

### 3 SUGESTÕES PARA AULAS EXPERIMENTAIS

Nesta secção, são apresentados alguns exemplos que poderiam guiar o professor na utilização do protótipo de circuito elétrico em sala de aula. Na sequência, serão descritos cinco procedimentos práticos, sendo dois relacionados com circuitos em série e três com circuitos multimalhas. Como roteiro, em cada caso, será destacado o material necessário, o tipo de ligação a ser feita, a equação matemática relacionada e como realizar e fazer a leitura dos dados.

O objetivo será determinar a intensidade da corrente elétrica ideal e real. Todos os resultados devem ser confrontados, a fim de validar o modelo. Para tanto, os aspectos relevantes de cada experimento e os dados são apresentados em forma de tabelas.

Cabe salientar que esta é apenas uma ilustração. O professor poderá acrescentar outros exemplos, pois que o protótipo de circuito elétrico (Figura 18) permite a possibilidade de diferentes ligações dos bornes, gerando uma grande variedade de circuitos a serem estudados.

Sugestão para a seqüência a ser seguida em todos os experimentos:

- Passo 1- Selecionar o material necessário;
- Passo 2- Conectar os elementos aos bornes, conforme instruções;
- Passo 3- Ativar a chave liga-desliga;
- Passo 4- Efetuar as medições necessárias.

O diagrama de blocos, figura 16, mostra o processo simplificado que foi seguido no desenvolvimento da prática pedagógica, sendo esta dividida em duas fases. Descrição:

#### FASE I

- 1- Observar - Significa fazer todas as conexões pretendidas, acionar a chave liga-desliga e avaliar se o equipamento está pronto para ser usado.
- 2- Enunciar o problema - Formular de modo claro e preciso o que se pretende alcançar com o experimento, ou seja, medir a intensidade da corrente elétrica.
- 3- Experimentar - Deixar o protótipo ligado, efetuar cada uma das medições com cuidado e registrar os valores obtidos nas leituras.

- 4- Enunciar o modelo físico - Desenhar as componentes que constituem o modelo físico, selecionar, enunciar e aplicar corretamente as leis da física (Lei de Ohm e Lei de Kirchhoff).
- 5- Modelo matemático - Extrair as equações lineares decorrentes dos itens anteriores.

FASE II – só poderá ser executada concomitantemente ao capítulo 4.

- 6- Resolver o modelo - Determinar a solução da equação ou a do sistema de equações lineares.
- 7- Interpretar a solução - Testar e validar a solução.
- 8- Predizer e comparar - Criar situações em sala de aula de modo a antever os resultados e comparar com os obtidos.

