



**INSTITUTO DE FÍSICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Laboratório de Eletromagnetismo (4300373)

Experiência 1 - Simulação

CIRCUITOS ELÉTRICOS SIMPLES

Esta experiência visa propiciar o primeiro contato do aluno com o estudo de eletromagnetismo prático. Serão realizadas medições, como descritas abaixo, e você perceberá que os componentes eletro-eletrônicos muitas vezes não se comportam de uma maneira ideal. No caso desse experimento usaremos pilhas (baterias DC) e diferentes tipos de resistores, ou seja, faremos análise envolvendo correntes contínuas nos circuitos estudados.

Procedimento:

Circuitos elétricos envolvendo resistores normalmente são os mais simples de serem analisados. No entanto, certos parâmetros devem ser verificados para se obter resultados confiáveis e precisos durante a análise. Normalmente ao se projetar um novo circuito eletrônico parte-se de um circuito esquemático supondo que todos os componentes sejam ideais. Muitas vezes é necessário fazer ajustes no circuito inicial que levem em conta aspectos não ideais dos componentes do projeto. Na simulação desse experimento usaremos conceitos envolvendo análise de correntes contínuas nos circuitos estudados.

Componentes ideais:

Iniciaremos nossas simulações supondo que todos os componentes que compõe o circuito são ideais, ou seja:

- Baterias: sem resistência interna ($R_b = 0 \Omega$)
- Fios: resistência igual a zero ($R_f = 0 \Omega$)
- Lâmpadas: resistências constantes para qualquer valor de tensão aplicada (R_l). Valor nominal de trabalho: 1,50 V.
- Voltímetro: resistência interna infinita

Supondo o uso de uma pilha comum (1,5 V) e um voltímetro ideal, qual deveria ser a leitura de tensão no voltímetro para as 3 lâmpadas (supostamente com a mesma resistência) que foram que estão montadas nos circuitos abaixo? Indique esses valores na tabela 1 abaixo, bem com a intensidade esperada (qualitativamente) em cada uma das lâmpadas, usando o gráfico 1 para essa finalidade.

Atenção: o circuito 1 correto contém as três lâmpadas em série! Tanto alunos que desconsideraram o desenho e levaram isso em conta, quanto alunos que consideraram como estava o desenho terão acertado.

