

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP**

**INSTITUTO DE FÍSICA “GLEB WATAGHIN” - IFGW**

**Disciplina F609 – Tópicos do ensino de Física I**

**PROJETO SIMULADOR DE PONTE DE WHEATSTONE COM USO DE LÂMPADAS E  
APLICAÇÃO DA PONTE COM USO DE UMA EXTENSÔMETRO EM UM CASO  
PRÁTICO**

RELATÓRIO PARCIAL



João Carlos Gabriel

RA 840489

[joaocgabriel@yahoo.com.br](mailto:joaocgabriel@yahoo.com.br)

Orientador: Prof. Dr. Jorge Megid – [megid@unicamp.br](mailto:megid@unicamp.br)

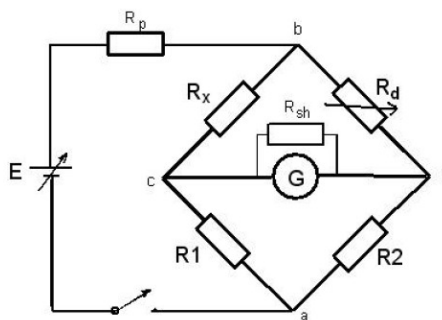
Coordenador da Disciplina: Prof. Dr. José Joaquin Lunazzi. [lunazzi@ifi.unicamp.br](mailto:lunazzi@ifi.unicamp.br)

Campinas – SP

Outubro de 2013

## 1. Projeto

A ponte de Wheatstone é um circuito elétrico com 4 resistores e um tramo central com um medidor – galvanômetro, amperímetro ou voltímetro. A ponte de Wheatstone é usada como medidor por comparação. Quando a ponte de Wheatstone estiver em equilíbrio, usa-se o conceito de detecção de zero. Este conceito é um critério menos sensível a problemas de calibração ou de precisão de padrões de referência. Na figura 1 da ponte de Wheatstone a seguir, se os valores das resistências  $R_x$ ,  $R_d$ ,  $R_1$  e  $R_2$  forem tais que os potenciais em c e em d estejam iguais, nenhuma corrente circulará pelo medidor. Se uma das resistências da ponte de Wheatstone for desconhecida ou variável, quando a ponte for equilibrada, permitirá a determinação desta resistência desconhecida. Para descobrir o valor da resistência desconhecida, utiliza-se uma resistência ajustável (como um potenciômetro) para equilibrar a ponte. A associação do conceito de comparação de sinais e do detector de zero é aplicada em vários instrumentos e sensores.



Montagem experimental de uma ponte de Wheatstone.

Figura 1 - Montagem experimental de uma ponte de Wheatstone

Neste projeto pretende-se substituir as resistências elétricas por lâmpadas. Serão utilizadas 4 lâmpadas com resistências variáveis no lugar das resistências  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_x$  e  $R_d$ . No lugar do medidor – galvanômetro, amperímetro ou voltímetro será usada uma lâmpada indicadora. Se a ponte estiver em equilíbrio, isto é  $R_2 * R_x = R_d * R_1$ , não passará corrente na lâmpada indicadora e ela não acenderá. Se, por outro lado,  $R_2 * R_x \neq R_d * R_1$ , então a ponte de Wheatstone estará desequilibrada e a lâmpada indicadora do tramo central acenderá.

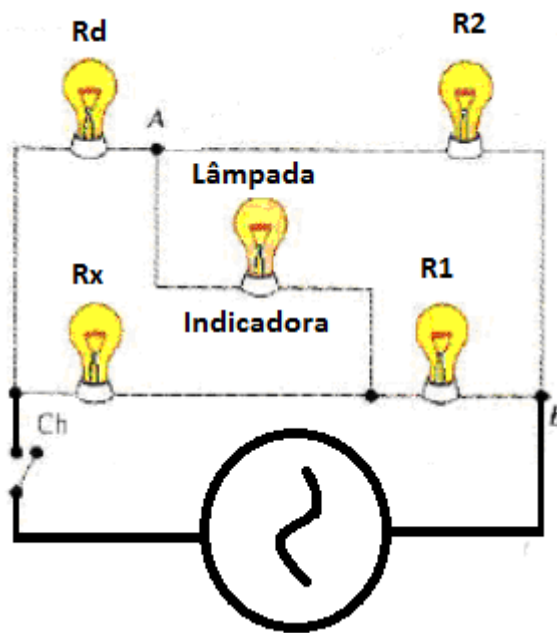


Figura 2 – Ponte de Wheatstone com lâmpadas

O entendimento do circuito da ponte de Wheatstone pode ser utilizado nos níveis de ensino médio, técnico, superior e de pós-graduação.