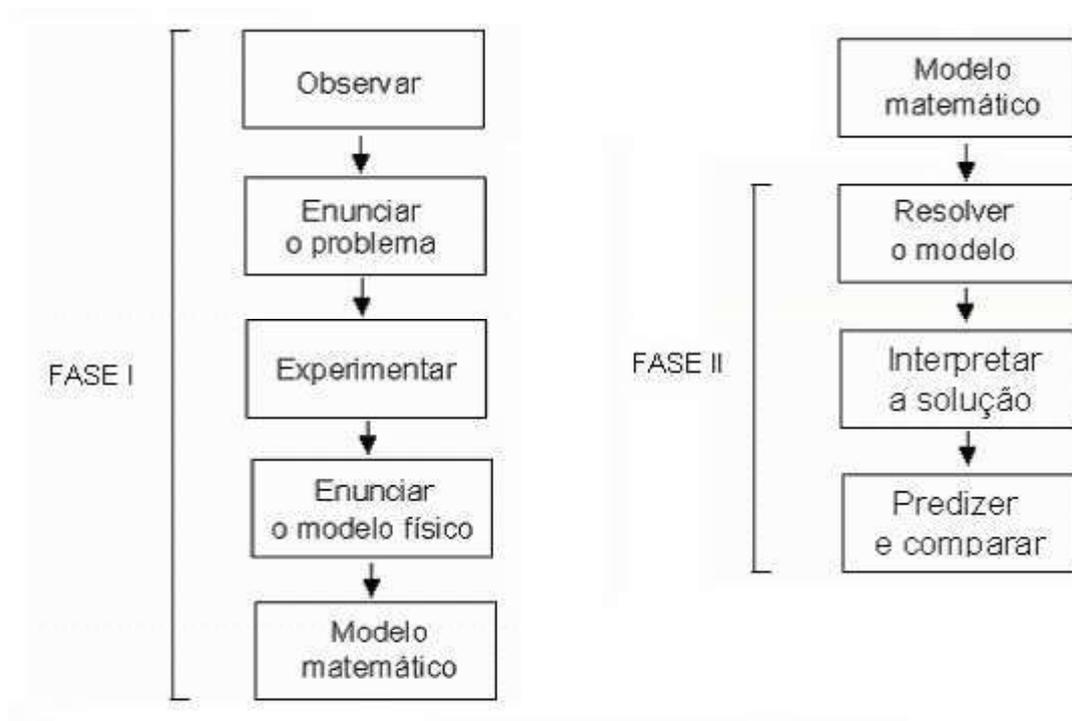


Figura 16: Diagrama de blocos

### 3.1 O PROTÓTIPO DE CIRCUITO ELÉTRICO

O protótipo de circuito elétrico é constituído por um amperímetro, bornes, resistores e fios condutores acoplados em uma placa de policarbonato. Nos experimentos, este é usado com o objetivo de medir a intensidade da corrente elétrica que flui no circuito. O aparelho é mostrado nas figuras (17) (foto) e (18) (planta baixa), e tem a sua construção detalhada no anexo A.



Figura 17 Foto do protótipo

A conexão entre os fios presos aos bornes poderá ser estabelecida de várias maneiras. Algumas destas possibilidades são sugeridas nos experimentos exemplificados a seguir, neste mesmo capítulo. Como elementos opcionais que integram o “kit” estão: um multímetro digital, quatro resistores extras, dois minúsculos motores, um “led”, seis pontes de curto circuito (fios condutores sem resistência) e uma chave liga-desliga (ver anexo A).