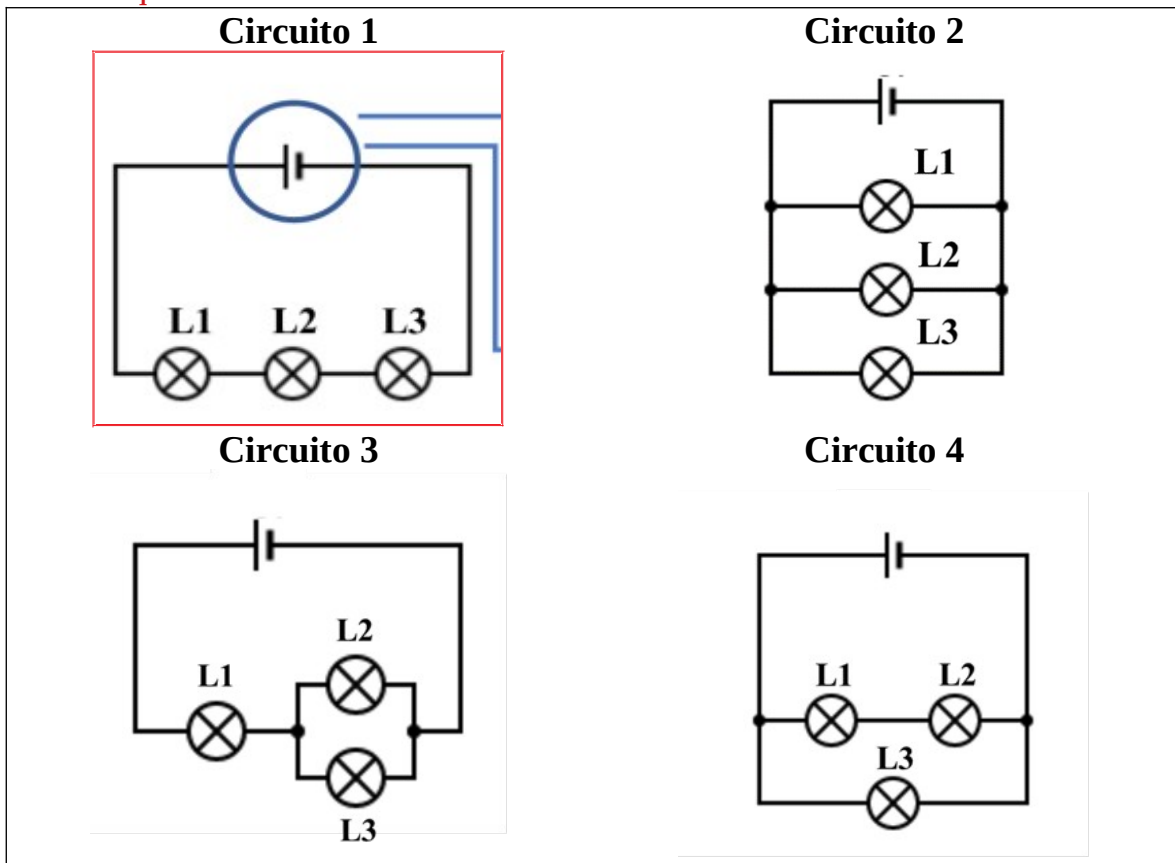


Gráfico 1: Curva de tensão por corrente para uma lâmpada com resistência constante. Também são definidas as regiões com diferentes intensidades da lâmpada.

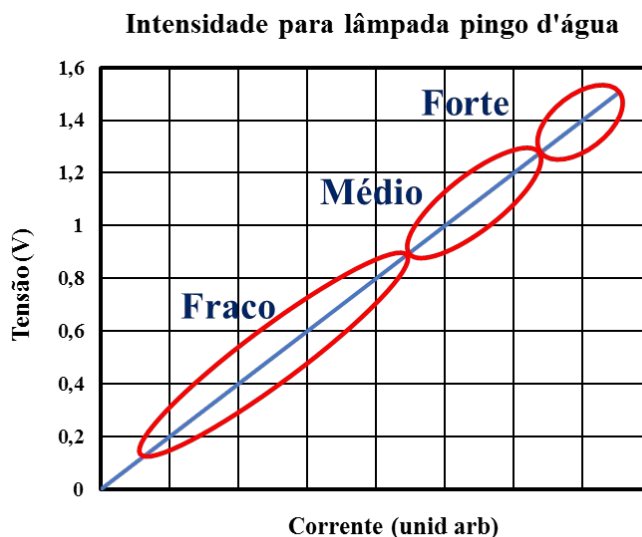
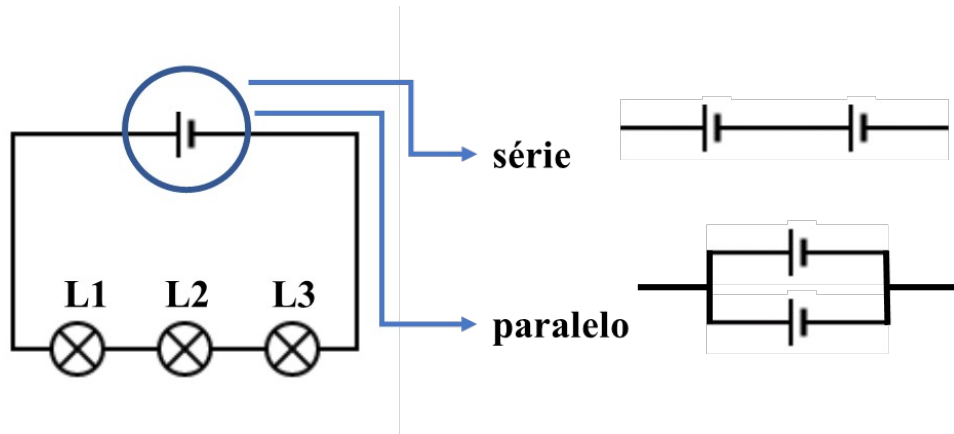


Tabela 1: Tensões e intensidade das lâmpadas para cada circuito.

