significados:

Marrom = 1; Vermelho = 2; Laranja = 3; Amarelo = 4; Verde = 5; Azul = 6; Violeta = 7; Cinza = 8; Branco = 9; Preto = 0

Precisão: Branco = 1%; Prata = 10%; Ouro = 5%.

As faixas de cores sempre iniciam por um dos lados do resistor, considere este lado como lado esquerdo do resistor, e a leitura é sempre do lado esquerdo (A) para lado direito(D).

Exemplo:

Cores iniciando do lado esquerdo: marrom=1, preto=0, vermelho=2, ouro=5% →
então fica: $10 \times 10^2 \pm 5\% = 1000 \pm 50 \text{ ohms} = (100 \pm 5) 10 \Omega$.

Texto de referência sobre componentes elétricos:

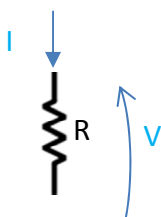
Nesta prova serão usados alguns componentes elétricos que foram colocados dentro de uma “caixa preta” de modo que os estudantes deverão descobrir qual componente estará dentro, **sendo proibido qualquer outra tentativa não indicada nesta prova.**

Resistência e resistividade

Os resistores são utilizados como parte de um circuito elétrico e incorporados dentro de dispositivos microeletrônicos ou semicondutores. A medição crítica de um resistor é a *resistência*, que serve como relação de tensão para corrente é medida em ohm, uma unidade SI. Um componente tem uma resistência de 1 ohm se uma tensão de 1 volt no componente fizer com que percorra, pelo mesmo, uma corrente com a intensidade de 1 ampère, o que é equivalente à circulação de 1 coulomb de carga elétrica, aproximadamente 6.241506×10^{18} elétrons por segundo.

Qualquer objeto físico, de qualquer material é um tipo de resistor. A maioria dos metais são materiais condutores, e opõe baixa resistência ao fluxo de corrente elétrica. O corpo humano, um pedaço de plástico, ou mesmo o vácuo têm uma resistência que pode ser mensurada. Materiais que possuem resistência muito alta são chamados isolantes ou dielétricos.

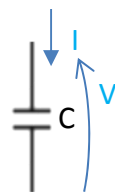
A relação entre tensão, corrente e resistência, através de um objeto é dada por uma simples equação, Lei de Ohm $V = RI$:



Onde V (ou U) é a diferença de potencial em volts, I é a corrente que circula através de um objeto em ampères, e R é a resistência em ohms. Se V e I tiverem uma relação linear—isto é, R é constante—ao longo de uma gama de valores, o material do objeto é chamado de ôhmico. Um resistor ideal tem uma resistência fixa ao longo de todas as frequências e amplitudes de tensão e corrente.

Capacitor e capacitância

Capacitores são utilizados em um circuito elétrico e têm a propriedade de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático. Essa propriedade é chamada de capacitância ou capacidade (C) e é medida pelo quociente da quantidade de carga (Q) armazenada pela diferença de potencial ou *tensão* (V) que existe entre as placas:

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$


The diagram shows a capacitor symbol with two parallel plates. A blue arrow labeled 'I' points downwards from the top plate, and another blue arrow labeled 'V' points from the top plate to the bottom plate, indicating the voltage across the capacitor.

Pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), um capacitor tem a capacitância de um farad (F) quando um coulomb de carga causa uma diferença de potencial de um volt (V) entre seus terminais. O farad é uma unidade de medida considerada muito grande para circuitos práticos, por isso, são utilizados valores de capacitâncias expressos em microfarads (μF), nanofarads (nF) ou picofarads (pF).

Quando uma tensão é aplicada a um capacitor, a corrente flui para uma das placas, carregando-a, enquanto flui da outra placa, carregando-a inversamente. Quando a carga no capacitor atinge seu valor máximo, a corrente no circuito é nula.

A relação entre a corrente, a tensão e a capacitância de um capacitor é dada por:

$$I(t) = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV(t)}{dt}$$

Onde $I(t)$ é a corrente fluindo no capacitor de capacitância C e $dV(t)/dt$ é a derivada da tensão sobre a capacitância em relação ao tempo.

Indutor e indutância

Um indutor é um dispositivo elétrico passivo que armazena energia na forma de campo magnético, normalmente combinando o efeito da corrente elétrica percorrendo várias espirais.

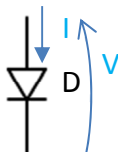
Indutância é a grandeza física associada aos indutores, é simbolizada pela letra L , medida em henry (H), e representada graficamente por um fio helicoidal. Em outras palavras é um parâmetro que relaciona a tensão induzida por um campo magnético variável à corrente responsável pelo campo. A tensão entre os terminais de um indutor é proporcional à taxa de variação da corrente que o atravessa. A relação entre a corrente, a tensão e a indutância de um indutor é dada por:

$$V(t) = L \frac{dI(t)}{dt}$$

Onde V é a tensão sobre o indutor de indutância L e $dI(t)/dt$ é a derivada da corrente fluindo pelo indutor em relação ao tempo.