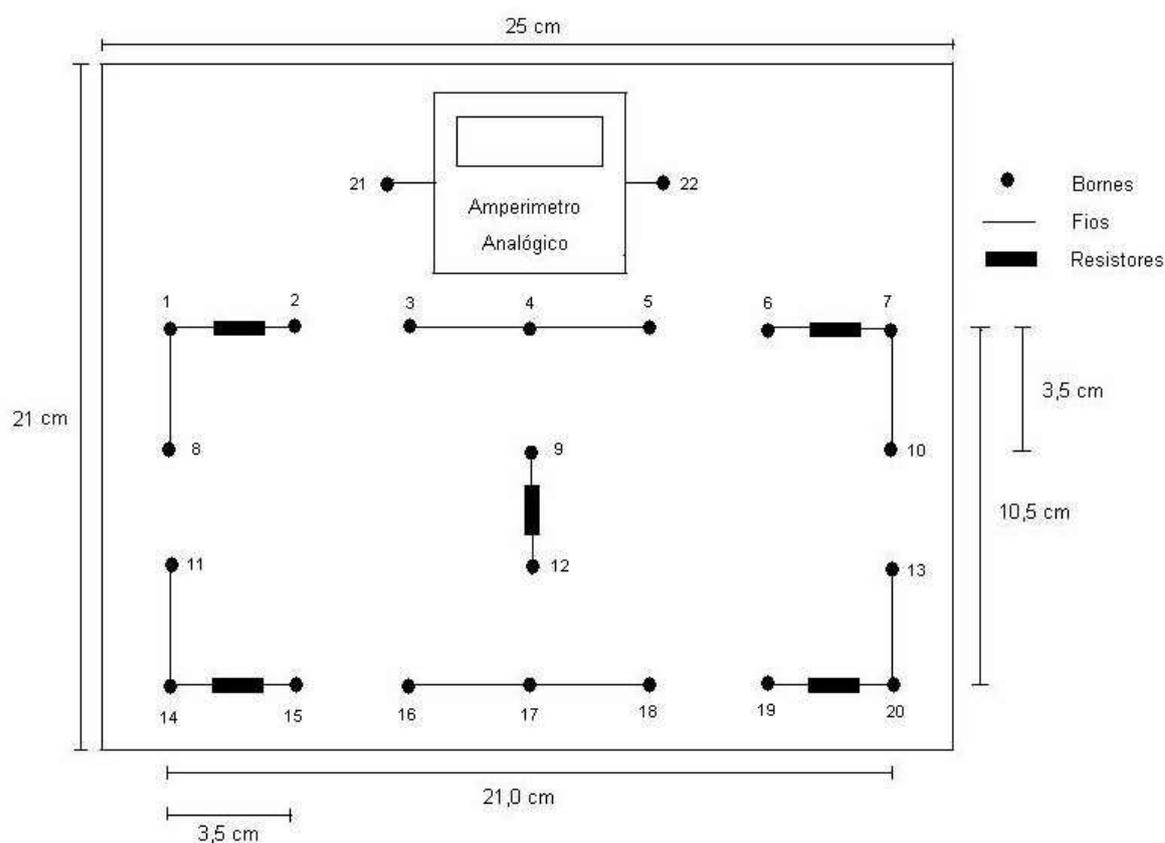


Figura 18: Planta do protótipo de circuito elétrico

## 3.2 CIRCUITOS SIMPLES

Inicialmente, serão considerados experimentos com circuitos simples, pelo fato de serem modelados por apenas uma equação linear. O resultado da medida da corrente elétrica, em cada ramo do circuito, poderá ser visualizado no mostrador do Amperímetro (ou do Multímetro).

### 3.2.1 Circuito 1– do tipo Fonte e Resistor.

O circuito consiste de um resistor de  $100\ \Omega$  e de uma fonte de  $12\ \text{V}$  ligados em série, como mostra a figura 19. O material necessário para o experimento é exibido na tabela 1.

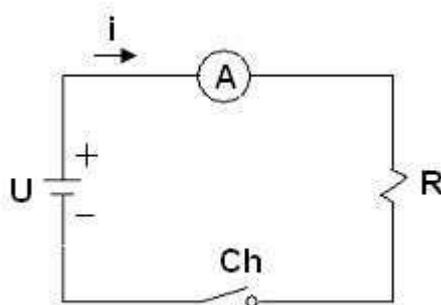


Figura 19: Circuito do experimento 1

Tabela 1: Material necessário, experimento 1

Placa – 1 unidade	Fonte – 1 unidade
Chave liga-desliga – 1 unidade	Ponte de curto-circuito – 1 unidade
Multímetro – 1 unidade	

**Montagem do circuito 1** – os elementos devem ser ligados (Figura 20) conforme descrição a seguir:

- **Fonte**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 8 e o pino vermelho ligado ao borne 11.

- **Chave liga-desliga**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 21 e o pino vermelho ligado ao borne 2.

- **Ponte de curto-circuito**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 14 e o pino vermelho ligado ao borne 22.