### Ensino Médio – aula de Física

- Fonte elétrica
- Tensão contínua
- Tensão alternada
- Corrente elétrica
- Tensão elétrica
- Resistências elétricas
- Lei de Ohm
- Tipos de fios
- Montagem de circuitos elétricos
- Lei de Kirchhoff das malhas (tensões)
- Lei de Kirchhoff dos nós (correntes)
- Lâmpadas
- Como as lâmpadas são fabricadas
- Diferentes tipos de lâmpadas

- Como funcionam as lâmpadas
- Emissão de radiação não ionizante
- Como as resistências elétricas são fabricadas
- Como as resistências elétricas influenciam em condução de eletricidade a longa distância, como nas redes de alta tensão

### **Ensino Técnico – Instrumentação**

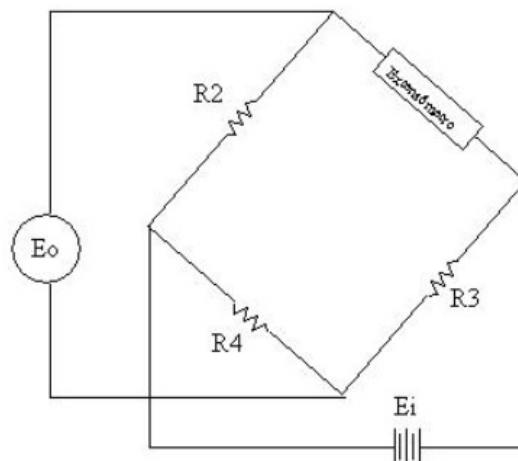
No ensino técnico, além dos conceitos anteriores apresentados ao ensino médio, ainda podem ser discutidos conceitos técnicos como:

- Utilização da ponte de Wheatstone em instrumentação
- Instrumentos de medida utilizando-se células de carga em balanças, por exemplo.
- Instrumentos de medida utilizando-se extensômetros.

### **Ensino Superior e Pós-Graduação**

No ensino Superior e de Pós-Graduação, a ponte de Wheatstone é extremamente importante em instrumentos de laboratórios, onde circuitos de pontes em desequilíbrio podem ser usados para medidas de outras grandezas físicas (força, luz, frio e calor, radiação, etc) e grandezas químicas (pH, turbidez, etc).

Uma das aplicações da ponte de Wheatstone é a de utilização em células de carga ou extensômetros. Nesta montagem substitui-se uma das resistências, a resistência desconhecida, por um extensômetro. Este, ao ser submetido a uma carga de tração se deforma mudando o comprimento, a área da seção transversal do elemento, mudando assim a resistência.



Circuito elétrico da ponte de Wheatstone

Figura 3 – Circuito elétrico da ponte de Wheatstone

A ponte de Wheatstone é um circuito que possibilita o ensino prático de vários conceitos.

O preço da montagem de um circuito de Ponte de Wheatstone é relativamente baixo. Uma chapa de compensado (pode ser obtido em alguma obra), fios (R\$ 5,00), soquetes (4 \* R\$3,00), interruptor (1 \* R\$ 4,00), lâmpadas (5 \* R\$ 3,00) , não custam mais que R\$ 36,00.

#### **Lista de Materiais (circuito com lâmpadas)**

- Chapa de compensado de 1 m<sup>2</sup>;
- 5 soquetes de porcelana
- 4 m de fio 14 (par)
- 1 interruptor
- 1 macho para conectar à rede elétrica
- Parafusos
- Fita isolante
- 5 Lâmpadas de resistências diferentes

#### **Lista de Materiais (circuito com extensômetro)**

- Chapa de compensado de 1 m<sup>2</sup>;

- 4 m de fio 14 (par)
- 1 interruptor
- Fonte de tensão de 24 V (contínua)
- Parafusos
- Fita isolante
- Resistências elétricas
- Extensômetro
- Galvanômetro

O projeto já é apresentado na internet. Um projeto deste tipo pode ser visto no site [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br).



Figura 4 – Montagem elétrica da ponte de Wheatstone

Um filme da ponte de Wheatstone com lâmpadas pode ser vista na seguinte página:

[http://www.youtube.com/watch?v=1ZsZhMqs\\_c0](http://www.youtube.com/watch?v=1ZsZhMqs_c0)

## 2. Resultados atingidos

Cronograma de trabalho

**Agosto de 2013**

- Pesquisa sobre o tema do projeto nos livros de física Tipler volumes 1 e 2.
- Definição do tema. Pesquisa sobre o tema nos livros de física Tipler volumes 1 e 2.
- Definição do título
- Pesquisa sobre o assunto na internet, nos livros de física Tipler volumes 1 e 2.
- Procura de um orientador. Contato com o orientador. Aceitação do orientador sobre o projeto.
- Elaboração do pré-projeto da Ponte de Wheatstone.