Diodo e materiais semicondutores

Diodos são dispositivos eletrônicos fabricados em cristais semicondutores, em geral de silício. Os diodos têm a propriedade de permitir a passagem da corrente elétrica apenas quando polarizados com tensões de valores e sentido adequados. A relação entre a corrente e a tensão em um diodo é dada por:

$$I = I_S (e^{V/V_t} - 1)$$


Note que para valores suficientemente negativos de V , a corrente I no diodo se torna igual a I_S , que costuma ser um valor muito pequeno, da ordem de 1pA .

Transistores e o prêmio Nobel

Transistores também são dispositivos eletrônicos fabricados em cristais semicondutores, em geral de silício. Os transistores se apropriam dos conhecimentos desenvolvidos a partir dos diodos semicondutores e os levam muito além, permitindo a amplificação (ou multiplicação, ou ampliação) de correntes ou tensões variáveis no tempo. A sua descoberta e explicação rendeu a 3 físicos norte-americanos o prêmio Nobel de física em 1956. O tipo de transistor mais importante da atualidade é o Transistor de Efeito de Campo (elétrico) ou FET (Field Effect Transistor). Por ser um dispositivo de três terminais, e portanto possuir 3 correntes e três tensões nos terminais, as relações que o governam são mais extensas:

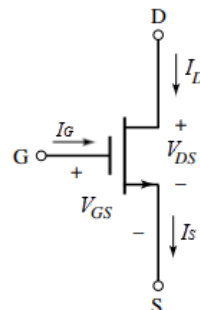
$$I_D = I_S \text{ e } I_G = 0$$

$$\text{Se } V_{GS} < K_2, I_D = 0$$

$$\text{Se } V_{GS} \geq K_{2t}:$$

$$\text{Se } V_{GS} < V_{DS} - K_2, I_D = K_1 \left\{ (V_{GS} - K_2)V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right\}$$

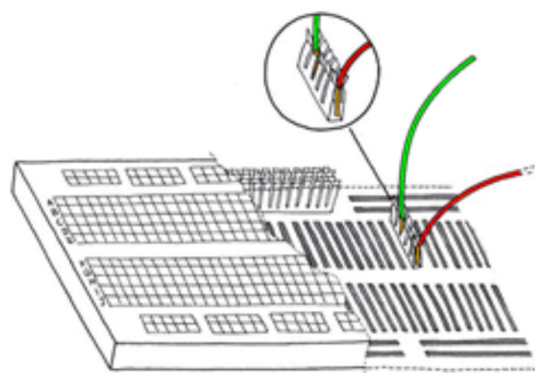
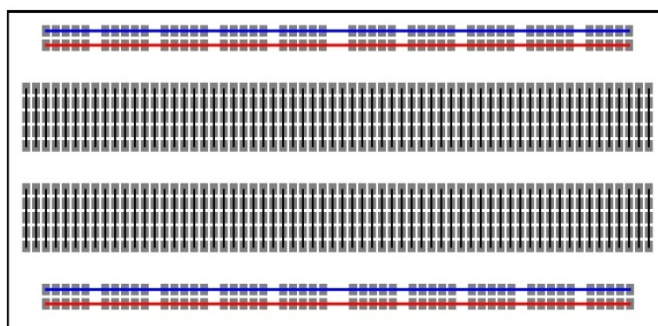
$$\text{Se } V_{GS} \geq V_{DS} - K_2, I_D = \frac{1}{2} K_1 (V_{GS} - K_2)^2$$



Deve-se destacar que o transistor é o elemento de circuito mais importante da atualidade, tanto em computadores como em circuitos amplificadores e transmissores de sinais.

Protoboard

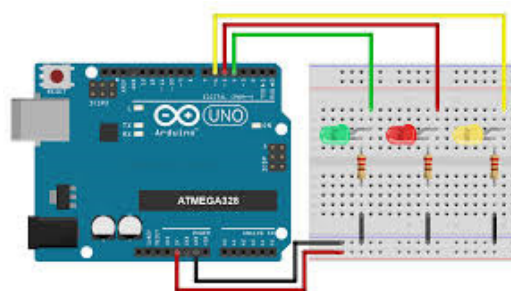
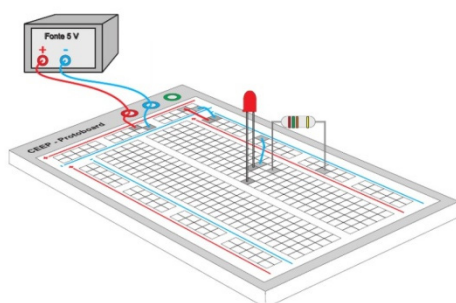
O protoboard é uma placa ou matriz de contato, com furos e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais sem a necessidade de solda, permitindo com rapidez e segurança desde uma alteração de posição de um determinado componente até sua substituição. Os furos estão interligados internamente e o esquema de ligações está representada na figura 4. Por exemplo, a primeira linha horizontal superior tem todos os furos dessa linha interligados eletricamente, mas não estão interligados com os furos da linha horizontal abaixo dela. A segunda linha também tem todos os furos dessa linha interligados. O mesmo vale para as duas linhas na parte mais de baixo do protoboard da figura. No meio do protoboard vemos colunas com 5 furos. Cada coluna tem esses 5 furos interligados eletricamente. Cada coluna é independente da coluna vizinha. As duas colunas na mesma vertical (com 5 furos) não estão interligadas entre si,



Vista esquemática de um protoboard, as linhas contínuas representam todos o mesmo potencial, em horizontal e vertical, cada linha separada fica isolada das outras linhas. Em detalhe mostrando conexão de um fio condutor com outro fio condutor.