Circuito	Lâmpada	Tensão (V)	Intensidade
1	L1	0,5	Fraca
	L2	0,5	Fraca
	L3	0,5	Fraca
2	L1	1,5	Forte
	L2	1,5	Forte
	L3	1,5	Forte
3	L1	1,0	Média
	L2	0,5	Fraca
	L3	0,5	Fraca
4	L1	0,75	Fraca
	L2	0,75	Fraca
	L3	1,5	Fraca

As opções para os valores de intensidade, como apresentados no Gráfico 1, são forte, médio e fraco.

Após estudar diversas combinações de 3 lâmpadas ligadas a uma única pilha (bateria), vamos avaliar a influência nos valores de tensão e intensidade da lâmpada quando usamos duas pilhas para alimentar os mesmos circuitos. Vamos supor que em vez de montar somente uma pilha de 1,50 V, usemos duas pilhas de 1,50 V para alimentar os circuitos. Essas pilhas podem ser montadas tanto em série, com em paralelo. Assim, em cada circuito temos duas opções:



Analogamente ao procedimento para preencher a tabela 1, avalie as tensões e intensidade das lâmpadas para as duas configurações de montagem das pilhas (série e paralelo) e coloque os dados na tabela 2. Para o valor de intensidade das lâmpadas, além das 3 definidas anteriormente, temos a opção de queimada. Essa opção é atingida quando a tensão aplicada na lâmpada supera o valor de 1,50 V.

Circuito	Lâmpada	Série		Paralelo	
		Tensão (V)	Intensidade	Tensão (V)	Intensidade
1	L1	1,0	Média	0,5	fraca
	L2	1,0	Média	0,5	fraca
	L3	1,0	Média	0,5	fraca
2	L1	3,0	Quimada	1,5	forte
	L2	3,0	Quimada	1,5	forte
	L3	3,0	Quimada	1,5	forte
3	L1	2,0	Queimada	1,0	Média
	L2	1,0	Média	0,5	Fraca
	L3	1,0	Média	0,5	Fraca
4	L1	1,5	Forte	0,75	Fraca
	L2	1,5	Forte	0,75	Fraca
	L3	3,0	Queimada	1,5	Forte

Para o caso dos 4 circuitos usando somente uma pilha de 1,50 V: a corrente fornecida pela bateria é a mesma em todos os casos? Ordene os circuitos em função do valor da corrente. Justifique.

A tensão aplicada ao circuito será de 1,5 V em todos os casos, porém a resistência equivalente será diferente. Portanto a corrente será diferente em cada circuito. No circuito 1, a resistência equivalente é de $3R$, sendo R a resistência da lâmpada. No circuito 2, a resistência é $R/3$; No circuito 3 é $3R/2$; no circuito 4 é $2R/3$. Seguindo a Lei de Ohm, quanto maior a resistência, menor a corrente. As correntes em ordem crescente são: circuito 1, circuito 3, circuito 4, circuito 2.

Componentes reais:

Passaremos a montar nossos esquemas eletrônicos levando em consideração que os componentes usados não são ideais. Em particular, usaremos as seguintes hipóteses:

- Baterias: com resistência interna ($R_b \neq 0 \Omega$)
- Fios: com resistência ($R_f \neq 0 \Omega$)
- Lâmpadas: resistências constantes para qualquer valor de tensão aplicada (R_L). Valor nominal de trabalho: 1,50 V.
- Voltímetro: Resistência interna não é infinita ($R_v = 10,0 \text{ M}\Omega$)

No primeiro caso estudaremos o circuito com 3 lâmpadas em série alimentadas por uma pilha. Abaixo apresentamos uma figura indicando como as ligações foram feitas. Os traços vermelhos indicam os fios que foram utilizados para as conexões entre os componentes:

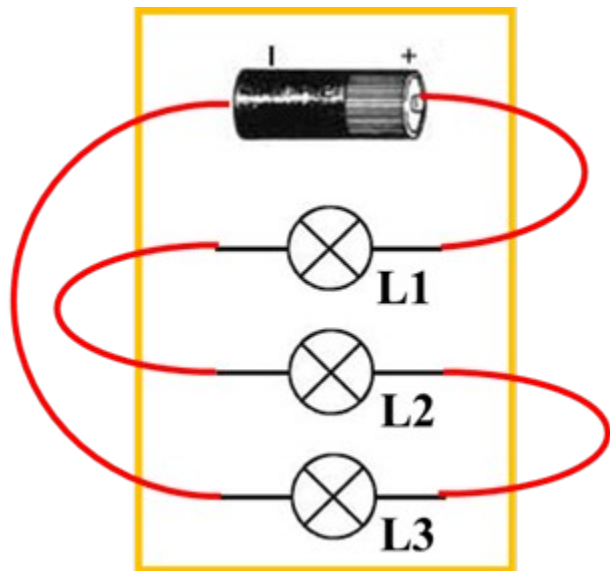


Figura 2: Figura mostrando como foram feitas as ligações entre 3 lâmpadas em série e uma pilha. Os traços vermelhos indicam ligação feita com fios.

Para montar o esquema eletrônico para esse circuito real, devemos levar em conta tanto a resistência interna da bateria (R_B), como as resistências dos fios (assumiremos todos os fios iguais com o mesmo valor de resistência R_F , e finalmente a resistência das lâmpadas (R_L).

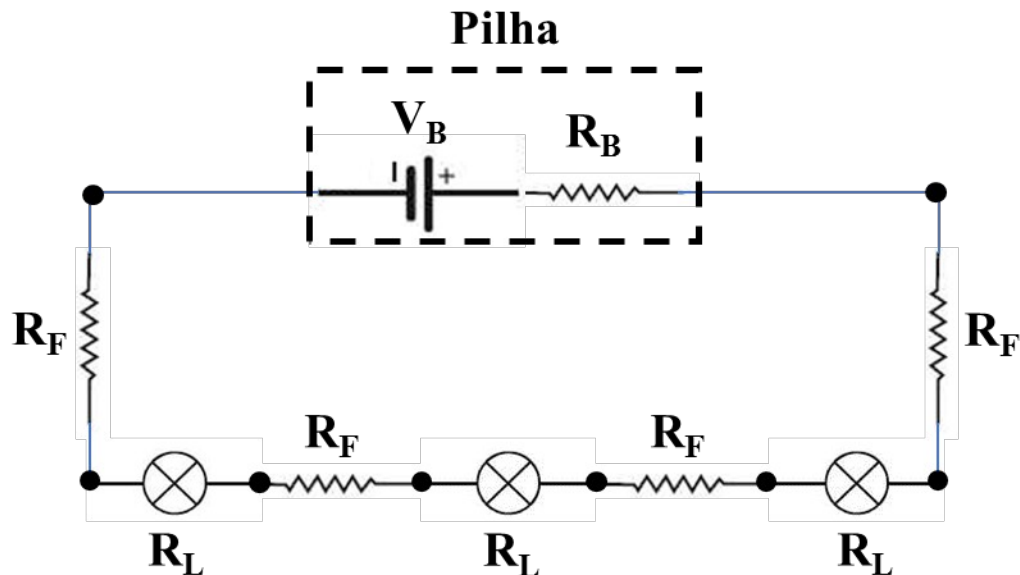


Figura 3: Diagrama eletrônico dos parâmetros reais do circuito apresentado na figura 2.

Use os valores fornecidos para os parâmetros desse circuito disponibilizados no Questionário 1 na página da disciplina para simular quais seriam os valores de tensão medidos pelo voltímetro entre os polos da pilha e entre os polos de cada uma das lâmpadas. Avalie que a incerteza como sendo 1% do valor da medida.