### **Setembro de 2013**

- Elaboração detalhada da lista de materiais da ponte de Wheatstone
- Pesquisa de fornecedor do extensômetro para elaboração da ponte de Wheatstone com Extensômetro.
- Compra do material elétrico

### **Outubro de 2013**

- Aquisição da placa de compensado em uma obra perto da minha residência
- Pesquisa de empresa que fornece o extensômetro
- Início da pintura da placa de madeirite
- Elaboração do Relatório Parcial do projeto e envio ao Prof. Lunazzi

### **3. Fotos da experiência**

Nesta sequência são apresentadas as fotos tiradas das ferramentas, materiais utilizados para a montagem da ponte de Wheatstone de lâmpadas.





Figura 5 – Caixa de ferramentas



Figura 6 – Caixa de ferramentas





Figura 7 – Caixa de ferramentas



Figura 8 – Caixa de ferramentas



Figura 9 – Madeirite sobre o qual será montado o circuito da ponte de Wheatstone



Figura 10 – Serra para corte do madeirite



Figura 11 – Ferramentas: serra, chave de fenda, alicate, martelo e pincel para pintura do madeirite.





Figura 12 – Soquetes para as lâmpadas – R\$ 3,00 cada soquete de cerâmica



Figura 13 – Soquetes para as lâmpadas e parte posterior – R\$ 3,00 cada soquete de cerâmica



Figura 14 – Ferro de solda para soldagem dos contatos e fios elétricos.



Figura 15 – Fio elétrico para a conexão dos soquetes para as lâmpadas (R\$ 1,20 o metro).



Figura 16 – Macho para conexão do fio à rede elétrica.



Figura 17 – Furadeira elétrica.





Figura 18 – Metro de madeira para tirar medidas da chapa e posicionamento do componenetes.



Figura 19 – Pregos e parafusos.



Figura 20 – Lâmpadas.



#### 4. Dificuldades encontradas

Até o momento, a maior dificuldade para a montagem do circuito é o de encontrar e comprar o extensômetro. Consegui encontrar representantes do fabricante dos Estados Unidos aqui no Brasil, mas tenho dificuldades para aquisição de um extensômetro.

Vou pesquisar alguma balança da Britânia que pode usar extensômetro. Neste caso adquire uma balança para obter o extensômetro.

#### 5. Pesquisa realizada

A pesquisa sobre um tema para a elaboração de um projeto para a disciplina de F609 foi iniciado folheando-se o livro de Física que utilizei no meu primeiro ano do curso de Engenharia na Unicamp, em 1984. O livro de FÍSICA de Paul A Tipler, volumes 1 e 2 da Editora Guanabara Dois, 1978. Nestes dois livros procurei algum assunto interessante, que pudesse ser desenvolvido para a disciplina e que simultaneamente possa ser utilizado no ensino médio. Foquei principalmente os tópicos relacionados com a área de elétrica / eletromagnetismo, pela qual me interessei profundamente. Uma vez definido o assunto, pesquisei sobre a ponte de Wheatstone na Internet. Encontrei alguns artigos em sites que estão relacionados na Bibliografia.