A figura abaixo mostra as principais propriedades de um protoboard. Para utilizá-lo, basta colocar, por exemplo, um dos fios da fonte na linha horizontal superior (de preferência o fio positivo “+” da fonte) e o outro fio na linha horizontal inferior (de preferência o fio negativo “-” da fonte).

Assim a linha horizontal inteira estará energizada. Os fios rígidos farão a ligação desse potencial até o componente colocado numa das colunas.



Exemplos do uso de protoboard, ligação de uma fonte no protoboard (figura a esquerda) com resistor e lâmpada LED, ligação de um circuito impresso com protoboard de resistores e outros componentes (lado direito).

TRAÇADO DE RETAS, ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS E PROPAGAÇÃO DE ERROS.

Valor Médio e seus erros.

Para o cálculo do valor médio e seu desvio padrão para um mesmo parâmetro efetuando a mesma medida N vezes:

Nome	Símbolo e fórmula	Nome por extenso
média	$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum x_i$	média aritmética
desvio padrão	$\Delta x = S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$	desvio padrão de cada medida
erro padrão	$\Delta \bar{x} = S_m = \frac{S}{\sqrt{N}}$	desvio padrão da média

Traçado de uma reta estatística.

- i. Definir quem é a variável independente e dependente. A variável independente deve ser colocada no eixo X e a variável dependente no eixo Y de acordo com a equação, $Y = a + bX$.
- ii. Verificar o intervalo de variação dos dados experimentais a serem colocados nos eixos X e Y, ocupando boa parte do espaço da folha ou gráfico fornecido.
- iii. Dividir os eixos X e Y com valores que sejam fáceis de serem visualizados. Evite utilizar números ímpares (exceto número 5 e seus múltiplos), porque é difícil de subdividir.
- iv. Não congestionue os eixos X e Y com números, sempre facilitando a leitura.
- v. Nunca coloque os números experimentais nos eixos X ou Y. (a não que seja para chamar alguma atenção).
- vi. Definir qual a dimensão (unidade) das variáveis que serão colocadas nos eixos X e Y, na forma de potência se necessário, e escrever no final dos eixos X e Y bem legível.
- vii. Colocar os dados experimentais na forma de um ponto para cada par xy, pequeno círculo cheio, de forma que não seja muito grande nem um pontinho que seja difícil de visualizar, lembre-se que se colocar uma bola cheia grande pode ter dificuldade de colocar as barras de erros depois.
- viii. As barras de erro se forem todas iguais basta colocar uma vez só e anotar o procedimento em um lugar próximo ao gráfico e se forem muito pequena em relação a divisão da escala do gráfico pode ser omitido.

Método Mínimos Quadrado: Para obtermos os valores de coeficiente linear “b” e do angular “a”, um dos métodos utilizados é o dos Mínimos Quadrados.

Para estimar o coeficiente angular e coeficiente linear da equação:

$$y = ax + b \tag{1}$$

$$a = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \tag{2}$$

$$b = \bar{y} - a \bar{x} \tag{3}$$

variância dos y_i

$$S^2 = \frac{\sum (y_i - a x_i - b)^2}{(N - 2)} \tag{4}$$

erro padrão para estimar o coeficiente angular e linear

$$\Delta a = \frac{S}{\left(\sum (x_i - \bar{x})^2 \right)^{1/2}} \tag{5}$$

$$\Delta b = S \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{\bar{x}^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}} \quad (6)$$

Método Gráfico: Antes de traçar um gráfico devemos sempre:

Inicialmente determine um ponto no meio dos dados experimentais de modo que os pontos estejam metade para cada lado ao traçarmos uma linha vertical e horizontal (este ponto é chamado também de centro de gravidade dos pontos CM no gráfico).

- Coloque ponta de lápis neste ponto CM e com ajuda de uma régua trace duas retas perpendiculares, horizontal e vertical, dividindo os pontos em 4 quadrantes.
- Girando a régua levemente em torno do ponto CM, sempre com ponta do lápis no centro da gravidade dos pontos, determine uma reta que coloque em torno de 16% dos pontos acima e trace uma reta (neste caso 3 pontos), definindo a inclinação máxima da reta.
- Novamente, gire em sentido contrário e agora deixe 16% dos pontos abaixo da régua e trace uma reta, definindo a inclinação mínima (α_{\min}).
- No eixo Y, determine o ponto de corte da reta máxima e reta mínima e obtenha o ponto médio entre os pontos máximo e mínimo de corte (Y_{\max} , Y_{\min}).
- Deste ponto médio no eixo Y trace uma reta passando pelo ponto de cruzamento das retas máxima e mínima obtendo assim a reta média.

Note que na região delimitada pelas retas de inclinação máxima e mínima ficam aproximadamente 68% dos pontos experimentais em concordância com o conceito de desvio padrão para uma distribuição normal.