Valores sorteados no Moodle: $R_{\text{lâmpada}} = 1,56$; $R_{\text{bateria}} = 0,20$; $R_{\text{fio}} = 0,07$

	tensão (V)
V_{pilha}	$1,442 \pm 0,014$
$V_{\text{lamp 1}}$	$0,453 \pm 0,005$
$V_{\text{lamp 2}}$	$0,453 \pm 0,005$
$V_{\text{lamp 3}}$	$0,453 \pm 0,005$

Os valores são compatíveis com os valores simulados supondo componentes ideais? Justifique.

Os valores são incompatíveis com aqueles calculados supondo os componentes ideais, utilizando o Teste Z como critério de compatibilidade. A resistência interna da bateria, assim como as resistências dos fios consomem cerca de 4% da tensão fornecida pela bateria e cerca de 9% da tensão ideal aplicada em cada lâmpada.

No segundo caso estudaremos a ligação para 3 lâmpadas em paralelo. Abaixo representamos duas maneiras possíveis de se fazer essas

conexões. Em um dos casos realizamos as ligações em paralelo sequencialmente e no outro sempre ligamos os polos de todas as lâmpadas diretamente nos polos da pilha.

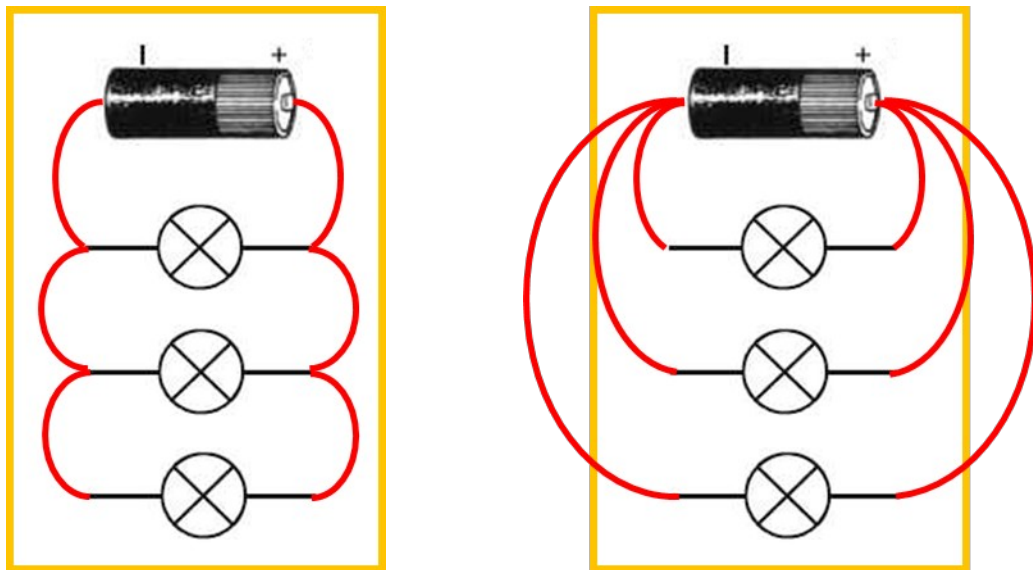
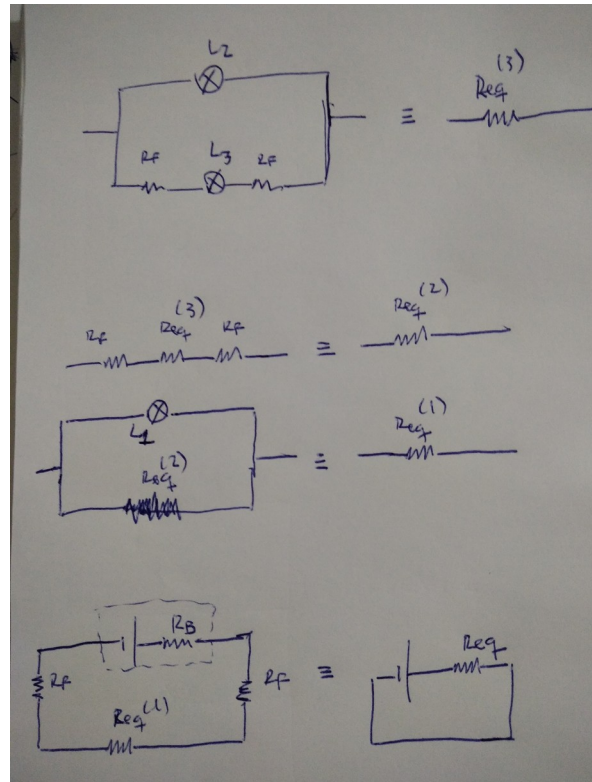
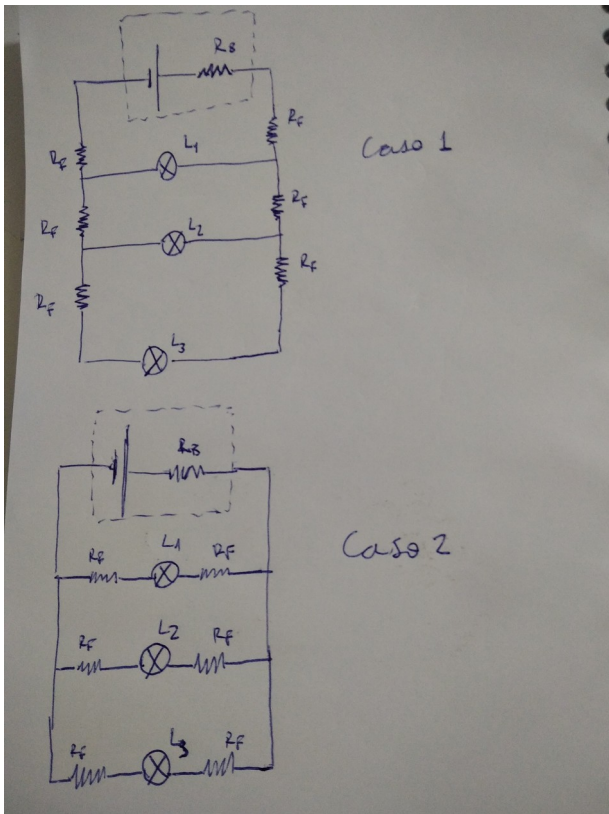


Figura 4: Figuras mostrando duas maneiras de montar um ligação em paralelo para 3 lâmpadas em uma pilha: a esquerda, ligando sequencialmente; na direita ligando diretamente na pilha.

Desenhe os diagramas para cada um dos casos. Usando os mesmos valores dos parâmetros usados no caso da ligação em série (obtidos na página da disciplina), simule quais seriam os valores de tensão medidos entre os polos da pilha e entre os polos de cada uma das lâmpadas. Assuma o mesmo procedimento anterior para cálculo das incertezas.



Diagramas dos casos correspondentes na Figura 4. Para o caso 1, tratamos este circuito com resistências equivalentes.

	tensão (V) – caso 1	tensão (V) – caso 2
V_{pilha}	1,178 ± 0,012	1,109 ± 0,011
$V_{lamp\ 1}$	0,953 ± 0,010	1,017 ± 0,010
$V_{lamp\ 2}$	0,813 ± 0,008	1,017 ± 0,010
$V_{lamp\ 3}$	0,746 ± 0,007	1,017 ± 0,010

Discuta se os valores são compatíveis entre si e com os valores avaliados para o caso dos componentes ideais.

Nenhum dos componentes são compatíveis quando comparáveis, tanto entre caso 1 e 2, quanto com o circuito ideal. Nota-se uma perda de tensão significativa no caso 1, em que 50% da tensão que seria aplicada na lâmpada 3 é perdida com resistências internas. Isso causa uma diferença visível de intensidade luminosa entre as lâmpadas. No caso 2, a luminosidade entre lâmpadas permanece uniforme, porém com perda de até 32% da tensão, e com luminosidade obtida não mais que média.