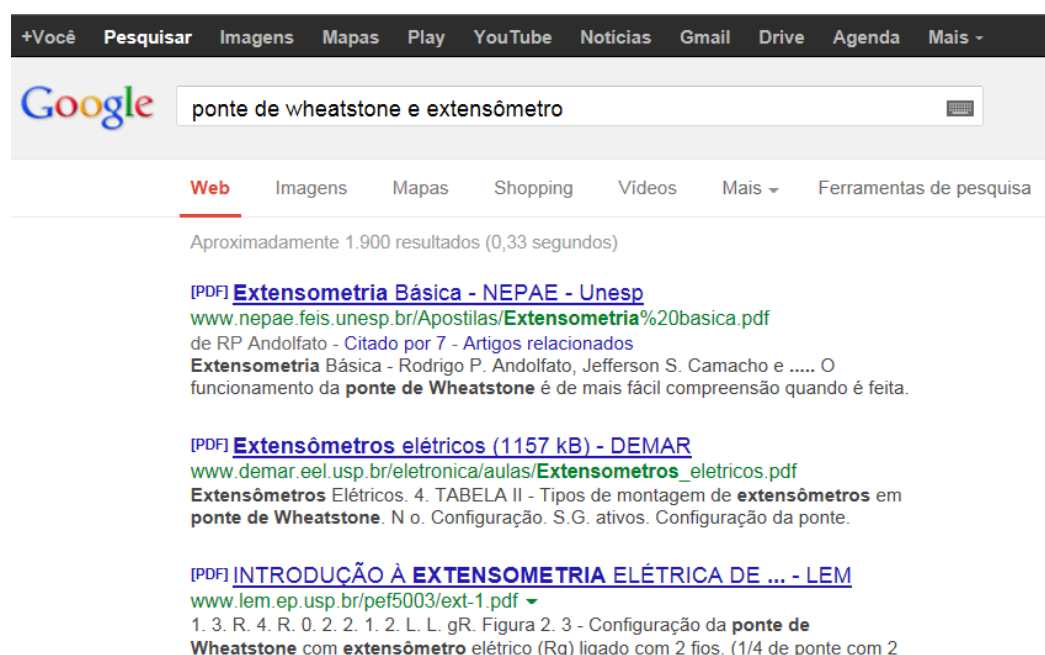


Figura 21 – Pesquisa na Internet

## 6. Descrição do trabalho em termos dos níveis de ensino.

### a) Público em geral

O público em geral pode descrever o trabalho como uma montagem elétrica e um circuito que pode estar em equilíbrio ou desequilibrado. Quando a ponte está equilibrada, a lâmpada do tramo central não acende. Por outro lado, quando a lâmpada acende, isto significa que a ponte está desequilibrada.

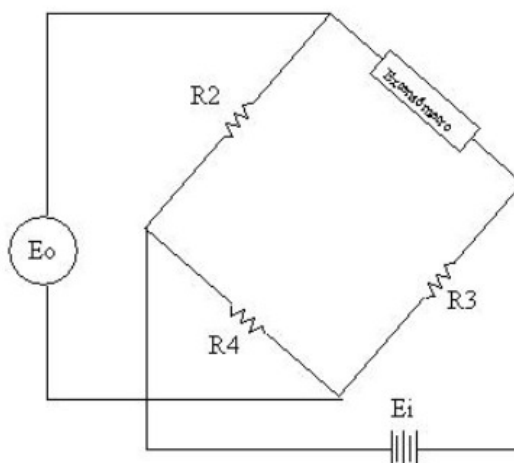
### b) Ensino Médio e Técnico

Para os alunos do ensino médio, o equilíbrio da ponte significa uma relação entre os resistores (lâmpadas) obtida das Leis de Kirchhoff. Se a ponte está em equilíbrio, isto significa que  $R_2 \cdot R_x = R_d \cdot R_1$ .

Se a ponte estiver desequilibrada  $R_2 \cdot R_x \neq R_d \cdot R_1$  passará corrente na lâmpada indicadora ( do tramo central) e ela acenderá.

### c) Ensino Técnico e Superior

Para o ensino de nível superior, o conceito de ponte de Wheatstone pode ser usado como instrumentação. A variação da resistência do extensômetro desequilibra a ponte e este desequilíbrio será indicado, proporcionalmente pelo medidor  $E_o$ .



Circuito elétrico da ponte de Wheatstone

Figura 22 – Ponte de Wheatstone com o uso de extensômetro.

Nesta montagem utiliza-se um conjunto de resistores, uma bateria, uma chave, fios, um galvanômetro e um extensômetro. Ao se aplicar uma carga no extensômetro, a sua

resistência muda. Quando a resistência muda, a ponte será desequilibrada e o galvanômetro / amperímetro indicará uma variação. Esta variação poderá ser proporcional à variação da carga no extensômetro. Este projeto complementar será uma apresentação do uso da ponte de Wheatstone para mostrar uma aplicação prática da mesma.