Os parâmetros numéricos destas retas podem ser obtidos das equações:

$$a = \frac{1}{2} (a_{\max} + a_{\min}) \quad e \quad b = \frac{1}{2} (b_{\max} + b_{\min}) \quad (7)$$

$$\Delta a = \frac{1}{2\sqrt{N}} |a_{\max} - a_{\min}| \quad e \quad \Delta b = \frac{1}{2\sqrt{N}} |b_{\max} - b_{\min}| \quad (8)$$

Note que o valor do desvio ou erro é proporcional a raiz quadrada de número de medidas N, assim quanto maior número de medidas menor é o erro correspondente.

Algarismos Significativos - REGRAS

- Os erros das medidas são representados sempre com algarismos significativos. Exceto quando o algarismo significativo forem os números 1 ou 2, utilizamos dois algarismos significativos.
- Primeiro, obtemos o valor do erro para depois obter a posição do último algarismo significativo do valor principal.
- O valor principal deve sempre ter seu último algarismo significativo na mesma casa do último algarismo significativo do erro.
- O valor principal e o seu erro devem sempre estar na mesma potência.
- Os erros lidos diretamente nos instrumentos, ou fornecidos pelo fabricante, são escritos apenas com um algarismo significativo, exceto se vier com 2 algarismos escritos no instrumento.
- Para arredondamento: de 0,000 até 0,499 mantém-se o último algarismo significativo. De 0,500 até 0,999 acrescentamos uma unidade ao último algarismo significativo.
- O número zero colocado à esquerda do valor principal ou do erro não é algarismo significativo, mas colocado à direita é um algarismo significativo do número.

-
8. Para o efeito de cálculo, trabalhamos com todos os números disponíveis no instrumento, mas a representação final sempre deve obedecer às regras acima.

Propagação de erros em um cálculo matemático

Quando obtemos qualquer medida experimental, sempre teremos o envolvimento do erro da medida. Ao realizarmos cálculo com essas medidas haverá uma propagação destes erros e o resultado também deve ser representado com um erro.

Se tivermos duas medidas do tipo, $x \pm \Delta x$, e $y \pm \Delta y$, e realizarmos uma operação matemática qualquer, o resultante $f(x,y)$ também terá um erro $\Delta f(x,y)$. O valor do erro $\Delta f(x,y)$ pode ser obtido pela equação:

$$\Delta f(x,y) = [(\delta f / \delta x)^2 (\Delta x)^2 + (\delta f / \delta y)^2 (\Delta y)^2]^{1/2}$$

Para um cálculo rápido e simplificado, apresentamos a seguir uma lista de fórmulas para operações mais comuns de propagação de erros:

Tabela 1. Exemplos de fórmulas de propagação de erros.

$w = w(x, y, \dots)$	Expressões para σ_w
$w = x \pm y \pm \dots$	$\sigma_w^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \dots$
$w = x^m$	$\sigma_w = m x^{m-1} \sigma_x$ ou $ \frac{\sigma_w}{w} = m \frac{\sigma_x}{x} $
$w = a x$	$\sigma_w = a \sigma_x$ ou $ \frac{\sigma_w}{w} = \frac{\sigma_x}{x} $
$w = a x + b$	$\sigma_w = a \sigma_x$
$w = a x y$	$\sigma_w^2 = (a y)^2 \sigma_x^2 + (a x)^2 \sigma_y^2$ ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (\frac{\sigma_x}{x})^2 + (\frac{\sigma_y}{y})^2$
$w = a \frac{x}{y}$	$\sigma_w^2 = (\frac{a}{y})^2 \sigma_x^2 + (\frac{a x}{y^2})^2 \sigma_y^2$ ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (\frac{\sigma_x}{x})^2 + (\frac{\sigma_y}{y})^2$
$w = a x^p y^q$	$\sigma_w^2 = (a p x^{p-1} y^q)^2 \sigma_x^2 + (a x^p q y^{q-1})^2 \sigma_y^2$ ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (p \frac{\sigma_x}{x})^2 + (q \frac{\sigma_y}{y})^2$
$w = a \text{ sen } b x$	$\sigma_w = a b \cos b x \sigma_x$ (σ_x em radianos)
$w = b \log_a x$	$\sigma_w = \frac{b}{\ln a} \frac{\sigma_x}{x}$

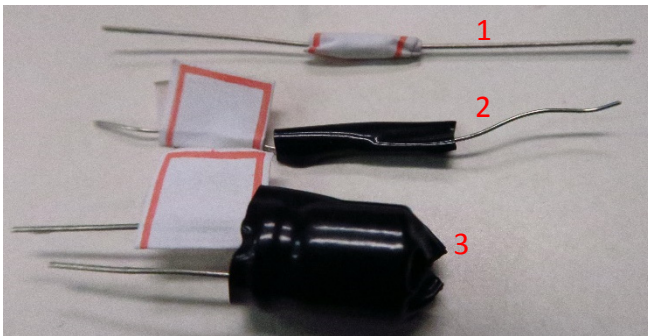
X e Y são valores com erros σ_x e σ_y respectivamente. W é o resultante da operação matemática, e σ_w o erro resultante desta operação.

Faça as 3 montagens a seguir, forneça tabelas e interprete seus resultados conforme solicitado abaixo.

Utilize o multímetro apenas na função Voltímetro ao longo de toda a prova.

