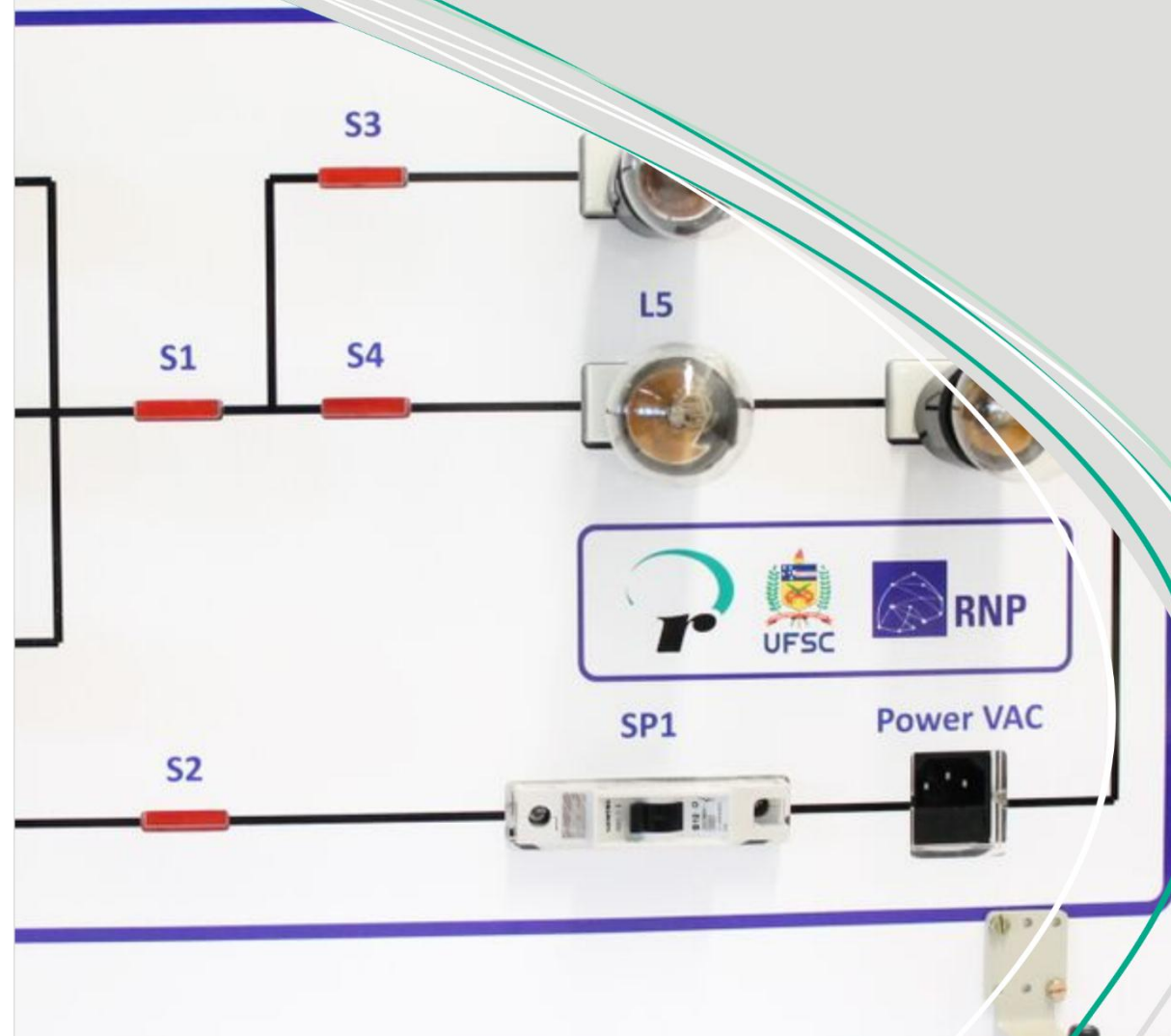


## Manual Técnico:

# Painel Elétrico AC



O trabalho Manual Técnico do Experimento: Painel Elétrico AC por Condução de SILVA, Juarez B.; MORETTI, Alexssandro está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.



Este manual, cada capítulo e suas imagens estão licenciados sob a licença Creative Commons -Atribuição-Não Comercial-Sem Derivados 4.0 Internacional. Uma cópia desta licença pode ser visualizada em <http://creativecommons.org.nz/licences/licences-explained/>. Ela define que este manual é livre para reprodução e distribuição porém sempre deve ser citado o autor. Não deve ser usado para fins comerciais ou financeiro e não é permitido qualquer trabalho derivado. Se você quiser fazer algum dos itens citados como não permitidos, favor entrar em contato com os organizadores do manual.

O download em edição eletrônica desta obra pode ser encontrado em

Material Técnico do Experimento: Painel Elétrico AC: obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab).

Araranguá – SC, Brasil, 2015

<http://www.rexlab.ufsc.br>.

**Histórico de revisões do documento**

Revisão	Data	Propósito
0.0	31/07/2015	Primeira apresentação do texto

## Sumário

Índice de Figuras.....	5
Introdução .....	6
Experimento: Painel Elétrico AC.....	12
Nível de utilização:.....	12
Objetivo .....	12
Breve descrição do hardware .....	12
Circuito de aplicação nº 1 .....	14
Circuito de aplicação nº 2 .....	15
Circuito de aplicação nº 3.....	20
Circuito de aplicação nº 4 .....	24
Referências .....	29
Apêndices .....	30
Anexos .....	31

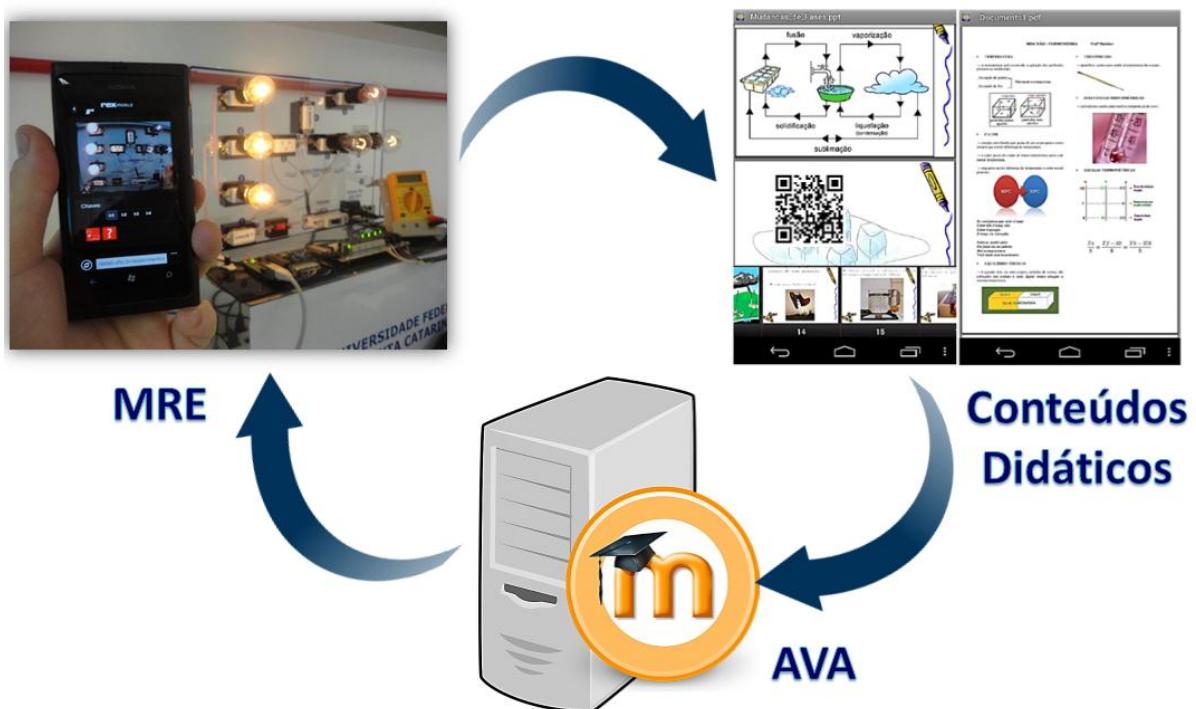
## Índice de Figuras

Figura 1 - Visão geral do serviço proposto. Fonte: Autor.....	6
Figura 2: Estrutura de hardware e software do GT-MRE .....	7
Figura 3: Diagrama de blocos dos experimentos remotos propostos. Fonte: Autor.....	8
Figura 4: Raspberry Pi, Model B+ .....	9
Figura 5: Placa de aquisição e controle .....	10
Figura 6: Ambiente de programação.....	11
Figura 7: Painel elétrico AC.....	13
Figura 8: Painel elétrico AC – Diagrama Elétrico .....	14
Figura 9: Painel Elétrico -Circuito de Aplicação nº 1 .....	14
Figura 11: Painel elétrico AC – Circuito nº 2.....	15
Figura 12: Circuito de Aplicação nº 2 .....	16
Figura 13: Circuito de Aplicação nº 2 – Acesso ao experimento.....	19
Figura 14: Painel elétrico AC – Circuito de Aplicação nº 3 .....	20
Figura 15: Circuito de Aplicação nº 3 .....	21
Figura 16: Circuito de Aplicação nº 2 – Acesso ao experimento.....	23
Figura 17: Painel elétrico AC – Diagrama Elétrico .....	24
Figura 18: Circuito de Aplicação nº 3 .....	25
Figura 19: Circuito de Aplicação nº 2 – Acesso ao experimento.....	27

## Introdução

O serviço proposto visa desenvolver e implantar uma plataforma que integre ambiente virtual de ensino e de aprendizagem através da disponibilização de conteúdos didáticos abertos online, acessados por dispositivos móveis ou convencionais, e complementados pela interação com experimentos remotos (Figura 1).

Objetivamente pretende-se, ao oferecer este serviço, contribuir e estimular a integração da tecnologia na Educação Básica na rede pública de ensino. Portanto, a avaliação da usabilidade do protótipo se constitui em fator essencial e neste ponto buscamos apresentar um modelo que terá como objetivo demonstrar de forma prática, a utilização do serviço proposto, como possível solução à problemática apresentada.

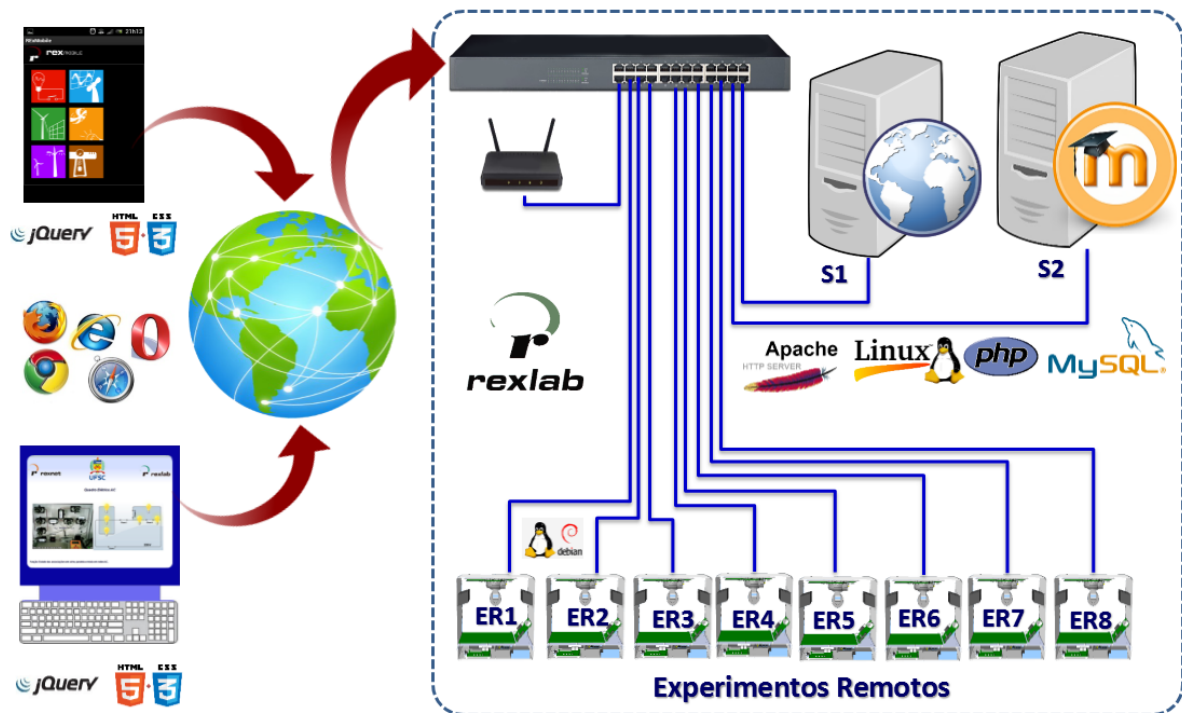


**Figura 1 - Visão geral do serviço proposto. Fonte: Autor**

O bloco denominado “MRE” compreende os experimentos remotos e os serviços e aplicações para suporte de acesso via Web, para dispositivos móveis ou convencionais, para controle e observação dos experimentos remotos e acesso aos conteúdos educacionais em multiplataformas computacionais.

Os experimentos remotos, em um número inicial proposto de oito, serão

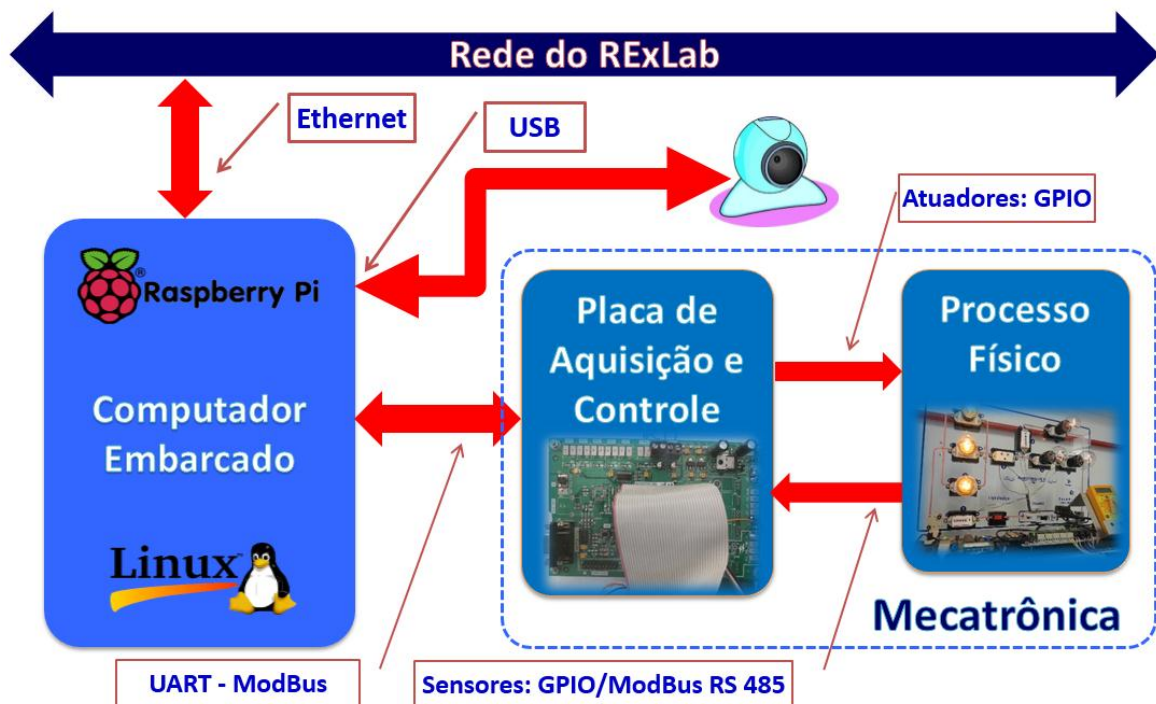
dispositivos que permitirão trabalhar com sistemas físicos reais através de Internet, em dispositivos convencionais (microcomputadores, laptops, etc.) e também em dispositivos móveis (tablets, smartphones, etc.). A Figura 2 apresenta o estrutura de software e hardware pretendida para dar suporte aos serviços propostos pelo GT-MRE.



**Figura 2: Estrutura de hardware e software do GT-MRE**

A construção dos experimentos remotos está baseada em recursos de hardware e de software open source, a fim de, favorecer a replicação do projeto, e integração destes em um ambiente distribuído de ensino e aprendizagem. A Figura 3 apresenta o diagrama de blocos dos experimentos remotos propostos. Todos os experimentos serão implementados a partir da arquitetura padronizada, mostrada na Figura 3, de hardware e software básico. A diferenciação entre os experimentos será constatada nos tipos diferentes de sensores e atuadores, que serão instalados de acordo com as especificidades dos experimentos remotos disponibilizados.





**Figura 3: Diagrama de blocos dos experimentos remotos propostos. Fonte: Autor.**

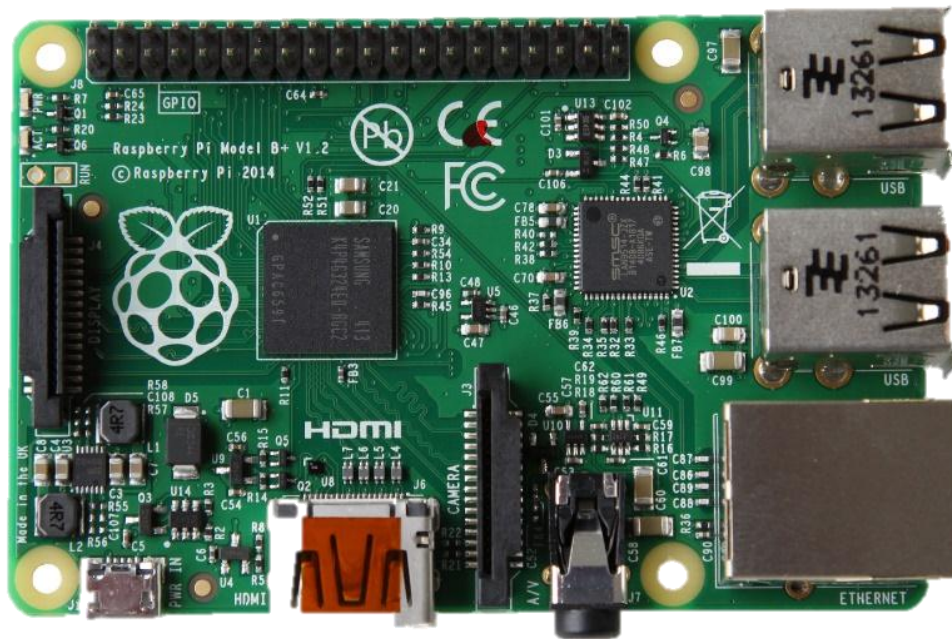
O dispositivo central do experimento é “Computador Embarcado”, que na plataforma desenvolvida pelo GT-MRE a escolha recaiu sobre o Raspberry Pi<sup>1</sup>, (Figura 4) modelo B+, que tem como principal função intermediar os acessos aos demais dispositivos de hardware dos experimentos via rede. O Raspberry Pi é um pequeno computador “single-board” baseados em processadores ARM11 (700 MHz), com memória RAM de 512 MB, dispõe de um cartão SD de 8GB, além de outras funcionalidades e roda sob o sistema operacional Linux (Debian).

O “computador embarcado” (CE) tem função prover interfaceamento e gerenciamento para a conexão entre a rede (web) e a “placa de aquisição e controle” (PAC). O CE acessa a PAC para a coletar os dados dos sensores ou para enviar comandos para os atuadores, essa comunicação é feita via porta UART (universal asynchronous receiver/transmitter) que se comunica via protocolo MODBUS<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> O Raspberry Pi é um computador é baseado em um system on a chip (SoC) Broadcom BCM2835, que inclui um processador ARM1176JZFS rodando a 700 MHz, GPU VideoCore IV, e 512 MB de memória RAM em sua última revisão. O Raspeberry PI foi desenvolvido no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi.

<sup>2</sup> Modbus é um protocolo de comunicação de dados utilizado em sistemas de automação industrial. É um dos protocolos mais utilizados em redes de Controladores lógicos programáveis (PLC) para aquisição de sinais (0 ou 1) de instrumentos e comandar atuadores. É de utilização livre e sem taxas de licenciamento

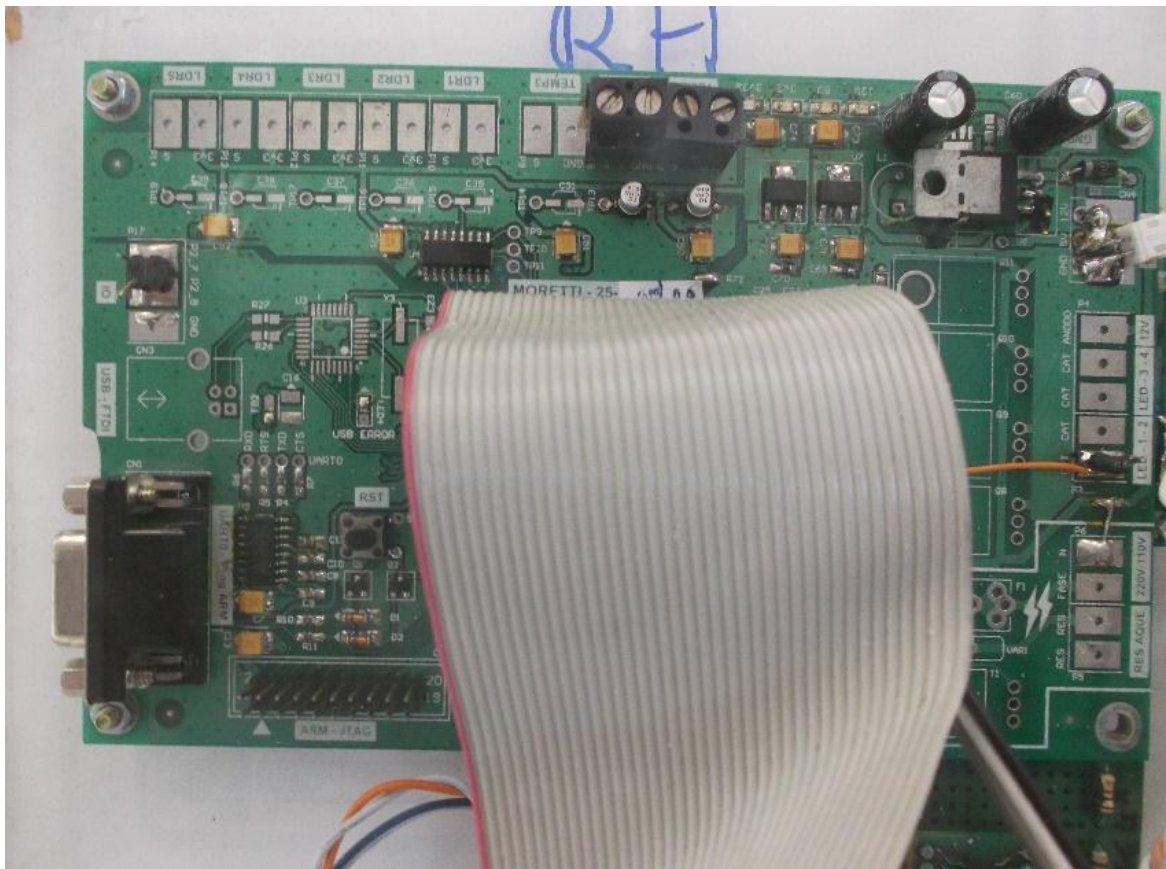




**Figura 4: Raspberry Pi, Model B+**

A “placa de aquisição e controle”, Figura 5, de projeto e construção própria, tem como objetivo controlar os sensores e atuadores dos experimentos. Esta bloco é baseado no processador ARM PLC1752 Cortex-M3 rodando a uma frequência de clock de 80 Mhz. A opção por este modelo de ARM deve-se ao fato de sua disponibilidade e relação custo/benefício.

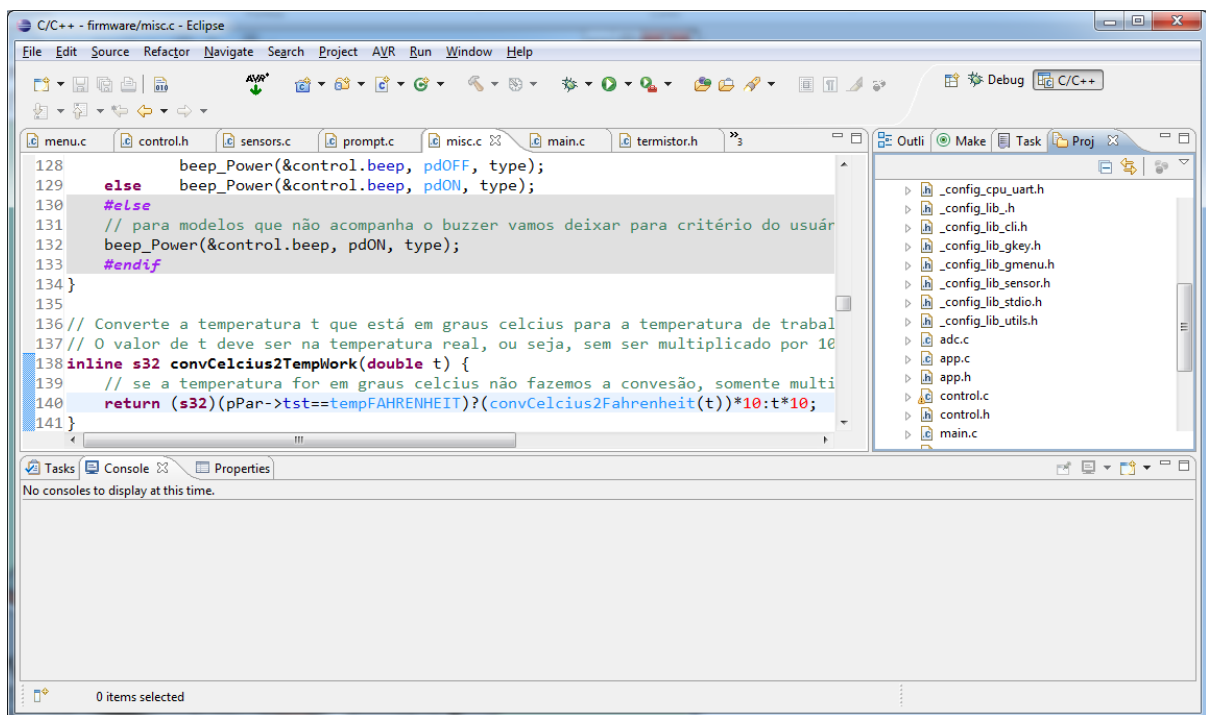
O LPC1752 é uma microcontrolador baseado na arquitetura ARM Cortex-M3 que opera com frequências de até 100 MHz. Este tipo de microcontrolador é indicado para aplicações embarcadas, uma vez que, são caracterizados por um alto nível de integração e baixo consumo de energia. O LPC1752 incorpora uma ‘pipeline’ de três estágios e conta com barramentos de dados e instruções separados, inspirados na arquitetura Harvard. Também inclui 64KB de memória flash, 16KB de memória de dados (SRAM), 53 pinos de I/O, interfaces USB, UART (4), I<sup>2</sup>C (3), SPI (2), além de ADC (6), Timers (6) e PWM(6). O LPC1752 opera com tensão de 3,3V.



**Figura 5: Placa de aquisição e controle**

A programação do “computador embarcado” e do LPC1752 foi efetuada no ambiente Eclipse<sup>3</sup> com seus respectivos depuradores e compiladores GNU e a linguagem utilizada foi C. A Figura 6 apresenta o ambiente de programação utilizado.

<sup>3</sup> A plataforma Eclipse é um IDE para desenvolvimento Java, porém suporta várias outras linguagens a partir de plugins como C/C++, PHP, ColdFusion, Python, Scala e plataforma Android. É distribuída sob a “Licença Recíproca Parcial” EPL (Eclipse Public License).



**Figura 6: Ambiente de programação**

A “placa de aquisição e controle” atua como um gerenciador que controla todos os atuadores e lê todos os sensores dos experimentos. Também armazena todos os dados atualizados dos sensores a serem acessados pelos dispositivos físicos externos, além de, ficar em estado de espera, aguardando comandos para acionar os atuadores.

A comunicação com os dispositivos físicos externos é feita via porta UART que se comunica utilizando o protocolo MODBUS. Na implementação da PAC buscou-se aplicar um certo grau autonomia em relação à leitura dos sensores e ao acionamento de atuadores, por exemplo, no caso do experimento de condução de calor, não ligar o sistema de aquecimento das barras, caso a temperatura esteja no limite, pois, neste caso estaria prestes a causar algum tipo de dano físico ao experimento.

A seguir serão abordados individualmente os oito experimentos propostos e se buscará explanar brevemente os aspectos construtivos de hardware e software básico de cada um deles.

## Experimento: Painel Elétrico AC.


### Nível de utilização:

- Ensino Médio
- Ensino Superior

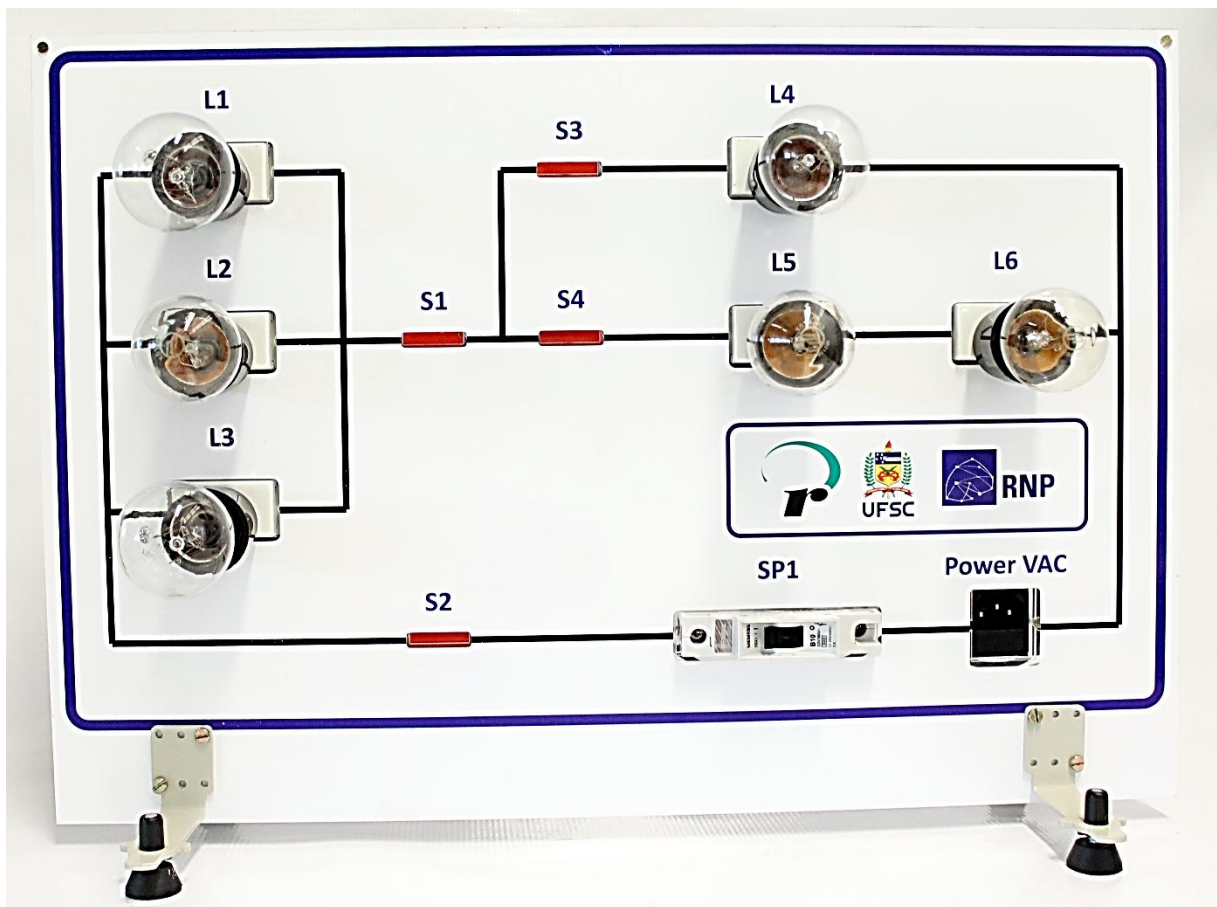
### Objetivo

- Destina-se ao estudo de associações série, paralela e mista e a verificação experimental dos resultados.
- Identificar os fenômenos elétricos presentes no funcionamento de uma lâmpada incandescente;
- Resolver matematicamente problemas que envolvam a Lei de Ohm.

### Breve descrição do hardware

	<ul style="list-style-type: none"><li>- Lâmpadas incandescentes comportam-se como os resistores elétricos. Nas atividades experimentais que serão propostas, as lâmpadas incandescentes farão o papel dos resistores, e a intensidade de luz emitida dará a percepção visual da potência dissipada em cada lâmpada</li></ul>
---	--

O dispositivo está implementado a partir da estrutura padrão de hardware e software básico. O circuito AC é composto por um painel acrílico onde estão instaladas seis lâmpadas incandescentes dispostas em associações série, paralela e mista. O modelo implementado conta com três chaves (atuadores) que são acionáveis via Web, nas posições mostradas na figura 7.



**Figura 7: Painel elétrico AC**

A Figura 8 apresenta o diagrama elétrico do “Painel Elétrico AC”. O circuito é composto por seis lâmpadas incandescentes e três chaves que permitem efetuar combinações para visualização das associações de lâmpadas em série, paralelo e mista.



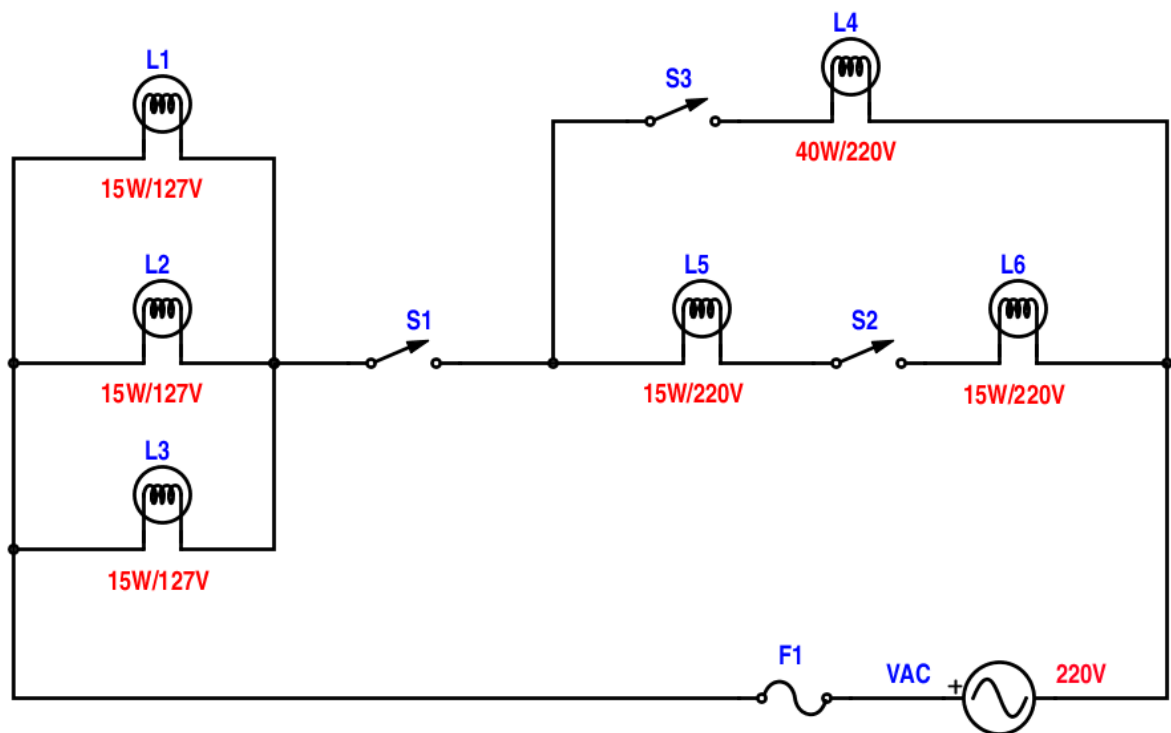


Figura 8: Painel elétrico AC – Diagrama Elétrico

### Circuito de aplicação nº 1

A figura 9 apresenta uma combinação possível, onde apenas a chave **S1** está acionada. Neste caso não flui corrente elétrica pelo circuito, pois, as chaves **S2** e **S3** estão “abertas” e não proporcionam a passagem de corrente elétrica.