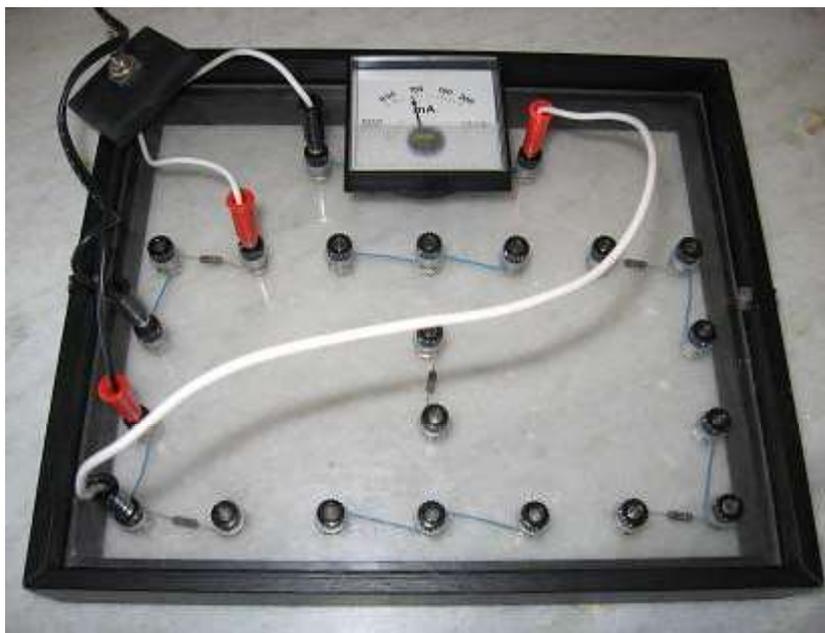


Figura 20 Foto Experimento 1

### **Leituras**

Após as ligações serem feitas, usa-se o multímetro para a leitura das grandezas.

Para a leitura da tensão, o multímetro deve estar ligado em paralelo com a fonte. Esta é obtida com os terminais nos bornes 8 e 11. A leitura (Figura 21) foi de 10,38 V.

Para a leitura da resistência elétrica, o multímetro deve estar ligado em paralelo com o resistor. Esta é obtida, com os terminais nos bornes 1 e 2. A leitura (Figura 21) foi de 102,9  $\Omega$ .

Para a leitura da corrente elétrica, o multímetro deve estar ligado em série com o circuito. Esta é obtida, usando-o no lugar da ponte de curto-circuito, ou seja,

com os seus terminais nos bornes 14 e 22. A leitura (Figura 21) foi de 100,8 **mA**. Os valores das leituras, nas medições, estão reunidos na tabela 2.

Equacionamento matemático do experimento segundo a Lei de Ohm

$$U = R i.$$

Substituindo-se os valores das medições, tem-se

$$10,380 = 102,900 i.$$

E, o valor da intensidade da corrente é

$$i = 10,380 / 102,900,$$



Figura 21 Foto Leituras do Experimento 1

ou

$$i = 0,100875 \text{ A} = 100,875 \text{ mA} .$$

A corrente elétrica é lida no aparelho em **mA**. Portanto, o valor da leitura, no Sistema Internacional de Unidades, foi transformado de **A** (Ampère) em **mA** (miliampère).

Agora, confrontando-se o valor esperado com o obtido na leitura, verifica-se a validade da Lei de Ohm. Aqui, o erro é devido à limitação do aparelho que permite a leitura com apenas uma casa decimal (e, pelas especificações do manual do aparelho ele poderá apresentar um erro de 2%).

Tabela 2: Valores nominais e das leituras, experimento 1

Grandeza	Valor Nominal	Leitura
Tensão ( <b>V</b> )	12	10,380 (*)
Resistência elétrica ( $\Omega$ )	100	102,900 (**)
Corrente elétrica ( <b>mA</b> )	120	100,800 (***)

\* A diferença, observada na leitura da tensão, em relação ao seu valor nominal, decorre da resistência interna da fonte ( $17 \Omega$ ).

\*\* A diferença, observada na leitura da resistência elétrica, (2,9 %) em relação ao seu valor nominal, é menor que a tolerância do resistor (5 %).

\*\*\* As diferenças, observadas na tensão e na resistência elétrica, produzem a diferença na leitura da corrente elétrica.

Em todos os experimentos descritos a seguir, essas diferenças poderão ser constatadas nas tabelas.

Sugere-se que, para o procedimento descrito acima, deva estar prevista uma duração de cerca de 20 minutos. A aula experimental poderá ser ministrada para um grupo de, no máximo, 25 alunos. Sendo que há apenas um equipamento, este deverá ser manuseado pelo professor. Entretanto, os alunos devem ser incentivados a se aproximar e a participar ativamente do experimento. A sua colaboração também deve ser solicitada quando da ligação dos elementos do circuito e, principalmente, nas leituras das medições e verificação dos resultados.

Cabe salientar que esta atividade foi desenvolvida em uma turma de alunos com conhecimento prévio de eletricidade. Contudo, este não precisa ser considerado como pré-requisito.

Observe-se que este problema envolve apenas uma equação linear. A sua resolução é um tópico desenvolvido na quinta série do ensino fundamental.