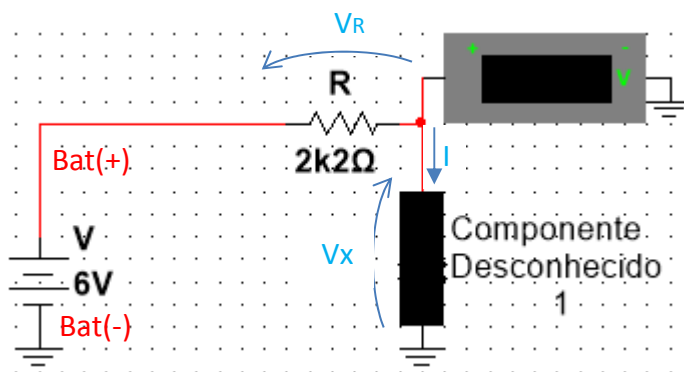
Para o traçado de retas deve escrever que método foi utilizado: método gráfico, mínimos quadrados ou regressão linear com respectivos valores obtidos.

São fornecidos três componentes desconhecidos como figura a seguir,



Sendo chamados respectivamente de componentes desconhecidos (1), (2) e (3). Note que as etiquetas nos terminais dos componentes (2) e (3) indicam os terminais positivos destes componentes. O componente (1) não tem polaridade.

Questão 1 – 30 pontos) Monte o circuito abaixo, utilizando o componente desconhecido 1 conectado a um voltímetro, resistência R e uma fonte V de 6 volts.



- Coloque em R sucessivamente um resistor de 2,2k Ω (como já mostrado na figura), 15k Ω , 33k Ω , 100k Ω , 470k Ω .
- Para cada valor de resistor colocado, meça com o multímetro o valor da tensão V (tensão da bateria), da tensão V_R sobre o resistor e da tensão V_x (tensão sobre o componente desconhecido) empregando a melhor escala possível para cada medida.
- Inverta a polaridade de V, ou seja, da bateria, colocando Bat(+) no terra e Bat(-) ligado ao resistor, e repita o item b).

d) Levante em um único gráfico a corrente I (no componente desconhecido 1) versus V_x . Inclua nesse gráfico tanto os dados do item b) como do item c). Escolha o tipo de papel que você achar mais adequado.

e) Dentre as três funções apresentadas a seguir escolha a mais adequada para ajustar a relação I versus V_x e determine o valor da(s) constante(s) da função escolhida.

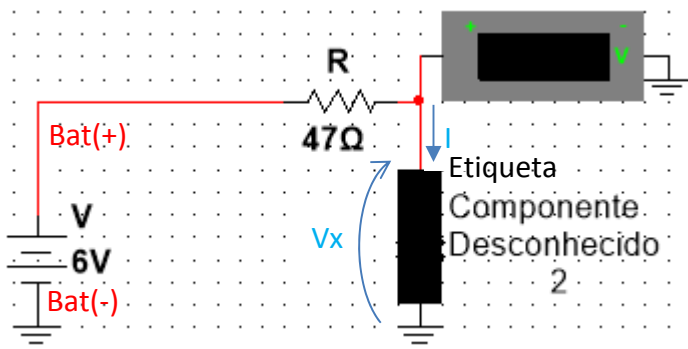
$$I(V_x) = K_1 * V_x + K_2$$

ou $I(V_x) = K_1 * V_x$

ou $I(V_x) = K_1 * \sqrt{K_2 V_x}$

f) Que tipo de componente elétrico está no invólucro e qual o seu valor estimado (inclua a incerteza instrumental no valor)?

Questão 2 – 30 pontos) Monte o circuito abaixo, utilizando o componente desconhecido 2.



a) Coloque em R sucessivamente um resistor de 47Ω (como já mostrado na figura), 100Ω , 470Ω , $1k\Omega$, $2k\Omega$, $15k\Omega$, $33k\Omega$, $100k\Omega$, $470k\Omega$. O terminal com etiqueta do componente desconhecido 2 deve ser ligado ao resistor e seu outro terminal ao terra (terminal menos da bateria).

b) Para cada valor de resistor R colocado, meça com o multímetro o valor da tensão V (tensão da bateria) e da tensão V_x (tensão sobre o componente desconhecido 2) empregando a melhor escala possível para cada medida.