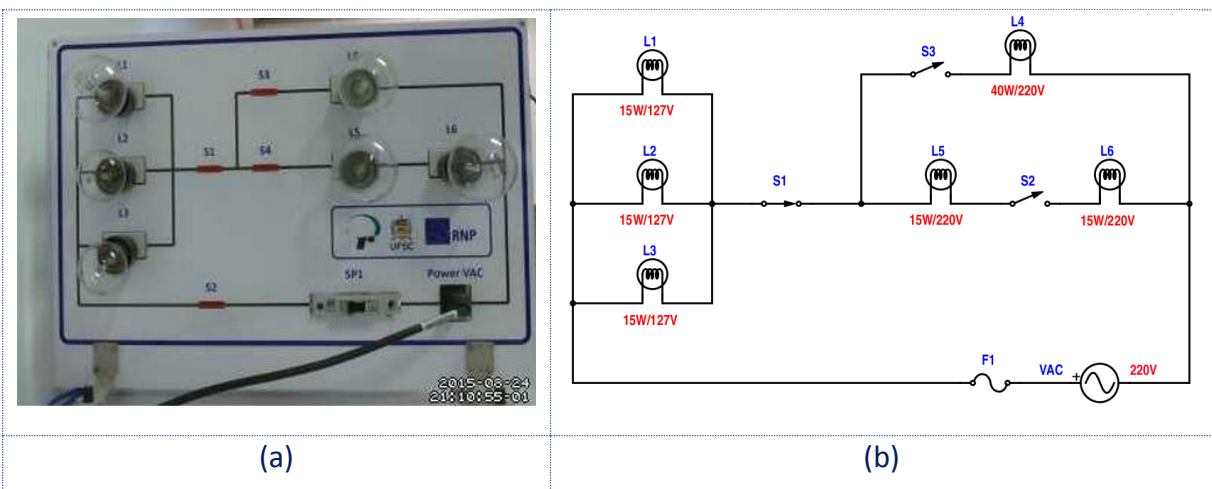


Figura 9: Painel Elétrico -Circuito de Aplicação nº 1

A figura 10 apresenta o diagrama elétrico do “circuito de aplicação nº1”.  
Percebe-se que não circula corrente, pois, as chaves **S2** e **S3** interrompem o fluxo de corrente no circuito.

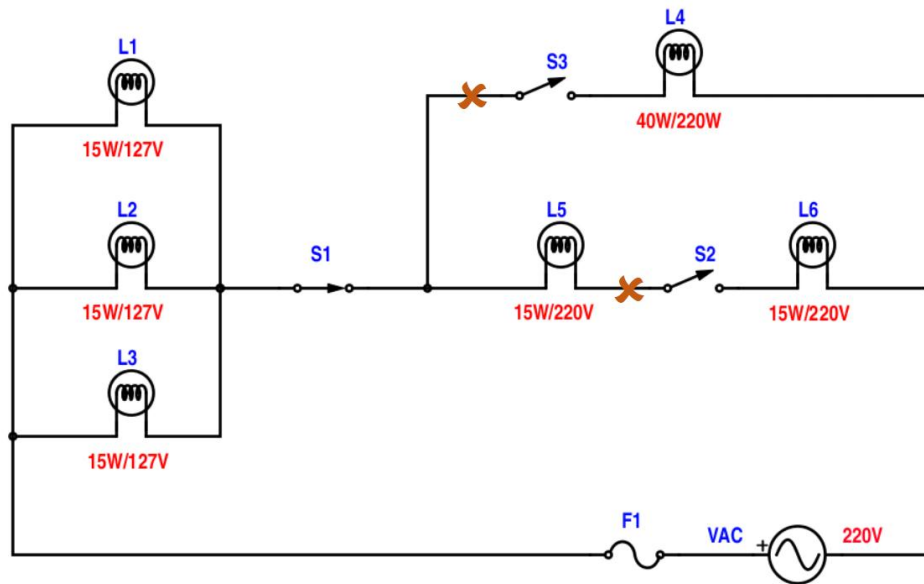


Figura 10: Circuito de Aplicação nº 1

### Circuito de aplicação nº 2

A figura 11 apresenta uma combinação possível, onde as chaves S1 e S2 estão acionadas. Na figura 11a é apresentado o acesso remoto ao experimento.

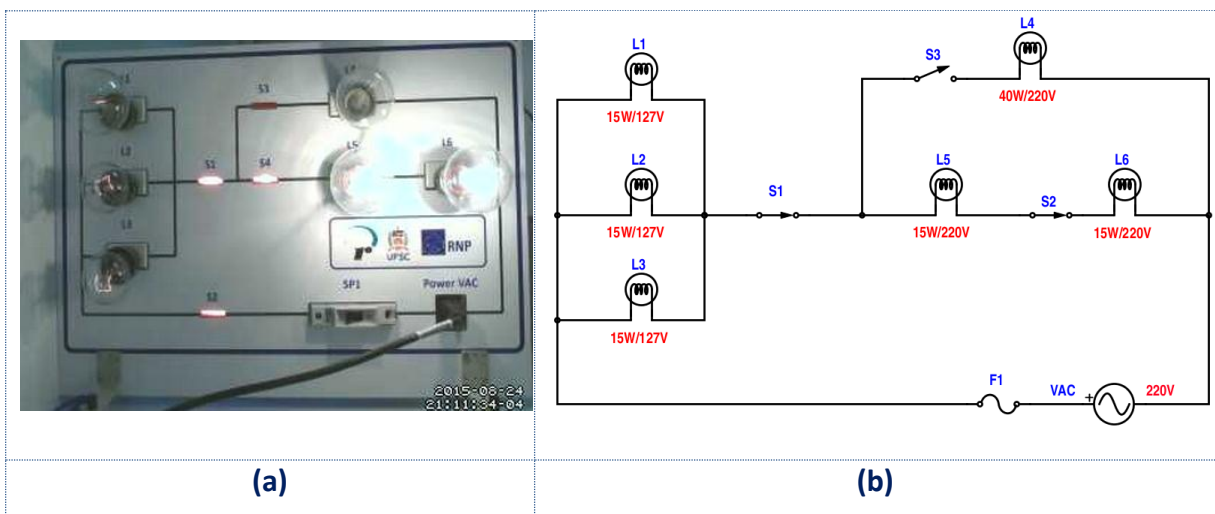
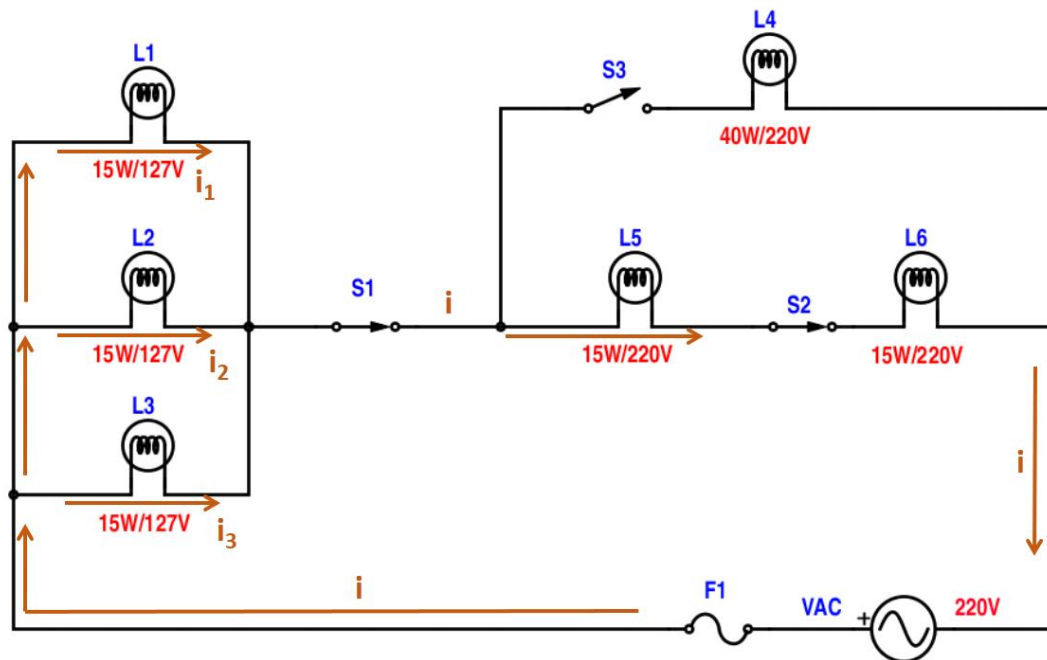


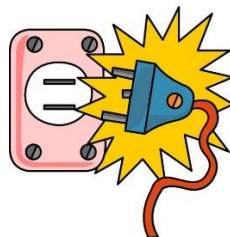
Figura 11: Painel elétrico AC – Circuito nº 2



A Figura 12 apresenta o fluxo de corrente elétrica no circuito nº 2. Conectado à rede elétrica AC de 220V circula pelo PAINEL AC uma corrente  $i$  que é subdividida em  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$  a partir da associação paralela formada pelas lâmpadas  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ . Uma vez que a chave  $S_3$  está “aberta”, a corrente  $i$  circula pelas lâmpadas  $L_5$  e  $L_6$ , que estão associadas em série e retorna ao outro polo da fonte.



**Figura 12: Circuito de Aplicação nº 2**



- Os cálculos apresentados considerarão a tensão da rede elétrica de 220 V. Não será considerada a variação da resistência elétrica das lâmpadas incandescentes com a temperatura.

O circuito apresentado na Figura 12 está implementado com lâmpadas incandescentes com as seguintes especificações nominais, fornecidas pelos fabricantes:


- $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ : 15W e 127V
- $L_5$  e  $L_6$ : 15W e 220V
- $L_4$ : 40W e 220V

Efetuando o cálculo da resistência das lâmpadas a partir dos dados nominais fornecidos pelos fabricantes teremos:

- $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  apresentam potência nominal de 15W e para tensão de operação de 127V.

Se utilizarmos  $P = \frac{V^2}{R}$  obteremos  $R = 1075,27\Omega$

- $L_5$  e  $L_6 = 3226,67\Omega$
- $L_4 = 1210\Omega$

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se pegarmos uma lâmpada incandescente de 100 W x 110 V e medirmos a resistência com um multímetro vamos perceber que a leitura indicará algo na casa de 30Ω. Porém, se efetuarmos o cálculo, tomando como base os valores nominais (<math>P = \frac{V^2}{R}</math>) a resistência seria de aproximadamente 120Ω.</li> <li>- Problemas com o multímetro?</li> <li>- Não! Ele mediu a resistência do filamento da lâmpada a frio, que é muito menor, pois, os filamentos frios e contraídos das lâmpadas apresentam uma resistência muito menor do que quando estão quentes, com a lâmpada acesa.</li> <li>- Essa resistência, que chega a ser muitas vezes menor do que a nominal, é que causa o impacto de corrente quando ligamos a lâmpada. A corrente inicial é sempre muito grande. A simples medida da resistência do filamento de uma lâmpada não serve, portanto, para se saber qual é a potência dessa lâmpada.</li> </ul>
--	---

O circuito apresentado na figura 12 apresenta as lâmpadas em uma conexão mista onde  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  estão associadas em paralelo e este “paralelo” em série com a associação série formada  $L_5$  e  $L_6$ .

Para o cálculo da corrente  $i$  do circuito apresentado na Figura 12 poderemos iniciar pelo cálculo da resistência equivalente do circuito ( $R_{Eq}$ ), pois a tensão de funcionamento é conhecida e assim poderíamos calcular a corrente. Assim:

$$R_{Eq} \text{ para } L_1, L_2 \text{ e } L_3: \frac{1}{R_{Eq1,2,3}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} = \frac{1}{1075,27} + \frac{1}{1075,27} + \frac{1}{1075,27} = 358,43\Omega$$

Uma vez que  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  apresentam os mesmos valores nominais para calcular a

resistência equivalente das lâmpadas bastaria fazer:

$$R_{Eq1.2.3} = \frac{1075,27}{3} = 358,43\Omega$$

As lâmpadas  $L_5$  e  $L_6$  estão associadas em série. Assim:

$$R_{Eq5,6} = 3226,67 * 2 = 6453,34\Omega$$

A resistência equivalente total do circuito será:

$$R_{Eq} = R_{Eq1,2,3} + R_{Eq5,6} = 358,43\Omega + 6453,34\Omega = 6811,77\Omega$$

Para determinação da corrente elétrica fazemos:

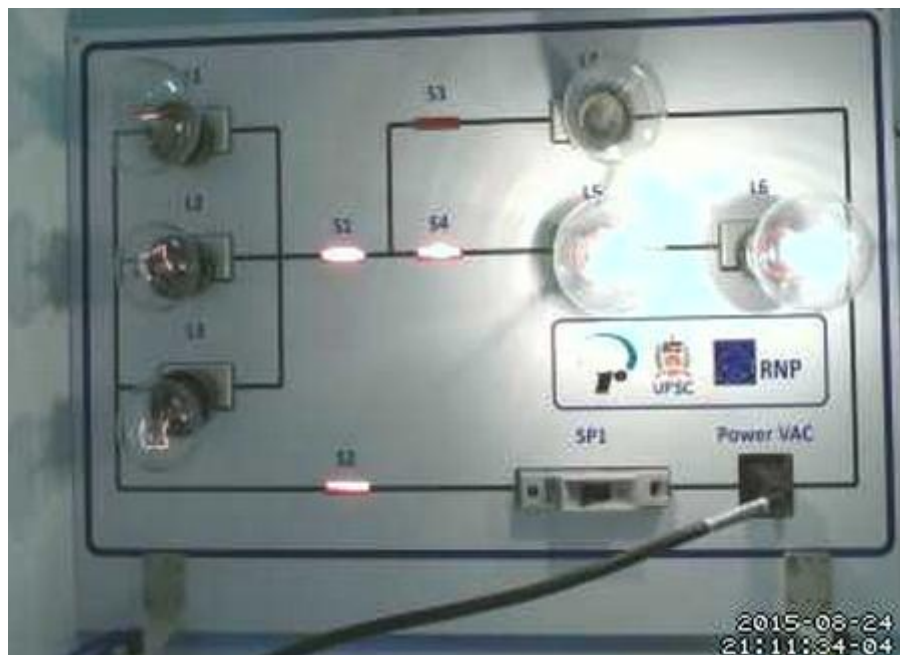
$$i = \frac{V}{R_{Eq}} = \frac{220}{6811,76} = 0,0322971 \text{ ou } 32,297\text{mA}$$

Para calcular as correntes nas lâmpadas podemos fazer:

- As lâmpadas  $L_5$  e  $L_6$  estão em série e circula por elas a corrente  $i$  (vide Figura 11), ou seja. 32,297mA. Logo a tensão tanto em  $L_5$  quanto  $L_6$  e pode ser calculada por:
  - o  $V = R_{L5} * i = 3226,67\Omega * 32,297\text{mA}$  ou  $(3,22667*10^3) * (32,22667*10^{-3}) =$
  - o **103,99 V**
- As lâmpadas  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  estão em associadas em paralelo e este paralelo está associado ao circuito série formado por  $L_5$  e  $L_6$ . Logo, para calcular a tensão em  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  basta subtrair a soma das tensões em  $L_5$  e  $L_6$  do valor da tensão da rede elétrica, neste caso 220V. Assim, teremos:
  - o  $V_{L1,L2,L3} = 220 - 103,99 - 103,99 = 12,02\text{V}$
- Já as correntes em  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ , respectivamente  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$ , no circuito apresentado na **Figura 11**, terão o mesmo valor que será:

- $i = \frac{V}{R} = \frac{12,02}{1075,27} = 0,011179 \text{ ou } 11,179\text{mA}$
- A corrente também poderia ser calculada a partir da divisão de  $i$  por 3, uma vez que as lâmpadas apresentam os mesmos valores nominais.

A figura 13 apresenta o acesso ao experimento remoto “Painel AC” na configuração proposta no circuito de aplicação nº 2.



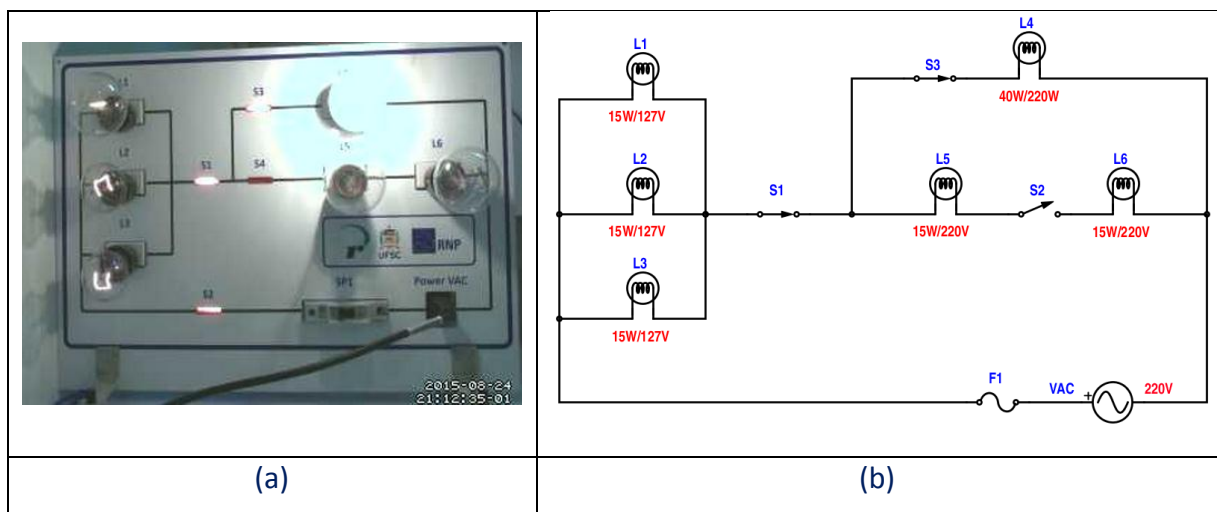
**Figura 13: Circuito de Aplicação nº 2 – Acesso ao experimento**

Percebe-se que as lâmpadas **L5** e **L6** apresentam maior intensidade luminosa, mesmo que tenham a mesma potência nominal de **L1**, **L2** e **L3**. Mediante os valores de tensão, corrente e resistência nas lâmpadas, anteriormente calculados, podemos determinar a potência nas lâmpadas, na configuração aplicada:

- $L1, L2 \text{ e } L3 = r \cdot i^2 = [1075,27 * (11,179\text{mA})^2] = [(1,07525 \cdot 10^3) * (124,971 \cdot 10^{-6})]$   
 $=$ 
  - $134,374 \cdot 10^{-3} = 134,374\text{mW}$
- $L5 \text{ e } L6 = r \cdot i^2 = [3226,67\Omega * (32,297\text{mA})^2] = [(3,2266 \cdot 10^3) * (1043,096 \cdot 10^{-6})] =$   
 $3365,77\text{mW ou } 3,36\text{W}$
- $L5 \text{ e } L6 = P = \frac{V^2}{R} = \frac{103,99^2}{3226,67} = 3,36\text{W}$

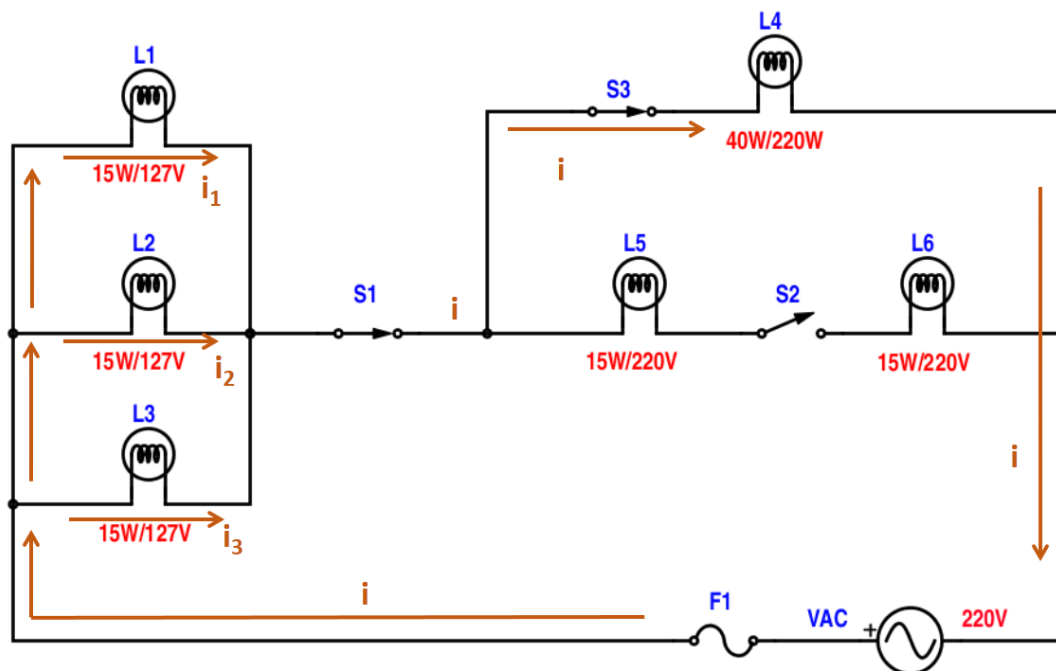
### Circuito de aplicação nº 3

A figura 14 apresenta uma combinação possível, onde as chaves **S1** e **S3** estão acionadas. Na figura 14a é apresentado o acesso remoto ao experimento.



**Figura 14: Painel elétrico AC – Circuito de Aplicação nº 3**

A Figura 15 apresenta o fluxo de corrente elétrica no circuito nº 3. Conectado à rede elétrica AC de 220V circula pelo Painel AC uma corrente  $i$  que é subdividida em  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$  a partir da associação paralela formada pelas lâmpadas **L1**, **L2** e **L3**. Uma vez que a chave **S2** está “aberta”, a corrente  $i$  circula pela lâmpada **L4** que está associada, ao paralelo formado por **L1**, **L2** e **L3** em série e retorna ao outro polo da fonte.



**Figura 15: Circuito de Aplicação nº 3**

Se efetuar o cálculo da resistência das lâmpadas a partir dos dados fornecidos pelos fabricantes teremos:

- **L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>** apresentam potência nominal de 15W e para tensão de operação de 127V.

Se utilizarmos  $P = \frac{V^2}{R}$  obteremos **R = 1075,27Ω**

- **L<sub>1</sub> e L<sub>6</sub> = 3226,67Ω**
- **L<sub>4</sub> = 1210Ω**

O circuito apresentado na figura 15 apresenta as lâmpadas em uma conexão mista onde **L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>** estão associadas em paralelo e este “paralelo” em série com a lâmpada **L<sub>4</sub>**.

Para o cálculo da corrente *i* do circuito apresentado na Figura 15 poderemos iniciar pelo cálculo da resistência equivalente do circuito (**R<sub>Eq</sub>**), pois a tensão de funcionamento é conhecida e assim poderíamos calcular a corrente. Assim:

$$R_{Eq} \text{ para } L_1, L_2 \text{ e } L_3: \frac{1}{R_{Eq1,2,3}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} = \frac{1}{1075,27} + \frac{1}{1075,27} + \frac{1}{1075,27} = \mathbf{358,43\Omega}$$

Uma vez que  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  apresentam os mesmos valores nominais para calcular a resistência equivalente das lâmpadas bastaria fazer:

$$R_{Eq1.2.3} = \frac{1075,27}{3} = 358,43\Omega$$

A resistência equivalente total do circuito será:

$$R_{Eq} = R_{Eq1,2,3} + R_{L4} = 358,43\Omega + 1210\Omega = 1568,43 \Omega$$

Para determinação da corrente elétrica fazemos:

$$i = \frac{V}{R_{Eq}} = \frac{220}{1568,43} = 0,1403 \text{ ou } 140,27mA$$

Para calcular as correntes nas lâmpadas podemos fazer:

- A lâmpada  $L_4$  está em série e circula por ela a corrente  $i$  (vide Figura 15), ou seja, 140,27mA. Logo a tensão tanto em  $L_4$  pode ser calculada por:
  - o  $V = R_{L4} * i = 1210\Omega * 140,27mA = 169,73V$
- As lâmpadas  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  estão em associadas em paralelo e este paralelo está associado ao circuito série formado por  $L_5$  e  $L_6$ . Logo, para calcular a tensão em  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  basta subtrair a soma das tensões em  $L_5$  e  $L_6$  do valor da tensão da rede elétrica, neste caso 220V. Assim, teremos:
  - o  $V_{L1,L2,L3} = 220 - 169,73 = 50,27V$
- Já as correntes em  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ , respectivamente  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ , no circuito apresentado na **Figura 11**, terão o mesmo valor que será:
  - o  $i = \frac{V}{R} = \frac{50,27}{1075,27} = 0,01926 \text{ ou } 19,26mA$



- A corrente também poderia ser calculada a partir da divisão de  $i$  por 3, uma vez que as lâmpadas apresentam os mesmos valores nominais.

A figura 16 apresenta o acesso ao experimento remoto “Painel AC” na configuração proposta no circuito de aplicação nº 3.



Figura 16: Circuito de Aplicação nº 2 – Acesso ao experimento

Percebe-se que a lâmpada  $L_4$  apresenta maior intensidade luminosa. Deve-se observar que  $L_4$  tem potência nominal de 40W, enquanto que a potência nominal de  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  é de 15W. Mediante os valores de tensão, corrente e resistência nas lâmpadas, anteriormente calculados, podemos determinar a potência nas lâmpadas, na configuração aplicada:

- $L_1, L_2$  e  $L_3 = r \cdot i^2 = [1075,27 * (19,26\text{mA})^2] = [(1,07525 \cdot 10^3) * (370,9576 \cdot 10^{-6})]$   
=
  - $398,87 \cdot 10^{-3} = 0,39887\text{W}$  ou  $398,87\text{mW}$  ou
- $L_4 = P = \frac{V^2}{R} = \frac{169,73^2}{1210} = 23,81\text{W}$

## Circuito de aplicação nº 4

A figura 17 apresenta uma combinação possível, onde as chaves **S1**, **S2** e **S3** estão acionadas. Na figura 17a é apresentado o acesso remoto ao experimento.

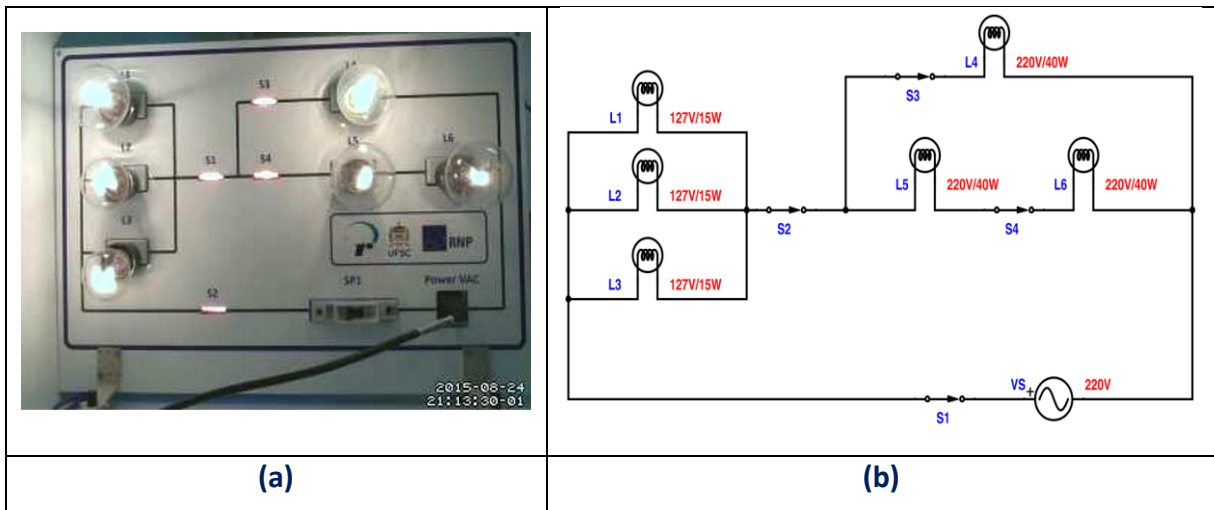
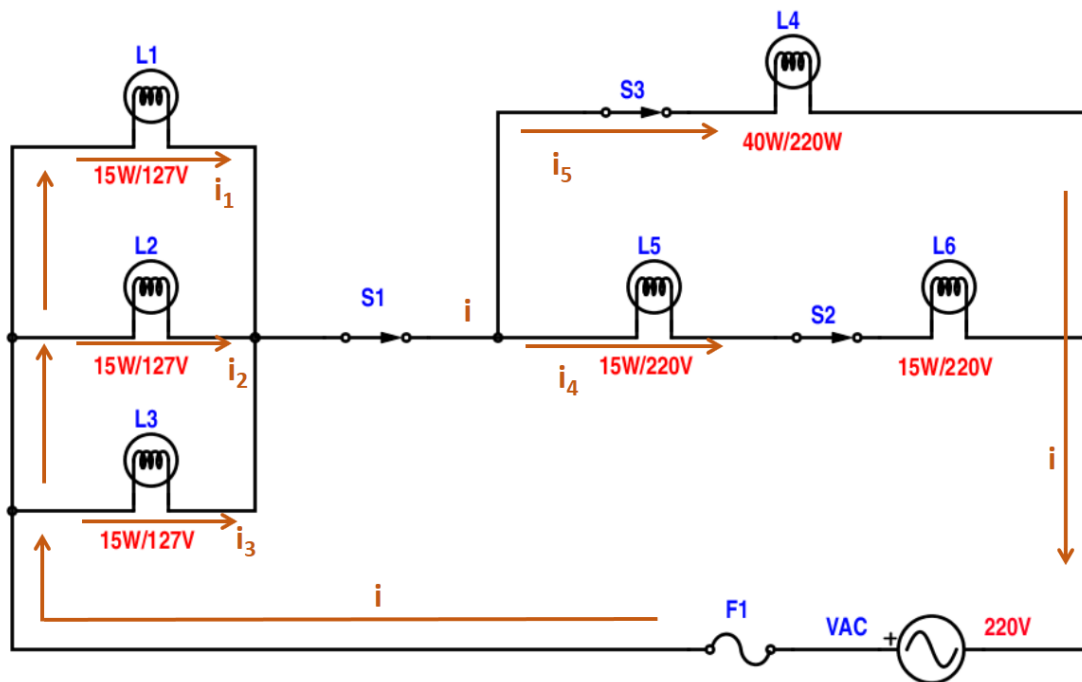


Figura 17: Painel elétrico AC – Diagrama Elétrico

A Figura 18 apresenta o fluxo de corrente elétrica no circuito nº 4. Conectado à rede elétrica AC de 220V circula pelo Painel AC uma corrente  $i$  que é subdividida em  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$ ,  $i_4$  e  $i_5$ . Uma vez que, todas as chaves (**S1**, **S2** e **S3**) estão acionadas, o circuito pode ser descrito como a associação paralela formada pelas lâmpadas **L1**, **L2** e **L3** em série com a associação formada pelo paralelo formado pela associação entre a lâmpada **L4** e a série formada pelas lâmpadas **L5**, e **L6**).



**Figura 18: Circuito de Aplicação nº 3**

Se efetuarmos o cálculo da resistência das lâmpadas a partir dos dados fornecidos pelos fabricantes teremos:

- **L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>** apresentam potência nominal de 15W e para tensão de operação de 127V.

Se utilizarmos  $P = \frac{V^2}{R}$  obteremos **R = 1075,27Ω**

- **L<sub>1</sub> e L<sub>6</sub> = 3226,67Ω**
- **L<sub>4</sub> = 1210Ω**

O circuito apresentado na figura 18 apresenta as lâmpadas em uma conexão mista onde **L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>** estão associadas em paralelo e este “paralelo” em série em série com a associação formada pelo paralelo formado pela associação entre a lâmpada **L<sub>4</sub>** e a série formada pelas lâmpadas **L<sub>5</sub>, e L<sub>6</sub>**).

Para o cálculo da corrente *i* do circuito apresentado na Figura 18 poderemos iniciar pelo cálculo da resistência equivalente do circuito (**R<sub>Eq</sub>**), pois a tensão de funcionamento é conhecida e assim poderíamos calcular a corrente. Assim:

$$R_{Eq} \text{ para } L_1, L_2 \text{ e } L_3: \frac{1}{R_{Eq1,2,3}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} = \frac{1}{1075,27} + \frac{1}{1075,27} + \frac{1}{1075,27} = \mathbf{358,43\Omega}$$

Uma vez que  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  apresentam os mesmos valores nominais para calcular a resistência equivalente das lâmpadas bastaria fazer:

$$R_{Eq1.2.3} = \frac{1075,27}{3} = 358,43\Omega$$

As lâmpadas  $L_5$  e  $L_6$  estão associadas em série. Assim:

$$R_{Eq5.6} = 3226,67 * 2 = 6453,34\Omega$$

Uma vez calculado o valor de  $R_{Eq5,6}$  pode-se efetuar o cálculo da resistência equivalente para a associação com  $L_4$ . Assim:

$$R_{Eq5,6||L4} = \frac{6453,34 * 1210}{6453,34 + 1210} = 1018,95\Omega$$

A resistência equivalente total do circuito será:

$$R_{Eq} = R_{Eq1,2,3} + R_{Eq5,6||L4} = 358,43\Omega + 1018,95 = 1377,38\Omega$$

Para determinação da corrente elétrica fazemos:

$$i = \frac{V}{R_{Eq}} = \frac{220}{1377,38} = 0,1597 \text{ ou } 159,675mA$$

Para calcular as correntes nas lâmpadas podemos fazer:

- Dos cálculos efetuados anteriormente temos que a  $R_{Eq} = 1377,38\Omega$ , que  $i = 159,675mA$ ;
- Uma vez que  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  tem os mesmos valores nominais podemos deduzir que  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$  apresentam valor de  $i = \frac{159,675mA}{3} = 53,225mA$ ;
- Uma vez que  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  estão em paralelo podemos definir o valor da tensão sobre estas lâmpadas da seguinte forma:  $V = R * i \rightarrow 358,43\Omega * 159,675mA = 57,23V$ ;

- Assim a tensão em  $R_{Eq5,6||L4} = 220 - 57,23 = 162,77V$ ;
- Uma vez calculada a tensão na lâmpada  $L_4$  pode-se calcular a corrente que circula por ela. Assim a corrente (vide Figura 18)
  - o  $i_5 = \frac{V_{L4}}{R_{L4}} = \frac{162,77}{1210} = 0,13452$  ou  $134,52mA$
- Para calcular a corrente  $i_4$ , que circula nas lâmpadas  $L_5$  e  $L_6$ , fazemos:
  - o  $i_4 = \frac{V_{L5+L6}}{R_{L5+L6}} = \frac{162,77}{6453,34} = 0,02523$  ou  $25,23mA$

A figura 19 apresenta o acesso ao experimento remoto “Painel AC” na configuração proposta no circuito de aplicação nº 4.



**Figura 19: Circuito de Aplicação nº 2 – Acesso ao experimento**

Percebe-se que a lâmpada  $L_4$  apresenta maior intensidade luminosa. Deve-se observar que  $L_4$  tem potência nominal de 40W, enquanto que a potência nominal de  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  é de 15W. Mediante os valores de tensão, corrente e resistência nas lâmpadas, anteriormente calculados, podemos determinar a potência nas lâmpadas, na configuração aplicada:

- $L_1, L_2 \text{ e } L_3 = r \cdot i^2 = [1075,27 * (53,225\text{mA})^2] = [(1,07525 * 10^3) * (2832,91 * 10^{-6})]$   
=
  - o  $3046,077 * 10^{-3} = 3,05\text{W}$
- $L_4 = P = \frac{V^2}{R} = \frac{162,77^2}{1210} = 21,896\text{W}$
- $L_5 \text{ e } L_6 = P = \frac{V^2}{R} = \frac{81,385^2}{3226,67} = 2,053\text{W}$

## Referências

D. HALLIDAY, R. RESNICK AND J. WALKER. 1997. Fundamentals of Physics Extended (John Wiley & Sons, Inc., New York, 5th ed.



## Apêndices

## Anexos