### PONTE COM 1 EXTENSÔMETRO

$$\Delta V_0 = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2} \left( \frac{\Delta R_1}{R_1} \right) V_S$$

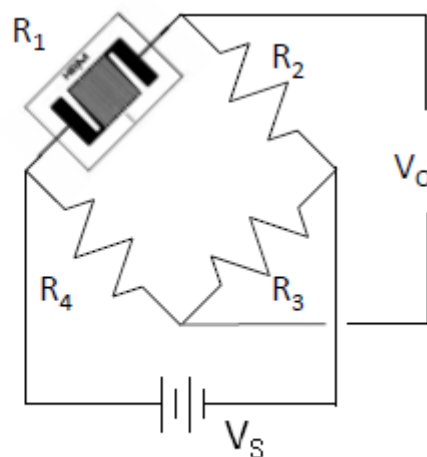


Figura 23 - Ponte de Wheatstone com extensômetro

Extensômetro :

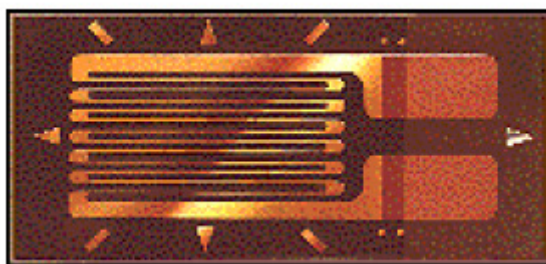


Figura 24 - Extensômetro

A variação da resistência do extensômetro, quando submetido a uma carga irá implicar na variação de \$V\_0\$, que é proporcional à carga aplicada.

Este tipo de experimento pode ser usado, por exemplo, no calculo da deformação de uma arquibancada de um estádio de futebol quando submetido a uma oscilação da torcida presente nesta arquibancada. Quando a torcida pula, a arquibancada se deforma. Esta deformação, medida com o extensômetro, reproduz uma variação de carga.

## 7. Declaração do orientador

Aguardando declaração do orientador.

## 8. Apresentação

Por motivos de estar ministrando aulas no SENAI às terças (a partir das 17:00 h) e às quartas ( a partir das 18:00 h) gostaria, de escolher o dia 13 de novembro, logo no primeiro horário, para a apresentação deste trabalho.

## 9. Referências Bibliográficas

1. ANTONIASSI, M. , NAGAI, Y. E. , Medida de resistividade em materiais semicondutores, Disciplina F 609 – Tópicos de Ensino de Física 1, 2008 em [http://www.ifi.unicamp.br/vie/lista\\_projetosF809.htm#V\\_-ELETRICIDADE\\_E\\_MAGNETISMO](http://www.ifi.unicamp.br/vie/lista_projetosF809.htm#V_-ELETRICIDADE_E_MAGNETISMO), acesso em 18/09/2013 às 16h20min.
2. AMORIM, E, P, M, RAGGIO P., Instrumento para Ensino Elementar de Eletrônica Digital, Disciplina F 609 – Tópicos de Ensino de Física 1, em [http://www.ifi.unicamp.br/vie/lista\\_projetosF809.htm#V\\_-ELETRICIDADE\\_E\\_MAGNETISMO](http://www.ifi.unicamp.br/vie/lista_projetosF809.htm#V_-ELETRICIDADE_E_MAGNETISMO) acesso em 18/09/2013 às 16h32min.
3. Ponte de Wheatstone, [http://www.ifi.unicamp.br/leb/f329-06/4\\_ponte\\_de\\_Wheatstone.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/leb/f329-06/4_ponte_de_Wheatstone.pdf). acesso em 18/09/2013 às 16h43min.
4. Ponte de Wheatstone, [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_de\\_Wheatstone](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_de_Wheatstone), acessado em 20/08/2013 às 12h22
5. Ponte de Wheatstone , [http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fcepa.if.usp.br%2Fefisica%2Fimagens%2Feletricidade%2Fbasico%2Fcap09%2Ffig188.gif&imgrefurl=http%3A%2F%2Fefisica.if.usp.br%2Feletricidade%2Fbasico%2Fmedidas%2Fmedida\\_resist\\_eletrica%2F](http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fcepa.if.usp.br%2Fefisica%2Fimagens%2Feletricidade%2Fbasico%2Fcap09%2Ffig188.gif&imgrefurl=http%3A%2F%2Fefisica.if.usp.br%2Feletricidade%2Fbasico%2Fmedidas%2Fmedida_resist_eletrica%2F)

[http://www.scielo.br/sem/abstract?docid=d9GfH\\_LqGXoCXM&tbid=yi0RYDZKrhxCGM&w=400&h=400&ei=93AfUu0GhdD0BI3tgYAL&ved=0CAYQxiAwBA&iact=c](http://www.scielo.br/sem/abstract?docid=d9GfH_LqGXoCXM&tbid=yi0RYDZKrhxCGM&w=400&h=400&ei=93AfUu0GhdD0BI3tgYAL&ved=0CAYQxiAwBA&iact=c), acessado em 20/08/2013 às 12h43.

6. Apostila da disciplina SEM0539-Instrumentação e Sistemas de Medidas, Extensometria e Sensores de Aceleração, USP.