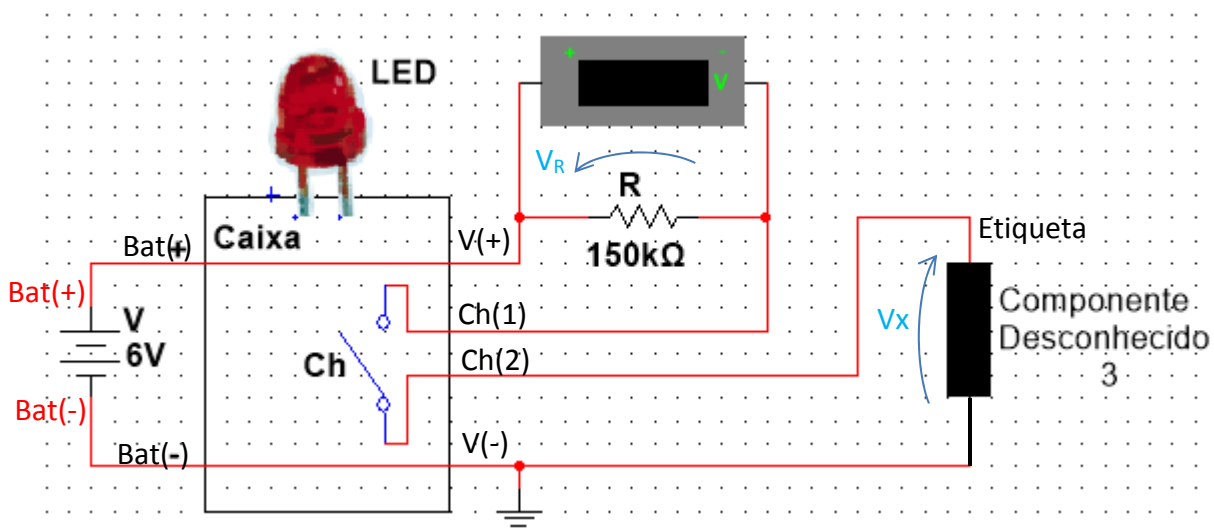
c) Levante em um único gráfico a corrente I (no componente desconhecido 2) versus V_x (tensão sobre o componente desconhecido 2). Escolha o tipo de papel que você achar mais adequado.

d) Supondo uma lei do tipo $I = K_1 e^{\frac{V_x}{K_2}}$ estime o valor das constantes K_1 e K_2 com suas respectivas incertezas. Você pode precisar fazer outro gráfico, escolha o tipo de papel que você achar mais adequado.

Questão 3 – 40 pontos) Monte o circuito a seguir, utilizando o componente desconhecido 3. O terminal positivo (com etiqueta) do componente desconhecido 3 dever ser ligado a Ch(2) e o terminal sem etiqueta a V(-). Note também que a caixa possui 6 fios, dois devem ser ligados à bateria (Bat(+)) com Bat(+) e Bat(-) com Bat(-)) e os 4 fios restantes devem ser ligados seguindo a numeração apresentada: V(+) em um terminal do resistor, Ch(1) no outro terminal do resistor, Ch(2) no terminal vermelho do componente desconhecido e V(-) no terminal preto do componente desconhecido.

Quando a chave Ch for acionada (liga), o LED irá piscar. O intervalo é de 4 s aceso e 1 s apagado (exceto no primeiro instante aceso, de 5s). O ciclo aceso/apagado 4s/1s irá se repetir enquanto a chave estiver ligada. Ao desligar a chave o LED se apaga.

Atenção: Para o funcionamento adequado deste circuito, aguarde sempre cerca de 10 segundos antes de ligar novamente a chave.



a) Meça com o multímetro a tensão da bateria.

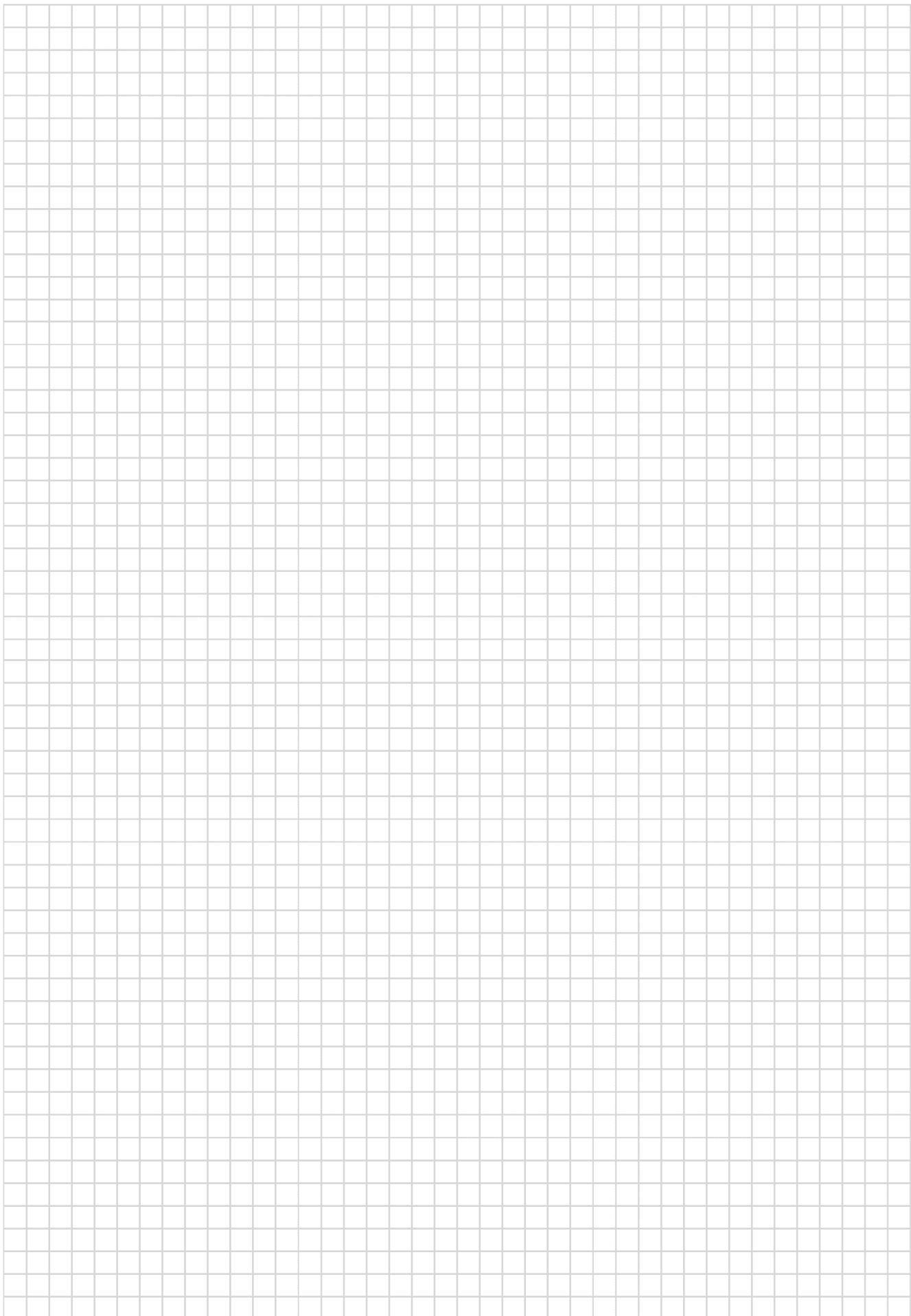
b) Ligue a chave Ch e observe o LED piscar por 5 vezes. Desligue a chave e aguarde ao menos 10 segundos.