### 3.2.2 Circuito 2 – do tipo Fonte e Dois Resistores em série.

O circuito consiste de dois resistores de  $100 \Omega$  e de uma fonte de  $12 \text{ V}$  ligados em série, como mostra a figura 22. O material necessário para o experimento é exibido na tabela 3.

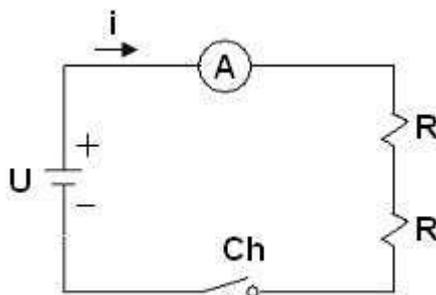


Figura 22: Circuito do Experimento 2

Tabela 3: Material necessário, experimento 2

Placa – 1 unidade	Fonte – 1 unidade
Chave liga-desliga – 1 unidade	Ponte de curto-circuito – 1 unidade
Multímetro – 1 unidade	

**Montagem do circuito 2** – os elementos devem ser ligados conforme descrição a seguir:

- **Fonte**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 8 e o pino vermelho ligado ao borne 11.

- **Chave liga-desliga**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 21 e o pino vermelho ligado ao borne 2.

- **Ponte de curto-circuito**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 15 e o pino vermelho ligado ao borne 22.

Equacionamento matemático do experimento

$$U = (R_1 + R_2) i.$$

Tabela 4: Valores nominais e das leituras, experimento 2

Grandeza	Valor Nominal	Leitura
Tensão (V)	12	10,750
Resistência elétrica ( $\Omega$ )	200	203,000
Corrente elétrica (mA)	60	53,000

### 3.3 CIRCUITOS DE DUAS MALHAS

Aqui, serão considerados os experimentos com circuitos de duas malhas. Neste caso, tem-se circuitos descritos por um sistema de equações lineares, que traduzem as Leis de Ohm e Kirchoff.

#### 3.3.1 Circuito 3– do tipo Fonte e Dois Resistores em paralelo

O circuito consiste de dois resistores de  $100\ \Omega$  e de uma fonte de  $12\ \text{V}$  ligados em paralelo, como mostra a figura 22. O material necessário para o experimento é exibido na tabela 5.

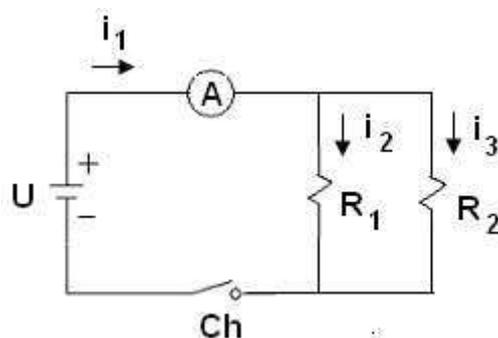


Figura 23: Circuito do Experimento 3

Tabela 5: Material necessário, experimento 3

Placa – 1 unidade	Chave liga-desliga –1 unidade
Fonte – 1 unidade	Pontes de curto-circuito – 2 unidades
Resistores – 2 unidades	Multímetro – 1 unidade

**Montagem do circuito 3** – os elementos devem ser ligados (Figura 24) conforme descrição a seguir:

- **Fonte**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 8 e o pino vermelho ligado ao borne 11.

- **Chave liga-desliga**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 21 e o pino vermelho ligado ao borne 1

- **Pontes de curto-circuito**

Na primeira ponte, o pino banana preto deverá ser ligado ao borne 14 e o pino vermelho ligado ao borne 16.

Na segunda ponte, o pino banana preto deverá ser ligado ao borne 3 e o pino vermelho ligado ao borne 22.

- **Resistores 1 e 2**

O primeiro pino banana preto deverá ser ligado ao borne 17 e o pino vermelho ligado ao borne 4.

O segundo pino banana preto deverá ser ligado ao borne 18 e o pino vermelho ligado ao borne 5.

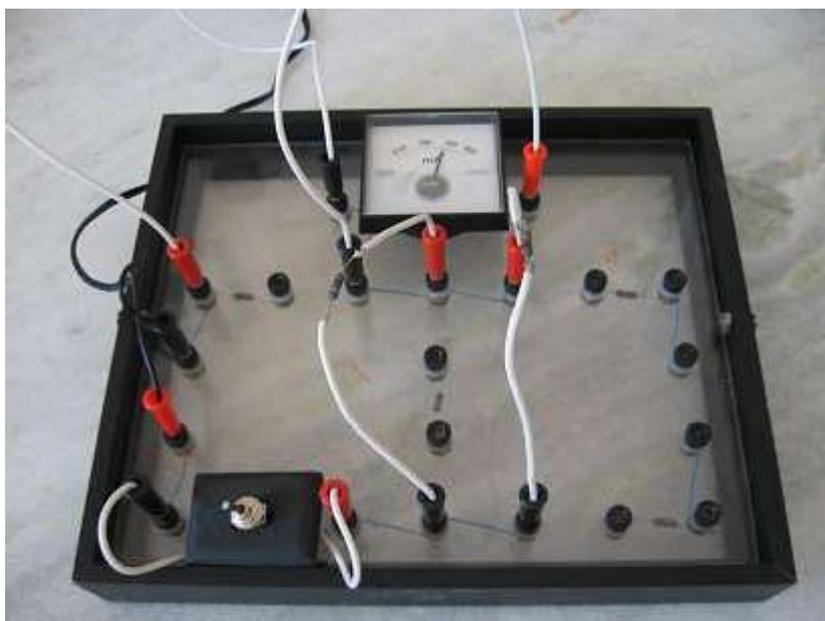


Figura 24 Foto experimento 3

### **Leituras**

Após as ligações serem feitas, usa-se o multímetro para as leituras das grandezas.

Para a leitura da tensão, o multímetro deve estar ligado em paralelo com a fonte. Esta é obtida com os terminais nos bornes 8 e 11. A leitura foi de 9,67 V (Figura 25).

Para a leitura da resistência elétrica, o multímetro deve estar ligado em paralelo com o resistor. Para o resistor 1, esta é obtida com os terminais nos bornes 4 e 14. A leitura (Figura 25) foi 103,6 de  $\Omega$ , e para o resistor 2, com os terminais nos bornes 5 e 18, a leitura (Figura 25) foi de 101,3  $\Omega$ .

A leitura da corrente elétrica é efetuada com o multímetro ligado em série com o circuito. A intensidade da corrente  $i_1$  é lida com os terminais ligados nos bornes 1 e 3. A intensidade da corrente  $i_2$  é lida entre os bornes, deslocando-se o pino vermelho banana do resistor 1 para o borne 10 e ligando-se os terminais do aparelho nos bornes 4 e 7. Para a leitura, entre os bornes, da intensidade de corrente  $i_3$ , desloca-se o pino vermelho banana do resistor 2 para o borne 10 e liga-se os terminais do aparelho nos bornes 5 e 7. Com as leituras (Figura 25) sucessivas, foram obtidos os valores :  $i_1 = 188,9 \text{ mA}$ ,  $i_2 = 93,3 \text{ mA}$  e  $i_3 = 95,6 \text{ mA}$ .

Os valores das leituras, nas medições, estão reunidos na tabela 6.



Figura 25 Foto Leituras do Experimento 3

Sistematização matemática do experimento e tabela de valores:

$$\begin{cases} i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ R_1 \cdot i_2 = U \\ R_2 \cdot i_3 = U \end{cases}$$

Substituindo os valores das medições, tem-se

$$\begin{cases} i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ 103,6 i_2 = 9,67 \\ 101,3 i_3 = 9,67 \end{cases}$$

Tabela 6: Valores nominais e das leituras, experimento 3

Grandeza	Valor Nominal	Leitura
Tensão (V)	12	9,670
Resistência elétrica 1( $\Omega$ )	100	103,600
Resistência elétrica 2( $\Omega$ )	100	101,300
Corrente elétrica 1(mA)	200	188,900
Corrente elétrica 2(mA)	100	93,800
Corrente elétrica 3(mA)	100	95,200

Recomenda-se que, para o procedimento descrito acima, deva estar prevista uma duração de cerca de 25 minutos.

Antes do início da atividade, seria interessante que os “cadernos” de física (capítulo 2) e de matemática (capítulos 4 e 5) fossem distribuídos aos alunos.

Durante as medições, o professor construirá, passo a passo, as equações que integrarão o sistema. Sendo assim, ao finalizar esta tarefa, o professor deixará em aberto a resolução do(s) sistema(s) relacionado(s) ao experimento(s). Aqui, caberá, ao professor, ressaltar a importância dos conteúdos matemáticos a serem desenvolvidos na seqüência, nas aulas teóricas.

Após o desenvolvimento dos conteúdos matemáticos (Capítulo 4), o professor deverá voltar ao sistema, para resolvê-lo. A solução poderá ser obtida também com o uso da planilha eletrônica (detalhado no Capítulo 6). Esta seqüência de ações é recomendada para os demais experimentos.

### 3.3.2 Circuito 4 – do tipo Fonte e Três Resistores em série e em paralelo

O circuito consiste de três resistores de  $100\ \Omega$  e de uma fonte de  $12\ V$  ligados em série e em paralelo, como mostra a figura 26. O material necessário para o experimento é exibido na tabela 7.

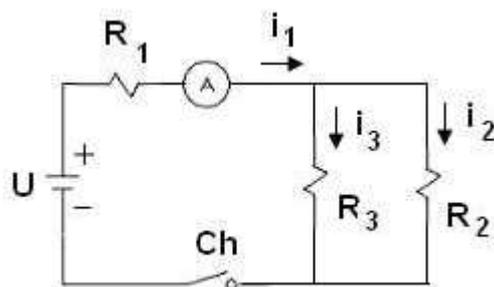


Figura 26: Circuito do Experimento 4

Tabela 7: Material necessário, experimento 4

Placa – 1 unidade	Chave liga-desliga – 1 unidade
Fonte – 1 unidade	Pontes de curto-circuito – 2 unidades
Resistores – 2 unidades	Multímetro – 1 unidade

**Montagem do circuito** – os elementos devem ser ligados conforme descrição a seguir:

- **Fonte**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 8 e o pino vermelho ligado ao borne 11.

- **Chave liga-desliga**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 21 e o pino vermelho ligado ao borne 2.

- **Pontes de curto-circuito**

Na primeira ponte, o pino banana preto deverá ser ligado ao borne 14 e o pino vermelho ligado ao borne 16.

Na segunda ponte, o pino banana preto deverá ser ligado ao borne 3 e o pino vermelho ligado ao borne 22.

- **Resistores 1 e 2**

O primeiro pino banana preto deverá ser ligado ao borne 17 e o pino vermelho ligado ao borne 4.

O segundo pino banana preto deverá ser ligado ao borne 18 e o pino vermelho ligado ao borne 5.

Equacionamento matemático do experimento e tabela de valores

$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot i_3 = U \\ R_3 \cdot i_2 - R_2 \cdot i_3 = 0 \end{array} \right.$$

Tabela 8: Valores nominais e das leituras, experimento 4

Grandeza	Valor Nominal	Leitura
Tensão (V)	12	10,580
Resistência elétrica 1( $\Omega$ )	100	101,000
Resistência elétrica 2( $\Omega$ )	100	106,000
Resistência elétrica 3( $\Omega$ )	100	103,000
Corrente elétrica 1(mA)	80	69,100
Corrente elétrica 2(mA)	40	34,100
Corrente elétrica 3(mA)	40	35,100

### 3.3.3 Circuito 5 – do tipo Fonte e Quatro Resistores em série e em paralelo

O circuito consiste de quatro resistores de 100  $\Omega$  e de uma fonte de 12 V, ligados em série e em paralelo, como mostra a figura 27. O material necessário para o experimento é exibido na tabela 9.

Tabela 9: Material necessário, experimento 5

Placa – 1 unidade	Chave liga-desliga – 1 unidade
Fonte – 1 unidade	Pontes de curto-circuito – 2 unidades
Resistores – 2 unidades	Multímetro – 1 unidade

**Montagem do circuito 5** – os elementos devem ser ligados conforme descrição a seguir:

- **Fonte**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 8 e o pino vermelho ligado ao borne 11.

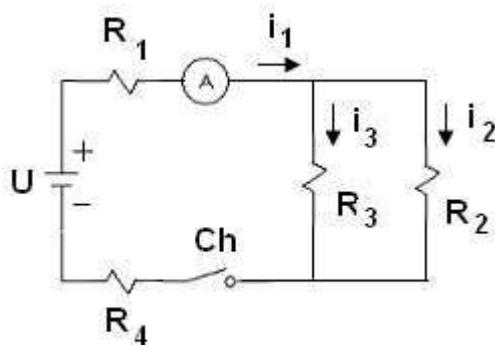


Figura 27: Circuito do Experimento 5

- **Chave liga-desliga**

O pino banana preto deverá ser ligado ao borne 21 e o pino vermelho ligado ao borne 2.

- **Pontes de curto-circuito**

Na primeira ponte, o pino banana preto deverá ser ligado ao borne 15 e o pino vermelho ligado ao borne 16.

Na segunda ponte, o pino banana preto deverá ser ligado ao borne 3 e o pino vermelho ligado ao borne 22.

- **Resistores 1 e 2**

O primeiro pino banana preto deverá ser ligado ao borne 17 e o pino vermelho ligado ao borne 4.

O segundo pino banana preto deverá ser ligado ao borne 18 e o pino vermelho ligado ao borne 5.

Equacionamento matemático do experimento e tabela de valores:

$$\begin{cases} i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ (R_1 + R_2) \cdot i_1 + R_2 \cdot i_3 = U \\ R_3 \cdot i_2 - R_2 \cdot i_3 = 0 \end{cases}$$

Tabela 10: Valores nominais e das leituras, experimento 5

Grandeza	Valor Nominal	Leitura
Tensão (V)	12	10,830
Resistência elétrica 1( $\Omega$ )	100	101,000
Resistência elétrica 2( $\Omega$ )	100	106,000
Resistência elétrica 3( $\Omega$ )	100	103,000
Resistência elétrica 4( $\Omega$ )	100	102,000
Corrente elétrica 1(mA)	48	42,500
Corrente elétrica 2(mA)	24	21,200
Corrente elétrica 3(mA)	24	21,400

### 3.4 CONSIDERAÇÕES

É importante ressaltar que, devido à quantidade de bornes (20 unidades) instalados, existe a possibilidade de gerar no protótipo de circuito elétrico um grande número de circuitos em série e em paralelo. Portanto, os exemplos descritos, acima, constituem uma pequena amostra das possibilidades de instalação de circuitos no protótipo.

Observe-se, também, que outros componentes citados na construção do protótipo, a saber: o “led”, os motores e o multímetro não foram utilizados nos experimentos. Contudo, os mesmos poderiam ser empregados na construção de circuitos alternativos. Assim, como sugestão: o uso do “led”, ou dos motores, poderá substituir um ou mais resistores, na instalação dos circuitos descritos; e, o uso do multímetro poderia substituir o do amperímetro, quando da medição das correntes aplicadas nos diferentes ramos dos circuitos.

O aquecimento dos condutores provoca um aumento na sua resistência e uma variação na intensidade da corrente elétrica. Em consequência, pode produzir erro nas leituras experimentais. Em particular, no protótipo aqui utilizado, levando-se em conta, diante da baixa intensidade de corrente, que o aquecimento é muito pequeno, este possível erro foi desconsiderado.

**Observação importante:** aconselha-se, ao professor, muito cuidado quando da manipulação do equipamento, embora este não apresente riscos, pois a voltagem

é da ordem de 12 **V**. E, pelas normas brasileiras (NR 10 – Segurança em serviços com eletricidade), tensões menores que 50 **V** em corrente alternada (**CA**) e 120 **V** em corrente contínua (**CC**) são inofensivas.