- c) Ligue novamente a chave Ch no instante definido como $t = 0$. Cada vez que o LED apagar, meça rapidamente a partir do instante $t = 0$ (incluso) APENAS o valor da tensão V_R no multímetro. Tome ao menos dez pontos de medida da tensão V_R .
- d) Levante em um único gráfico V_x versus t (atenção, não é V_R versus t) baseando-se nos dados obtidos no item b). Escolha o tipo de papel que você achar mais adequado.
- e) Dentre as três funções apresentadas a seguir escolha a mais adequada para ajustar a relação V_x versus t e determine o valor da(s) constante(s) da função escolhida. Para a determinação de K_1 e K_2 você pode precisar fazer outro gráfico, escolha o tipo de papel que você achar mais adequado.

$$V_x(t) = K_1 * t + K_2 \text{ ou } V_x(t) = K_1 * e^{-\frac{t}{K_2}} \text{ ou } V_x(t) = K_1 * (1 - e^{-\frac{t}{K_2}})$$

- f) Que tipo de componente elétrico está no invólucro? Justifique.

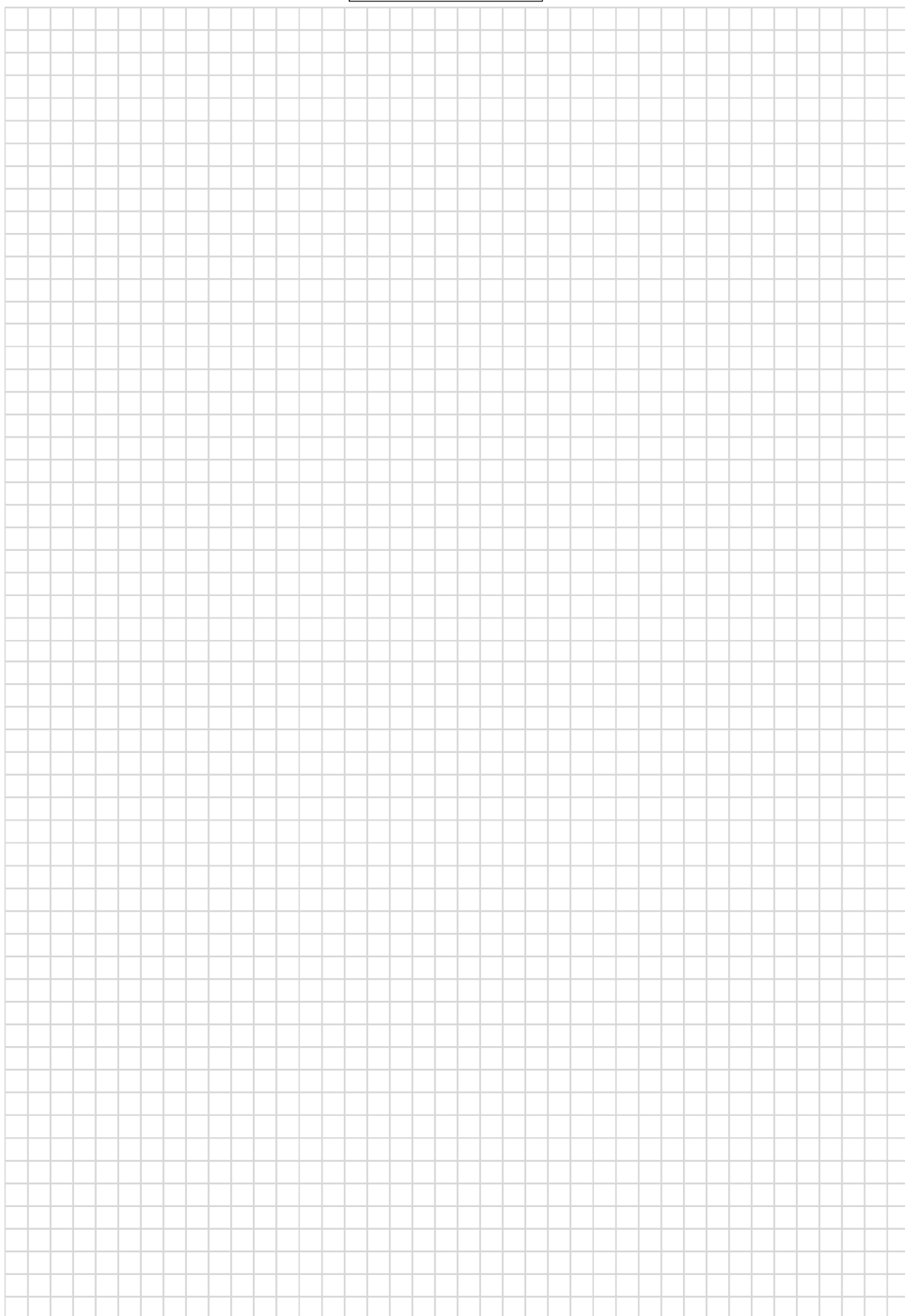
Questão 1 – 30 pontos:



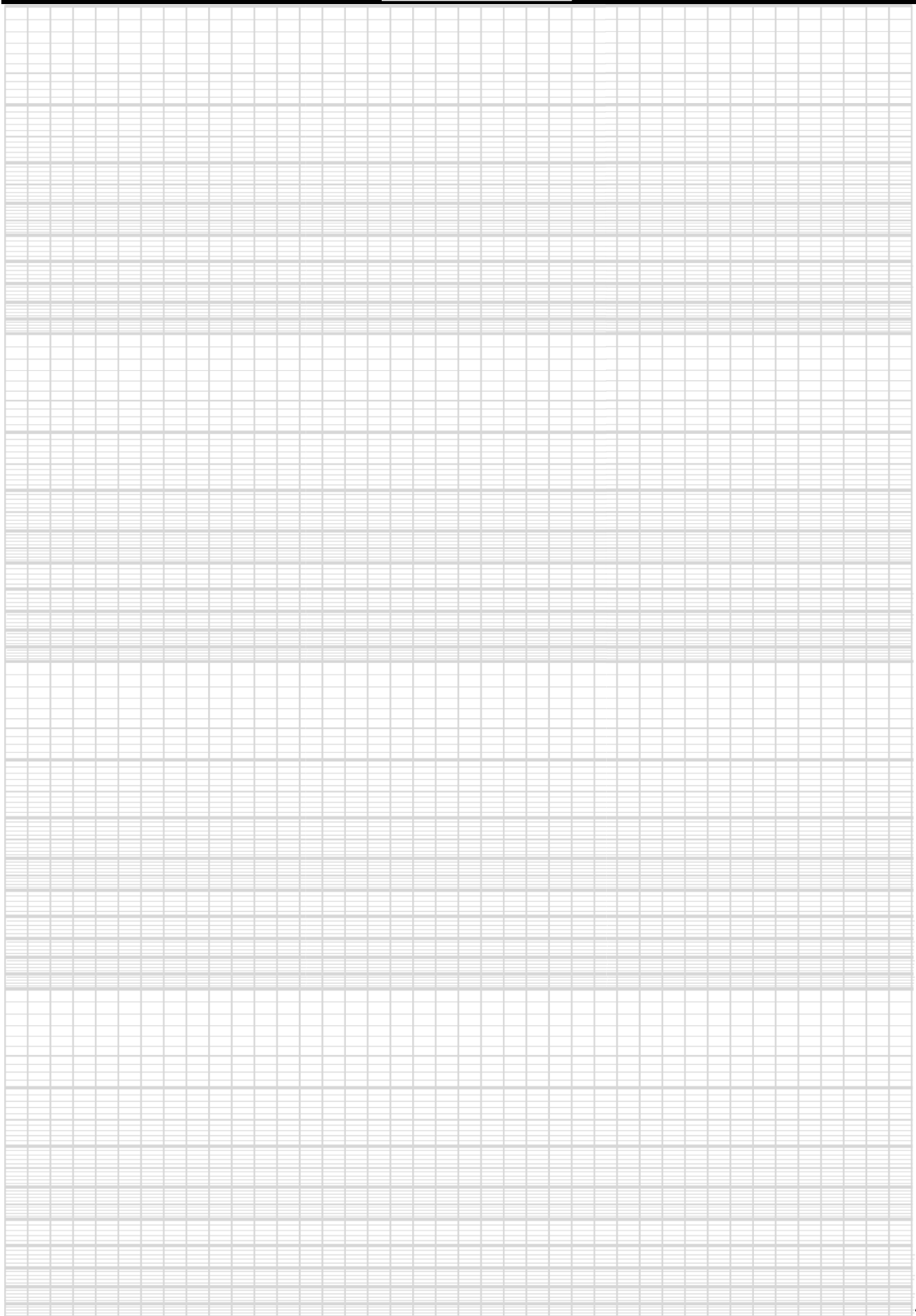


Questão 2 – 30 pontos:

Papel Log₁₀ x Linear
Papel LOG₁₀ X LINEAR







Questão 3 – 40 pontos:

